

DAAYS'16

Uluslararası Doğal Afetler ve Afet Yönetimi Sempozyumu
International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management 2016

INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NATURAL HAZARDS AND HAZARD MANAGEMENT 2016

Editors
Dr. İnan KESKİN
Dr. Cevdet GÖLOĞLU

AFAD

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ 2007

http://daays.karabuk.edu.tr

2-4 March 2016
Karabük University
Karabük

DAAYS'16

ISBN: 978-605-87089-8-3
e-ISBN: 978-605-87089-9-0

The Proceedings of International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management 2016 (***Uluslararası Doğal Afetler ve Afet Yönetimi Sempozyumu 2016 - DAAYS'16***)
March 2-4, 2016, Karabuk University, Karabuk, Turkey.

Edited by

Dr. İnan KESKİN (Chairman)
Dr. Cevdet GÖLOĞLU

Copyright

© 2016, DAAYS'16, Karabuk University
Karabuk, Turkey
http://daays.karabuk.edu.tr/
daays@karabuk.edu.tr

The symposium papers to be cited can be referenced by using the following expression:

International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management 2016 (Uluslararası Doğal Afetler ve Afet Yönetimi Sempozyumu 2016 - DAAYS'16)

This proceedings includes the original papers submitted to DAAYS'16. It is accessed in free of charge. All scientific and linguistic responsibilities of the published articles belong to their authors.

ONURSAL BAŞKANLAR / HONORARY CHAIRMEN

Prof. Dr. Refik POLAT	Karabük Üniversitesi Rektörü
Prof. Dr. Muzaffer ELMAS	Sakarya Üniversitesi Rektörü
Prof. Dr. Nigar DEMİRCAN ÇAKAR	Düzce Üniversitesi Rektörü
Dr. Fuat OKTAY	AFAD Başkanı

BİLİM KURULU / SCIENTIFIC COMMITTEE

Dr. Adem DOĞANGÜN	Uludağ Üniversitesi
Dr. Ahmet DURMUŞ	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Dr. Ahmet Emre DİNÇER	Karabük Üniversitesi
Dr. Alemdar BAYRAKTAR	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Dr. Ali ATEŞ	Düzce Üniversitesi
Dr. Ali Osman ÖNCEL	İstanbul Üniversitesi
Dr. Ali POLAT	Sivas AFAD
Dr. Aydın BÜYÜKSARAÇ	Bitlis Eren Üniversitesi
Dr. Ayfer ERKEN	İstanbul Teknik Üniversitesi
Dr. Aysun ÖZKÖSE	Karabük Üniversitesi
Dr. Candan GÖKÇEOĞLU	Hacettepe Üniversitesi
Dr. Cihat TAŞÇIOĞLU	Düzce Üniversitesi
Dr. Çağrı SEL	Karabük Üniversitesi
Dr. Emrah DOĞAN	Sakarya Üniversitesi
Dr. Ergun KARACAN	Muğla Üniversitesi
Dr. Erkan ÇELEBİ	Sakarya Üniversitesi
Dr. Ersin GÜNGÖRDÜ	Karabük Üniversitesi
Dr. Fatih AYDIN	Karabük Üniversitesi
Dr. Fikret KAÇAROĞLU	Muğla Üniveristesi
Dr. Fikret KOÇABAŞ	Bartın Üniversitesi
Dr. Gazanfer ERBAY	Karabük AFAD
Dr. Gonzalo Martinez BARRERA	Universidad Autónoma del Estado de México
Dr. Halil İbrahim YUMRUTAŞ	Karabük Üniversitesi
Dr. Halil KARADENİZ	Karabük Üniversitesi
Dr. Halil KUMSAR	Pamukkale Üniversitesi
Dr. Haluk AKGÜN	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Dr. Hasan ÇETİN	Çukurova Üniversitesi
Dr. Hasan KAPLAN	Pamukkale Üniversitesi
Dr. Hasan TOSUN	Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Dr. Hüsnü GERENGİ	Düzce Üniversitesi
Dr. Işık YILMAZ	Cumhuriyet Üniversitesi
Dr. İbrahim DEMİR	University of Iowa
Dr. İlyas UYGUR	Düzce Üniversitesi
Dr. İnan KESKİN	Karabük Üniversitesi

Dr. İsmail Hakkı ÖZÖLÇER	Bülent Ecevit Üniversitesi
Dr. İsmail HALTAŞ	Zirve Üniversitesi
Dr. İsmail Ragıp KARAŞ	Karabük Üniversitesi
Dr. İzzet ÖZTÜRK	İstanbul Üniversitesi
Dr. Jianpeng (Jim) ZHOU	Southern Illinois University
Dr. Juan Jose del Coz DIAZ	University of Oviedo
Dr. Marian DRUSA	Zilina University
Dr. Marian MARSCHALKO	Technical University of Ostrava
Dr. Muhammet Emin EMİROĞLU	Fırat Üniversitesi
Dr. Muharrem DÜĞENCİ	Karabük Üniversitesi
Dr. Murat PALA	Adıyaman Üniversitesi
Dr. Mustafa ERDİK	Boğaziçi Üniversitesi
Dr. Mustafa LAMAN	Çukurova Üniversitesi
Dr. Mücahit COŞKUN	Karabük Üniversitesi
Dr. Naci ÇAĞLAR	Sakarya Üniversitesi
Dr. Nihat Sinan IŞIK	Gazi Üniversitesi
Dr. Nilgün OKAY	İstanbul Teknik Üniversitesi
Dr. Orhan POLAT	Dokuz Eylül Üniversitesi
Dr. Osman GENÇEL	Bartın Üniversitesi
Dr. Osman SÖNMEZ	Sakarya Üniversitesi
Dr. Ömer YÜKSEK	Karadeniz Teknik Üniversitesi
Dr. Ramadan ABDELAZİZ	TU Bergakademie Freiberg
Dr. Refik KARAGÜL	Düzce Üniversitesi
Dr. Reşat ULUSAY	Hacettepe Üniversitesi
Dr. Salim T. YOUSIF	Karabük Üniversitesi
Dr. Semir ÖVER	İskenderun Teknik Üniversitesi
Dr. Şener CERYAN	Balıkesir Üniversitesi
Dr. Şenol GÜRSOY	Karabük Üniversitesi
Dr. Tamer TOPAL	Orta Doğu Teknik Üniversitesi
Dr. Tülay EKEMEN KESKİN	Karabük Üniversitesi
Dr. Witold BROSTOW	University of North Texas
Dr. Yusuf AYVAZ	Yıldız Teknik Üniversitesi
Dr. Yusuf CELAYIR	Elazığ Üniversitesi
Dr. Yüksel TURCAN	Karabük Üniversitesi
Dr. Zehra Şule GARİP	Karabük Üniversitesi
Dr. Zekai CELEP	İstanbul Üniversitesi
Dr. Zekai ŞEN	İstanbul Üniversitesi-Su Vakfı
Dr. Zeynel BAŞIBÜYÜK	Ahi Evran Üniversitesi
Dr. Züheyr KAMACI	Süleyman Demirel Üniversitesi

DÜZENLEME KURULU BAŞKANI / ORGANISING COMMITTEE CHAIRMEN

Dr. İnan KESKİN	Karabük Üniversitesi
Dr. Gazanfer ERBAY	Karabük AFAD Müdürü

DÜZENLEME KURULU / ORGANISING COMMITTEE

Dr. Ali ATEŞ	Düzce Üniversitesi
Dr. Cevdet GÖLOĞLU	Karabük Üniversitesi
Dr. Emrah DOĞAN	Sakarya Üniversitesi
Dr. Halil İbrahim YUMRUTAŞ	Karabük Üniversitesi
Dr. Halil KARADENİZ	Karabük Üniversitesi
Dr. Muharrem DÜĞENCİ	Karabük Üniversitesi
Dr. Nihat Sinan IŞIK	Gazi Üniversitesi
Dr. Şenol GÜRSOY	Karabük Üniversitesi
Dr. Tülay EKEMEN KESKİN	Karabük Üniversitesi
Dr. Osman SÖNMEZ	Sakarya Üniversitesi
Dr. Zehra Şule GARİP	Karabük Üniversitesi
Bora BALUN	Karabük AFAD
Dursun SÖNMEZ	Karabük AFAD
Nevzat İPEK	Karabük AFAD
Ümit ÇANGA	Karabük AFAD

SEMPOZYUM SEKRETERYASI / SECRETARIAT

Öğr.Gör. Kürşat M. KARAOĞLAN	Karabük Üniversitesi
Arş. Gör. Mehmet Haşim KISA	Karabük Üniversitesi
Arş. Gör. Muhammed TORUN	Karabük Üniversitesi
Arş. Gör. Turgay TÜRKER	Karabük Üniversitesi
Arş. Gör. Özlem BATTAL	Karabük Üniversitesi

ÖNSÖZ

Ülkemiz başta deprem olmak üzere sayısız afete maruz kalmakta ve ne yazık ki çok büyük dramlarla karşılaşmaktadır.

Ülkemizde doğa olaylarının afete yol açmasını engellemek için atılması gereken adımlar ve zarar azaltma konusunda bilgi paylaşımını artırmak amacı ile Karabük Üniversitesi ve Karabük AFAD tarafından düzenlenen ***Uluslararası Doğal Afetler ve Afet Yönetimi Sempozyumu 2016*** **(**International Symposium on Natural Hazards and Hazard Management 2016) da

- Depremler ve depreme dayanıklı yapı tasarımı,
- Heyelanlar, kaya düşmeleri,
- Zemin problemleri,
- Hidro-Meteorolojik Afetler
- Afetlerle mücadelede risk analizi ve risk yönetimi,
- Plana dayalı kentleşme

konu başlıklarını kapsayan 144 bildiri değerlendirilmiştir.

Sempozyum ile deneyim sahibi akademisyenler, uzmanlar, bürokratlar, öğrenciler, doğal afetlerle ilgili hizmet veren kurum, kuruluş ve firmaların temsilcileri ile sivil toplum kuruluşlarını bir araya getirerek iletişim ve işbirliğinin güçlendirilmesi sempozyumda temel felsefe edinilmiştir. Katılımcıların birbirinden değerli katkılarıyla gerçekleşen bu bilimsel etkinlik sayesinde afet zararlarının azaltılması ve afet yönetimine önemli değerler katacağımıza inanıyoruz. Nitekim sempozyumun çok disiplinli ve geniş katlımın olması, bu hedefe ulaşıldığını göstermektedir.

Üç gün süren oturumlarda birbirinden değerli bilimsel çalışmalarını paylaşan katılımcılara, düzenleme kurulu adına teşekkürü bir borç biliriz. Destekleri sayesinde sempozyumun anlam kazandığını ve çok önemli çalışmalara başlangıç oluşturacağına inanıyoruz.

Sempozyum süresince desteklerini bizlerden esirgemeyen Üniversitemiz Rektörü sayın Prof. Dr. Refik POLAT'a, Sempozyumun gerçekleşmesinde kurumunun tüm imkanlarını seferber eden AFAD başkanı sayın Dr. Fuat OKTAY'a desteklerinden dolayı teşekkürlerimizi sunarız.

Büyük bir özveri ile çalışarak sempozyumun hazırlanmasına katkı koyan Düzenleme Kurulu üyesi sayın Bora BALUN'a ve tüm emeği geçenlere çok teşekkür ederiz.

Dr. İnan KESKİN
Dr. Gazanfer ERBAY
Sempozyum Düzenleme Kurulu Başkanı
Mart, 2016

Sempozyum web sitesi: http://daays.karabuk.edu.tr/default.asp

TABLE OF CONTENTS

SYMPOSIUM COMMITTEES	**II**
PREFACE	**V**
TABLE OF CONTENTS	**VI**

ID	AUTHORS	TITLE	PAGE NUMBER
Daays2016_34	Prof.Dr. Ö. A. ERCAN	İSTANBULDA KENTSEL DÖNÜŞÜM SORUNLARI	1
Daays2016_1	Prof.Dr. Halil KUMSAR	DENİZLİ İLİ BABADAĞ İLÇESİ GÜNDOĞDU MAHALLESİ UZUN SÜRELİ HEYELANININ NEDENLERİ, MEKANİZMASI VE DOĞAL AFET AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	8
Daays2016_2	Prof.Dr. Alemdar BAYRAKTAR	BETONARME VE YIĞMA YAPILARIN DEPREMLER SIRASINDAKI PERFORMANSLARININ GÖZLEMSEL VE DENEYSEL VERILERE GÖRE DEĞERLENDIRILMESI	17
Daays2016_21	Emrah YILMAZ, Hakan ARSLAN	1999 DEPREMLERİ SONRASI DÜZCE İLİNİN MEKANSAL YENİDEN YAPILANMASININ İNCELENMESİ	18
Daays2016_74	Murat UTKUCU, Hatice DURMUŞ, Süleyman NALBANT, Emrah BUDAKOĞLU	DEPREM GERİLME DEĞİŞİMLERİNİN ARTÇI DEPREMLER KAYNAKLI AFET ZARARLARIN AZALTIMINDA KULLANILMASI	26
Daays2016_80	Cengiz IPEK, Alpaslan Hamdi KUZUCUOĞLU	KOCAELİ DEPREM FELAKETİ RİSK AZALTMA ÇALIŞMALARININ ÖNEMİ	31
Daays2016_107	Mehmet KAMANLI, Muhammet Yuşa EKİCİ	TÜRKİYE'DE KENTSEL DÖNÜŞÜM ÇALIŞMALARI: ÖRNEK BETONARME BİNANIN RYTE 2013 VE TDY 2007'YE GÖRE ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI	37
Daays2016_6	Ali YEŞİLYURT, Yusuf AYVAZ	FARKLI TAŞIYICI SİSTEMLERE VE DÖŞEMELERE SAHİP ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ	43
Daays2016_15	İsa YÜKSEL	KOROZYON VE BETONARME ÇERÇEVELERİN DAVRANIŞI	49
Daays2016_27	Mohammad Manzoor NASERY, Metin HÜSEM	SİMETRİK YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMINDA	56

		BETONARME PERDE DUVAR KONUMLARININ ETKİLERİ	
Daays2016_58	Taner UÇAR, Onur MERTER	BETONARME ÇERÇEVELERİN DEPREM TASARIMINDA FARKLI ANALİZ ESASLI BÜYÜKLÜKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI	62
Daays2016_120	Özge ŞAHİN, H. Serdar KÜYÜK Muharrem AKTAŞ	YARI AKTİF SÖNÜMLEYİCİ KULLANILAN ÇELİK BİR ÇERÇEVENİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ	68
Daays2016_91	S. ERDEM, M.K. SAİFULLAH	NUMERICAL ANALYSIS AND SHAKING TABLE MODEL TEST OF A 30 STORY BUILDING WITH DIAGRID STRUCTURAL SYSTEM	73
Daays2016_20	Burak DURAN, Onur TUNABOYU, Özgür AVŞAR	BİNALARIN RİSK DEĞERLENDİRMESİNE DÜŞÜK DAYANIMLI BETON ELASTİSİTE MODÜLÜNÜN ETKİSİ	76
Daays2016_101	Muhammed TEKİN, Ali GÜRBÜZ	A STUDY OF RAPID RISK ASSESMENT FOR MID-STORY R/C BUILDINGS	82
Daays2016_45	Cengiz İPEK	IMPACT OF NONSTRUCTUAL SYSTEMS ON IMPORTANT STRUCTURES IN EARTHQUAKE	91
Daays2016_130	Yeşim TÜMSEK, Erkan ÇELEBİ	YAPI- ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN DEPREM DAVRANIŞ SPEKTRUMUNA ETKİSİ	96
Daays2016_114	Yusuf SÜMER, Muharrem AKTAŞ	DETERMINING YIELD ZONE OF STEEL BARS IN RC BEAM BY NONLINEAR FINITE ELEMENT MODELING	102
Daays2016_131	Aydin DEMİR, Hakan OZTÜRK, Gokhan DOK	A 3D NUMERICAL MODELLING OF AN RC DEEP BEAM BY USING NONLINEAR FINITE ELEMENT ANALYSIS	107
Daays2016_23	Hanifi TOKGÖZ, Hüseyin BAYRAKTAR	YEREL DÜZEYDE DEPREM RİSKİNİN BELİRLENMESİ: KAYNAŞLI İLÇESİ ÖRNEĞİ	111
Daays2016_44	Eren UÇKAN, Bulent AKBAŞ, Ercan Şerif KAYAÇ, Ferit ÇAKIR, Cengiz İPEK, Murat MAKARACI, Şenol ATAOĞLU	DESIGN ISSUES OF BURIED PIPELINES AT PERMANENT GROUND DEFORMATION ZONES	116
Daays2016_82	Hakan ULUTAŞ, Hamide TEKELİ, Mustafa GENÇOĞLU, Fuat DEMİR	BETON GERİLME DAĞILIM MODELİNİN KESİT HASAR SINIRLARI ÜZERİNDE ETKİSİ	128
Daays2016_102	Musa YETKİN, Yusuf CALAYIR, Hakan ERKEK	ÇEVRESEL TİTREŞİM VERİLERİ KULLANILARAK YAPILARIN DİNAMİK KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE SONLU	133

		ELEMAN MODELLERİNİN GÜNCELLEŞTİRİLMESİ	
Daays2016_125	Mustafa Yavuz ÇETİNKYA, Erkan ÇELEBİ, Osman KIRTEL	TEMEL-ZEMİN ETKİLEŞİM PROBLEMİNİN MODELLENMESİNDE EMPEDANS FONKSİYONLARI	139
Daays2016_117	Muharrem AKTAŞ, H. Serdar KÜYÜK	BAŞLANGIÇ YERDEĞİŞTİRMESİNİN YAPI SÜNÜMÜNE ETKİSİ	145
Daays2016_79	Osman ÇELİK, Soner UZUNDURUKAN, S. Nilay KESKİN, Kenan ÜLKER	YÜZEYSEL TEMELLERDE DEPREMDEN KAYNAKLANAN TAŞIMA GÜCÜ KAYIPLARI	150
Daays2016_122	Ayhan ASLAN, Abdurrahman ŞAHİN	SÜLEYMANİYE CAMİ'NİN FARKLI DEPREM KAYITLARI ALTINDA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ	156
Daays2016_18	Ahmet DEMİR, Ali Haydar KAYHAN	BETONARME KONSOL İSTİNAT DUVARLARININ ARMONİ ARAŞTIRMASI ALGORİTMASI İLE OPTİMUM TASARIMI	167
Daays2016_38	Tahir ATEŞ	DEPREME DAYANIKLI KAGİR YIĞMA YAPI TASARIMI VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ	174
Daays2016_40	Mehmet Ozan YILMAZ, Abdurrahman ŞAHİN	YAPISAL GÜVENİLİRLİK TESPİTİ VE BAYESYEN AĞLAR İLE GÜNCELLENMESİ	181
Daays2016_44	Eren UÇKAN, Bulent AKBAŞ, Ercan ŞERİF KAYAÇ, Ferit ÇAKIR, Cengiz İPEK, Murat MAKARACI, Şenol ATAOĞLU	DESIGN ISSUES OF BURIED PIPELINES AT PERMANENT GROUND DEFORMATION ZONES	191
Daays2016_133	Gökhan DOK, Muharrem AKTAŞ, Osman KIRTEL	YAPI-ZEMİN DİNAMİK ETKİLEŞİMİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN YAPI PERFORMANSINA ETKİSİ	197
Daays2016_48	Ümit POYRAZ, Mustafa ŞAHMARAN, Merve KILIÇ	AFET SONRASI YIKILMIŞ VEYA HASAR GÖRMÜŞ BİNALARDAN ÇIKACAK İNŞAAT ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİ VE TEKRAR KULLANILMASI	207
Daays2016_83	O.ÖZTÜRK, S.ENGİN, A.ÖNER, G.BAYTEKİN ÇİÇEK	KOLEMANİT KATKILI HARÇLARIN EĞİLME DAYANIMINA YÜKSEK SICAKLIĞIN ETKİSİ	216
Daays2016_90	S. ENGİN, O. ÖZTÜRK, A. ÖNER, B. ÜRETÜRK	ÇELİK LİF KATKISININ BETONUN ADERANS DAYANIMINA ETKİSİ	222
Daays2016_116	Muharrem AKTAŞ, Emine AYDIN, Ahmet Onur TAĞ, Ali Rıza KARSLI	ISIL İŞLEM İLE ONARILMIŞ I-PROFİLLERDE CFRP KULLANILMASI	227
Daays2016_143	Osman GENCEL	ÇELİK LİF TİPİNİN BETONUN DONMA ÇÖZÜLME DURABİLİTESİNE ETKİSİ	231

Daays2016_66	Mehmet İnanç ONUR, Mustafa TUNCAN, Ahmet TUNCAN	A MODEL STUDY ON SOIL DEFORMATIONS UNDER THE EARTHQUAKE EFFECT FOR THE CITY OF ESKISEHİR, TURKEY	235
Daays2016_121	Sedat SERT, Aşkın ÖZOCAK, Ertan BOL	SIVILAŞABİLİR ZEMİNDE SANAYİ YAPISI TEMELİ İÇİN ZEMİN İYİLEŞTİRMESİ: VAKA ANALİZİ	238
Daays2016_139	Şenol GÜRSOY, Ramazan ÖZ	YUMUŞAK KAT DÜZENSIZLIĞININ BETONARME BINALARIN DEPREM DAVRANIŞINA VE KABA İNŞAAT MALIYETINE ETKISININ İNCELENMESI	243
Daays2016_124	Hüseyin Serdar KÜYÜK, Erkan ÇELEBİ, Fatih GÖKTEPE	DOĞAL SAHA KOŞULLARINDA AÇIK HENDEK YÖNTEMİYLE BİNA TİTREŞİMLERİN AZALTILMASI	256
Daays2016_132	Hakan ÖZTÜRK, Gökhan DOK, Aydın DEMİR, Naci ÇAĞLAR	ÇELİK ÇAPRAZLARLA GÜÇLENDİRİLEN BETONARME ÇERÇEVELERİN FARKLI ZEMİN SINIFLARINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ	260
Daays2016_134	Muharrem AKTAŞ, H. Serdar KUYUK, Zeynep YAMAN	PLANDA DÜZENLİ-DÜZENSİZ ÇOK KATLI MODEL YAPILARIN SARSMA TABLASI ÜZERİNDEKİ DEPREM PERFORMANSININ İNCELENMESİ	264
Daays2016_127	Zeynep YAMAN, Muharrem AKTAŞ ve H. Serdar KÜYÜK	PERDE SAYISI FARKLI ÇOK KATLI MODEL YAPILARIN SARSMA TABLASI ÜZERİNDEKİ DEPREM PERFORMANSI	269
Daays2016_128	Bilal ÖZASLAN, Ümit KARADOĞAN, Seyed Mohsen SEYEDI VIAND, Evrim GÜLEY, Maryam MASSAH FARD, Leila MOKHBERIOSKOUEI, Ayfer ERKEN	DEPREMDEN ETKİLENEN TÜNEL ZEMİNİNİN DİNAMİK DAVRANIŞI	274
Daays2016_129	Cemal YILMAZ ve Muharrem AKTAŞ	AĞIR HASARLI KOLONUN VE PERDENIN TOPLAM HASAR ORANINA ETKİSİ	280
Daays2016_115	H. Serdar KÜYÜK, Muharrem AKTAŞ	ÇELİK ÇAPRAZLI ÇERÇEVELERİN SARSMA TABLASINDA İNCELENMESİ	286
Daays2016_126	H.Serdar KÜYÜK, Zeynep YAMAN ve Muharrem AKTAŞ	DÜŞEYDE DÜZENLİ VE DÜZENSİZ ÇOK KATLI MODEL YAPILARIN SARSMA TABLASI ÜZERİNDEKİ DEPREM PERFORMANSININ İNCELENMESİ	291
Daays2016_28	Mohammad Manzoor NASERY, Metin HÜSEM	YAPININ DİNAMİK DAVRANIŞINA KAT PLAN ÇIKINTILARININ ETKİSİ	296

Daays2016_49	Ahmet DEMİR, Ali Haydar KAYHAN	DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE UYUMLU ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZ İLE ELDE EDİLEN ÖTELENME TALEPLERİNİN İNCELENMESİ	301
Daays2016_123	Erkan ÇELEBİ, Hüseyin Serdar KÜYÜK, Fatih GÖKTEPE	YAPI-ZEMİN DİNAMİK ETKİLEŞİMİNİN SAHA KOŞULLARINDA DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ	307
Daays2016_61	Ali K. GÜNEY, T. ÖZTÜRK	DİNAMİK YÜK OLUŞTURAN TEMELLERDE SİMETRİDEN SAPMALARIN ETKİSİ	311
Daays2016_119	Gökhan DOK, Muharrem AKTAŞ	DÜŞEYDE DÜZENSİZ ÇELİK ÇAPRAZLI YAPILARIN SİSMİK PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	316
Daays2016_98	Murat ERCANOĞLU, İbrahim UÇAR, Harun SÖNMEZ, N. Nur ÖZYURT, Gülseren DAĞDELENLER, Erman ÖZSAYIN, Burcu KAHRAMAN, Sinem ÇETİNKAYA, Tolga ALKEVLİ	ASSESSMENT OF LANDSLIDE AND FLOOD HAZARD POTENTIAL OF YENİCE DISTRICT (KARABUK, TURKEY)	321
Daays2016_17	Mustafa ZEYBEK, İsmail ŞANLIOĞLU, Adnan ÖZDEMİR, Michael R. JAMES	HEYELANLARIN İZLENMESİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDAN ELDE EDİLEN YÜKSEK ÇÖZÜNÜRLÜKLÜ VERİLERİN KULLANILMASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR	327
Daays2016_140	Arzu ARSLAN, Mustafa K. KOÇKAR, Haluk AKGÜN	KÜTLE HAREKETLERİNİN İZLENMESİNDE FİBER OPTİK SİSTEMLERİNİN KULLANIMI	333
Daays2016_108	Remzi ŞAHİN, Habib UYSAL, Fatma Zehra ÇAKICI, Semet ÇELİK, Mehmet ÖZYAZICIOĞLU, Ekrem KALKAN	ERZURUM KAYAKLA ATLAMA TESİSİ'NDE MEYDANA GELEN HEYELAN 1. KISIM: HEYELANIN GELİŞİMİ VE GERÇEKLEŞMESİ	339
Daays2016_109	Semet ÇELİK, Mehmet ÖZYAZICIOĞLU, Ekrem KALKAN, Remzi ŞAHİN, Habib UYSAL, Fatma Zehra ÇAKICI	ERZURUM KAYAKLA ATLAMA TESİSİ'NDE MEYDANA GELEN HEYELAN 2. KISIM: TEKNİK DEĞERLENDİRMELER	344
Daays2016_9	Cemil BEYAZ	GİRESUN MERKEZ ÇITLAKKALE MAHALLESİ HEYELANI ISLAH ÇALIŞMASI	350
Daays2016_135	Aşkın ÖZOCAK, Ertan BOL, Sedat SERT	HEYELAN RISKLI BÖLGELERDE DESTEK SISTEMLERIYLE GÜVENLI TASARIM	356
Daays2016_41	Züheyr KAMACI, Sedat YILMAZ	SERİK HEYELANININ DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJI VE SİSMİK	362

		KIRILMA YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ	
Daays2016_72	Musa ZENGİNCE, Ahmet KARAKAŞ	GÖLCÜK (KOCAELİ) GÜNEY KÖYLERİ HEYELAN TEHLİKESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	367
Daays2016_88	İnan KESKİN, Işık YILMAZ, A. ATEŞ	ANALYSİS OF LANDSLIDE INDUCED DUE TO TOE EXCAVATİON: A CASE OF KARABÜK	373
Daays2016_57	Aytek ERSAN, Kıvanç ÇALIŞKAN, Emre ÇOŞKUNLU, Emre DOĞRAMACI, Erkin TEKİN, Levent UÇARLI, Ali ÜN, Hakan TOKEL, Erkan KOPARMAL	SAMSUN ILI BÜTÜNLEŞIK AFET TEHLIKE HARITALARININ HAZIRLANMASI PROJESI KAPSAMINDA YÜRÜTÜLEN HEYELAN ENVANTER TOPLAMA ÇALIŞMASI	379
Daays2016_68	Muhammet ÇELİK, Mehmet Tevfik SEROĞLU, Ayşegül GÜNEŞ SEFEROĞLU, Muhammet Vefa AKPINAR	TRABZON İLINDE KAYA DÜŞMESI NEDENIYLE AFETE MARUZ BÖLGELERDE YAPILAN ISLAH ÇALIŞMALARININ, YÖNTEMLERI, ZORLUKLARI, FAYDALARI VE MALIYETLERI	385
Daays2016_138	Ali POLAT, İnan KESKİN, İrfan DENİZLİ	KAYA DÜŞMESİ ÖNLEME YÖNTEMLERİNE BİR ÖRNEK: ÇELİK BARİYER UYGULAMASI (GÜRÜN-SARICA)	396
Daays2016_8	Asli İDE BARSBAY ve Fatih AYDIN	TÜRKİYEDEKİ HEYELAN VE KAYA DÜŞMESİ TEHLİKE VE RİSK HARİTALARININ HAZIRLANMA STANDARTLARINA YÖNELİK KILAVUZLAR	401
Daays2016_14	Osman ÇELİK, Hüseyin Hakan İNCE, Ahmet SAĞDIÇ, İbrahim İskender SOYASLAN, Erdinç GÜNEŞ, Hasret Kamer SOYLU	AFET RİKLERİNİN AZALTILMASI KAPSAMINDA BURDUR MERKEZ KOCAPINAR VE BURDUR AĞLASUN-MAMAK KÖYÜNDE YAPILAN KAYA ISLAH ÇALIŞMALARININ ARAŞTIRILMASI	409
Daays2016_142	Ayşe Gül YİĞİTTEPE, Hülya KESKİN ÇITIROĞLU, İsmail Kerem TAŞOĞLU, Ahmet KARAKAŞ, Çetin MEKİK	YENİCE YÖRESİ (KARABÜK) HEYELANLARININ İNCELENMESİ	413
Daays2016_47	Ali POLAT, İrfan DENİZLİ	KAYA DÜŞMESİ ÖNLEM ÇALIŞMALARINDA KİMYASAL KIRICI KULLANILMASI: ADATEPE KÖYÜ, SİVAS ÖRNEK ÇALIŞMA	420
Daays2016_65	Savaş SÜRÜL	HEYELAN OLUŞAN ALANLARIN İSKANA KAPATILMA GEREKLİĞİNE BİR ÖRNEK (KURTULUŞ MAHALLESİ)	425

Daays2016_99	Kerem HEPDENİZ, İ. İskender SOYASLAN ve Ahmet SAĞDIÇ	KAYA DÜŞMESİ RİSK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ: BURDUR İLİ ÖRNEĞİ	429
Daays2016_97	Zeynel BAŞIBÜYÜK, Eren ELİBOL, Engin EKDUR, Lütfi NAZİK, Mahmut PEHLİVANER, Serhat YILMAZ	KIRŞEHİR DOĞAL AFET RİSK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ	433
Daays2016_19	Emrah DOĞAN, Osman SÖNMEZ, Murat UTKUCU ve İsmail Hakkı DEMİR	GÜNEY SAPANCA HAVZASINDA EYLÜL 2015 TARİHİNDE MEYDANA GELEN TAŞKINLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ	439
Daays2016_22	Şerife GÖKÇE, M. Tamer AYVAZ Ömer GENÇ, A. Cem KOÇ	PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ KINIKLI YERLEŞKESİ'NİN TAŞKIN AFETİNE MARUZ KALMA POTANSİYELİNİN HİDROLİK MODELLEME İLE BELİRLENMESİ	445
Daays2016_31	Necati AKSU	FARKLI YİNELEMELİ TAŞKINLAR	451
Daays2016_37	Osman SÖNMEZ, Metin VARAN, Emrah DOĞAN, Fatma DEMİR	NEHIRLERDE GERÇEK ZAMANLI SEVİYE İZLEME VE TAŞKIN UYARI MAKSATLI ÖLÇÜM İSTASYONU PROTOTIP IMALATI	458
Daays2016_92	İsmail HALTAŞ, Celalettin BİLGEN, Bülent KOCAMAN, Halis YILBOĞA	FİNİKE AKÇAY TAŞKIN UYARI SİSTEMİ	462
Daays2016_39	Kasım YENİGÜN, M.UĞUR ÜLGEN	İKLİM DEĞİŞİMİ BAĞLAMINDA MAKSİMUM AKIM VERİLERİNDEKİ TRENDLER VE DOLUSAVAK GÜVENLİĞİNE ETKİSİ	466
Daays2016_46	Umut OKKAN, Umut KIRDEMİR	STANDARDİZE AKIM İNDEKSİ SRI İLE RCP8.5 SENARYOSU ALTINDA HİDROLOJİK KURAKLIK ANALİZİ	471
Daays2016_50	Veli SÜME, Berrin TANSEL, Mehmet Selçuk GÜNER	DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE MEYDANA GELEN SELLER VE HİDROLİK KÖPRÜLER VE KIYI YAPILARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ	478
Daays2016_63	S. Mert KUTSAL	IMPORTANCE OF WATER DEPTH AND ITS EFFECT ON TSUNAMI AMPLITUDES	487
Daays2016_70	Uğur AKKAYA, Gökmen ÇERİBAŞI, Emrah DOĞAN	HİDROELEKTRİK SANTRALİN MEMBA KISMINDA BULUNAN KÖPRÜNÜN TAŞKIN KAPASİTESİNİN ANALİZİ	491
Daays2016_118	Esra DOBRUCALI, İsmail Hakkı DEMİR	TÜRKİYE'DE DEPREM VE SEL AFET YÖNETİMİ DÜZENLEMELERİ	495
Daays2016_105	Önder KOÇYİĞİT, Erhan TEKİN, Gökhan ARSLAN	ULUSAL ÇIĞ ÇALIŞMALARINA AKADEMİK KATKI	500
Daays2016_67	Muhammet ÇELİK, Mehmet Tevfik	DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR	506

	SEFEROĞLU, Ayşegül GÜNEŞ SEFEROĞLU, Muhammet Vefa AKPINAR	ULAŞIM SAĞLANABİLMESİ İÇİN SEL/SU BASKINI AFETLERİNDEN DOLAYI OLUŞAN PROBLEMLERİN ARAŞTIRILMASI	
Daays2016_77	Canberk İNSEL, Ahmet Ozan ÇELİK, Volkan KİRİÇÇİ, Tuğrul DAL	KANAL TİPİ BİR HES SAHASINDA OLUŞAN DOĞAL AFET HASARININ İNCELENMESİ	512
Daays2016_106	Müsteyde BADUNA KOÇYİĞİT, Hüseyin AKAY, A.Melih YANMAZ	TAŞKINLAR VE AKARSU KÖPRÜLERİNE ETKİLERİ	518
Daays2016_46	Umut OKKAN, Umut KIRDEMİR	STANDARDİZE AKIM İNDEKSİ SRI İLE RCP8.5 SENARYOSU ALTINDA HİDROLOJİK KURAKLIK ANALİZİ	524
Daays2016_136	Ertan BOL, Sedat SERT, Aşkın ÖZOCAK	YÜZEYSEL SULARIN VE YER ALTI SULARININ ŞEV STABİLİTESİNE ETKİSİ: KARAPÜRÇEK ÖRNEĞİ	531
Daays2016_59	Züheyr KAMACI, Dilek N. ŞENOL	PLANA DAYALI KENTLEŞMEDE JEOLOJİK- JEOFİZİK UYGULAMALAR	536
Daays2016_16	Abdullah ÖZÇELİK, Burhan IŞIK, Özcan ÖZEN, Barış BÜYÜKURVAYLI	KARSTİK BOŞLUK VE OBRUKLARIN JEOFİZİK YÖNTEMLERLE TESPİT EDİLMESİ: İnandık Köyü (ÇANKIRI) Uygulaması	543
Daays2016_26	Gülseda Vanlı ŞENKAYA, Hakan KARSLI, Mustafa ŞENKAYA, Recep GÜNEY	TARİHSEL BİR HEYELANIN BİRİKTİRDİĞİ MALZEMENİN YAPISAL VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN SIĞ SİSMİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ: TRABZON-UZUNGÖL ÖRNEĞİ	550
Daays2016_43	Züheyr KAMACI	KARSTİK ZEMİNLERDE MÜHENDİSLİK JEOFİZİĞİ ÇALIŞMALARI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ	556
Daays2016_110	Seda TEMEL, Ali Osman ÖNCELb, Serhan GÖREN	RİSKLİ ALANLARIN BELİRLENMESİNDE YAPILAŞMA JEOFİZİĞİ UYGULAMALARI	560
Daays2016_4	Ali Erden BABACAN, Kenan GELİŞLİ	BETON KALİTESİNİN ULTRASONİK HIZ VE SCHMİDT ÇEKİCİ YÖNTEMİNDEN BELİRLENMESİ	570
Daays2016_86	M. ERDURAN, H.O. KÖKSAL, Ö. ÇAKIR, S. AKTAN, F. ALTINSOY, R. ÇANKAYA	24 MAYIS 2014 GÖKÇEADA DEPREMİ GÖZLEM VE DEĞERLENDİRMELERİ	569
Daays2016_25	Züheyr KAMACI, Zehra BIYIK	KENTSEL PLANLAMADA ÇOK KANALLI YÜZEY DALGALARI ANALİZİ (MASW) YÖNTEMİ VE UYGULAMASI	574
Daays2016_55	Murat UTKUCU, Emrah BUDAKOĞLU	TÜRKİYE'DE KÖR FAYLARIN NEDEN OLDUĞU ÖRTÜLÜ DEPREM TEHLİKESİ	579

Daays2016_141	Özden IŞIK, Oğuz GÜNDOĞDU, Turgut UZEL, Engin GÜLAL, Ahmet Y. ÜRÜŞAN, Fuat AĞALDAY, Uğur KAYNAK, Arif İŞYAR, Kamil EREN, Gazanfer ERBAY, Berk ÜSTÜNDAĞ	DEPREMİ ÖNCEDEN BELİRLEME PROJESİ	591
Daays2016_144	Tülay EKEMEN KESKİN, Bahadır SUBAŞI	SİSMİK AKTİVİTELERE BAĞLI OLARAK YERALTISUYU DEĞİŞİMLERİ: ESKİPAZAR (KARABÜK) ÖRNEĞİ	589
Daays2016_87	Merve KORKAKÇI, Murat ERDUAN, Yusuf Arif KUTLU	KUZEY EGE DENİZİ DEPREMLERİNİN KUVVETLİ YER HAREKETİ ANALİZİ	601
Daays2016_10	Çağlar ÖZER, Orhan POLAT	DEPREMLERDEN 1-B KABUK HIZ YAPISI	606
Daays2016_81	Ayça ÇELİKBİLEK, Gökhan SAPMAZ	KENT PLANLAMASINDA MİKROBÖLGELEME HARİTALARI	609
Daays2016_62	Meriç ALTINTAŞ, Fatih YAZICIOĞLU	ADAPTING CHARLES CORREA'S SHELTER DESIGN TO A POST-DISASTER UNIT DESIGN IN TURKEY	615
Daays2016_93	Zeynep Gül ÜNAL, Meltem VATAN	LESSONS LEARNED FOR SUSTAINABLE PROTECTION: RELATIONSHIP BETWEEN CULTURAL HERITAGE AND NATURAL DISASTERS	624
Daays2016_104	H. Evren ERDİN, Hayat ZENGİN ÇELİK, Nur Sinem ÖZCAN, M. Burcu SILAYDIN AYDIN	KENTLERDEKİ AFET YÖNETİMİNE İLİŞKİN KURUMSAL YAPILANMANIN KENT PLANLAMA SÜRECİ İÇERİSİNDEKİ ETKİSİNİN VE YERİNİN İRDELENMESİ	632
Daays2016_113	Fatma ÖZDOĞAN, Deniz GÜNEY	TÜRKIYE'DEKI MIMARLIK EĞITIMININ AFET ZARARLARININ AZALTILMASINDA ETKİSİNİN İNCELENMESI	638
Daays2016_137	Yüksel TURCAN, Rüveyda YETİŞ, A. Bilgehan İYİCAN	AFET SONRASI KALICI KONUTLARIN MİMARİ ÖZELLİKLERİNİN İRDELENMESİ: KARABÜK ÖRNEĞİ	642
Daays2016_103	Yüksel TURCAN, A. Emre DİNÇER, İbrahim BEKTAŞ	MİMARLIK EĞİTİMİNDE DOĞAL AFETLERİN GÜNÜMÜZDEKİ DURUMU	648
Daays2016_13	Serdar TÜNEY	AFET KADASTROSU TESİS EDİLMİŞ TAPULU TAŞINMAZLARDA VAKIF ŞERHİ BULUNMASI DURUMUNDA YAPILACAK İŞLEMLER	665
Daays2016_56	Aytek ERSAN, Emre ÇOŞKUNLU, Levent	9 TEMMUZ 2012'DE SAMSUN'UN DOĞU İLÇELERİNDE YAŞANAN	671

	UÇARLI, Kıvanç ÇALIŞKAN, Yusuf AYSU, Erkan KOPARMAL	BÖLGESEL AFETLERİN YÖNETİMİ	
Daays2016_60	Serpil GERDAN, Fatih AKBULUT	KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) ALTYAPISININ AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ	676
Daays2016_35	Murat ÖZYAVUZ, Yasin DÖNMEZ, Ömer Lütfü ÇORBACI	AÇIK VE YEŞİL ALANLARIN DOĞAL AFET YÖNETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ; DEPREMPARK ÖRNEĞİ	680
Daays2016_51	Bora BALUN, Gazanfer ERBAY, Cevdet GÖLOĞLU	KİMYASAL KÖKENLİ TEKNOLOJİK AFETLERE YÖNELİK ULUSLARARASI ÖRGÜTLERİN İLKESEL YAKLAŞIMLARI: EKONOMİK KALKINMA VE İŞBİRLİĞİ ÖRGÜTÜ (OECD) VE BİRLEŞMİŞ MİLLETLER (UN)	685
Daays2016_42	Yücel BULUT, Göksel ÖZTÜRK, Melikşah TURAN	NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK HIZMETLERI MESLEK YÜKSEKOKULUNDA EĞİTİM GÖREN ÖĞRENCİLERİN AFET EĞITIM ÖNCESI VE SONRASI TEMEL AFET BİLGİ DÜZEYLERİNİN ÖLÇÜLMESİ	690
Daays2016_54	Elif ÇALIK, Rıdvan ATİLLA, Oğuz DİCLE, Hilal KAYA, Baha ŞEN, Fatih Vehbi ÇELEBİOĞLU	AFET YÖNETİMİ BİLGİ SİSTEMLERİ İÇİN BİR YAKLAŞIM: SAĞLIK MODÜLÜ TASARIMI	694
Daays2016_78	Yasemin İNAN, Serkan KÖKSOY, Mümin POLAT	SAĞLIK YÜKSEKOKULU ÖĞRENCİLERİNİN TEMEL AFET BİLİNCİNİN ÖLÇÜLMESİ	670
Daays2016_95	Ömer YAVUZ, Zakir TEKİN	İŞLETMELERİN AFET VE ACİL DURUMLARA KARŞI DİRENÇLİLİĞİ VE ACİL DURUM PLANLARI	603
Daays2016_69	Gülsen YILMAZ	HYOGO BELGESİNDEN SENDAİ BELGESİNE: ULUSLARARASI AFET POLİTİKALARI	709
Daays2016_89	Savaş Zafer ŞAHİN, Mustafa KAYA	TÜRKİYE'DE AFET RİSKLERİNİN AZALTILMASINDA STK'LARIN ROLÜ	714
Daays2016_36	İsmail SEKİ, Abdulhadi SEÇKİN, Erdal GOCUKLU	SURİYE KAYNAKLI GÖÇ DALGASINI BELİRLEYEN ETKENLER: PANEL VERİ ANALİZİ	720
Daays2016_64	Dilek ÇİMEN EREN, Bora BALUN, Eser EREN, Yaşar Ümit ÇANGA	TEKNOLOJİK AFETLERİN GELİŞİMİNDE ÖZEL BİR ALAN: KİMYASAL KÖKENLİ KAZALAR	726

Daays2016_24	Osman ÇELİK, Hüseyin Hakan İNCE, Murat Abdülgani KUŞ, Burak AYDINYILMAZ, Salih DOĞRU, Mustafa BAŞKAYA	VAN DEPREMİ (23 EKİM – 9 KASIM 2011) SONRASI YAPILAN İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ	736
Daays2016_5	Ali Utku ŞAHİN	TÜRKİYE'DE AFET RİSK ALGISI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME: NEDEN HAREKETE GEÇMİYORUZ?	740
Daays2016_3	Mustafa ARSLAN	AFET SONRASI GÜVENLİK İHLALLERİ VE KARŞI TEDBİRLER	746
Daays2016_29	Murat NURLU	AFET RİSKLERİNİN AZALTILMASINDA ÇAĞDAŞ YÖNTEMLER	757
Daays2016_53	Ebru İNAL, Edip KAYA	İŞYERLERİNDE ACİL DURUMLAR HAKKINDA YÖNETMELİK KAPSAMINDA ACİL DURUM PLANI VE İLGİLİ HUSUSLARIN İNCELENMESİ	761
Daays2016_7	Hakan Murat ARSLAN, Mehmet Selami YILDIZ	KÜME KAPSAMA MODELİ İLE YARALI TOPLANMA MERKEZLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ	766
Daays2016_52	Bora BALUN, Gazanfer ERBAY, Cevdet GÖLOĞLU	KİMYASAL KÖKENLİ TEKNOLOJİK AFETLERİN YÖNETİMİNDE PRAGMATİK BİR YAKLAŞIM: SEVESO DİREKTİFİ	770
Daays2016_75	Ömer YAVUZ, Muhammed Recep YÜCE	NÜKLEER RİSK ALGISI VE SOSYAL KABUL ARASINDAKİ İLİŞKİ: ACİL YARDIM VE AFET YÖNETİMİ BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA	775
Daays2016_112	Yasemin ALTUN TÜRKER, Turgay TÜRKER	ACİL TOPLANMA MERKEZİNİN BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE SEÇİMİ: KARABÜK ÖRNEĞİ	792
Daays2016_76	Sümeyra UZUN, Ali Osman KUŞAKÇI	AFET LOJİSTİĞİ ALANINDA TESİS YER SEÇİMİ ÇALIŞMALARININ TARANMASI	798
Daays2016_111	Çağrı SEL, Simay TAŞCI, Sevban A. TUZCUOĞLU	İNSANI YARDIM LOJISTIĞI: TÜRKIYE GÖÇMEN SORUNU	807
Daays2016_84	Ömer KIVRAK, Muharrem DÜĞENCİ	MEYDANA GELEBİLECEK BİR DEPREMDE HAYATINI KAYBENDEN KİŞİ SAYISININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ	817
Daays2016_11	Çağdaş KOÇKAN	AFET RİSK YÖNETİMİ VE KALKINMA	822
Daays2016_96	Yusuf ŞAHİN, Yusuf UYAN	AFET RİSK ANALİZİ VE SINIFLANDIRMASI: BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ	827

Daays2016_71	Ömer YAVUZ, Salih KÖSEOĞLU	AFET YÖNETİMİNDE ÇOK AKTÖRLÜLÜK VE TRANSFORMASYONEL LİDERLİK ARASINDAKİ İLİŞKİ	832
Daays2016_85	BÜLENT KAYA, MURAT ERDURAN	ENDONEZYA' DA AFET VE RİSK YÖNETİMİ	838

(Çağrılı Konuşma)
İSTANBULDA KENTSEL DÖNÜŞÜM SORUNLARI

PROBLEMS OF URBAN REGENERATION IN ISTANBUL

Prof.Dr. Övgün Ahmet ERCAN

İstanbul Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye, ahmetercan47@gmail.com

Özet

Eğer Kuzey Marmara kırığı 7,3'ü tek bir deprem yaparsa, ne olur bilme olasılığı yok. İstanbul'da yaklaşık 1 milyon 600 bin yapı, diğer bir deyişle 4-4,5 milyon konut olduğu sanılıyor. Bugün bile arı gibi kaçak yapı yapılıyor. 1,6 milyon yapının yüzde 38'inin yapılaşma, yüzde 67'sinin ise kullanma izni yok. Kısacası her 4 yapıdan 3'üne uray(belediye) kullanma izni vermemiş. Sonuçta İstanbul'daki yapıların yüzde 70'i çarpık yapılaşma ürünü.

Marmara bölgesinin kentleri olan İstanbul, Tekirdağ, Yalova öncelikli olmak üzere; İzmit, Bursa, Balıkesir, Çanakkale Marmara depremi etkisinde kalacak başlıca büyük kentlerimizdir. Türkiye'de gelirin %45'i bu bölgeden sağlanırken, eğitim kurumları, bankalar, üretim evleri, beyin gücü de bu bölgede yoğunlaşmıştır. 1999 depreminden sonra çıkarılan 'Kentsel Dönüşüm' yasası olarak bilinen 'Deprem yönetmeliği ile Afet yasası' ile bankaların açtığı uzun erimli borçlanma tam anlamıyla bir fırsattır. Ne var ki, anılan kentlerde genelde kentsel dönüşüm adı altında yapısal dönüşümler ile kentsel ötelemeler yapılarak yasa sulandırılmış, kent yaşam sorunları daha da içinden çıkılmaz duruma girmiştir. İvedi olarak yapısal dönüşümler ile ötelemeler durdurularak, kentsel dönüşüm tüm yurtta, yerel sorunlar göz önüne alınarak düzene sokulmamalıdır.

Açkı sözcükler:

Kentsel Dönüşüm, Deprem, Kuzey Anadolu Kırığı, Yer Seçimi, Alan Kullanımı, Kentsel Tasarım, Kırım Yasası

Abstract

It is hard to predict level of hazard for an expected earthquake magnitude of 7,3, on the North Anatolian Fault line at the northern section of Marmara Sea, nearby İstanbul. There are about 1,6 million buildings and 4 to 4,5 million residences or flats. Out of 1,6 million housings, 38% do not have construction permission, and 67% do not receive usage permission. In summary, 3 out of 4 are illegal housing which do not have permission from municipality. In other words , 70% of building are illegally in use, no one knows their endurances against a big scale Marmara earthquake.

Marmara sea surrounded with very dense urbanization settlements. One out of 5 people in Turkey lives at Marmara region. Large scale cities surrounding Marmara Sea are Tekirdağ, Çanakkale, Bursa, Balıkesir, Yalova, Kocaeli, besides mega city İstanbul which may be affected from North Marmara Sea earthquake. Turkey collects 45% of total taxes from Marmara Region, in addition to this, most leading universities, schools, factories, bank, intelligent and most educated people are densely take place in this region. It is an great advantage that Earthquake Regulation and Hazard Law which is known as City Renovation law was passed from Turkish parliament, after 1999 Golcük earthquake, banks open low interest credits for this tasks. However, in practice this regulation does not function as it should be. Because by using city renovation name, construction investors are opportunist to occupy green parks and building high rises for the place of old housing regions. Another attempt is to reconstruct the old houses. But as long as one does not chance infrastructure, enlarge streets and green parks, develop transportation facilities of city, by such attempts building will be renovated but city will under the risk of exaggerated traffic cam, pollution, noise, crowded streets and public buses and metros. Especially, poor people replaced their valuable territories or houses for luxurious residence investments, and they move out skirts of the city. We name this, the city displacement or migration.

Keywords

City renovation, Earthquake, North Anatolian Fault, Site Selection and classification, Urbanization, Disaster Law

1. Giriş

İstanbul'da 1999'daki depremde yıkılmayan yapıların tümü günümüzde yorgun, taşıyıcıları yıpranıktır. Levent'teki yapılar 4. döneyden (raunttan) çıkmış vuruşucu(boksör) gibi, Cihangir'dekiler 5. Döneyden, Fatih, Bakırköy ile Avcılar'dakiler 9. döneyden çıkmış gibi. Oyun 12ci döneyde bitiyor. Onları taşıyan toprak da yorgun. Eski esneklik ile taşıma özelliklerini taşımıyor, yorgun. Yapıların yapılaşırlıkları, yorgunlukları ile yıpranışları da eşit değil. Yapılar da kişiler gibidir. İstanbul'dakiler çok yorgun, çoğu da yaşlı, ayrıca kuralsız, gelişi güzel bilgi ile deneyimden yoksun, belli bir ölçüne (standarda) uymayan yapılar.

Güçlendirme çözüm değil. Benim 81 yaşındaki annemi 18 yaşında yapabilir misiniz?

İşte bu örnek gibi yalın!

Yapılar yıkılacak, baştan yapılacak. Bu yapıları Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile ediniciler yıkmazsa bu yapıları, deprem yıkacak. Binlerce, onbinlerce insan da altında kalıp ölecek!

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. İstanbul Ne Denli Önemli?

Şu anda bir deprem olsa, İstanbul'u kimse kurtaramaz, Türkiye'nin akçal durumu çöker. Kuzey Marmara'da toplamı 7,3 büyüklüğünde olacak iki deprem bekliyorum. Eğer 7,3'ü tek bir deprem yaparsa, aşağı yukarı Van'ın 2-3 katı daha büyük yıkıma, çığıma yol açar İstanbul'da. Doğal olarak oransal olarak söylüyorum. Van'daki yapı sayısı yaklaşık 3 bin, İstanbul'da yaklaşık 1 milyon 600 bin yapı, diğer bir deyişle 4-4,5 milyon konut olduğu sanılıyor. Kesin sayıları bilmiyoruz. Bu sayılar ortalama. Uraylar (belediyeler) de doğrusunu bilmiyor. Nedeni şu ki, bugün bile arı gibi kaçak yapı yapılıyor. 1,6 milyon yapının yüzde 38'inin yapılaşma, yüzde 67'sinin ise kullanma izni yok. Yani neredeyse her 4 yapıdan 3'üne uray(belediye) kullanma izni vermemiş. Boğaz'daki villaların çoğunun da kullanma izni yok. Boğaz'ın her iki yakası kaçak villalar uçmağı(cenneti) gibi. Sonuçta İstanbul'daki yapıların yüzde 70'i çarpık yapılaşma ürünü Şekil 1.



Görüntü 1 Çarpık Kentleşme örneği. Oturma ile sarsıntı büyütme sorunu olan gevşek birim üzerinde çok katlı, çınlamaya-rezonansa gelebilecek yapılar(İzmir-Mavişehir To=3-4 sn, h>250 m)

Çarpık yapılaşma ne demek? Tasarısız, nasıl yapıldığı belli olmayan, hiçbir sayışmanlık yumuşu(mühendislik hizmeti) almamış, yer özelliklerine bakılmamış, gelişigüzel yapılara biz çarpık yapılaşma diyoruz. Bu durumu görmek için İstanbul'a şöyle bir dolayınıza bakmanız yeterli. Çoğu semtte bırakın sokakları, oramlara (caddelere) bile güç giriliyor darlıktan.

3. Depremden Sonra Bir Arama-Kurtarma Yapılamaz, Ancak Aylarca Sürecek Çalışmalarla Ölü Çıkarılır

Van'daki gibi bir arama-kurtarma olasılığı İstanbul depreminde beklenmemeli. Tüm yeryüzünde depremlerde göçük altından kurtarma oranı yüzde 17'dir. Van-Erciş'te 3 bin 755 kurtarmacı, 96 takım vardı. Yıkılan yapı sayısı ise yalnızca 78'di. Kurtarmacılar yeryüzü ortalaması yüzde 17 olan kurtarma oranını Türkiye'de yüzde 24'e çıkardılar. Son 2011 Van Depremi'nde olağanüstü bir başarıyla kurtarma oranı yüzde 76'ya yükseltildi. Türkiye'ye gelinen bu konuma sonsuz alkışlar. Ancak yıkılan yapı sayısı azdı. Girişim çok çabuk oldu. Nedeni şu ki, Van'da ilk depremde yalnızca 6 yapı göçmüştü, ikinci depremde ise 25.

Ancak önemli olan göçük altından kurtarmak değil, göçük altına sokmamak gerekli.

4. İstanbul'da Nasıl Başarılı Oluruz?

Bu soruya şöyle yanıt vereyim; İnşaat Mühendisleri Odası'nın 2008'de çok dürüst olarak yaptığı bir çalışma vardı. İTÜ'de bir toplantı yapmıştık, orada sundular. İçler acısı bir durum var ortada. İstanbul'daki her 100 tasarıdan(projeden) yalnızca 8'inde sayışmanlık yumuşu alınmış. Diyesim yüzde 92'sinde bilgi, görgü, deneyim, güvenlik yok. Buradan şöyle bir sonuç çıkıyor; İstanbul'daki yapıların yaklaşık yüzde 2'si M=7,5 büyüklüğündeki bir deprem olursa dayanabilir. Bu yüzde iki de, A türü dediğimiz çok varlıklı kişilerin yaşadığı, sağlam yerdeki, sağlam konutlardır. Kaldı ki depremde hiçbir durumda varlıklı kişiler ölmez, sürekli yoksullar ölür. Geri kalan aşağı yukarı yüzde 8 dolayındaki yapı ise B türü yapılardır.



Görüntü 2. Görüntü 1 Çarpık Kentleşme örneği. Yalıda yapılan çok katlı yapıların olumlu yanı ağaçtan yapılmış olmaları(solda). Yeşili yok eden, çarpık yapı ormanı. Ne alt yapı var, ne ulaşım. Mutsuz, güvensiz toplumu üreten kentleşme örneği(sağda).



Görüntü 3. İstanbul Eminönü'nde bin yıldan eski İstanbul surlarında gözlenen oturma sorunu. Ne yazık ki, Sirkeci-Eminönü, Eyüp, Kağıthane Haliç kıyıları gevşek olmasına karşın, yapılaşmaya açılmış olması yanlıştır.

4.1. B- Türü Yapı Ne Demek?

Yapı gereçleri, donatıları doğru seçilmiş, ancak depreme güvenli bir biçimde tasarlanmamış yapılardır. Geri kalan yapıların da ne olduğu belli değil, ayrıca bir yandan da sürekli olarak yapı yapılıyor İstanbul'da. Ancak son yıllarda daha güvenli sınıra doğru çekilmeye başlandı. Nedeni şu ki, 2003'ten sonra yapı denetimi başladı. Ancak bunun koşutunda günümüzde kaçak yapılaşma, ayrıca kaçak kat çıkma sürüyor. Özellikle de seçim dönemlerinde kaçak kat çıkma artıyor.

Hemen her seçim döneminde İstanbul'a yeni bir semt ekleniyor. Doğal olarak uraylar(belediyeler de) oy almak için oralara ulaşım götürüyorlar, altyapı yapıyorlar, böylelikle kaçağı desteklemiş oluyorlar. Anadolu'dan bir göçmenin gelip İstanbul'a yerleşimi 30 bin dolarlık yatırım gerektiriyor. Oysa İstanbul'un çoğunu(nüfusu) her yıl bir Zonguldak kenti oranında artıyor. Bir yandan kızıyorsun, bir yandan destekliyorsun, ayrıca böylelikle kaçak yapılaşma sürüyor, kışkırtılıyor.



Görüntü 4. Görüntü 1 Çarpık Kentleşme örneği. İstanbul-Beşiktaş'da kamu alanı üzerine dikilen, 200 bin metre karesi kaçak olduğu söylenen boynuzlar, gökdelenler, Ortaköy çukurunun kuzey esintilerini almayı engelliyor, ulaşıma darbe vuruyor(solda).

Boğaziçi geçişleri köprülerle çözülemez. Bunun için çare Boğazı yeraltından oyuntularla, yerli güçle açmaktır.

5. İstanbul'daki Yapılarda En Belirgin Yanılgılar Nedir?

Yapı sayrılıkları(hastalıkları) diyelim biz ona. İstanbul'daki yapıların yüzde 64'ünde topraktan gelen ıslaklık nedeniyle için için donatı çürümesi var. Tıpkı kişi bedenini taşıyan omurganın eriyerek kemik erimesine uğraması gibi. Peki, bunun sonucu ne oluyor?.

Yapının kondurulacağı yerdeki toprak ıslaklığı jeofizik sayışmanlarınca (mühendislerince) kıvıl görüntü (elektro) çekerek bulanabiliyor. Eskiden, annelerimiz, "Oğlum nalınlarını ayağına giy, yer yaş, soğuk alırsın. Yaş yere çıplak ayakla basma" derlerdi. Neden böyle uyarırlardı?

Nedeni şu; yaş olan yerler kişiyi sayrı(hasta) ettiği gibi yapıyı da sayrılar. Yapı kişiye çok benzer. Yapının temeli gökte değil, yere kökleştirilmiştir. Yapı yere köküyle(temeliyle) tutunur. Yapı yüksekliği arttıkça, yapının yeraltına doğru kökü de derinleşir. Bunun kabaca ölçüsü her 5 kat için, bir perde yapaytaş(beton)lu bodrum katı boyundadır. Yapı kökünün bulunduğu yerin yaş ya da ıslak olmaması gerekiyor. Eğer yer, yaş, ıslak, ayrıca suluysa, ayrıca oraya ille de yapı yapılacaksa biz onu jeofizik kıvıl görüntü (elektro) çekerek, ayrıca esnekliğini yapay sarsım dalgası (sismik) ile belirliyoruz. Bu işlem aşağı yukarı 20-25 dakikamızı alıyor.

Ancak, hiç delmeden, kuyu, delik açmadan çok büyük bir alanın yer altı dayanım ile davranış özeliklerini bulabiliyoruz. Jeofizik sonuçlara bakıp diyoruz ki,

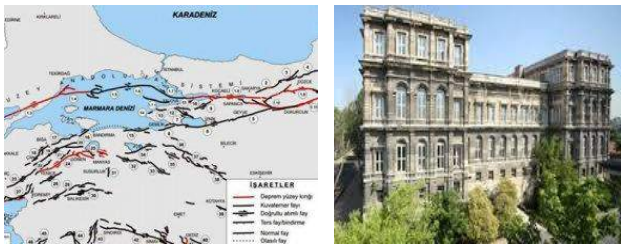
"*Buradaki ıslaklık derinliği 2,5 metre. Eğer 15 metre daha gidersen burada yeraltı suyu da var!"*

Bu bilgilere dayanarak yapı sayışmanı(inşaat mühendisi) bunun üzerine yapıyı tasarlıyor. Diyor ki,

"*Burada bir ıslaklık sorunu var! Bu giderilmeden, yalıtım yapılmadan bu kesime yapı dikilemez"*

Eğer yapı sayışmanı işini biliyorsa, kazısını yapıyor, ıslaklık oranını görüyor, o ıslaklığın, suyun, yapının köküne gelmemesi için bir yalıtım bohçası yapıyor, suyu da o alan ile derinlikten uzaklaştırarak yapı kökünün suyu görmesine izin vermiyor.

Yer yalıtıcı örtüsü (geomembran) dediğimiz ıslaklık geçirmeyen bir tür kumaşlar var, yere onlardan seriliyor, bir yalıtım yapılıyor, böylece o su, taşıyıcı köke, oradan da yapıya gelmiyor. Böylece, ıslaklık yönünden yapı güvenli oluyor.



Görüntü 5. Kuzey Marmara'dan geçen Kuzey Anadolu Kırığı, Marmara'ya tek kolla değil dört kola ayrılarak girer. Bu nedenle bu bölgede depremler sık değil, seyrek olarak oluşur. Bu kırık üzerinde İstanbul ile Tekirdağ'da iki deprem olacaktır(solda).

6. İstanbul'daki yapıların yüzde 64'ünde kemik erimesi var! Islak yere yapı yapılırsa ne olur?

Eğer su yatlımı yapılmaz ise, yapaytaş (beton) sünger gibi, suyu çekerek gözeneklerini doldurur. O ıslaklığı alır yukarıya doğru çeker. Ötesi, yapılara dışarıdan bakınca alt, ya da üst katlarda pul pul boyaların döküldüğünü görürüz. O, burada ıslaklık yürüyüşü olduğunu, yapının oradan çürümeye başladığını gösterir. Özellikle kötü dökülmüş gözenekli yapaytaşlarda (beton) bu durum sıkça görülür. Yapaytaş (beton) kötü döküldüyse, gözenekliyse bir yandan yandırı-odtegini (oksijeni), diğer yandan da suyu alır, ayrıca içindeki donatı paslanmaya başlar. Yapıyı depreme karşı ayakta tutan donatılardır. Van'da sürekli o donatıları inceledik. Yapaytaş(beton) ufalanmıştı, donatılar da sıyrılmış, düğüm yerlerinden kopmuştu. İşte yapaytaş (beton) suyu çekerse paslanma başlar. İstanbul'da yapı sayışmanları, ayrıca örekmenlerle (mimarlarla) baktığımız birçok yapıda gördük ki, yapaytaşın(beton) içinde donatının izi var, ancak kendisi yok. Paslanmış, çürümüş gitmiş. Ben bunu yapılarda kemik erimesi diye adlandırıyorum. O ölçüde yapılar var ki, demirtaş (beton) içinde demirin yalnızca izi var, kendi çürümüş gitmiş. Bu oran İstanbul'daki yapılarda yüzde 64. Diyesim İstanbul'daki yapıların yüzde 64'ünde kemik erimesi var. Yapılar kadınlara o denli benzer ki. Kadınlar çok doğurduğunda bedenlerindeki kemiklerde kalsiyum azalır, böylece kemik erimesi ile kemin incelmesi başlar. Benim annem 5 kez doğurmuş, kemik erimesinden, büzüldü gitti. İşte İstanbul'un yapıları da aynı benim annemin durumu gibi, kemik erimesi yüzde 64. Bu inanılmazca çok yüksek bir oran.

7. Yaşlı Kişilerin Ufacık Bir Düşmede Bile Bir Yerleri Kırılır. Bu durumda İstanbul'daki Yapılarda mı Böyle?

Doğru, İstanbul'daki çoğu yapı böyledir. Bir deprem vurmasına bakar. Donatısı erimiş 10 ile 15 katlı yapılar sanki yığma yapı gibi davranır. O tür yapıları bir deprem vurunca kırar. Nedeni şu ki, onun yalnızca düşey yükünü taşıyan yapaytaş(beton) vardır, ancak deprem ile esnekliğini sağlayan donatıları yok gibidir artık. O yapaytaş(beton) da eskimiştir. Yapaytaş(beton) da döktüğünüz çağdaki yapaytaş(beton) değildir, süreyle eskir. Her deprem oluşunda içinde küçük, belki gözle görülmez çatlakçıklar oluşur, ardışık depremler o çatlakçıkları önce çatlak yapar, daha sonra da kırık yapar. En son aşamada da yapı göçer.

Günümüzde, 1999'da yıkılmayan İstanbul'daki yapıların tümü yorgun. Örnek olarak, Levent'teki yapılar aşağı yukarı 4. döneyden (raunttan) çıkmış vuruşucu gibi, Cihangir'deki yapılar 5. döneyden, Fatih, Bakırköy, Bağcılar, Bahçelievler, Zeytinburnu, Yeşilyurt, Yeşilköy, Florya, Beşikta ile Ortaköy dere boyları, Küçükçekmece, Güneşli, Mahmutbey, Avcılar, Esenyurt, ayrıca Büyükçekmece'deki yapılar 9. döneyden döneyden çıkmış gibidir. Diyesim, yapılar yorgun, bitkin olarak yeni depremi, İstanbul ile Tekirdağ depremlerini bekliyorlar. Dolayısıyla, Küçükçekmece'nin 10-15 km güneyinde, 7-10 km odak derinliğinde, M=6,4-6,7 büyüklüğünde bir depremin İstanbul'u etkileme oranı büyük olacaktır. Nedeni şu ki, 7,5'luk Gölcük Depremi'nin daha önceden sarsıp yorduğu, olumsuz olarak etkilediği, yıkılmaya yaklaştırdığı yapılar bunlar.

8. Bugün İçin İstanbul'da Depreme Karşı Yapabileceğimiz Bir Önlem Var Mı?

Ben yeni bir yapı alacak olsam, en kötüsü 2007 de son çıkarılan deprem yönetmenliğine göre yapılan bir yapıyı alırım. En kötüsü ise 1999'dan sonra yapılan bir yapıyı satın alırım. Ancak daha önce yapılan üzerine kuşkum büyük olur.

9. TOKİ Konutları Dayanıklı mı?

Kesinlikle. Bir TOKİ olumlu tanıtımı yapmış olacağım ancak gerçek şu ki, birçok uygulaması için TOKİ'yi alkışlamak gerekir. Nasıl ki kötü olanı yeriyorsak, iyi olanı da görmek durumundayız. Yalnız burada hemen belirteyim, TOKİ'nin Yalova'da Hacı Mehmet Ovası'ndaki yapılaşması yanlış. Hacı Mehmet Ovası'nda çok büyük yıkım olmuştu. TOKİ geldi oraya evler yaptı, bunu kim önerdi bilmiyorum, yanlış. Bursa'da Osmangazi'de, ötekensel(tarihi) yapıların önünde, sıkça dikilmiş çok katlı boynuz gibi TOKİ toplu konutları çok çok büyük bir yanılgı. Bursa düzünün sulak alanlarında, Mudanya yolunda, Nilüfer ilçesinde yapılaşma oldukça sakıncalı.

10. Sıkça Görülen Yapı Sakıncaları ile Eksiklikleri Neler?

Gereç eksikliği, ayrıca yapaytaş (beton) niteliksizliği çok yüksek, yüzde 41 oranında. 2007 yönetmeliğine göre yapaytaş (beton) niteliğinin BS 20, ya da üstü olması gerekiyor. Yapaytaş (beton) süreyle eskir. Kişioğlu yaşlandıkça, eskimiyor mu? Ben 18 yaşındaki Övgün Ahmet Ercan değilim ki, eskimiş durumdayım. Aynı biçimde yapılar da eskir. Türkiye'de demirtaş(betonarme) yapılar 1950 de yapılmaya başlandı. Demirtaş (betonarme) yapıların yaşı da kişi yaşıyla özdeştir. Kabaca 50 ile 70 yıl yaşarlar. Bu yaştaki bir yapı ayaktadır ancak artık güçsüzdür. Onun yenilenmesi gerekir. Yenilenmesi, güçlendirilmesi değildir.

Genel yol, eğer güçlendirme giderleri yapı değerinin yüzde 40'ından az ise güçlendirilir, yoksa yıkılıp yeniden yapılmalı. Ben güçlendirmeye inanmıyorum. O yapının yıkılıp yeniden yapılması en güvenli yoldur.

Sıvakasal (siyasi) görüşü bir yana bırakalım, depremde sıvakalık (siyaset) olmaz.

İşte, Van'daki Bayram Otel 47 yaşındaydı. Uray(belediye) olarak, sen 47 yaşındaki bir kalıncağa (otele) nasıl giydirme izni verirsin!

Van Urayı (belediyesi) suçludur, bunu açıkça söylüyorum. Giydirme iznini nereden aldı ki bu kişi?

Uraya(belediyeye) başvurdu,

- *Benim otelin yapım yılı bu* diye

- Uray(belediye) ona demeliydi ki,

- *Sen bu oteli giydiremezsin, bu yapı eski, yık yeniden yap!"*

Giydirmeye izin, veren kimdir? Van Uray(belediye) Başkanlığı'dır, Fen işleridir. Onlar da kesinlikle kıyımdan yargılanmalıdır.

11. İstanbul'da en az 200 bin yapı yıkılıp yeniden yapılmalı

İstanbul'daki yapıların yüzde 11'i çok eski yapı. Bu oran aşağı yukarı bizim depremde ne denli yapının yıkacağını da gösteriyor. Eğer İstanbul'da 1 milyon 600 bin yapı varsa, hiçbir gözlem yapmasak bile, İstanbul'daki yapıların en az yüzde 10-15'inin, diyesim, yaklaşık 1 milyon kişinin oturduğu 160-200 bin yapının yıkılıp yeniden yapılması gerekiyor.

Aslında ben, eski yapıların hemen hemen tümünün yıkılıp yeniden, kent ya da bölge ölçeğinde kentsel tasarım yapılarak, yeniden yapılması gerektiğini söylüyorum. Ancak, asla ada ölçeğinde tasarıma dayalı yapılaşma ya da yık-yap olayına izin verilmemeli.

Oysa bugün İstanbul'da en yaygın başvurulan 'yapısal dönüşümdür'. Bu durum ise o yapıdaki kişiler ile yapımcıya yarar sağlar, kentin yoğunluğunu ise artırır, hiçbir sorununu çözmez, tam tersine karmaşıklaştırır.

Nedeni şu ki, böyle kent olamaz! Ben Beşiktaş'tan Ortaköy'e arabamla 2,5 saatte gidebiliyorsam, yaklaşık İstanbul'da araçla gidiş hızı 13 km'ye düşmüşse, bu bir yaşanacak yerleşim kenti değildir. İstanbul'un en önemi sorunu deprem değil, ulaşım, yeşil dokunun kendini yapılaşmaya terk etmesi, gürültü, yaşamsal olanakların bir bir ortadan kalkmasıdır. Bu çok sevdiğimiz İstanbul'da yavaş yavaş ölüyoruz. Toplum tin sayrısı(ruh hastası) birbirini vurup kıracak ölçüde de gergin. O nedenle yüksek tansiyonlu, şekerli, ayrıca yürek yangılı.

Deprem olmadan yavaş yavaş ölüyoruz, ömrümüz kısalıyor. Yaşam niteliğimiz düşük. Toplum ile evgil(aile) içi

kavgalar gün geçtikçe artıyor. Bezginiz, yorgunuz, bitkiniz, sinirliyiz, birbirimize bağırıyoruz, dövüşüyoruz, birbirimizi öldürüyoruz, saygımız olağanüstü düştü, umutlarımız kırık, yaşamın çıkışı arttı, ayrıca mutsuzuz, ancak buradan ayrılmıyoruz da. Sanki bataklığa düşmüş bir toplum gibiyiz. Evden işe, işten eve. Geleceğimizi düşünecek süremiz bile yok. Hemen hemen hiçbir ekinsel(kültürel) etkinliğe katılmıyor, çeynik (spor) yapmıyoruz. Deniz var, Boğaz var, göl var ancak suya girecek yer yok. Her yer kirli.

Bu kentte (şehirde) kaç kişi uygarca yaşıyor? Kaç kişi yedilde (haftada) bir sinemaya gidiyor? Ya tiyatro, ya opera? Ya uluslararası geziye çıkan kaç kişi var? Kaç kişi günlük yürüyüş yapıyor, kaç kişi ikiteker sürüyor?

12. Bütün Bu Yapıların Yıkılıp Yeniden Yapılmasının Çıkışı Ne Olur?

Bir kere şunu söyleyeyim; deprem sıvakadan (siyasetten) uzak tutulmalı. Toplumun her kesimini ilgilendiriyor bu konu. Aynı olayı CHP Genel Başkanı Kılıçdaroğlu söylerse geçerli, yöneten Başbakan söylerse tu kaka, öyle bir durum var bugünlerde. Depremde sıvakalık (siyaset) olmaz. Hemen her artı kazanca (rant) diyoruz, haksız kazanç diyoruz. Her öküzün altında buzağı ararsak, bu çürük evlerin altında ölüp gideceğiz! Yapılaşma olur da kazanç olmaz mı? Elbette olur. Ancak ben şöyle bakıyorum; yapıların yıkılıp yeniden yapılması yüzde 30 katma değer getirecek. Diyesim, sen olabilecek 250 milyar dolarlık bir zararı hem yapıları yenileyerek hem kentleşmeyi düzenleyerek hem de işsiz gençlere iş sağlayarak çözeceksin. Bu ülkede 10,5 milyon genç işsiz.

Kentsel tasarım işi, işsizliği sıfıra indiriyor, ayrıca aşağı yukarı yüzde 30'luk bir katma değer kazandırıyor ülkeye. Sonra ilkutun (devletin) anayasal sorumluluğu toplumun can güvenliğini sağlamaktır. Yalnızca yılgıya(teröriste) karşı değil, depreme karşı, sele karşı, yer kaymasına karşı, çığa karşı, ayrıca kötü yapılaşmaya karşı.

Bir başbakan,

"Ben bu yapıları yıkmıyorum herkes başının çaresine baksın" diyemez.

Yönetimi destekliyor gibi görünmek de istemem ancak doğrusu bu. Doğrunun arkasında olmamız gerekiyor. Yapıları eğer yönetim, yerel yönetim yıkmazsa, beklenen deprem yıkacak. Altında kalan binlerce, onbinlerce insan da ölecek.

Ondan sonra otur, ağıt yak, yargılanmayacak suçlu ara.

13. Yeni Yasa Kentsel Dönüşüme Engel mi?

14 Ocak 2015 de yürürlüğe giren yasaya göre, İmar Planı değişmesinden doğan kazançlardan ilkut (devlet) yüzde 50 üleş alacaktır, yargısı kentsel dönüşüm ile yapılaşmayı yavaşlatacaktır.

Diyelim, sizin eski evinizin değeri 300 bin TL. Bir üstlenici eski evinizi aldı, yıktı, yeniledi, evin değeri çıktı, 800 bine. Bu durumda kazanç 500 bin TL. Bu durumda durup durur dururken siz ilkuta 250 bin Tl ödemek durumundasınız.

Siz, emekli, yok yoksul iseniz bunu nasıl yapabilirsiniz?

Bence birçoğu eski evi altında depremde ölmeyi yeğler. İlkut (devlet) topluma hizmet etmeli, toplum ilkuta-devlete değil. Bitsin artık bu soygun, bitsin artık toplumun kaz gibi yolunması.

14. Kentsel Dönüşüm Kavramı İçinde İstanbul Büyükşehir Belediyesinin Erekleri Ne Olmalı?

1. Ulaşım. Yeraltından köstebek, kılçık yollar, T-yollar, Denizyolu, Uçar-konar, demir tekerlekliler, metro, metrobüs, otobüs kullanılmalı.
2. Kentsel Dönüşüm. Yapısal dönüşüme, kent içi vurgununa son verilmeli, Türk ekinini yansıtan konutlar olmalı.
3. Deprem. İstanbul Deprem Araştırayı-enstitüsü kurulmalı, deprem kestirmeleri, depreme uygun yerleşim tasarımı, deprem sonrası kurtarma, bakım geliştirilmeli. Kimse göcük altında kalmamalı.
4. Duruluk-Arılık(temizlik). Yiyecekte, içecekte, giyecekte sağlık, çöp, izmarit atmak, tükürmek yasaklanmalı.
5. Çeynik(spor), Sağlık ile Beslenme. Yürüyüş, koşu, ikiteker-bisiklet yolları, yutu (hap) azaltma, kolasız Türk türü beslenme, doğal beslenme, Amerikan beslenmesine dur denmeli, çilimsiz(sigarasız) yollar, bölgeler oluşturulmalı, unlu beslenme azaltılmalı.
6. Türkçe Egemen Olmalı. Türkçe alınlıklar(levhalar), Türkçe iş yeri adları, Türkçe eğitim, Türkçe yönlendirme yapılmalı.
7. Güre-Erk(Enerji). Evler kendi güresini(enerjini), yeraltından, güneşten, yelden kendisi üretmeli, artanını satmalı.
8. Çöp-Çöp ayıklama, çöpleri yeniden değerlendirme, çöpten erk(enerji) üretimi yapılmalı.
9. İstanbul Limanı. 50 uzunyol gemisinin yanaşacağı Avrupa'nın en büyükı gemi yanaşmalıkları(limanlar) Marmara ile Karadeniz kıyılarına serpiştirilerek yapılmalı.
10. Çoğun(nüfus) Dondurulmalı. İstanbul'un çoğununu (nüfusunu) dondurulmalı. Anadolu'ya ters göç güdülenmeli.
11. Araç Kimliği. Her araca kimlik, İspark, otoparkçılar kaldırılmalı. Her yol HGS'li olmalı. Yolu ne kadar kullandıysan o ölçüde ödemelisin.
12. Trafik Polisi Kaldırılmalı. Kent içinde oraltı kollukları(trafik polisleri) kalkmalı, kent içine savutlu(silahlı) güvenlik kolluğu giremeli. Toma, akrep, biber gazı olmamalı. Taksim Alanı gösterilere, Gezi ise ünermenlere-sanatçılara açılmalı.
13. Deniz Kıyısı, Boğaziçi Araca Kapatılmalı. Deniz kıyıları yeşil alan olmalı, halkın kullanımına açılmalı, yalnızca demir tekerler, ikitekerler girmeli.
14. AVM ile Gökdelenler Kent Dışına. Esnafı yoksullaştıran, trafiği yoğunlaştıran, İstanbul içinde AVM, boynuz yapıya(gökdelene) izin verilmemeli. Bu gibi esnafın belini kıran alış-veriş özekleri, kent ortasına en az 30 km ötede olmalı.
15. Ağaç Dikilmeli-Yeşil Alan Çoğaltılmalı. Yeşil alan oranları(Hongkong %41, Londra %38, Berlin %15, Newyork %14, Paris %9, İstanbul %1,5). Kent ormanları, koruları arttırılmalı. İstanbul'a güzel kokulu; ıhlamur, iğde, turunç ağaçları ile yaprağını dökmeyen ağaçlar dikilmeli.
16. Boğaziçi Köprüleri. Üç köprü yeter. Milyonlarca orman ağacı kesildi, doğal yaşama çok dokunca verildi. Başka köprü istemiyoruz artık. Boğaz altından çok sayıda köstebek yollarla geçiş sağlanmalı.

17. Kanal İstanbul. Trakya'yı savunmasız bırakacak Kanal İstanbul Yapımı ivedilikle durdurulmalı.
18. Kentsel Yaşam Eğitimi. Anadolu'dan göç etmiş, eğitimsizler için İsmek'ler yaygınlaştırılmalı.
19. Gazi, Engelliler. Eksikli kişilere, satın alma dışında her türlü hizmet (ulaşım, eğlence yerleri, ayakyolu kullanma gibi) ödemesiz olmalı.
20. İstanbul'da Venedik. Kapatılmış olan eski dere içleri açılmalı, deniz suyu ile dolan dere yataklarında kayıklarla dolaşılmalı, çevresi yeşil alan, çay bahçeleri, spor alanları ile donatılmalı.
20. Halkalı Nükleer Santralı Kaldırılmalı. Onun yerine Küçükçekmece "Cumhuriyet" ormanı yapılmalı. Çekmece gölü batısında "Kuş Cenneti" oluşturulmalı.
21. Araçsız-Gürültüsüz Bölgeler, Yollar Oluşturulmalı
22. Dingin Kent. Bazı semtler, Tuzla, Sarıyer, Beykoz, Adalar, Yeşilyurt gibi, "dingin-sessiz bölge" olmalı. Burada hiçbir araç korne çalamamalı, mikrofonla duyuru yapılmamalı.
23. Sanat. Konulu heykeller dikilmeli, sokak ressamlarına, sokak dinletilerine-konserlerine, ozanlara, oyunculara yer verilmeli.
24. Andıkları (hayvanları) Koruma. Kışın donan kedi köpek olmamalı, aç kalan sincap, kuş kalmamalı. Kuşlar için meyve ağaçları dikilmeli.
25. Uçuş Alanı. Üçüncü uçuş-hava alanı çevreyi etkilemeyecek biçimde yapılmalı, ancak Atatürk uçuş alanı Atatürk Ormanına dönüştürülmeli.
26. "Saklıyer"(Jeopark). Sarıyer altın yataklarını, Büyükada ile Heybeliada Bakır-Demir yatakları, Sarıyer-Garipçe-Rumeli Feneri ile Beykoz-Çekmeköy-Poyrazköy-Anadolu Feneri ormanlık alanı "Ulusal Park" yapılmalı. İkitelli'de 15 milyon yaşında taşılların(fosil) çıktığı yer; "Saklıtaşıl" koruma alanı olmalı.
27. "Saklı Kalıntı Alanı" (Arkeopark). Yarımburgaz Mağaraları, Kalkedon, Yenikapı "Saklı Kalıntı Alanı") "Arkeopark" olmalı.
28. Eski Kent Alanı Sessiz Alan Olmalı. Sur içinde, Bitinya, Roma, Osmanlı yapıları gün yüzüne çıkarılmalı. İstanbul, kara ile deniz surları onarılmalı, yeşillendirilip geziye açılmalı. Sur içinde demirtekerler dolaşmalı, "sessiz bölge" olmalı.
29. Ötken-Tarih Müzesi. Anadolu ötken-tarih müzesi, tözmükbilim-mineroloji ile taşbilim-petroğrafi, taşıl(fosil) müzeleri kurulmalı, kazıbilim-arkeoloji müzesi genişletilmeli.
31. Soykırım Anıtları. İstanbul'un her yanına Türk soykırım anıtları dikilmeli, soydaşlarımız Anılmalı.
30. Su. İstanbul'un Su Sorunu Kesinkes Çözülmelitir.
33. Yardım Bekleyenler. Yaşlı, düşkün, göçkün ile engelliler için; yol, kaldırım, bakımevi, eğlence, sağlık, spor, el işleri ile araştırma yetileri geliştirilmeli.

Sonuç

Yerleşim ile üretimevlerinin çoğu birinci önemde deprem bölgesinde yeralan yurdumuzda, depremden korunmanın biricik çözümü kentsel dönüşüm yapmaktır. Bu yola bir an önce gidip ileride yurdumuzun büyük akçal eksiklik içine girmesini önlemeliyiz. Şu biline ki, TC'de bir kişinin depremden ölmesi 1,3 milyon dolara çıkarken, ülke kalkınması -1 puan gerilemektedir.

Yararlı olabilecek Kaynaklar

İMO, 1991. 'İstanbul ve Deprem Sempozyumu'. TMMOB İMO İstanbul Şubesi Yayınları, İBB Kültür A.Ş. Yayınları., 193 s.

Ercan, A., 1999, Trakya Bölgesi Yerleşiminde Deprem Çekincesi; TMMOB Makine Mühendis Odası, Trakya'nın Kentsel Planlama ve Çevre Sorunları Sempozyumu, 21 Aralık

Ercan, A., 1999, Deprem Nedir? Ülkenin Tutumu Ne Olmalıdır Yeraltı Aramacılık Yayını, Kasım, 140 sayfa, İstanbul

Ercan, A., 2000 Kentlerin Sarsıntı Bölgelendirme İlkeleri ve İstanbul'un Sarsıntı Sınıflandırması (Microzoning) TMMOB Jeofizik Müh.Odası. Marmara'da Deprem ve Jeofizik Toplantısı. Polat Renaissance Hotel. Yayın.55-71

Ercan, A., 2000, Kentsel Planlamada Küçük Bölgelendirme (Microzoning) ve Jeofizik. Yerel Yönetimlerde Jeotermal Enerji ve Jeoteknik Uygulamalar Sempozyumu Kitabı s. 451 - 472 Konum : Macunköy – Ankara

İBB,2000. 'Marmara Region Earthquake'. İBB İstanbul Metropolitan Municipality, EMİ Eartquake and Megacities initiative 520s.

Ercan,A.,2000, Trakya'nın planlanmasında Yersel ve Çevre etki değerlendirme ölçütü YED-CED TMMOB Mak. Müh. Od. 21. Yüzyıl eşiğinde, Trakya'da san.ve Çevre Semp. III, 11-13 Kasım 1999, Kitap s.213-227

Ercan,A., 2000, Trakya bölgesi kentsel yerleşiminde deprem çekincesi, TMMOB Mak. Müh.Od. 21. Yüzyıl eşiğinde, Trakya'da san.ve çevre semp. III, 11-13 Kasım 1999, Kitap s.241-257

Ercan, A., 2000 Depremin Son Haritası, (Türkiye Deprem Bölgelendirme Haritası), Atlas Dergisi, S.86, Mayıs, No.2000/05, 146-147.

Ercan, A., 2000 Türkiye'nin Deprem Bölgelendirmesi (Makrozoning) TMMOB Jeofizik Müh.Odası. Marmara'da Deprem ve Jeofizik Toplantısı. Polat Renaissance Hotel. Yayın 45-54.

Ercan, A., Sak, A., Sungur, C., 2000, Yapıların Depreme Dayanıklığı Nasıl Saptanır? Cumhuriyet Bilim Teknik, No. 678, s. 18 – 21, 18 Mart 2000

Ercan, A., 2000, Kuzey Anadolu Kırığının Batıdaki İlginç Davranış Kimliği, Jeofizik Bülteni, Ocak, yıl 12, sayı 36, s. 19 – 26

Ercan, A., 2001, Deprem Yapıyı Nasıl Yıkar? Yıkılmayacak Yapı İçin Yer Araştırmaları Nasıl Yapılmalıdır?. Yukarı Orta Anadolu Depremleri (Yozgat - Kırşehir-Kırıkkale) Jeofizik Toplantısı. Yozgat. 25 Nisan.

Ercan, A., 2001, Yerseçimi ve Kentsel Tasarım İlkeleri. Doğu Karadeniz Kıranları (Afetleri) (Yerkaymaları, Depremler ve Sel Baskınları) Yeraraştırmaları ve Yer Seçimi Jeofizik Toplantısı, Trabzon. 20 Nisan. s. 55-108.

Ercan, A., 2001, Zemin Etüdü mü? Geoteknik Etüd mü? Jeofizik Etüd mü? Jeolojik – Jeoteknik Etüd mü? Jeolojik Etüd mü? Nedir Bu İşin Doğrusu? Bu Uğraşın Düzeci mi Kaçtı? Dünya İnşat. İstanbul. Nisan. s. 48-50.

Ercan, A., 2001, Bir Yapı Depremden Ne Oranda Dokunca Görür? Neye Uğrayacağı Önceden Belli Olur Mu? Dünya İnşaat, Şubat sayısı. Yıl. 18, S. 2001-02 s. 82-83

Ercan, A., 2001, Marmara – Trakya Yertitreşim Kimliği Küçük Bölgelendirme. Cumhuriyet Bilim Teknik. Sayı.721, s.18 , 13 Ocak

Ercan, A., 2002, İstanbul'da Depreme Çare. Kitap. S.92, Mayıs. İstanbul.

Ercan, A, 2003. Temel Jeofiziği XVII b : Depremlerin Kentlerde oluşturdukları

büyütme, ivme, salıntı ile dalga geçiş hızı. Dünya İnşaat Dergisi Aralık 2003

Ercan, A, 2006. Bursa Bataklığında Yüksek Katlı Yapılaşma İçin Yer İncelemeleri, (Bölüm 1), Şantiye Dergisi, Temmuz 2006.

Kuran, S. 2008. 'Uluslar arası Deniz Hukuku'. Arıkan Yayınları, İstanbul, 2.Baskı, 509s.

Ercan, A. Övgün. 2010. "Türkiye Deprem Çekincesi: İl il, ilçe ilçe deprem belgeseli".PARA Dergisi, 14-20 Mart Sayı:2010/12. Dergi eki.

Ercan, A. Övgün. 2009. "Depremden Korunma Kılavuzu:KORKMA". AKUT Yayınları No:8, 64 s. (Kitapçılarda).

Ercan, A. 2010. "4000 Yıllık Verilere Göre Türkiye'nin Deprem Çekincesi Belirlendi". ŞANTİYE DERGİSİ S.140-142,Mayıs Sayısı, sayı.263.

Ercan, A. İle Haliov, E.N. 2010. "Türkiye'nin Deprem Kimliği ile Gerginlik Dalgalarıyla Güçlü Depremlerin 1 ile 5 Gün Önceden Belirlenmesi" Kitap, 64 s. İstanbul-Türkiye

Özgül,N.2011. 'İstanbul İl Alanının Jeolojisi'. İBB Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul Kent jeolojisi Projesi yayınları, 305s.

Ercan, A. 2011. "Güvenli Taşıma Gücünün(Zemin Emniyet Gerilmesinin) Jeofizikten Bulunması"TMMOB Bursa İl Koordinasyon Kurulu (İKK) Bursa 3. Kent Sempozyumu,29-30 Nisan 2011. Bildiriler Kitabı, 214-221, 300s.

Ercan, A. 2011. "Long Period Earthquake Prediction For Linear Least Square approach For İstanbul Earthquake". 6th Balkan Congress in Budapest, Hungary. 2-5 October, 2011.

Ercan, A. 2011. "Geophysical Method For Allowable Bearing Strength".6th Balkan Congress in Budapest, Hungary. 2-5 October, 2011.

Ercan, A., 2011." Van-Erciş-Edremit Depremlerinin Oluşumu, İşleyişi ile Yapı Yıkımlarının Nedenleri (M=7,2) 23.10.2011- (M=5,6) 9.11.2011" ŞEHİRLERİN GELECEĞİ, TEHDİTLER VE FIRSATLAR Sempozyum Kitabı, 256s., s. 225-233.19 Kasım 2011, MMG Mimar ve Mühendisler Grubu, Üsküdar Belediyesi Yayınları.

Ercan, A., 2011." İstanbul Depremi 2045'de Olabilir" PARA DERGİSİ 27 Kasım-3 Aralık 2011, sayı:2011/48, sayfa.48-50

Ercan, A., 2011." Depremde Sıkıntılar ile Çözümler" Cumhuriyet Gazetesi İnşaat ve Yapı Denetim Eki 17 Ağustos 2011, sayfa.6

Işık, H. İle Kaftan, E., 2011. 'Türk Romanından Bir Demet İstanbul'. İBB Kültür A.Ş. Yayınları., 242 s.

Saraç, F. İle Ateş, T. 2011 'Deprem Hukuku'. Kadıköy Belediyesi Yayınları, 501s.

Ercan, A. 2012 'Afetler ve Kentsel Dönüşüm;Panel Notları'İstanbul Barosu Yayınları, 190s.

İstanbul Barosu. 2012 'Yaşanabilir Şehirler ve İstanbul;Panel Notları'İstanbul Barosu Yayınları, 95s.

İstanbul Barosu. 2012 'Çevre Hukuku Bağlamında İklim Değişikliği Sel, Kuraklı, Göç, Açlık;Panel Notları,2011'İstanbul Barosu Yayınları, 9s.

Ercan, A. 2013. "NCITY AVM Yer-Yapı-Deprem Dayanımı Araştırması ile Yapının Dirik ile Davranışının(Dynamic Perpormance Analysis)-Deprem-Yangın Çözümü" Bildirge,23.07.2012

Ercan, A. 2013. "Erenköy Eren Konutu Yer-Yapı-Deprem Davranış ile Dayanım İncelmesi" Bildirge,08.03.2012

Baş, M.2014. 'İstanbul Mikrobölgelendirme Projesi Avrupa Yakası'. İBB Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul Kent jeolojisi Projesi yayınları, 410s.

Baş, M.2014. 'İstanbul Olası Deprem Kayıp Tahminleri'. İBB Deprem Risk Yönetimi ve Kentsel İyileştirme Daire Başkanlığı, Deprem ve Zemin İnceleme Müdürlüğü, İstanbul Kent jeolojisi Projesi yayınları, 265s.

Bayraktar, E.2014. 'Model şehirler;Avrupa-Amerika'. Merkez Repro Basım yay.İç ve Dış Tic.Ltd. Şti., II.Baskı, Ankara, 427s.

Kuban, D. 2014 'Yarını Baştan Tanımlamak'Cumhuriyet Yayınları, 283s.

(Çağrılı Konuşma, Konuşmacı: Prof. Dr. Halil KUMSAR) GÜNDOĞDU MAHALLESİ (BABADAĞ, DENİZLİ) UZUN SÜRELİ HEYELANININ NEDENLERİ, MEKANİZMASI VE DOĞAL AFET RİSKİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

ASSESSMENT OF THE LONG TERM GÜNDOĞDU LANDSLIDE (BABADAĞ, DENİZLİ) IN TERMS OF ITS CAUSES, MECHANISM AND NATURAL DISASTER RISK

Halil KUMSAR[a], Ömer AYDAN[b], Hisataka TANO[c], Sefer B. ÇELİK[a] ve Reşat ULUSAY[d]

[a] Pamukkale Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl., Denizli, Türkiye, E-posta: hkumsar@pau.edu.tr, scelik@pau.edu.tr
[b] Ryukyu Üniversitesi İnşaat Müh. ve Mimarlık Böl., Nishihara, Okinawa, Japonya, E-posta: aydan@tec.u-ryukyu.ac.jp
[c] Nihon Üniversitesi İnşaat Müh. Bölümü, Koriyama, Fukushima, Japonya
[d] Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Müh. Bölümü, Ankara, Türkiye, E-posta: resat@hacettepe.edu.tr

Özet

Tarihsel dönemlere ait yerleşim yeri seçiminde soğuk su ve termal su kaynakları, tarım arazileri, doğal yapı taşı, maden rezervleri ve coğrafik konum önemli rol oynamıştır. Ancak o dönemlerde bölgenin jeolojik ve tektonik yapısı, jeolojik birimlerin ve içerdikleri süreksizliklerin jeomekanik özelliklerine ilişkin çalışmalar yeterince yapılamadığı için, bu yerleşim yerleri jeolojik yapı kontrollü meydana gelen deprem, heyelan vb. gibi doğal afetler sonucu ağır hasar görmüştür. Denizli ilinin yaklaşık 20 km KB'sında yeralan Babadağ ilçesi denizden 730 m yükseklikte Neojen yaşlı kiltaşı, kumtaşı, marn birimleri ile Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler üzerinde yer alır. Metamorfik birimler ile Neojen birimleri arasındaki dokanak eğim atımlı normal bir faydır. Babadağ ilçesi Gündoğdu Mahallesi'nde yaklaşık 2000 kişinin yaşadığı konutların bulunduğu kumtaşı-marn ardalanmasından oluşan Neojen biriminin üzerindeki alanda, duraysız yamaç kütlesi yaklaşık 1940'lı yıllardan günümüze değin 4-14 cm/yıl'lık bir yer değiştirme hızıyla uzun süredir hareket etmektedir. 2000-2010 yılları arasında yürütülen uluslararası bir araştırma projesi kapsamında Japonya ve Türkiye'den katılan araştırmacılar arazide jeolojik, jeoteknik ve mühendislik jeolojisi çalışmalarını yürütmüş, arazi gözlemleri ve izleme çalışmaları yapılmış ve jeolojik birimlerin jeomekanik özellikleri deneysel yöntemlerle belirlenmiştir. Heyelan alanına yerleştirilen çok parametreli ve uzun süreli ölçüm alabilen gözlem istasyonları ile meteorolojik veriler, yer değiştirme, yamaç kütlesi içinde akustik emisyon sayıları, yeraltısuyu seviyesi değişimleri, kuyu içi deformasyon ölçümü, yerinde geçirgenlik ve sızma, ilçedeki dokuma tezgahlarının dinamik etkisini incelemek için yerinde ivme ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen verilerin değerlendirilmesiyle, heyelan kütlesinin kumtaşı marn yüzeyleri arasında birden fazla kayma zonları üzerinde duraysız hale geçtiği belirlenmiştir. Bölgenin depremselliği de dikkate alındığında, bölgede meydana gelebilecek ve büyüklüğü 6 veya üzerinde hasar yapıcı bir deprem sonucu heyelan kütlesinin büyük bir yer değiştirmeyle aniden hareket ederek yamacın topuğundaki dereye doğru kayacağı anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlar Afet İşleri Genel Müdürlüğünce de dikkate alınmış ve bölge "Afete Maruz Bölge" olarak ilan edilerek resmi süreçler tamamlanarak bölge halkı Denizli'nin girişinde inşa edilen yeni konutlarına taşınmıştır. Yapılaşmaya kapalı olan Gündoğdu Mahallesi heyelan sahasının "Jeopark alanı" olarak korunması önceki çalışmalarda önerilmiş olmasına rağmen, ilgili afet yasası gereği heyelan sahasındaki tüm yapılarak yıkılmıştır.

Anahtar kelimeler: Babadağ, heyelan, çok parametreli izleme, doğal afet riski

Abstract

Cold and thermal waters, agricultural lands, natural building stone reserves and geographical location have important roles in the selection of settlement area in historical periods. However, at that periods in the lack of knowledge related to geological and tectonic setting, geomechanical properties of geological units and discontinuities these cities were heavily damaged by natural disasters such as earthquakes, landslides etc. which were controlled by geological setting. Babadağ town is located about 20 km northwest of Denizli city, the town settled on 730 m above sea level. Geological units in the town are Neogene aged marl, sandstone interbedded marl and Paleozoic metamorphic rocks. The boundary between metamorphic rocks and Neogene deposits is a normal fault. A Long term Gündoğdu landslide in Babadağ town, where approximately 2000 settled people, has been moving with the velocity varying between 4-14 cm/year through bedding planes of Babadağ sandstone marl member. In the frame of an international scientific project, geological, geotechnical, engineering geological and multi monitoring studies in Gündoğdu district of Babadağ with participants from Japan and Turkey was performed between 2000 and 2010. In the light of the findings, causes of the landslide was investigated. The long term monitoring studies consisted of meteorological data, displacement measurements, acoustic emission monitoring, groundwater level changes, borehole pipestrain meter data, in situ permeability tests, and acceleration records of weaving looms in the town. In the light of obtained data, more than one sliding zones in the landslide mass were determined. Furthermore, when the seismicity of the region is taken into consideration, during a possible earthquake with a magnitude of 6 or greater, it is understood that big amount of displacements and sliding through the toe of landslide mass in Gökdere valley can occur. As a result of the

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

studies, Gündoğdu landslide area designated as “area subjected to natural disaster” by governmental institutions. People living in the district resettled to a new area in near Denizli city. In previous studies, although it is suggested that Gündoğdu district could be designated as landslide geosite, all damaged structures in the district were totally demolished according to the associated natural disaster law.

Keywords: Babadağ, landslide, multi parameter monitoring, natural disaster risk

1. Giriş

Jeolojik yapı, kayaçların içerdiği süreksizlikler ve yamaç geometrisi ile olan ilişkisi, yamacı oluşturan zemin, kaya, ve içerdikleri süreksizliklerin jeomekanik özellikleri, ayrışma ve bozunma dereceleri, yeraltı suyu, doğal ve yapay sarsıntılar, şev kazıları, yüzey yükleri yamaç ve şevlerin duraysızlığına neden olan başlıca sebeplerdir. Kütle hareketlerinin yerleşim yerlerinde meydana gelmesi, can kaybı, yapılarda ağır hasar ve büyük ekonomik kayıplara neden olmakla birlikte, sosyal hayatı da olumsuz etkilemektedir. Bu tür alanlarda kütle hareketinin nedenleri, oluşum mekanizması, ve çözüm önerileri için bilimsel proje çalışmaları yürütülmelidir.

Denizli’nin güney batısında yeralan Babadağ ilçesinin Gündoğdu Mahallesi’ndeki uzun süreli heyelan hareketi 70 yılı aşkın süredir devam etmektedir. Bu heyelan kütlesi üzerinde yaklaşık 2000 kişi yaşamıştır. Heyelanla ilgili en eski çalışma Önay [1] tarafından yapılmış olup, bu çalışmada, söz konusu mahalle afet bölgesi olarak tanımlanmıştır. Ergün [2] tarafından yapılan çalışmada ise, ilçenin Mareşal Fevzi Çakmak, Atatürk ve Cumhuriyet mahallelerinin potansiyel heyelan sahasında yer aldığı belirtilmiştir. Bu çalışmada ayrıca potansiyel heyelan alanlarında yaşayan vatandaşların Babadağ’ın 15 km KD’sundaki Sarayköy ilçesi yakınlarında Temlik mevkiine yeni yerleşim yeri olarak taşınmaları da önerilmiştir.

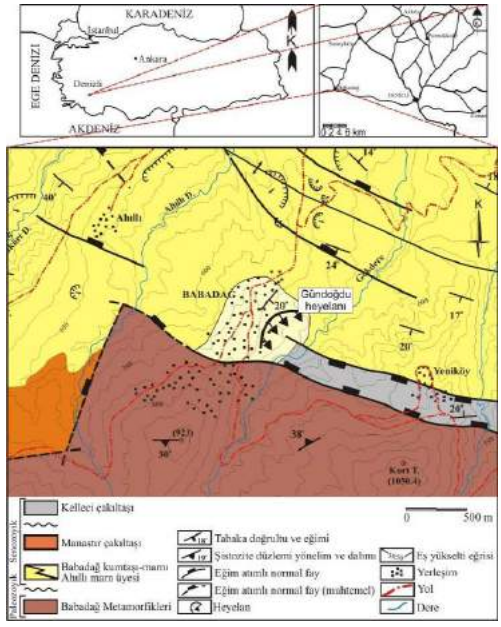
Babadağ’daki kütle hareketleri Özpınar vd. [3,4] tarafından sınıflandırılmıştır. 2000 yılında Japonya ve Türkiye’den oluşan araştırma ekibi tarafından Babadağ İlçesi Gündoğdu Mahallesi uzun süreli heyelanın nedenleri ve oluşum mekanizmasının incelenmesi konusunda yazarlar tarafından uluslararası araştırma projesi yürütülmüş ve elde edilen sonuçlar tartışılmıştır [5-21]. Bu çalışmada, arazide yapılan jeoteknik deneyler ve sondajlar, uzun süreli heyelan izleme yöntemleri, sahadan alınan örneklerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin laboratuvar deneyleri ile belirlenmesi, kayan kütlenin statik ve dinamik duraylılık analizleri yapılmış, ve 2000 kişinin yaşadığı Gündoğdu mahallesi heyelanının mekanizması ve farklı koşullar altındaki duraylılığı incelenmiştir. Ayrıca heyelan alanının doğal afet riski açısından değerlendirilmesi tartışılmıştır.

2. Çalışma Alanı ve Yakın Çevresinin Jeolojisi ve Depremselliği

Babadağ ve yakın çevresinde gözlenen jeolojik birimler, Paleozoyik yaşlı temel kayaları (Babadağ Metamorfitleri) ve Senozoyik'e ait çökeller olmak üzere, iki gruba ayrılır. Temelde yeralan Babadağ metamorfitlerinin üzerine uyumsuz olarak Senozoyik çökelleri gelmektedir. Senozoyik çökelleri; Üst Miyosen yaşlı Sazak formasyonuna ait Hisar kireçtaşı üyesi ve Kolonkaya formasyonuna ait Ahıllı marn üyesi, Babadağ kumtaşı-marn üyesi, Manastır çakıltaşı üyesi ve Mollaahmetler çakıltaşı üyesi ile temsil edilmektedir. İnceleme alanındaki en genç çökeller, Pliyo-Kuvaterner yaşlı Asartepe formasyonuna ait Kelleci çakıltaşı üyesidir (Şekil 1).

Ahıllı marn üyesi üzerinde geçişli olarak yeralan Babadağ kumtaşı-marn Üyesi’nin görüldüğü alan, Babadağ ilçe merkezi ve çok yakın çevresiyle sınırlıdır [3]. Gündoğdu heyelanının içinde geliştiği bu üye, açık sarımsı kumtaşı-marn ardalanmasından oluşan üye ince ve orta katmanlıdır. Marn tabakaları arasındaki kumtaşları pekişmemiş dağılgan bir özellik göstermekte, mika pulları içermekte ve 5-10 cm kalınlığında seviyeler halinde gözlenmektedir. Özpınar vd. [3] tarafından bu üyenin kalınlığının 60 m’den fazla olduğu belirtilmektedir. 2000 yılından bu yana ilçe merkezinde gerek gözlem gerekse çeşitli izleme cihazlarının yerleştirilmesi amacıyla açılan ve en derini 52 m olan üç adet sondaj kuyusunda da bu üye kesilmiştir.

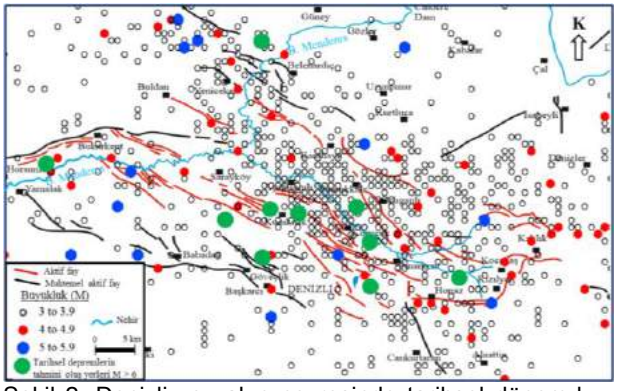
Denizli havzası, Büyük Menderes ve Gediz grabenlerinin doğu uçlarında birleşmeleri sonucunda oluşmuş üçüncü bir graben alanını kapsamaktadır. Babadağ ilçesi de Denizli grabeninin güneybatı ucunda yer alır. Bu graben havzaları aktif faylarla sınırlı olduğu için Babadağ ilçesi bölgede meydana gelecek büyük depremlerden önemli derecede etkilenebilecektir. Tarihsel dönemde ve son yüz yıl içinde bölgede meydana gelen depremlerin büyüklüklerine ve merkez üstlerinin dağılımına (Şekil 2) bakıldığında, çalışma alanını etkileyen 6 ve üzeri büyüklükte bir deprem bulunmamaktadır.



Şekil 1. Babadağ ve yakın çevresinin yer bulduru ve jeoloji haritası [9, 22 ve 17’den düzenlenmiştir].

Ancak Denizli havzasını etkileyen tarihsel depremler incelendiğinde; MS 17, 60, 300, 494, 700, 1358, 1717,

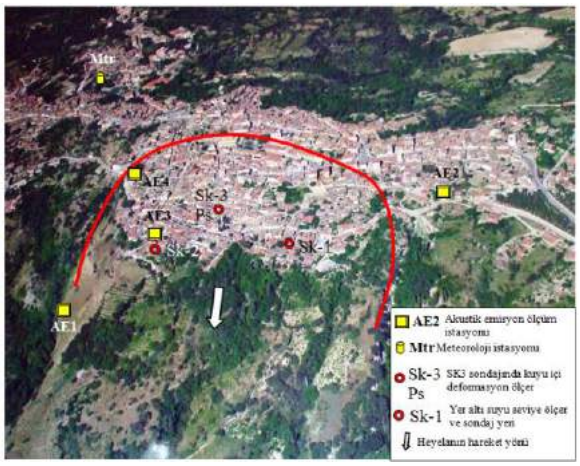
1878 ve 1899 yıllarında meydana gelen depremler bölgedeki yerleşim yerlerinde ağır hasara ve can kayıplarına neden olmuştur. Tarihsel depremler sonucu Denizli havzası içinde kurulu olan Hierapolis, Laodikya, Tripolis, Colossea ve Afrodisias gibi antik kentler ağır hasarlar maruz kalmışlardır [23, 21].



Şekil 2. Denizli ve yakın çevresinde tarihsel dönemde ve 1900-2015 tarihleri arasında meydana gelen depremlerin merkez üstlerinin dağılımı [24, 25, 26, 28, 29, 21].

3. Gündoğdu Heyelanı ve Çok Parametreli İzleme Sistemi

Babadağ ilçe merkezindeki yamaç hareketine neden olan etkenlerin incelenmesi amacıyla Japonya Milli Eğitim Bakanlığı, Denizli Valiliği ve Pamukkale Üniversitesi destekli uluslararası araştırma projesi kapsamında 2000 yılı ve sonrasında Gündoğdu heyelan alanı ve yakın çevresinde açılan sondaj kuyularına otomatik yeraltısuyu seviye ölçer ve kuyu içi deformasyon ölçer yerleştirilmiş, yüzeyde gözlenen yamaç kesitlerinde ve yol yarmalarında 4 ayrı yerde akustik emisyon ölçüm sistemi ve bir noktada meteoroloji istasyonu kurulmuş, sokak içlerinde binalar arası mesafe ölçümleri yapılmış, otomatik dokuma tezgahlarının titreşimlerinin heyelana olan etkisinin belirlenmesi için ivme ölçümleri alınmış, kumtaşı-marn ardanlanmasının geçirgenlik ve sızma özellikleri arazi deneyleriyle belirlenmiştir [7, 9, 5, 13, 14, 15, 16]. Bu ölçüm istasyonlarının konumları Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Babadağ Gündoğdu heyelanı çok parametreli izleme sistemi [18].

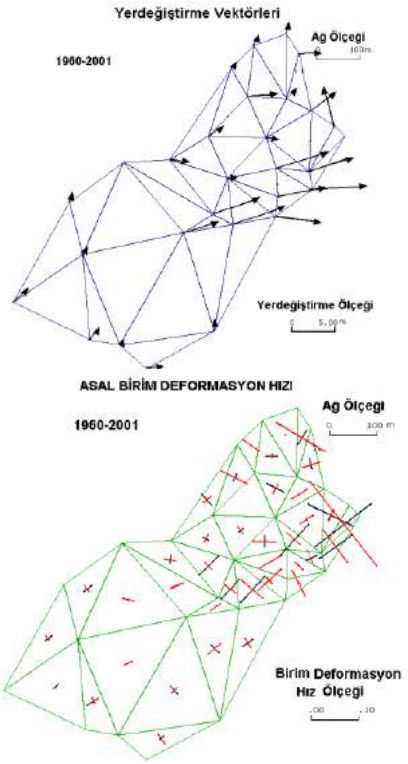
3.1. Hava fotoğraflarından hareketin izlenmesi

Harita Genel Komutanlığı tarafından 1960 ve 2001 yılları arasında alınmış hava fotoğrafları kullanılarak ilçenin Gündoğdu Mahallesi'ndeki uzun süreli yamaç hareketleri incelenmiştir [8].

Şekil 4, 1960-2001 yılları arasında meydana gelen yer değiştirme miktarı ile oluşan asal birim deformasyon hızı değişimlerini göstermekte olup, yıllık yer değiştirme değerleri 40 ile 160 mm arasında değişmektedir. Asal birim deformasyon hız dağılımından kayan kütlenin hareketinin sadece kayma değil, aynı zamanda saat yelkovanı yönüne benzer şekilde dönme olgusunun da meydana geldiğine işaret etmektedir [8, 11, 13].

3.2 Yapılar arasındaki açılmaların ölçümü

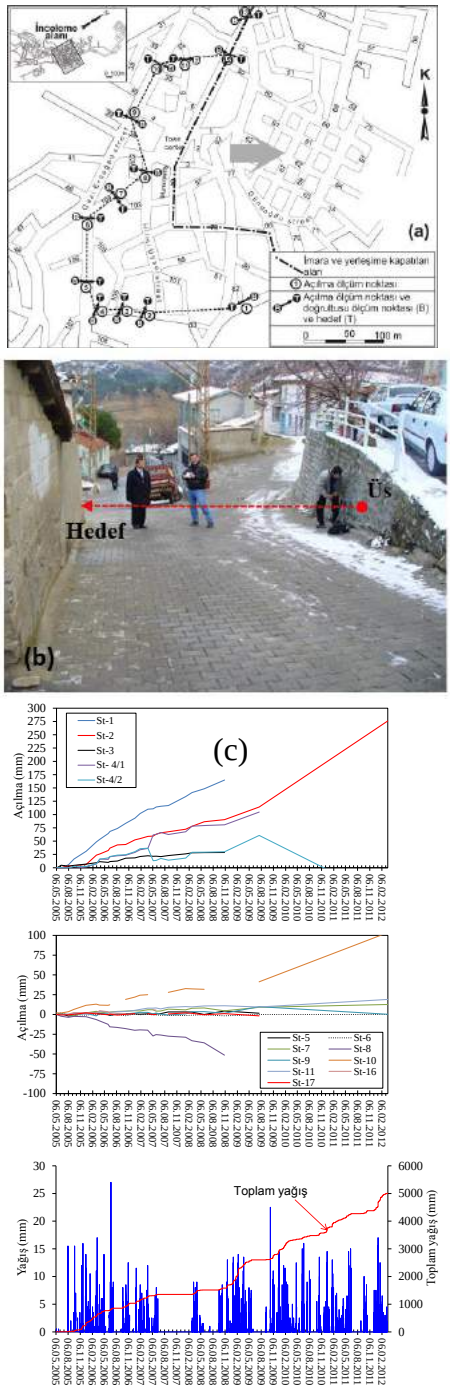
Gündoğdu Mahallesi'nde duraysız alan ile duraylı alan sınırlarını içeren kesimde binalar, duvarlar ve elektrik direği gibi yapılar arasındaki açılmalar lazer mesafe ölçüm cihazı kullanılarak 2005-2012 yılları arasında ölçülmüştür (Şekil 5a, b). Zaman zaman yapılardaki onarımlardan ve dış duvar sıvamalarından dolayı bazı noktaların ölçüm süresi daha kısa olmuştur. Bu ölçüm noktalarında genelde açılmalar meydana gelmiş ve en büyük açılma 1 no.lu ölçüm noktasında 180 mm/yıl olarak ölçülmüştür. 8 no.lu ölçüm noktasında ise daralma meydana gelmiştir (Şekil 5c). Bu durum ölçüm yapılan noktadaki yapıların geriye doğru kaykılmasından kaynaklanmaktadır. Ölçüm süresi boyunca yağış verisi de değerlendirildiğinde, artan yağış miktarına bağlı olarak heyelan kütlesinin duraylı alandan ayrılma mesafesinin arttığı görülmektedir (Şekil 5c).



Şekil 4. Hava fotoğraflarından elde edilen 1960-2001 yılları arasında meydana gelen yer değiştirme miktarıyla ilişkili asal birim deformasyon hızı değişimleri [8].

3.3. Akustik Emisyon ve Meteorolojik Veri Kayıt Sistemleri

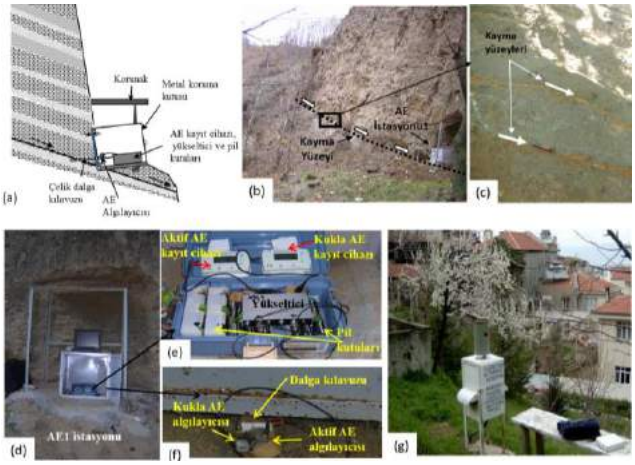
Farklı gerilmeler altında malzemelerde şekil değiştirme sonucu oluşan çatlak ve kayma sonucu açığa çıkan enerji nedeniyle yüksek frekanslı elastik dalgalar oluşur ve bu dalgalar akustik emisyon (acoustic emission) – AE olarak adlandırılmaktadır [5, 13]. Bu tür dalga sinyallerinin yamaç hareketleri sırasında da oluşması doğal olarak beklenen bir olgudur.



Şekil 5. a) Heyelan alanında yapılar arası açıklık ölçüm noktalarının dağılımı, b) lazer metre ile yapılan açıklık ölçüm çalışması, c) açıklık ölçüm noktalarında ölçülen açıklıkların zamanla ve yağışla ilişkisi [19, 21].

Bu araştırma için üçüncü yazar tarafından geliştirilen "Nihon Üniversitesi Akustik Emisyon Sistemi" Gündoğdu Mahallesi'nde hareketli ve hareketsiz alanda olmak üzere 4 ayrı noktaya yerleştirilmiştir (Şekil 3, 6a,b,c).

AE sistemleri saniyede 30 AE sayımı yapabilecek kapasitede olup, her 10 dakikada bir bu sayımları toplayarak 10 dakikalık toplam sayımı kayıt etmektedir. Toplam 400 gün veri depolama kapasiteli kayıt cihazlarının ve AE sisteminin enerjisi alkalin pillerle sağlanmaktadır (Şekil 6d,e,f). AE sisteminde gerçek kaynak dışı gelen gürültüler ile yamaç hareketinden gelen AE sayımlarını ayırt etmek için kukla (dummy) ve etkin (aktif) olmak üzere iki tür AE veri kaydı alınmaktadır [11]. Babadağ ilçesine düşen yağış miktarı da, projenin başlangıcında ilçede kurulan meteoroloji istasyonunda 60 dakikalık zaman aralıklarında sürekli kayıt edilmiştir (Şekil 6g).



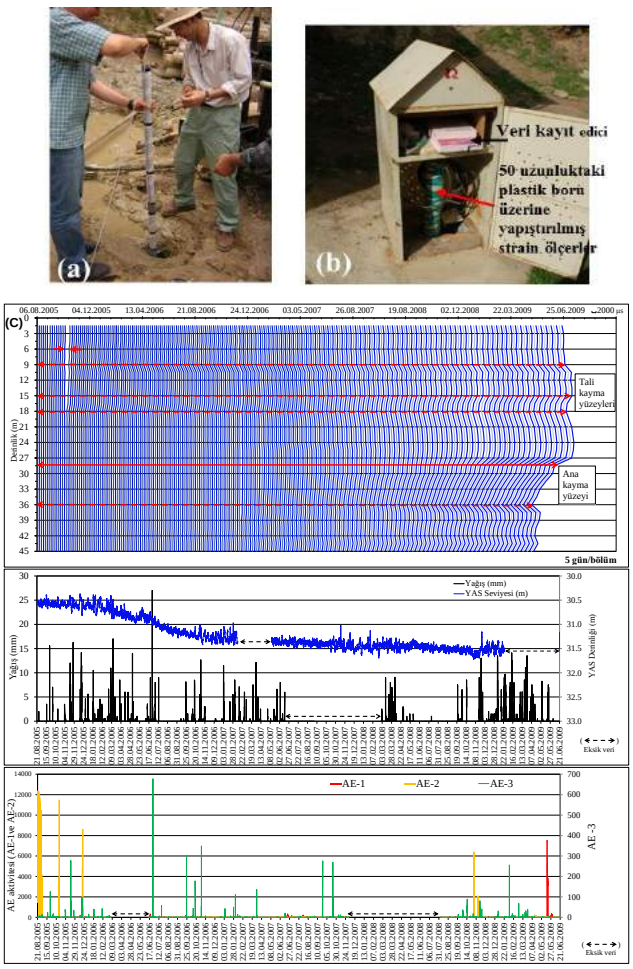
Şekil 6. (a) AE istasyonu ölçüm sisteminin bölümleri, b) Babadağ-Gündoğdu heyelanı topuğundaki AE1 istasyonu yeri, (c) AE1 istasyonu şevinde gözlenen kayma yüzeyleri, d) AE1 ölçüm istasyonu, e) AE kayıt cihazları, f) AE dalga kılavuzu ve algılayıcıları, g) Babadağ meteoroloji istasyonu [21].

3.4. Kuyu İçi Deformasyon Ölçüm Sistemi

Kuyu içi deformasyon ölçerler, ekstansometre vb. gibi yamaç hareketi izleme tekniklerine göre daha ekonomik olmaları nedeniyle özellikle Japonya'da yaygın olarak kullanılmaktadırlar. İnceleme alanına, söz konusu uluslararası ortak proje çerçevesinde [14] 2005 yılı Ağustos ayında SK3 sondajı içerisine (Şekil 3) kuyu içi deformasyon ölçer yerleştirilmiştir. 50 m derinlikte açılan bu kuyuya yerleştirilen bu sistem ile deformasyon ölçümleri mikro gerinme (μs) hassasiyetinde, cihazın dahili hafızasına 6 saatte bir kaydedilmektedir (Şekil 7). Yamaç hareketinin görüldüğü alanda olası kayma yüzeyi veya yüzeylerinin derinliklerinin kestirilebilmesi amacıyla bu sistemle kaydedilen deformasyon verileri değerlendirilmiştir.

Kuyu içi deformasyon ölçüm verileri değerlendirildiğinde, kumtaşı-marn ardalanmasından oluşan yamaç içerisindeki kaymanın en az beş farklı derinlikte kumtaşı-marn dokanağında ve tabaka yüzeyi boyunca olduğu ve ana

kaymanın ise 29 m derinlikte gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca yağışlı dönemlerde AE sayılarındaki artışlar da yer değiştirme verilerindeki artışlarla uyumludur (Şekil 7c).

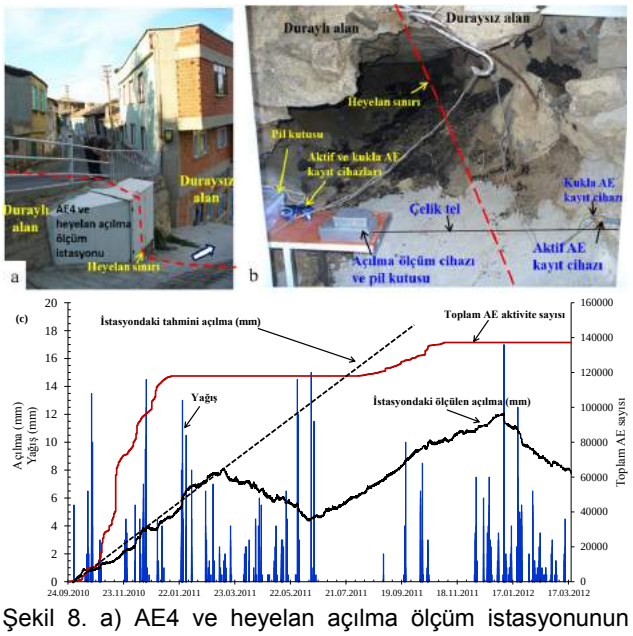


Şekil 7. a) Kuyu içi deformasyon ölçer yerleştirme istasyonu kurulumu, b) istasyonun tamamlandıktan sonraki görünümü, c) 21.05.2005 ile 25.06.2009 tarihleri arasında kuyu içi deformasyon verisinin, YAS seviyesi ve yağış ve AE sayısı ile ilişkileri [13, 19, 21].

3.5. Açıklık Ölçüm Sistemi

AE4 istasyonu Gündoğdu heyelanının duraylı ve duraysız alanlarının sınırı üzerinde planlı olarak kurulmuştur (Şekil 8a). Bu istasyonda AE ölçümü ve duraylı ve duraysız alanlar arasındaki açılmadaki değişim ölçülmüştür. Mesafe değişimi, iki nokta arasındaki çelik telin açılma veya daralmaya bağlı olarak bir diski döndürmesi yoluyla disk üzerine sabitlenmiş elektronik eğimölçer verisinden hesaplanmaktadır. Çelik telin bir ucu hareketli olan blokta ve makara bölümü de hareketsiz veya az hareketli heyelan bloğuna sabitlenmiştir (Şekil 8b). Şekil 8c'de AE4 istasyonunda kaydedilen AE sayıları, yağış, ölçülen yerdeğiştirme ve hesaplanan yer değiştirme grafikleri birlikte verilmiştir.

Şekil 8c'de görüldüğü gibi, sonbahar ve kış aylarında yağışların artmasıyla yer değiştirmede açılma şeklinde artışlar, ilkbahar mevsiminde ise daralma şeklinde yer değiştirmeler gelişmektedir. Bununla birlikte, toplam AE sayılarında önemli artışlar olmuştur. AE4 istasyonunun hem heyelanın güney sınırında hem de Yeniköy'e bağlayan yol üzerinde kurulu olmasından dolayı, AE sayıları araç trafiğinden ve heyelanın hareketinden kaynaklanan yerdeğiştirmelerden etkilenmiştir. Ölçülen yerdeğiştirme değerlerindeki açılma ve daralma şeklindeki verilerin varlığı da yerdeğiştirme ölçümü için yerleştirilen telin duraysız alanda ve makaranın da kısmen duraysız bölgede olmasından kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla önce heyelanın duraysız kısmında açılmalar, daha sonra da kısmen duraysız kısmından tamamen duraysız kısma doğru yerdeğiştirme meydana gelmiştir. Bunun sonucunda da önce açılan tel, sonradan kısalmıştır. Hesaplanan yerdeğiştirme ise yaklaşık 20 mm olup, AE4 istasyonunda meydana gelen hasarlarda gözlenen yerdeğiştirme miktarı ile uyumludur.



Şekil 8. a) AE4 ve heyelan açılma ölçüm istasyonunun görünümü, b) AE4 istasyonuna yerleştirilen mesafe ölçüm sistemi, c) 2010-2012 yılları arasında ölçülen yer değiştirme miktarının AE sayıları, yağış verileriyle ilişkisinin değerlendirilmesi ve tahmin edilen yer değiştirme miktarıyla karşılaştırılması [18, 19, 21].

4. Kaya Birimlerinin ve Süreksizliklerin Jeomekanik Özellikleri

Kaya birimlerinin mekanik özelliklerini incelemek üzere bir dizi deney yapılmıştır [7, 9, 11, 19]. Laboratuvar deneylerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 1'de özetlenmiştir. Bu deney sonuçları kumtaşının oldukça zayıf olduğunu göstermektedir. Bunun yanı sıra, marn örneklerinin su içeriğinin değişimi ile buna bağlı hacimsel birim deformasyon değişimleri de incelenmiştir. Bazı marn örnekleri kuru durumda tek eksenli sıkışma dayanımı 8-10 MPa iken, bu örnekler suya konduğunda bir süre sonra dağılmaktadır. Bu durum özellikle marnın suya karşı çok duyarlı olduğunu ve içsel erozyon olasılığının yüksek olduğunu göstermektedir.

Özellikle yapışma-kayma deneyleri, tabakalanma yüzeyinin sürtünme açısının sabit olmadığını ve bir değişim gösterdiğine işaret etmektedir. Diğer yandan sarsıntı deneyleri ise ani sarsıntılara maruz kalan

tabakalanma yüzeylerinin sarsıntı sırasında kaymanın ve sarsıntıdan sonra durması sonucu basamak türü yer hareketlerinin meydana geleceğini göstermektedir. Kumtaşı ara seviyesi içeren marn örneklerinin farklı makaslama hızlarındaki makaslama dayanımları Çizelge 2'de verilmiştir. Makaslama hızı arttıkça doruk ve artık içsel sürtünme açılarının ve kohezyonun arttığı gözlenmektedir.

Çizelge 1. Kuru kumtaşı ve marnların fiziksel ve mekanik özellikleri [11].

Kaya birimi	Birim hacim ağırlık (kN/m³)	Boşluk Oranı (%)	Dalga Hızı V_p (km/s)	Tek eksenli sıkışma dayanımı σ_c (MPa)	İğne batma direnci *NPI (N/mm)*
Kumtaşı	17.7-18.2	18.9-25.8	0.8-1.2	0.25-0.6	7.06
Beyaz Marn	12.0-15.2	44.3-51.0	0.9-1.8	-	-
Sarı Marn	14.1-14.9	-	1.3-1.8	3.4-6.5	2.86
Kırmızı Marn	16.8-17.9	-	1.1-1.7	8.3-8.5	-
Yeşil Marn	15.7-16.9	-	1.3-2.1	-	2.86

Çizelge 2. Kumtaşı ara seviyesi içeren marn örneklerinin farklı hızlardaki makaslama dayanımı parametreleri [19].

Makaslama hızı (mm/dk)	Doruk Kohezyon c_d (kPa)	Doruk içsel sürtünme açısı ϕ_d (°)	Artık kohezyon c_a (kPa)	Artık içsel sürtünme açısı ϕ_a (°)	Referans
0.25 (Nemli)	6.8	24.2	3.54	23.8	Çevik [9]
0.08 (Nemli)	2.6	21.2	1.01	20.9	Çevik [9]
0.035 (Nemli)	2.9	11.2	0.59	10.8	Çevik [9]
0.5 (Nemli)	10.2	27.0	9.40	26.3	Çelik [19]

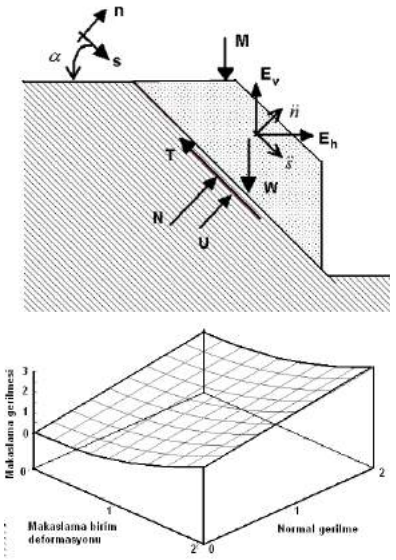
5. Sayısal Modelleme

Aydan vd., [27] tarafından önerilen sayısal modelleme temel alınarak Babadağ-Gündoğdu uzun süreli heyelanı için Aydan [6] tarafından genelleştirilmiş bir sayısal model önerilmiştir. Bu modelleme, yağış, yer değiştirme, dokuma tezgahları titreşiminin etkisi ve depremden dolayı etkiyen dinamik yükleri de içermektedir. Yamaç ile aynı yönde eğimli tabakalanmaya sahip bir kütleye etkiyen kuvvetlerin dağılımı Şekil 9'da gösterilmiştir. Burada; W kayan yamaç kütlesinin ağırlığı, M dokuma tezgahlarından dolayı etkiyen statik ve dinamik yük, U suyun kaldırma kuvveti, E_v ve E_h yatay ve düşey deprem yükleri, T kayma yüzeyi boyunca etkiyen tutucu kuvvet, N kayma yüzeyine etkiyen normal kuvvet, *s: s* ekseni, *n: n* ekseni ve α kayma yüzeyinin eğim açısıdır.

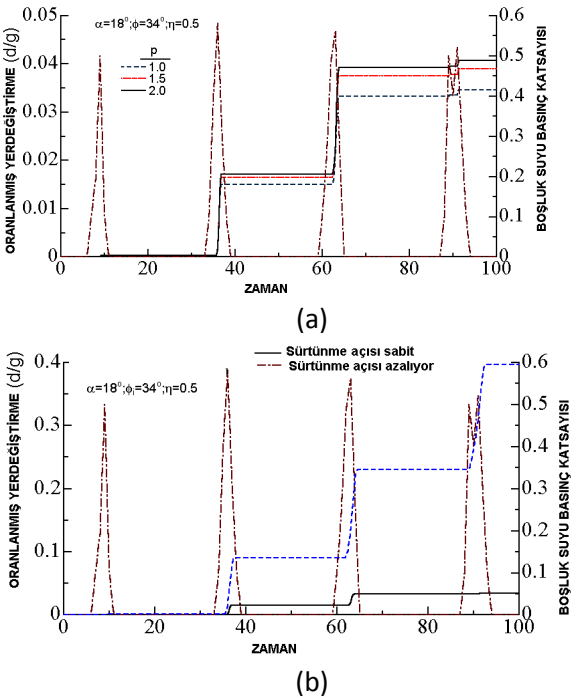
Sonlu farklar çözümleme yöntemi kullanılarak ve sınır denge yöntemine dayanarak elde edilen doğrusal ve homojen olmayan diferansiyel denklemin çözümü sayısal olarak elde edilmiş ve [6] tarafından Babadağ-Gündoğdu heyelanına uygulanmıştır. Bu çözümde, kayma kütlesi ile ana kaya arasındaki eğimli kayma yüzeyine ait makaslama dayanımının Bingham türü doğrusal olmayan visko-plastik yenilme ölçütüne uygun olduğu varsayılmıştır [6]. İlk uygulamada Bingham yenilme ölçütünün üssel değeri 1 ile 2 arasında değiştirilmiş ve kayma yüzeyine etkiyen su basıncının değeri Şekil 10a'da gösterildiği gibi değiştiği varsayılarak yamacın yer değiştirme davranışı hesaplanmıştır. Elde edilen yer değiştirme davranışı Gündoğdu Mahallesi'ndeki yamaç hareketi ile benzerlik göstermektedir. İkinci örnek uygulamada kayma yüzeyinin sürtünme açısının zamanla azalımı aşağıdaki fonksiyona göre meydana geldiği düşünülmüştür (Şekil 10b).

$$\phi = \phi_r + (\phi_p - \phi_{rr})e^{-t/\tau}$$

Hesaplamalarda sürtünme açısı yukarıda verilen fonksiyona göre 34°'den 28°'ye azaltılarak çözüm yapılmıştır. Bu uygulamada sürtünme açısı ilk aşamada sabit tutulmuş ve ikinci aşamada azaltılmıştır. Şekil 10b, sürtünme açısının sabit olması ve yukarıdaki fonksiyona göre azalması durumunda elde edilen yer değiştirme-zaman ilişkisini göstermektedir. Şekil 10b'den de açık olarak görüldüğü üzere, sürtünme açısının azalması yamaç hareketinin zamanla artacağına işaret etmektedir.



Şekil 9. Kayan kütlenin mekanik modeli ve yenilme ölçütü [18, 21].



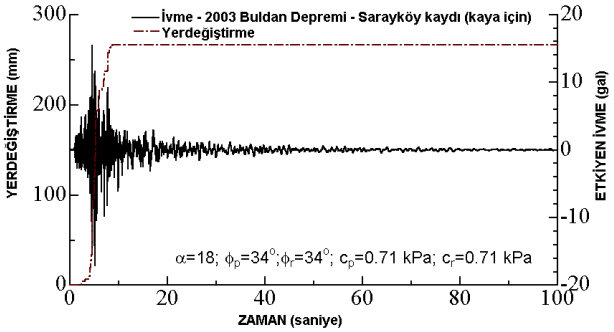
Şekil 10. Kayan kütlenin yer değiştirme davranışı; (a) Bingham ölçütü üssel sayısı değişken, (b) sürtünme açısı azaltılarak [18].

Bölgedeki aktif faylar göz önüne alındığında; Pamukkale fayı 32–35 km uzunlukta olup, üretebileceği en büyük depremin büyüklüğü Aydan [30, 31] tarafından önerilen

eşitlik kullanılarak 6.74 ile 6.81 arasında hesaplanmıştır [21].

Tarihsel dönemlerde Pamukkale ve Laodikeia'nın büyüklüğü 6.5 ve üzerinde olan büyük depremlerden ağır hasar gördükleri dikkate alındığında, Denizli havzasının deprem potansiyelinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

26 Temmuz 2003'de meydana gelen Buldan depreminin Sarayköy'deki kaydı Aydan (2007) [30]'ın önerdiği ilişkiye göre kaya ortam için azaltılarak Gündoğdu heyelan alanına uygulanmış ve hesaplama sonuçları Şekil 11'de verilmiştir. Bu deprem sırasında hareket miktarının 270 mm'ye ulaşabileceği hesaplanmıştır. Aletsel büyüklüğü daha fazla ve merkez üssü Babadağ ilçesine yakın noktada olacak olası bir depremde heyelan kütlesinin yerdeğiştirmesi artacak ve hasarlı olan yapılarda toptan göçmeler meydana gelecektir. Bu da heyelan alanında can kaybının yaşanacağı anlamına gelmektedir.

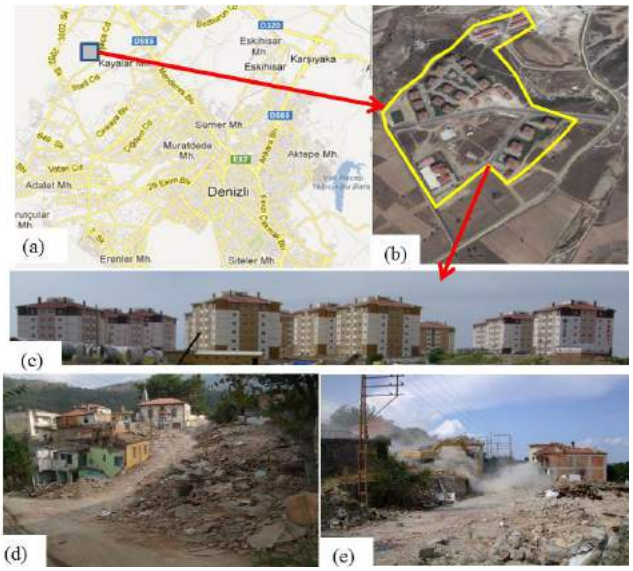


Şekil 11. Buldan depreminin ivme kaydı için heyelan kütlesinin yer değiştirme davranışı [18].

6. Heyelan Alanının Afet Açısından Değerlendirilmesi

Bu bildirinin yazarları tarafından Mayıs 2006'da hazırlanan uluslararası araştırma projesi ara raporu [13] Denizli Valiliği, Babadağ İlçesi Kaymakamlığı, Belediyesi ve Denizli Bayındırlık İl Müdürlüğü'ne sunularak bilgilendirme amaçlı olarak paylaşılmıştır. Bu rapor esas alınarak, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nden 4 kişilik inceleme ekibi Babadağ ilçesinde çalışmalar yapmış ve hazırladıkları raporda heyelan alanında 436 konut, 111 işyeri ve 19 resmi-tüzel kişiliğe ait binanın etkilendiğini ve meydana gelen krip türü uzun süreli heyelanın "Genel Hayata Etkili" olduğu, bundan dolayı bu alanda yaşayan halkın yapılarını terk ederek daha güvenli bir alanda yapılacak yeni yapılara naklinin gerektiği belirtilmiştir. Aynı raporda ayrıca, uzun süreli aktif heyelandan etkilenen bu alanın Afete Maruz Bölge (yapılaşmaya yasaklanmış afet bölgesi) ilan edilmesi gerektiği de belirtilmiştir. Şeren vd. [32] tarafından hazırlanan rapor dikkate alınarak, T.C. Bakanlar Kurulu'nun 06.02.2007 tarihinde yapmış olduğu toplantısında heyelandan etkilenen alan 15.05.1959 tarihli ve 7269 sayılı Kanunun 2. maddesi gereğince "afete maruz bölge" olarak ilan edilmiş ve yapılaşmaya kapatılmıştır.

Gündoğdu Mahallesi halkına yeni yerleşim yeri Denizli il merkezine 10 km mesafede Kayalar Mahallesi'ndeki Şekil 11'de gösterilen alanda yeni afet konutlarının inşası Bayındırlık ve İskan Bakanlığı tarafından gerçekleştirilmiştir. Yapılan tüm bu çalışmalar sonucunda afet meydana gelmeden gerekli bilimsel ve bürokratik çalışmalar tamamlanmış ve gerekli önlemler alınarak afetten etkilenmeden halkın güvenli bir alanda yaşamlarını devam ettirmesi sağlanmıştır. Taşınma sonrası Gündoğdu Mahallesi'nde heyelandan hasar gören eski konutlar yıkılmıştır.



Şekil 11. (a-c) Gündoğdu mahallesi halkının yeni yerleşiminin yer bulduru haritası, b) yerleşim yerinin uydu görüntüsü, c) yeni yerleşim yerinde inşaatı tamamlanmış binalar, d-e) Boşaltılan Gündoğdu Mahallesi'ndeki yapıların yıkım aşamasındaki görünümü.

7. Sonuçlar ve Öneriler

Denizli havzasının güney batı ucunda Paleozoyik yaşlı metamorfik birimler ile Senozoyik yaşlı tortul birimlerin dokanağının bulunduğu ve Denizli havzasını güneyden sınırlayan Babadağ fay zonunun geçtiği alanda yeralan Babadağ ilçesinin Gündoğdu Mahallesi'nde yaklaşık 2000 kişinin yaşadığı alanı etkileyen uzun süreli krip türü heyelan yaklaşık 1940'lı yıllardan günümüze kadar devam etmektedir. Bu bildirinin yazarları tarafından söz konusu heyelanla ilgili olarak tamamlanmış olan uluslararası araştırma projesi kapsamında yıllık hareket hızının 4-14 cm arasında değiştiği belirlenen uzun süreli bu heyelan nedeniyle kayan kütle üzerinde inşa edilmiş olan yapılar ağır hasara uğramış ve halk hasarlı konutlarını sürekli onararak geçici çözümler üzerinde yoğunlaşmıştır.

Japon Milli Eğitim Bakanlığı destekli uluslararası araştırma projesi kapsamında inceleme alanında çok parametreli ölçüm sistemleri yerleştirilerek uzun süreli veriler kayıt edilmiştir. Veriler değerlendirildiğinde yağışlı mevsimlerde heyelanın hareket hızının arttığı, yağışın daha düşük olduğu mevsimlerde de hareket hızının azaldığı gözlenmiştir.

Hava fotoğraflarından elde edilen elde edilen ölçümlerde yıllık 40mm ile 160mm'lik yer değiştirme, lazer metre ile ölçülen yapılar arasında açıklık değerleri ile uyumludur.

Babadağ kumtaşı-marn ardalanmasının eğimi GD'ya, yaz ve kış aylarında akışı olan Gökdere vadisi tabanına doğrudur. Bu birimin tabaka eğiminin yamaç eğimi ile aynı yönde olması ve makaslama dayanımının düşük olması, heyelan oluşumunda etkili olmaktadır.

SK3 sondajı boyunca ölçülen kuyu içi deformasyon verilerine göre; yüzeyden derine doğru 5 ayrı noktada kayma yüzeyinin geliştiği ve en büyük kaymanın 29 m derinlikte olduğu belirlenmiştir. Bu değerlendirmeler, AE1 istasyonu alanında Gökdere vadisi tabanında gözlenen birbirine paralel 2 kayma yüzeyinin varlığı ile de uyuşmaktadır.

Babadağ ilçesinin bölgedeki aktif fayların üreteceği hasar yapıcı depremlerden etkilenmesi söz konusudur. Bölgede meydana gelebilecek ve aletsel büyüklüğü 6 ve üzerindeki depremler sonucunda heyelan kütlesinin yer değiştirme hızı ani olarak artacak ve heyelan kütlesi ani şekilde kayabilecektir. Mevcut durumda, Gündoğdu Mahallesi Afet Yasası kapsamında boşaltılmış durumdadır. Ancak meydana gelebilecek yıkıcı deprem sırasında heyelandaki büyük yer değiştirme sonucunda heyelan sınırına yakın olan alanlarda da ağır hasar meydana gelebilecektir.

Bu çalışmada değinilen uluslararası proje ara raporu dikkate alınarak Bayındırlık Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından heyelan sahası ve çevresi ayrıca incelenmiş ve bölge "Afete Maruz Alan" olarak ilan edilmiştir. Bu alan üzerindeki konutlar yapılaşmaya kapatılmış ve Denizli'nin 10 km KB'sında seçilen bir alanda Babadağ Afet Konutları inşa edilmiş ve Gündoğdu Mahallesi halkı da yeni yerleşim yerine taşınmıştır. Sonuç olarak afet olmadan halkın yaşamını riske etmemeye yönelik tüm çalışmalar tamamlanmıştır.

Kumsar vd. [18, 20] tarafından yapılan çalışmada Gündoğdu heyelanı alanının JEOPARK olarak projelendirilmesi, heyelanın etkilerini yansıtan bazı yapıların korunması ve diğerlerinin yıkılarak uzun süreli heyelan etkisinin topluma gösterilmesi Babadağ ilçesine önemli sosyal ve kültürel yeni kazanımlar sağlayacağı belirtilmiştir. Ancak bu tür öneriler Türkiye'de henüz yeterince dikkate alınmadığından, 2014 yılında Gündoğdu Mahallesi'ndeki heyelan alanı üzerinde bulunan evlerin büyük bir bölümü yıkılmıştır. Babadağ gibi benzeri alanlarda JEOPARK veya JEOSİT çalışmalarının ilgili kurumlarca da desteklenmesi, bu bilgilerin gelecek nesillere aktarılması açısından önemlidir.

Referanslar

[1] Önay, T.S., Babadağ Civarı Göçüntüleri, MTA dergisi, 36, 300-304, 1946.

[2] Ergün, M., Jeolojik etüt raporu, İmar ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü Etüt ve Planlama Dairesi, 16.12.1968 tarihli rapor, Ankara, 3 s., 1969.

[3] Özpınar, Y., Koralay T., Çobanoğlu İ., Köseoğlu M. ve Sabaz. Ü., Babadağ ve Yakın Çevresinin Jeolojik-Petrografik ve Uygulamalı Jeoloji Açısından İncelenmesi, 1. Babadağ Sempozyumu, Pamukkale Üniv., Denizli, 1-23, 1999.

[4] Özpınar, Y., Köseoğlu M., Çobanoğlu İ. ve Ok, R., Babadağ (Denizli) İlçe Merkezi Gündoğdu Heyelanı. 1. Babadağ Sempozyumu, Pamukkale Üniv., Denizli, 39-50, 1999.

[5] Tano, H., Kumsar, H., Aydan, Ö. and Ulusay, R., The assessment of the Babadağ lanslide behavior by a simple field measurement system. An International Colloquium on The Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey, November, 8, 2003, Japan, pp 1-9.

[6] Aydan, Ö., The mechanism of the long-term land slide at Babadağ, An International Colloquium on The Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey, November, 8, 2003, Japan, pp 39-50.

[7] Aydan, Ö., Ulusay, R, Kumsar, H. and Çevik, Y., Laboratory and in-situ tests on rocks and bedding planes and machinery induced vibrations of Babadağ landslide area, An International Colloquium on The Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey, November, 8, 2003. Japan, pp 91-100.

[8] Atak, O., Aksu, O., Aydan, Ö. and Çevik, Y., The evaluation of long-term ground deformation of the landslide area of Babadağ through arial photogrammetry technique. An International Colloquium on The Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey, November, 8, 2003. Japan, pp 133-142.

[9] Çevik, S.Y., Babadağ (Denizli) İlçesindeki Kütle Hareketinin Nedenleri, Mekanizması ve Modellemesi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Mühendislik Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Ankara, 162s (yayınlanmamış), 2003.

[10] Çevik, Y.S. and Ulusay, R., An overview of Babadağ (Turkey) landslide. An International Colloquium on The Instrumentation and Monitoring of Landslides and Earthquakes in Japan and Turkey, November, 8, 2003. Japan, pp 17-26.

[11] Kumsar, H., Aydan Ö., Tano H. ve Atak O., Uzun süreli Babadağ (Denizli) heyelanının kaya mekaniği açısından incelenmesi (An investigatıon of a long-term landslide of Babadağ (Denizli) from a rock mechanics point of view, KAYAMEK'2004-VII. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu / ROCKMEC'2004 VIIth Regional Rock Mechanics Symposium, 2004, Sivas,Türkiye, s-277-287.

[12] Çevik, S.Y. and Ulusay, R., Engineering geological assessments of the repeated plane shear slope instability threatening Babadag (Turkey) and its environmental impacts. Environmental Geology, 47, 685-701, 2005.

[13] Tano, H., Aydan, Ö., Ulusay, R. ve Kumsar, H., Şev Hareketleri Üzerinde Etkili Olan Jeo-Çevresel Faktörlerle İlgili Ortak Araştırma: Babadağ (Türkiye)'daki Krip Türü Şev Duraysızlığının İncelenmesi, Proje Ara Raporu, Mayıs 2006, 74 s.

[14] Tano, H., Abe, T., Aydan, Ö., Kumsar, H., Kaya, M., Çelik, S.B. ve Ulusay R., AE ve Zemin Deformasyonu Davranışınıda İçeren Birleşik İzleme Sistemi Yardımı ile Babadağ Heyelanın Uzun Süre İzlenmesi, Mühendislik Jeolojisinde Çağdaş Uygulamalar Sempozyumu, Denizli, 25-27 Mayıs, 131-141, 2006.

[15] Tano, H., Aydan, Ö., Ulusay, R. ve Kumsar, H., Şev Hareketleri Üzerinde Etkili Olan Jeo-Çevresel Faktörlerle İlgili Ortak Araştırma: Babadağ (Türkiye)'deki Krip Türü Şev Duraylılığının İncelenmesi. Japon Eğitim, Kültür, Spor, Bilim ve

Teknoloji Tarafından Desteklenen Çok Disiplinli Ortak Araştırma Projesi Ara Raporu. 72s, 2006.

[16] Tano, H., Aydan, Ö., Kumsar, H., Kaya, M., Çelik, S.B., Ulusay, R. and Abe, T., Investigation of Babadağ Landslide and Its Implications for Hazard Mitigation Before Natural Disaster. Türk-Japon İnşaat Mühendisleri Birinci Ortak Çalışma Sempozyumu, 5 Haziran 2008, İstanbul, 65-73, 2008.

[17] Çelik, S.B., Kumsar, H. ve Aydan, Ö., Babadağ Gündoğdu Heyelanının mekanizmasının statik ve dinamik model deneyleri ile incelenmesi, Editör, S. Kulaksız ve E. Tuncay, KAYAMEK'2011-X. Bölgesel Kaya Mekaniği Sempozyumu / ROCMEC'2011-Xth Regional Rock Mechanics Symposium, Ankara, Turkey, s. 196-170, 2011.

[18] Kumsar, H, Çelik, S. B, Aydan, Ö, Tano, H, and Ulusay, R., Investigation of Babadağ Gündoğdu landslide by using multi-parameter monitoring techniques and its evaluation within natural hazard scope. 65th Year Mahir Vardar Geomechanic, Tunneling and Rock Structures Symposium, İstanbul, pp 311-337, 2012.

[19] Çelik, S.B., Babadağ (Denizli) İlçesindeki Yamaç Duraysızlığının Çok Parametreli İzleme Teknikleri, Fiziksel Model Deneyleri ve Matematiksel Yöntemlerle İncelenmesi, Doktora Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Denizli, 183 s., 2012.

[20] Kumsar, H., Aydan, Ö., Ulusay, R., Öztürk, P., Bozlak, F., Orhan, N. ve Ganız, İ., Gündoğdu (Babadağ-Denizli) heyelan alanının jeopark kapsamında değerlendirilebilirliği, 67. Türkiye Jeoloji Kurultayı, 14-18 Nisan, Edt. K. Sayıt, 2014. S. 408-411, 2014.

[21] Kumsar, H, Aydan, Ö., Çelik, S.B., Tano, H. and Ulusay, R., An Integrated Geomechanical Investigation, Multi-Parameter Monitoring and Analyses of Babadağ-Gündoğdu Creep-like Landslide, Rock Mech Rock Eng, DOI 10.1007/s00603-015-0826-7, 2015.

[22] Hançer, M. and Çemen İ., Geometry and Structural Evolution of Extensional Faults and Folds in the Denizli Basin, Southwestern Turkey. Geological Society of America Annual meeting, Salt Lake City, Abstracts with Programs, 37(7), p.212, 2005.

[23] Kumsar, H., Aydan, Ö., Tano, H. ve Çelik, S.B., 23-26 Temmuz 2003 Buldan (Denizli) Depremlerinin Mühendislik İncelemesi, Ekin Yayınevi, Bursa, 118s, 2008.

[24] Emre, Ö, Duman, T.Y., Özalp, S. ve Elmacı, H., 1:25.000 Ölçekli Türkiye Diri Fay Haritası Serisi Denizli Paftası (NJ 35-12), Seri No 12, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Ankara-Türkiye, 2011.

[25] Emre, Ö., Duman, T.Y., Özalp, S., Elmacı, H., Olgun, Ş. ve Şaroğlu, F., Türkiye Diri Fay Haritası, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Özel Yayın Serisi – 30, Ankara-Türkiye, 2013.

[26] Kalafat, D., Güneş, Y., Kekovalı, K., Kara, M., Deniz, P. and Yılmazer, M., A revised and extended earthquake cataloque for Turkey since 1900 (M>4.0), Kandilli Observatory and Earthquake Research Institude, Istanbul, 2011.

[27] Aydan, Ö., Üçpırtı, H. and Kumsar, H., Stability of slopes having an inclined sliding surface with a visco-plastic behaviour. Proocedings of the Korea-Japan Joint Symposium on Rock Engineering, edt by C. I. Lee and H. K. Moon, Seoul, Korea, pp 437-443, 1996.

[28] Tan, O., Tapırdamaz, C.M. and Yörük, A., The Earthquake Catalogues for Turkey, Turkish Journal of Earth Sciences, 17: 405–418, 2008.

[29] KOERI, http://www.koeri.boun.edu.tr/, 2014.

[30] Aydan, Ö., Inference of seismic characteristics of possible earthquakes and liquefaction and landslide risks from active faults (in Turkish). The 6th National Conference on Earthquake Engineering of Turkey, Istanbul, Vol.1, 563-574, 2007.

[31] Aydan, Ö., Ground motions and deformations associated with earthquake faulting and their effects on the safety of engineering structures. In: Meyers R (ed) Encyclopedia of sustainability science and technology. Springer, New York, pp 3233–3253, 2012.

[32] Şeren, İ., Altaylı, K., İleri, H.N. ve Yılmaz, S., Denizli Babadağ Gündoğdu Mahallesi Jeolojik Etüt Raporu, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Dairesi Başkanlığı, Ankara, 8 s, 2006.

(Çağrılı Konuşma)
BETONARME VE YIĞMA YAPILARIN DEPREMLER SIRASINDAKI PERFORMANSLARININ GÖZLEMSEL VE DENEYSEL VERILERE GÖRE DEĞERLENDIRILMESI

Prof.Dr. Alemdar BAYRAKTAR
Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 61080 Trabzon
e-mail: alemdar@ktu.edu.tr

ÖZET

Bu çalışmada, ülkemizin deprem geçmişi ve son yıllarda meydana gelen depremler sırasında yapılarda oluşan hasarların ayrıntılı olarak incelenmesi ve deneysel verilere göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Yapı grubu olarak, yaygın hasar gözlenen betonarme ve yığma binalar ile betonarme ve yığma minareler seçilmiştir. İlk olarak seçilen betonarme ve yığma yapılardaki hasarlar ve nedenleri gözlemsel inceleme verileri ile sunulmaktadır. Daha sonra depremler sırasında ağır hasar gören yada yıkılan 90 adet betonarme binanın yapısal performansı deneysel veriler ve analizlerle değerlendirilmektedir. Değerlendirmelerde yapım yılı, kat sayısı, yapısal geometri, deprem bölgesi, yapı ruhsatı, temel tipi, zemin kat kullanımı, kat yüksekliği, projesinin olup olmadığı, proje ile uyumlu yapılıp yapılmadığı, projesinin yeterli olup olmadığı, hesaplarda gözönüne alınan deprem yönetmeliği, bina önem katsayısı, projelerde detaylandırma olup olmadığı, beton dayanımı, agrega özellikleri, donatı tipi ve çapı, donatı mekanik özellikleri, zemin özellikleri, zemin raporu olup olmadığı ile temel, kolon, kiriş ve döşemelerin yeterli olup olmadığı dikkate alınmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak yapıların depremler sırasındaki performansları belirlenmiştir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

1999 DEPREMLERİ SONRASI DÜZCE İLİNİN MEKANSAL YENİDEN YAPILANMASININ İNCELENMESİ

ANALYSIS OF SPATIAL RECONSTRUCTION OF DUZCE CITY AFTER THE 1999 EARTHQUAKES

Emrah YILMAZ[a] ve Hakan ARSLAN[b]
[a] Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE, emrahyilmaz@duzce.edu.tr
[b] Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE, hakanarslan@duzce.edu.tr

Özet

Bu araştırmanın amacı 1999 depremlerinin etkisinde kalan Düzce ilinin yeniden yapılanmasının bir alan çalışması yöntemiyle incelenmesi ve analiz edilmesidir. Bu amaçla uygulanan anketler ile elde edilmiş niceliksel ve niteliksel veriler istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Alan çalışmasının evrenini Düzce kent merkezinde en çok zarar gören beş mahalle oluşturmaktadır. Çalışma toplamda iki yüz doksan dört kişi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu kişiler deprem sonrası yıkılan veya hasar gören çevreden yeni bir çevreye taşınarak yer değiştirmek zorunda kalan yada deprem sonrası eski çevresinde yaşamaya devam ederek yer değiştirmeyen guruptan oluşmaktadır. Çalışma kapsamında elde edilen verilerin analiz sonuçları deprem sonrası tamamen yer değiştirmenin halen süren olumsuz etkilerini göstermektedir. Çalışma bu olumsuz etkiler için üç çözüm önerisi sunmaktadır; merkezde aynı yerde yeniden yapılanma, tamamen ayrı bir bölgede yeniden yapılanma ve merkeze yakın yerde yeniden yapılanma gerçekleştirilebilir.

Anahtar kelimeler: Deprem, Yeniden Yapılanma, Yer Değiştirme

Abstract

The purpose of this research is the analysis of the long-term reconstruction of the province Duzce-Turkey, influenced by the 1999 earthquakes. In this study, the effect of post-earthquake reconstruction process on people is determined by taking its physical phases and the perception of the settlers on their new environment. For this purpose, quantitative and qualitative data were obtained from questionnaires and these data has been analyzed statistically. The population of the field study is limited by the most damaged five neighborhoods in the city center. Examination has been performed on a group of two hundred and ninety-four people who had to resettle because of the change in their destroyed or damaged environment to a new place or who has not resettled and continued to live in their existing places. The analysis of the data obtained from research clearly shows that the ongoing negative effects of complete displacement after the earthquake. The study proposes three solution for the problem depending on the case; construction in the same place partially or completely displacement of the people and replacing the neighborhood and a close reconstruction close to the old center.

Keywords: Earthquake, Reconstruction, Place attachment

1. Giriş

Depremlerin yol açtığı çok yönlü zararların azaltılabilmesi için deprem öncesi ve sonrası planlama ve tasarım çalışmaları bu noktada çok önemli bir yer tutmaktadır. Bu tür çalışmalarda geçmiş depremlerden elde edilen deneyimler kullanılmakta, depreme uğramış bölgeler ve/veya örnekler incelenmekte ve değerlendirilmektedir. Bu değerlendirmeler sonucunda çıkarılan dersler olası deprem zararlarının azaltılmasında kullanılabilmektedir [1].

Depremlerin kendilerine özgü oluşan sonuçlarına göre yeniden yapılanma için planlama, depreme uğrayan nüfusun hızla iyileştirilmesinde öncelikli bir girdi olarak değerlendirilmelidir. Fiziksel hasar deprem tipine göre değişiklik göstermekle beraber tüm büyük depremlerin ekonomik ve sosyal sistemi kesintiye uğratmak şeklinde psikolojik etkisi vardır. Bu nedenle iyileştirme ve yeniden yapılanma programları yalnızca somut olan durumların değiştirilmesinin bir yolu olarak değil aynı zamanda da doğrudan görünür olmayan yönetsel, sosyal ve ekonomik sistemlerin insanların refahını ve psikolojisini güçlendirilmesini sağlayacak şekilde yeniden planlanmasını da kapsamalıdır [2].

Çalışma kapsamında deprem sonrası yeniden yapılanma kavramı, özellikle barınma bağlamında incelenmiştir. Ayrıca yeniden yapılanma aşamaları strateji geliştirme ve planlama çerçevesinde teorik temelde incelenmiştir.

Bu çalışmada deprem sonrası yeniden yapılanma süreçleri teorik bağlamda incelenmiş ve yer değiştirmeye ilişkin yapılmış uygulamalar irdelenmektedir. Bu kavramsal çerçeve bağlamında çalışma alanı olan Düzce şehrinin yeniden yapılanması fiziksel ve sosyal yönlerden analiz edilmiştir. Düzce alan çalışmasında anket yöntemiyle seçilen depremzedelerin tamamen veya kısmen değişen çevrelerini nasıl algıladıkları kent ve konut düzeyinde çalışmada değerlendirmiştir. Daha sonra elde edilen verilere dayalı olarak oluşturulan hipotezler Düzce alan çalışmasında sınanmaktadır. Hipotezlerin sınanmasıyla fiziksel-sosyal bağlamda planlayıcılar, tasarımcılar ve uygulayıcılar için bu benzer sorunlarla karşılaştıklarında kullanabilecekleri bir planlama ve tasarım çıktı önerisi sunulmuştur.

Tüm bu çalışmalar sonucunda depreme uğrayan bölge veya bölgelerin deprem etkilerinden en az etkilenecekleri şekilde fiziksel ve sosyal yeniden yapılanmalarını tamamlayabilmeleri için gerekli temel stratejileri tartışılmıştır. Böylece hızlı ve sağlıklı yeniden yapılanmayla deprem sonrası etkin kaynak kullanımına katkıda

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

bulunulması hedeflenmektedir. Tüm bu irdelemeler ve incelemelerle olası deprem durumlarında yeniden yapılanma için temel karar aşamalarında kullanılabilecek yaklaşımlar sunulmuştur. Bu şekilde yerel-merkezi yönetimlerin deprem sonrası hatalarının azaltılması ve engellenmesiyle depremin toplumsal etkilerinin ve maliyetinin azaltılması için çalışılmıştır.

2. Depremin Etkileri Ve Deprem Sonrası Aşamalar

Depremler; meydana gelmeye başladıklarından itibaren durdurulamamaları, geniş alanları etkilemeleri, aniden ortaya çıkmaları, insanlara ve çevrelerine büyük maddi-manevi zararlar vermeleri gibi etkenlerden dolayı afetler içerisinde genel olarak değerlendirildiğinde etki bakımından ilk sıralarda yer almaktadırlar.

2.1. Depremin Ekonomik, Sosyal ve Çevresel Etkileri

Son elli yılda dünyada meydana gelen büyük deprem, 22 Mayıs 1960 tarihinde Şili'de meydana gelen Richter ölçeği ile 9,5 şiddetindeki depremdir. Bu depremde yaklaşık 3000 kişi hayatını kaybetmiştir. Çizelge 2.1' de son elli yılda meydana gelmiş 10000 kişiden fazla insan kaybı olan ölümcül depremler kronolojik olarak sıralanmıştır.

Çizelge 2.1: Dünyada son elli yılda meydana gelmiş en çok zarar veren depremler

Yıl	Büyüklük	Yer	Ölü Sayısı	Yaralı	Evsiz Kalanların Sayısı
12.01.2010	7,0	HAİTİ	316000	250000	1000000
12.05.2008	7,8	ÇİN	70000	10000	4800000
26.12.2006	9,1	ENDONEZYA	250000	50000	4000000
26.12.2003	6,6	İRAN	26000	30000	100000
26.01.2001	7,7	HİNDİSTAN	15000	33000	80000
30.10.2005	7,6	PAKİSTAN	75000	106000	3000000
17.08.1999	7,5	TÜRKİYE	17480	23781	600000
30.09.1993	6,4	HİNDİSTAN	22000	30000	168000
21.06.1990	7,7	İRAN	35000	100000	500000
07.12.1988	6,9	ERMENİSTAN	25000	18000	70000
19.09.1985	8,1	MEKSİKA	12000	40000	250000

Depremler maddi olarak en çok insanların barınmalarında kullandıkları yapıları etkilemektedir. Bu durum 17 Ağustos 1999'da meydana gelen Marmara depreminde 133.683 bina çökmesi ve yaklaşık olarak 600.000 insanın evlerini kaybetmeleri açıkça görülmektedir (Çizelge 1).

Depremler ülke ve bölge ekonomilerine ciddi zarar vermektedir. Ayrıca toplumlar ve insanlar üzerinde sosyal ve psikolojik açıdan olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Depremlerin meydana gelmeleri her ne kadar önlenemese de, deprem öncesi yapılacak çalışmalarla zararlarının azaltılması mümkün olabilmektedir. Bu nedenle iki ayrı ülkede meydana gelmiş olan benzer büyüklükteki depremlerin zararları incelendiğinde çok farklı sonuçlarla karşılaşıla bilmektedir. Örneğin Japonya'da meydana gelen depremlerde ölü ve yaralı sayısı çok düşük iken bu oran Türkiye'de oldukça yüksektir. Bunun sebebi Japonya'nın deprem öncesi çalışmalara ağırlık vererek oluşacak zararları azaltmaya yönelik tedbirler almasıdır. Buda depremin kendisinin değil doğurduğu sonucun afet etkisi yarattığını göstermektedir. Çizelge 2.2'de Cumhuriyet tarihinde meydana gelmiş ölü sayısı 1000'in üzerinde olan depremler kronolojik olarak sıralanmıştır.

Çizelge 2.2: Türkiye'de meydana gelen hasar yapıcı depremler [3].

Yıl	Büyüklük	Yer	Ölü Sayısı	Yaralı	Ağır Hasarlı Konut
28.04.1903	6,7	Malazgirt	2626	-	4500
06.05.1930	7,2	Hakkari sınırı	2514	-	3000
26.12.1939	7,9	Erzincan	32962	-	116720
20.12.1942	7,0	Niksar-Erbaa	3000	6300	32000
26.11.1943	7,2	Tosya-Ladik	2824	-	25000
01.02.1944	7,2	Bolu-Gerede	3959	-	20865
19.08.1966	6,9	Varto	2394	1489	20007
28.03.1970	7,2	Gediz	1086	1260	9452
30.10.1983	6,8	Erzurum-Kars	1155	1142	3241
13.03.1992	6,8	Erzincan-Tunceli	653	3850	6702
17.08.1999	7,4	Marmara	17480	43953	93618
12.11.1999	7,2	Bolu-Düzce	845	4948	15045

Türkiye deprem kuşağında bulunmakta olup Cumhuriyet dönemindeki hasarlı depremlerin ilki 1939'da Erzincan'da meydana gelmiştir. Depremde 32.962 insan hayatını, 230.000 kişi ise evlerini kaybetmiştir. 17 Ağustos 1999 Marmara depremi ise etki bakımından Türkiye'nin en büyük depremi olma özelliğine sahiptir. Depremin bu nedenle çevre illerde de etkileri hissedilmiştir.

Deprem sonrasında başlıca amaç, normal yaşama en kısa süre içinde dönebilmektir. Söz konusu süre içinde bu amaçla gerçekleştirilen bir dizi işlem bulunmaktadır. Bu işlemler üç aşamada toplanmaktadır:

- Acil yardım aşaması,
- Rehabilitasyon aşaması ve
- Yeniden yapılanma aşaması [4].

2.1.1. Deprem sonrası Acil Yardım Aşaması

Acil yardım aşamasının temel amacı canlıların kurtarılması, zararın hafifletilmesi ve acil ihtiyaçların karşılanmasıdır. Birkaç gün ile birkaç hafta değişen bu dönemin önemli sorunu acil yardım barınağıdır [4]. Bu aşama öncelikle konutları yıkılan veya hasar gören ailelere acil yardım barınakları (çadır, mobil evler ve sosyal tesislerde barınma) olanaklarının sağlanmasını kapsamaktadır [5].

Limoncu ve Bayülgen (2005), çalışmalarında doğal afetlerin yapı hasarları bakımından ağırlıklı olarak %62 deprem kaynaklı olduğunu belirtmektedir. Deprem sonrasında konutların yıkılması veya ağır hasar görmesi sonucu ailelere hızla barınak sağlanması zorunluluğu ile karşı karşıya kalınmaktadır.

Deprem sonrasındaki temel amacın barınma sorununa çözüm bulunması ve deprem sonrası barınmaya ilişkin sürecin, acil barınakların (çadır, mobil evler) oluşturulmasıyla başlayıp geçici konutların yapılması ve sonrasında da kalıcı konutlara yerleşme ile son bulmaktadır [1].

2.1.2. Deprem Sonrası İyileştirme Aşaması

Acil yardım barınaklarının tamamlanmasından sonra iyileştirme aşamasına geçilir. "Bu dönem geçici sosyal alt yapının kurulduğu ve normal yaşama geçinceye kadar barınma, beslenme ve geçici alt yapı hizmetlerine ilişkin çözümlerin bulunduğu ve afetin oluşundan bir iki hafta sonra başlayıp, kalıcı konutların yapımı tamamlanıncaya kadar geçen süredir [4].

Bu aşamada yapılacak faaliyetlerin ana hedefi, depreme uğramış toplulukların haberleşme, ulaşım, su, elektrik, kanalizasyon, eğitim, sosyal aktiviteler, geçici ve daimi iskan, çalışma ve ekonomik alanlardaki hayati aktivitelerinin zaman içerisinde geliştirilerek devamını sağlamak ve sonuçta etkilenen insanlar için deprem öncesinden daha güvenli ve gelişmiş bir yaşam çevresi oluşturmaktır [5].

Deprem sonrası iyileştirme dönemi çok uzun olan Türkiye'de, geçici konut sorunu büyük ağırlık kazanmaktadır. Sorun, basit bir konut gibi görünse de konutun üretimi, nakliyesi, montajı ve fonksiyonel açıdan yaşamla ilgili temel eylemlere cevap verme zorunluluğu, amaçlanan sistemin çok yönlü ele alınmasını gerektirmektedir [6].

Ülkenin belirli bölgelerinde fiziksel, sosyal ve ekonomik alt yapıların oluşturulması İyileştirme aşamasının sağlıklı bir şekilde yürütülebilmesini sağlayacaktır.

2.1.3. Yeniden Yapılanma Aşaması

Deprem sonrası yeniden yapılanma aşaması toplumsal yapı göz önünde bulundurularak fiziksel altyapının sağlıklı bir şekilde yeniden inşasını kapsamaktadır. Bu süreçte toplum depreme neden olan eski deprem yönetimi, denetimi ve bina üretimi vb. sistemleri sorgulayarak bu sistemlerdeki eksikleri belirleyerek düzenlemeli, deprem durumunu bir fırsat olarak değerlendirmeli ve sürdürülebilir gelişmelere yardımcı bir araç haline getirmelidir. Ancak deprem sonrası yeniden yapılanmanın sağlıklı olabilmesi için ortaya çıkan hasarın boyutlarının uzun vadeli olduğu göz önünde bulundurularak ilk dönemlerde ulusal ve uluslararası ilgi nedeniyle gelen yardımların doğru ve etkin bir şekilde kullanılmasına çalışılmalıdır [1]. Yeniden yapılanma aşamasında kalıcı konutlar ve alt yapı tamamlanarak normal yaşama geçilmektedir [4].

Yeniden yapılanma aşaması sıklıkla büyük çapta, zarar uğramış bölgenin sosyal ve fiziksel altyapısının yeniden inşası faaliyetlerini içeren uzun vadeli yatırımları içermektedir [8].

Bu aşama tüm servislerin ve yerel altyapının tam olarak değiştirilmesi, hasar görmüş fiziksel yapıların yenilenmesi, ekonominin canlandırılması ve sosyal, kültürel yasamın yenilenmesini kapsamaktadır. Yeniden yapılanma uzun dönemdeki gelişme planlarına uygun olarak gelecekteki deprem risklerinin hesaba katılması ve bu tür risklerin azaltılmasını da öngörebilen bütünleştirici bir role sahiptir [2].

Bu aşama, depremzedelerin kalıcı konutlara yerleşmeleriyle başlar. Yeniden yapım aşamasında; kalıcı konutların çevreleri ile ilgili düzenlemeler, bölgedeki halkın yaşam düzeyleri ile ekonomik, psikolojik ve sosyal durumlarının depremden önceki seviyelere getirilmesi ile ilgili çalışmalar gerçekleştirilir [7]. Deprem sonrası kalıcı konut üretiminin en önemli özelliği deprem sonrası yapılan konutların yerine, yenilerinin normal yapıma oranla daha kısa süre içinde üretilmesidir [9].

Toplumun yaşamış olduğu ekonomik, psikolojik ve sosyal yaraların kapatılması yeniden yapılanma aşamasındaki kalıcı konutlara geçiş ile hızlanacağı düşünülmektedir.

2.1.4. Düzce İlinin Yeniden Yapılanma Süreçlerinin İncelenmesi

Bu kısımda 1999 Depremlerinden sonra Düzce'nin 12 yıllık fiziksel yeniden yapılanma süreçleri incelenmektedir. Depremzedelerin deprem öncesi ve sonrası kentsel düzeydeki değerlendirmelerini ölçebilmek ve eski-yeni kent merkezinin depremzedelerin nasıl değerlendirdiklerinin belirlenebilmesi için anket uygulaması yapılmıştır. Ayrıca anket uygulaması ile eski ve yeni konut nitelikleri de değerlendirilmektedir.

3. Materyal Ve Yöntem

3.1. MATERYAL

Araştırma, deprem sonrası en çok zarar gören Düzce merkezdeki kültür, azmimilli, camikebir, çay ve nusrettin mahallelerini kapsayan bir bölgede gerçekleştirilmiştir. (Çizelge 3.1)

Çizelge 3.1 : Düzce merkezde depremlerden en çok zarar gören mahalleler

MAHALLELER	Ağır Hasarlı	Orta Hasarlı	Az Hasarlı
Kütür	1.916	2.019	1.122
Azmimilli	860	352	696
Camikebir	532	972	839
Çay	414	553	472
Nusrettin	369	950	624
TOPLAM	4.091	4.846	3.753

Bu araştırmada deprem sonrası fiziksel ve sosyal yeniden yapılanma sürecindeki toplumlarda ortaya çıkan insan-çevre ilişkilerinin anlaşılabilmesi ve yorumlanabilmesi için bir alan çalışması yapılmıştır. Araştırmada, deprem sonrası yıkılan veya hasar gören çevresinden yeni bir

çevreye taşınarak yer değiştirmek zorunda kalan veya eski çevresinde yaşamaya devam eden iki grupla gerçekleştirilmiştir. Böylece iki farklı grubun yeniden yapılanma süreçlerini algılama şekillerinin de karşılaştırılması mümkün olmuştur.

17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonra Düzce merkezde mahallelerin hasar durumları incelendiğinde 5.416 konut Ağır hasarlı, 8.647 konut orta hasarlı ve 7.116 konutun ise az hasarlı olduğu görülmektedir.

Yapılan hesaplara göre seçilen evrenin nüfusu 12690 kişi olup %95 güven düzeyinde 5.65 güven aralığında sonuçlar elde edilebilmesi için 294 kişiye ulaşılması gerektiği hesaplanmıştır. Seçilen evrende niteliksel ve niceliksel veri toplama aracı olarak anket yöntemi kullanılmıştır. Anket uygulamaları esnasında 318 kişiye ulaşılmıştır. Ancak işaretlemedi bazı hata ve eksikliklerden dolayı 294 adet net anket verisi elde edilebilmiştir.



Şekil 3.1 : Mahallelere göre uygulanan anket sayıları

Mahallelere göre anketlerin dağılımı Kültür Mah. 102, Çay Mah. 38, Camikerbir Mah. 39, Azmimilli Mah. 62 ve Nusrettin Mah. 53 adet olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1).

Anket verileri depremzede deneklerle yüz yüze görüşme tekniğinin uygulanması ile elde edilmiştir. Anket uygulaması yaklaşık 15–20 dakikalık bir zaman aralığında gerçekleştirilmiştir.

Depremzedeler Düzce'nin mevcut durumunu kalıcı konutların yer seçimi, belediyenin kent merkezinde inşa edilmesi, kamu birimlerinin tek merkezde toplanması, kat sayısının sınırlandırılması, yapı denetim sisteminin katı bir şekilde uygulanması, organize sanayinin yer seçimi, doğalgaz alt yapısının oluşturulması, devlet hastanesi yer seçimi, atık su arıtma tesisinin kurulumu, adliye binasının yer seçimi, emniyet binasının yer seçimi, müftülük binasının yer seçimi açısından 1 (çok iyi) ile 5 (çok kötü) arasında beş farklı düzeyde değerlendirmiştir.

4. Bulgular Ve Tartışma

Düzce merkezde beş mahallede yapılan anketler sonucu elde edilen bulgular frekans dağılımları, korelasyon analizleri, ki kare bağıntıları ve ortalama değer karşılaştırmaları yöntemiyle detaylı olarak analiz edilmiştir.

4.1. Depremzedeler Üzerinde Uygulanan Anket Verilerinin Frekans Dağılımları

Çizelge 4.1 incelendiğinde depremzedelerin evlerinin zarar görme durumları değerlendirildiğinde çalışmaya katılan depremzedelerin %19,7'sinin evinin zarar görmediği, %19'unun evinin hafif hasarlı, 27,2'sinin evinin orta hasarlı, %23,5'inin evinin ağır hasarlı olduğu ve depremzedelerin %10,5'inin evinin yıkıldığı saptanmıştır. Depremzedelerin çoğunun evi orta hasar görenlerden oluşmaktadır. Düzce merkezde Ağır-Yıkık hasar sıralamasında ilk beş mahalleye bakıldığında en çok orta hasarlı binaların olduğu gözlenmektedir. Bu durum araştırmaya katılanların çoğunun evinin orta hasar görenlerden oluşmasını da desteklemektedir.

Çizelge 4.1: Depremzedelerin evlerinin zarar görme durumu

Zarar Durumu	Sayı	%
Zarar yok	58	19,7
Hafif Hasar	56	19,0
Orta Hasar	80	27,2
Ağır Hasar	69	23,5
Evi Yıkılmış	31	10,5
TOPLAM	294	100,0

Çizelge 4.2 incelendiğinde anket uygulamasına katılanların halihazırda depremlerden önce oturduğu evi tercih etme sebebi olarak bahçesinin olması %12, merkeze yakın olması %20, iş yerine yakın olması %12, kendine ait olması %15, akrabalara yakın olması %10, komşuların iyi olması %16, okula yakın olması %11 ve iklimin iyi olması %14 belirleyici olmaktadır. Depremzedelerin çoğunluğu şuanda depremlerden önceki evlerinde oturmayı tercih etmesinin sebebi olarak merkeze yakın olmayı istemektedir. Anket uygulananların çoğunluğu depremlerden önceki evlerinde oturmayı tercihinin ikinci sebebi olarak komşularının iyi olmasını göstermektedir. Buda halihazırda oturulan yerdeki komşuluk ilişkilerinin düzeyinin düşük olduğunu işaret etmektedir. Son tercih nedeni hali hazırda oturulan yere göre iklim şartlarının daha iyi olmasıdır.

Çizelge 4.2: Depremlerden önce oturduğu evde oturmayı tercih etme sebep dağılımı*

Deprem Öncesindeki Evi Tercih Etme Sebebi	Sayı	Yüzde
Bahçe durumu	97	%12
Merkeze yakınlık	158	%20
İş yerine yakınlık	97	%12
Mülkiyet durumu	122	%15
Akrabalara yakınlık	77	%10
Komşuluk ilişkileri	125	%16
Okula yakınlık	92	%11
İklim durumu	35	%4
TOPLAM	803	%100,0

*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde araştırmaya katılan depremzedelerin şehir merkezi kullanım amacı %30,6 iş, %32,2 alışveriş, %25,6 Eğlence, %7,2 okul, %4,4 diğer şeklindedir. Depremzedelerin Büyük çoğunluğu kent merkezini iş, alışveriş ve eğlence amaçlı kullandığı gözlenmektedir.

Çizelge 4.3: Kent merkezini kullanım amacı *

Kullanım Amacı	Sayı	%
(1) İş	188	30,6
(2) Alışveriş	198	32,2
(3) Eğlence	157	25,6
(4) Okul	44	7,2
(5) Diğer	27	4,4
TOPLAM	614	100,0

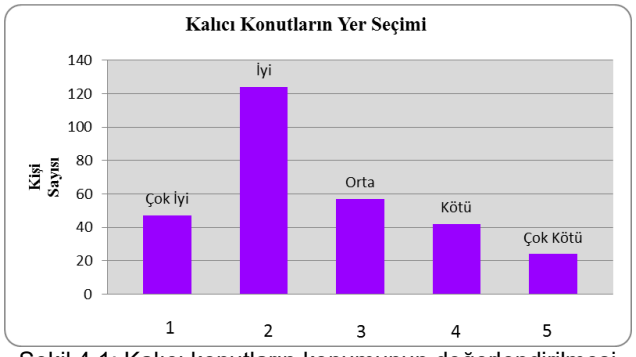
*Birden fazla seçenek işaretlenmiştir.

Çizelge 4.4 İncelendiğinde fırsat olması halinde bulunduğu çevreden taşınmayı düşünenlerin oranı %60,5, düşünmeyenlerin oranı ise %39,5 olarak belirlenmiştir. Depremzedelerin yaşadıkları çevreden taşınmayı isteme nedenleri; Düzce'nin büyümeyen bir yer olarak kalması, yaşam standartlarının çok düşük olması, düzensiz yapılaşma, maddi olanakların yetersizliği, deprem riskinin daha az olduğu bir bölgeye yerleşme isteği merkeze yakın bir yerde ya da merkezde oturma isteği ve sosyal alanların yeterli olmaması olarak belirlenmiştir.

Çizelge 4.4: Yaşadığı çevreden taşınmayı düşünme oranı

Taşınmaya İlişkin Görüş	Sayı	Yüzde
Evet	178	%60,5
Hayır	116	%39,5
TOPLAM	294	%100,0

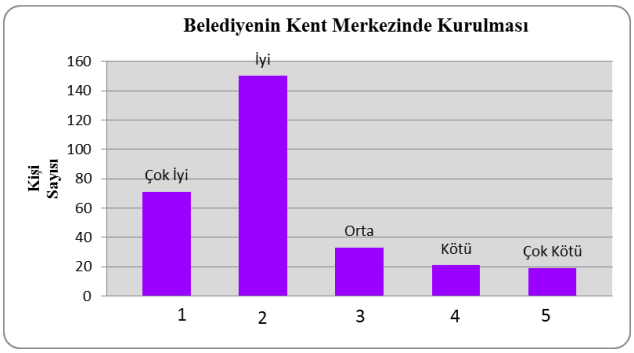
Sekil 4,1'e incelendiğinde depremzedelerin depremler sonrasında Düzce'de yapılan mevcut kalıcı konutların konumunu %16'sının çok iyi, %42,2'sinin iyi, % 19,4'ünün orta, % 14,3'ünün kötü ve % 8,2'sinin çok kötü olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.1: Kalıcı konutların konumunun değerlendirilmesi

Depremzedelerin kalıcı konutların bulunduğu yerin konumu konusunda genellikle yüksek bir memnuniyet düzeyine sahiptirler. Kalıcı konutların Düzce merkeze göre iklim şartlarının daha iyi olması, depremler sonrası kalıcı konutların yer seçiminde depremden çıkmış bir il olarak binaların oturtulacağı zeminin sağlam seçileceği yönündeki algı ve inşa edilen konutların deprem öncesinde inşa edilen binalardan daha sağlam olacağı düşüncesi bu memnuniyet düzeyinin oldukça yüksek çıkmasını iyi seviyelere ulaşmasını sağlayan faktörler olarak değerlendirilebilir.

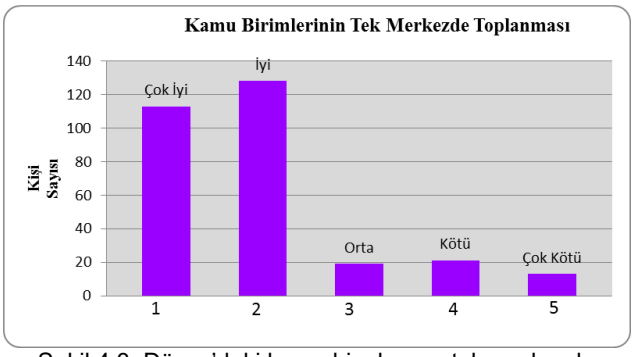
Sekil 4,2 incelendiğinde depremzedelerin depremler sonrası Düzce'de yapılan belediye binasının yer seçimine ilişkin görüşleri %24,1 çok iyi, %51 iyi, %11,2 orta, %7 kötü ve %6,5 çok kötü olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.2: Düzce'deki belediyenin konumunun değerlendirilmesi

Depremler sonrasında inşa edilen belediye binasının konumu depremzedeler tarafından genelde olumlu karşılanmaktadır. Mevcut belediye binasının Düzce merkezde yer alması, vatandaşların rahatlıkla ulaşa bilecekleri bir yerde bulunması ve deprem öncesinde Hükümet Konağının bulunduğu yere yapılması memnuniyetin olumlu yönde etkilediği söylenebilir. Ayrıca diğer kamu binalarının ve özellikle valiliğin de merkezde bulunması ulaşım kolaylığı sağladığından bu algıyı güçlendirmektedir.

Sekil 4.3 incelendiğinde depremzedelerin kamu binalarının tek merkezde toplanması durumunu %40,5'inin çok iyi, %38,4'ünün iyi, %11,9'unun orta, %5,8'inin kötü ve %3,4'ünün çok kötü şeklinde değerlendirildiği belirlenmiştir. Depremzedeler kamu birimlerinin tek merkezde bulunmasından dolayı oldukça memnun gözükmektedir.



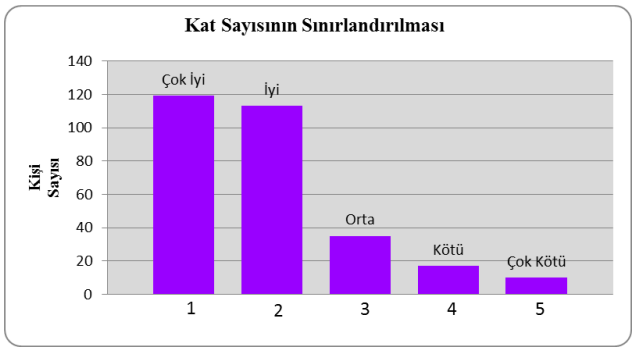
Şekil 4.3: Düzce'deki kamu binalarının tek merkezde bulunmasının değerlendirilmesi

Düzce'de deprem sonrası yeniden yapılanmanın gecikmesi ve kamu kurumlarının dağınık yerlerde olması ve bir kısmının da geçici olarak farklı noktalarda hizmete devam etmesi depremzedeler tarafından olumsuz bulunmaktaydı. Ancak sonradan kamu birimlerinin tek merkezde toplanması ve depremzedelerin böylece islerini

daha kısa sürede halledebilmeleri memnuniyet düzeyinin genel olarak oldukça artmıştır.

Yeniden yapılanmanın ihtiyacı karşılamadığını düşünen bir depremzedenin kamu birimlerinin tek merkezde toplanması ile ilgili fikrini *"Kamu birimlerinin tek merkezde toplanması şehir içi trafiği artırıyor. Depremin etkisi 12 yıl geçmesine rağmen hala hissediliyor. Bu konuda belediyenin aktif olmasını beklerdim."* şeklinde belirtmiştir.

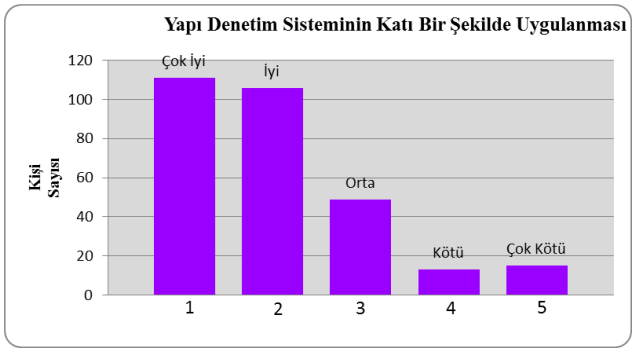
Sekil 4.4 incelendiğinde depremzedelerin Düzce'nin depremler sonrası kat sayısının sınırlandırılmasına ilişkin görüşlerin %40,5 çok iyi, %38,4 iyi, %11,9 orta, %5,8 kötü ve %3,4 çok kötü şeklindedir. Depremzedelerin depremler sonrasında kat sınırlamasına gidilmesinde oldukça yüksek düzeyde bir memnuniyeti bulunmaktadır.



Şekil 4.4: Deprem sonrası kat sayısının sınırlandırılmasının değerlendirilmesi

Düzce'de depremlerden önce inşa edilen yapıların çoğunluğunu yüksek binaların oluşturması ve depremde bu yüksek binaların yıkılması halkta yüksek katlı binaların yıkılacağı algısını oluşturmuştur. Bu nedenle binaların kat sınırlandırılmasına gidilmesi olası bir depremde ölüm, yaralanma ve hasarları azaltılabileceğinden genellikle olumlu olarak değerlendirilmiştir.

Sekil 4.5 incelendiğinde depremzedelerin Düzce'deki yapı denetimin katı bir şekilde uygulanmasına ilişkin görüşlerin %37,8 çok iyi, %36,1 iyi, %16,7 orta, %4,4 kötü ve %5,1 çok kötü şeklindedir.



Şekil 4.5: Yapı denetim sisteminin katı bir şekilde uygulanmasının değerlendirilmesi

Depremzedelerin depremler sonrasında yapı denetimin katı bir şekilde uygulanması isteği oldukça yüksek düzeyine sahiptir. Bunun nedeni deprem deneyimi nedeniyle güvenli bir binada yaşam isteğini artırmasıdır.

Anket uygulamaları Sonucu Elde Edilen Ki-Kare (Pearson) Bağıntılarının Değerlendirilmesi

Deprem sonrası yeniden yapılanma sürecinde depremzedelerin yeniden yapılanma programı hakkında ne düşündüklerine ilişkin sonuçlar elde edilmiştir. Daha sonra bu sonuçlar cinsiyet, doğum yeri, binada yaşam süresi, deprem öncesi oturulan mahalle, deprem öncesi konut tipi ve depremden zarar görme durumuna ilişkin bağımlı değişkenlerin diğer bağımsız değişkenlerle karşılaştırılması ile ki-kare bağıntıları elde edilmiştir. Sonrasında güçlü bağıntılar şematize edilmiş ve irdelenmiştir.

Bağıntıların kurulmasında SPSS istatistik programından faydalanılmıştır. Elde edilen bağıntıların seçiminde anlamlılık değeri p≤ 0.05 sayısal değeri dikkate alınmıştır.

4.2. Depremzedelerin Yeniden Yapılanma Programı Hakkındaki Düşüncelerine İlişkin Ki-Kare Analizlerinin Değerlendirilmesi

Bu kısımda depremzedelerin yeniden yapılanma programı hakkındaki düşünceleri ve bağımlı-bağımsız değişkenler arasındaki Pearson Ki-Kare analizleri sonucunda elde edilen p≤ 0,05'in üzerinde kalan bağıntılar irdelenmektedir.

Çizelge 4.5: Doğum yeri ile belediyenin konumu arasındaki ilişki

Doğum Yeri	Belediyenin Kent Merkezinde Kurulması					TOPLAM
	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü	Çok Kötü	
İl	60	121	24	13	16	234
İlçe	9	22	7	4	2	44
Kasaba	2	6	2	2	1	13
Köy	0	1	0	2	0	3
TOPLAM	71	150	33	21	19	294

(x^2=21,172, p=0,048<0,05)

Çizelge 4.5 İncelendiğinde depremzedelerin İl, İlçe, Köy, Kasaba. Diğer doğum yeri durumu ile belediyenin konumu arasındaki ilişki incelendiğinde istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir ilişki olduğu(x^2=21,172, p=0,048<0,05)saptanmıştır.

Çizelge 4.6: Cinsiyet ile adliye binasının konumu arasındaki ilişki

Cinsiyet	Adliye Binasının Yer Seçimi					TOPLAM
	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü	Çok Kötü	
Erkek	43	100	53	16	22	234
Kadın	16	19	12	11	2	60
TOPLAM	59	119	65	27	24	294

(x^2=12,259, p=0,016<0,05)

Çizelge 4.6 İncelendiğinde depremzedelerin cinsiyeti erkek veya kadın durumu ile belediyenin konumu arasındaki ilişki

incelendiğinde istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir ilişki olduğu(x^2=12,259, p=0,016<0,05)saptanmıştır.

Çizelge 4.7 : Deprem öncesi oturulan mahalle ile kalıcı konutların yer seçimi arasındaki ilişki

Oturulan Mahalle	Kalıcı Konutların Yer Seçimi					TOPLAM
	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü	Çok Kötü	
Kültür	18	42	17	16	9	102
Camikebir	3	11	15	6	4	39
Çay	9	17	2	9	1	38
Azmimilli	5	34	13	7	3	62
Nusrettin	12	20	10	4	7	53
TOPLAM	47	124	57	42	24	294

x^2=32,140, p=0,010<0,05

Çizelge 4.7 İncelendiğinde depremzedelerin oturduğu mahalle(Kültür Mah., Cami kebir Mah., Çay Mah., Azmi milli Mah., Nusrettin Mah.) durumu ile kalıcı konutların yer seçimi arasındaki ilişki incelendiğinde istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir ilişki olduğu(x^2=32,140, p=0,010<0,05)saptanmıştır.

Çizelge 4.8 : Deprem öncesi oturulan mahalle ile belediyenin konumu arasındaki ilişki

Oturulan Mahalle	Belediyenin Kent Merkezinde Kurulması					TOPLAM
	Çok İyi	İyi	Orta	Kötü	Çok Kötü	
Kültür	22	52	19	7	2	102
Camikebir	6	22	3	1	7	39
Çay	12	23	0	2	1	38
Azmimilli	18	30	5	5	4	62
Nusrettin	13	23	6	6	5	53
TOPLAM	71	150	33	21	19	294

x^2=30,280, p=0,017<0,05

Çizelge 4.8 İncelendiğinde depremzedelerin oturduğu mahalle(Kültür Mah., Cami kebir Mah., Çay Mah., Azmi milli Mah., Nusrettin Mah.) durumu ile belediyenin yer seçimi arasındaki ilişki incelendiğinde istatistiksel olarak gruplar arasında anlamlı bir ilişki olduğu(x^2=30,280, p=0,017<0,05)saptanmıştır.

Yeniden yapılanmanın ihtiyacı karşılamadığını düşünen bir depremzedenin rant ile ilgili fikrini şu şekilde belirtmiştir:
''Düzce'de hiçbir yapılanma olmadı. Sadece birileri rant sağladı. Fakat düzce insanı için hiçbir adım atılmadı (...)''
- Araçlar için şehir merkezi sokaklarının dar olması, yeterli park alanının bulunmaması ve trafik sorunlarına yol açmaktadır.

Yeniden yapılanmanın ihtiyacı karşılamadığını düşünen bir depremzedenin park sorunu ile ilgili fikrini şu şekilde belirtmiştir:
"Düzce'de yeniden yapılanma olmadı. Sadece kötü görünüme makyaj yapıldı. Mevcut yollar dardı, kaldırımları genişletilerek daha da daraldı. Araç park edilecek yerler azdı şuanda park bulmak çok daha zorlaştı (...)"

Düzce kent merkezinin genişlemesi birincil olarak doğu-batı, ikincil olarak da kuzey doğu (Kalıcı Konut-Metek) ve kuzey batı (As Taksi- Akçakoca) yönünde gerçekleşmektedir. Kalıcı konutlar ve şehir merkezini birleştirecek kuzey doğu bağlantı yolu kurulmuş, ancak bu bağlantı yolu mekansal anlamda işlevsel olmadığından zayıf kalmıştır. Şehir merkezinden kuzey batı yönünde bir bağlantı yolu açılarak şehrin genişletilmesi ise yeni bir çalışma olup kuzey doğu aksındaki benzer sorunlarla karşılaşma ihtimali yüksektir.

5. Sonuçlar

Çalışmanın sonunda varılan sonuçlar ve öneriler genel olarak değerlendirildiğinde:
Depremin gerçekleştiği bölgede konut yeniden yapılanmasında, ***merkezde aynı yerde yeniden yapılanma*** uygulanabilir. Yerel yönetim ve halkın katılımıyla yeniden yapılanmanın gerçekleşmesi durumunda ileride olası yaşanılacak olan sosyal ve fiziksel yapılanma problemlerinin önüne geçilmiş olacaktır. Merkezde aynı yerde yeniden yapılanma iki şekilde gerçekleşebileceği düşünülmektedir.

a) Mahallenin eskisi gibi aynen yeniden yapılanması

Bina yeniden yapılanmasında hasar durumlarına göre az ve orta hasarlı yapıların onarımları giderildikten sonra bu binalarda oturan depremzedelerin kalıcı barınma ihtiyacı giderilebilir. Ağır hasarlı binaların tamamen yıkılıp yerinde yapılanmasıyla da bu binada oturanların kalıcı barınma ihtiyaçları karşılanmış olacaktır. Mahallenin Yeniden yapılanmasında deprem sonrasındaki acil yardım, iyileştirme ve yeniden yapılanma aşamalarının giderilebileceği alanların yerel yönetimler tarafından belirlenmesi ve bu alanların olası depremlerde depremzedelerin geçici barınma ihtiyaçlarını karşılayacak yeterlilikte olması gerekmektedir. Mahallenin eskisi gibi yapılanmasının depremler sonrasında tamamen taşınmada yaşanılacak heterojen dağılım nedeniyle oluşan kültürel problemlerin minimuma indireceği ya da tamamen ortadan kaldıracağı düşünülmektedir.

b) Mahallenin kısmen veya tamamen değiştirilmesi

Deprem sonrasında hasar durumlarının büyüklüğüne göre mahallenin kısmen veya tamamen değişimine gidilmesi de söz konusudur. Ağır hasarlı ve yıkılan yapıların çok olması durumunda mahallenin kendi içerisinde yeniden yapılanması düşünülmektedir. Komşuluk ilişkilerinin zarar görmemesi için depremzedelerin deprem öncesinde oturduğu komşularıyla aynı binada oturması esasına dayanmaktadır. Mahallenin fiziksel yeniden yapılanmasında ibadethaneler, sağlık kurumları, mahalle yönetimi, okul konumlarının yerleri deprem öncesi yerlerine uygun yapılmalıdır.

Deprem yaşanılan bölgenin jeolojik durumu yeniden yapılanmaya müsait olmadığı durumda ise ''*tamamen ayrı bir bölgede"* yeniden yapılanma uygulanmalıdır. Depremin

meydana geldiği bölgenin en sağlam jeolojik alt yapıya sahip yerinde yeni bir kent inşa edilmelidir. Geçmişte deprem yaşamış kentlerin sosyal ve fiziksel yeniden yapılanmaları incelendikten sonra tamamen ayrı bir bölgede yeniden yapılanma gerçekleştirilmelidir.

Son olarak da deprem sonrası yeniden yapılanmada ara çözüm olarak *merkeze yakın yerde yeniden yapılanma* gerçekleştirilebilir. Böylelikle merkezle mekansal açıdan kolay bütünleşme sağlanabilecektir. Merkezle yeni kent arasında sosyal ve kültürel alanlar inşa edilmeli, alış-veriş merkezleri kurularak bu bağlantının güçlendirilmesi sağlanmalıdır. Bu yapılanmanın kentin uzun vadeli fiziksel büyümesine ve sosyal yapılanmasına da katkı sağlanacağı düşünülmektedir. Tüm bu veriler ışığında deprem sonrası yeniden yapılanmada asıl hedef oluşacak depremden zarar görmemek ve yeniden yapılanmaya gerek kalmamasıdır.

Kaynaklar

[1] Arslan, H., 2009, Afet sonrası yeniden yapılanma sürecinin yere bağlılık, yer değiştirme ve bilişsel haritalama olguları açısından irdelenmesi , Doktora, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[2] Aysan, Y. and Davıs, I., 2001. Rehabilitation and reconstruction training module. Disaster Management. Training Programme (DMTP).

[3] Bağcı, G., Yatman, A., Özdemir, S., Altın, N., 2000, Türkiyede Hasar Yapan Depremler, Deprem Araştırma Bülteni, Ankara, 113-126.

[4] Sey, Y., 2000, Deprem Sonrası Geçici Konut, Kentsel Yerleşmeler ve Doğal afetler, Mimarlar Odası Yayınları, 224-231.

[5] Limoncu, S. ve Bayülgen, C., 2005, Türkiye'de afet sonrası yaşanan barınma sorunları, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi E-Dergisi, 1 (1), 18-27.

[6] Şahin, N., 2009, Afet Yönetimi ve Acil Yardım Planları, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 8-10 Ocak 2009, İzmir: 131-142.

[7] Savaşır, K., 2008, Afet sonrası uygulanacak ve geçiciden kalıcıya dönüştürülecek konut tasarımları için Türkiye koşullarına uygun yapım sistemlerinin irdelenmesi, Doktora, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

[8] Delaney, P. and SHRADER, E., 2000, Gender and Post-Disaster Reconstruction: The Case of Hurricane Mitch in Honduras and Nicaragua, , LCSPG/LAC Gender Team, World Bank.

[9] Limoncu, S., 2007, Türkiye' de Yeniden Yapım Aşamasında Yaşanan Sorunlar ve Öneriler, Earthquake Symposium, 22-26 Ekim 2007 Kocaeli, 652-664.

DEPREM GERİLME DEĞİŞİMLERİNİN ARTÇI DEPREMLER KAYNAKLI AFET ZARARLARININ AZALTIMINDA KULLANILMASI

USING EARTHQUAKE STRESS CHANGES IN MITIGATION OF EARTHQUAKE DISASTER CAUSED BY AFTERSHOCKS

Murat UTKUCU[a], Hatice DURMUŞ[b], Süleyman NALBANT[c] ve Emrah BUDAKOĞLU[d]
[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: mutkucu@sakarya.edu.tr
[b] Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya, Türkiye, E-posta: hatice.durmus@dpu.edu.tr
[c] University of Ulster, Colaraine, Northern Ireland, UK, E-posta: ss.nalbant@ulster.ac.uk
[d] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: ebudakoglu@sakarya.edu.tr

Özet

Yıkıcı ana şok depremler sonrası oluşan büyük artçı depremler deprem afetini büyültmekte ve vurduğu alanı genişletmektedir. Bunun yakın zamandaki örneklerinden biri 23 Ekim 2011 (*M*w=7.1) Van depremi 9 Kasım 2011 Edremit artçı depreminin (*M*w=5.6) Van şehir merkezinde neden olduğu önemli ölçüdeki can kaybı ve yıkımdır. Büyük artçı depremlerin neden olduğu zararların azaltılmasının bir yolu da olası lokasyonlarının tahmin edilmesidir. Tahmin, deprem tehlikesinin düzenlenmesinde incinirlilik modifikasyonu kapsamında ele alınmaktadır. Bir büyük ana şok sonrası oluşan gerilme değişimlerinin hesaplanması ve haritalanması artçı depremlerin olası lokasyonlarının belirlenmesinde önemli bir yöntemdir. Bu çalışmada ana şok deprem gerilme değişimleriyle artçı depremlerin dağılımları arasındaki pozitif ilişki İran ve Türkiye'deki ana şok-artçı deprem silsileleri örnekleriyle gösterilmiştir. Gerilme değişim haritalarının artçı depremlerin olası yerlerinin tahmininde ve zararlarının azaltılmasında nasıl kullanılabileceği konusu tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Artçı depremler, Deprem gerilme değişimleri, Deprem Afet Azaltımı

Abstract

Large aftershocks following destructive mainshocks enhance earthquake disaster and its strike area. One of the recent example was the significant loss of life and destruction in Van city centre caused by the 9 November 2011 aftershock (Mw=5.6) of the 23 October 2011 Van earthquake. Forecasting of the probable locations of the large aftershocks is one of the way to mitigate their damages. Forecasting is an element of vulnerability modification in modification of the earthquake hazard. A powerfull method to determine probable locations of the aftershokcs is to calculate and map stress changes following a large mainshock. In the present study, positive correlations between aftershock locations and mainshocks stress changes have been shown through mainshock-aftershock sequence examples from Iran and Turkey. It has been discussed that how the the stress change maps could be used in forecasting of the probable locations of aftershocks and mitigation of their damages.

Keywords: Aftershocks, Earthquake stress changes, Earthquake Dissaster Mitigation

1. Giriş

Depremler izole doğal olaylar değildirler [1]. Kabuk içindeki bir 2-Boyutlu faylanma yüzeyi boyunca meydana gelen yer değiştirme yani deprem, faylanma yüzeyi çevresinde büyüklüğü uzaklıkla azalan bir yer değiştirme alanı ve buna bağlı statik gerilme değişimleri oluşturur. Artçı depremlerin uzaysal dağılımları ile statik gerilme değişimleri arasındaki ilişki ilk olarak Das ve Scholz [2] tarafından 1968 Borrego Mountain ve Stein vd. [3] tarafından 1979 Homestead Valley depremi üzerinden yapılan araştırmalardan önerilmiştir. Bu gerilme değişimleri faylanma yüzeyinden uzakta meydana gelen artçı depremlerin (off-fault aftershocks) arkasındaki nedenlerden biri olarak da ele alınmıştır [2,3]. Güney Kaliforniya'daki 1992 Landers depremi (*M*w=7.3) anaşok-artçı deprem ilişkisinin en iyi çalışıldığı bir deprem haline gelmiştir [4, 5, 6]. Bu depremin 3.5 saat sonrası kırılmanın 40 km uzağında meydana gelen 1992 Big Bear artçı depremi (*M*w=6.4) gerilme artışının olduğu bir alanda meydana gelmiştir. Ayrıca artçı depremlerin çoğu da gerilme artış bölgesinde oluşmuştur. 1992 Landers depremi örneği deprem gerilme analizi çalışmalarının deprem oluşumlarının açıklanmasında ne kadar önemli olduğunu açıkça göstermiş ve deprem tehlikesinin yorumlanmasında güçlü bir yöntem olarak yer bilimleri içinde çokça uygulanır olmuştur.

Büyük ve yıkıcı bir depremden sonraki en önemli kaygılardan biri yıkıcı büyük bir artçı depremin (veya artçı depremlerin) olup olmayacağı ve nerede olacağıdır [7,8]. Çünkü büyük bir artçı deprem anaşokun oluşturduğu can kaybı ve yıkımı arttırabilir ve hatta daha fazla yıkıma neden olabilir. Anaşoktan daha sığda odaklanmaları, faylanma özelliklerinin daha şiddetli yer hareketi üretme açısından anaşoka göre uygunluğu ve anaşokla kıyaslandığında yerleşim merkezlerine daha yakında oluşmaları olasılıkları daha fazla yıkıma yol açabilmelerinin nedenleri arasında sıralanabilir. Örnek olarak Yeni Zellanda'da meydana gelen 3 Eylül 2010 Darfield depremi (*M*w=7.1) sonrasında meydana gelen 22 Şubat 2011 Christchurch artçı depremi (*M*w=6.3). 2011 Christchurch odağının daha sığda ve Christchurch kasabasının tam altında yerleşmesinden dolayı anaşokta herhangi bir kayıp gözlenmezken artçı deprem sonrasında oluşan yıkımla 182 can kaybı meydana gelmiştir [9]. Bu bağlamda güzel bir örneği de 23 Ekim 2011 Van depreminden (*M*w=7.1) sonra oluşan 9 Kasım 2011 Edremit artçı depremi (*M*w=5.7) oluşturmaktadır [10,11]. 2011 Van deprem silsilesinde

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

anaşok sırasında Van şehir merkezinde göreceli olarak az yıkım ve can kaybı yaşanmasına rağmen Edremit artçı depremi özellikle Van şehrini etkileyerek ilave yıkım ve can kaybına neden olmuştur. Bu artçı deprem sonrası oluşan kamuoyu tepkisi anaşoka verilen tepkiyle ölçüşecek derecede gerçekleşmiştir.

Anaşok gerilme değişimleriyle artçı derem lokasyonları arasındaki bu pozitif korelasyon, deprem zararlarının azaltılması amaçlı olarak bir anaşok sonrası yapılacak Coulomb gerilme modellemesi yoluyla anaşokça etkilenen bölgede artçı depremlerin özellikle de uzak artçı deprem (off-fault aftershock) meydana gelme potansiyeli yüksek olan yerlerin gerçek-zaman yakınında belirlenmesi çalışmalarını gündeme getirmiştir [8]. Böylelikle, deprem zararlarının azaltımı amaçlanmaktadır.

Bu çalışmada deprem gerilme değişimleriyle artçı depremlerin dağılımları arasındaki ilişki İran ve Türkiye'deki deprem örnekleriyle gösterilmiş ve bu değişimlerin artçı depremlerin olası yerlerinin tahmininde ve zararlarının azaltılmasında nasıl kullanılabileceği konusunda yorumlarda bulunulmuştur.

2. Yöntem

Bir deprem nedeniyle yer kabuğu içinde oluşan Coulomb gerilme değişimi

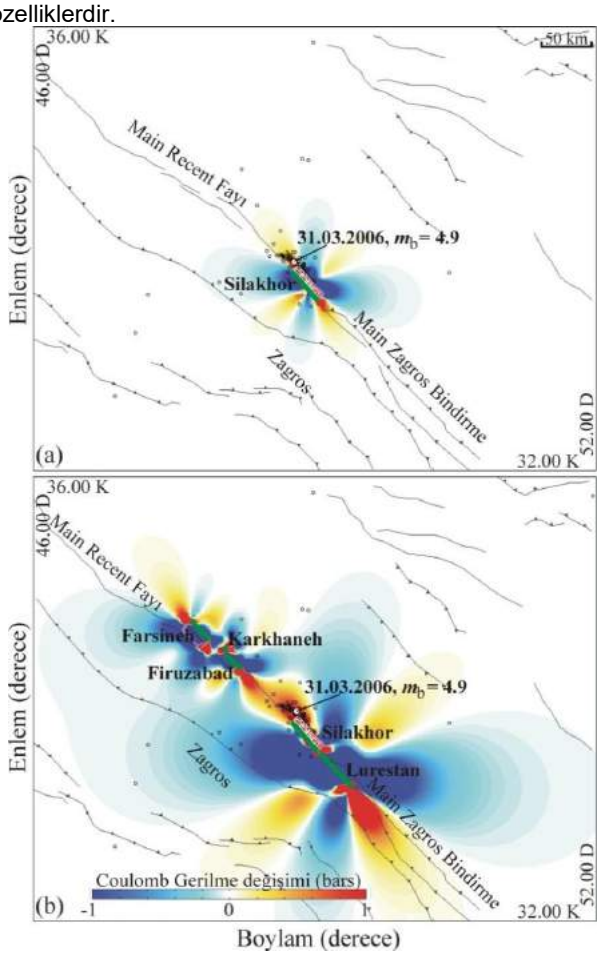
$$\Delta\sigma_f = \Delta\tau_s + \mu(\Delta\sigma_n - \Delta P) \quad (1)$$

bağıntısı ile verilir [12]. Bu bağıntıda $\Delta\sigma_n$ normal gerilme değişimi, $\Delta\tau_s$ makaslama (shear) gerilme değişimi, μ içsel sürtünme katsayısı ve ΔP gözenek sıvı basıncında meydana gelen değişimi ifade eder. Depremlerden ve intersismik dönemde levha hareketlerinden etkilenen gerilme alanı yukarıda değinilen Okada [13] tarafından geliştirilen "dislokasyon teorisi" ile hesaplanmaktadır. Her bir deprem nedeniyle oluşan dislokasyona, konumu, doğrultusu ve eğimi bilinen bir dikdörtgen düzlem yardımıyla yaklaşılmakta ve düzlem üzerindeki yerdeğiştirme ise genlik ve rake açısı ile tanımlanmaktadır [12].

3. Bulgular

3.1. 31 Mart 2006 Silakhor Depremi (M_W=6.1) ve gerilme değişimleri

31 Mart 2006 Silakhor depremi (Mw=6.1) İran'ın Zagros bölgesinde meydana gelmiştir [14]. Main Recent Fayına (MRF) paralel ve çok yakın Dorud fayı boyunca bazı çatlaklar gözlenmesi ve Dorud fay zonu üzerinde yer alan tüm köylerin yıkılması 2006 Silakhor depremine sebep olan fayın KB-GD doğrultulu, yaklaşık 100 km uzunluğunda Dorud fayı olduğunu ortaya koymuştur [15,16]. Silakhor ovasında yaklaşık 300 köyün ciddi şekilde etkilendiği depremde 68 kişi hayatını kaybetmiş, yaklaşık 2000 kişi yaralanmıştır [16]. Orta büyüklükte bir deprem için *öncü deprem- ana şok-artçı deprem serisi* alışılmışın dışında bir durumdur. Bu nedenle önemli öncü deprem aktivitesi içermesi ve orta büyüklükteki deprem ile ilişkilendirilebilecek artçı depremden daha büyük artçı deprem oluşturması bu depremi ilginç kılan önemli özelliklerdir.



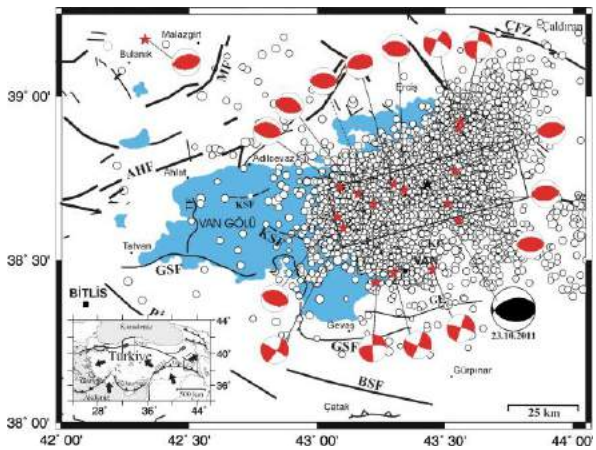
Şekil 1. 31 Mart 2006 Silakhor depremi (a) ve öncesi depremsellikten (b) dolayı hesaplanan Coulomb gerilme değişim modelleri ile 2 aylık artçı depremlerin (Mw≥2.0) episantr (siyah daireler) dağılımları arasındaki ilişki. Beyaz daireler en büyük artçı depremin episantr yerini göstermektedir. Yeşil çizgiler kaynak fay düzlemlerini temsil etmektedir. Kırmızı ve mavi renkler sırasıyla gerilme artış ve azalımlarını temsil etmektedir.

Şekil 1a sadece 2006 Silakhor depreminden kaynaklanan Colulomb gerilme değişimleri ile artçı deprem dağılımı arasındaki ilişkiyi, Şekil 1b ise 2006 Silakhor depremi de dahil bu deprem episantrına yakın meydana gelmiş aletsel dönemdeki tüm büyük geçmiş depremlerden dolayı hesaplanan Coulomb gerilme değişimleri ile artçı deprem dağılımları arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Gerilme değişimleri optimum doğrultu atımlı faylar üzerinde ve artçı depremlerin ortalama derinliği olan 10 km derinlik için hesaplanmıştır. 128 adet artçı deprem (Mw≥2.0) yerleri International Institute of Earthquake Engineering and Seismology'den (IEES) alınmıştır ve iki aylık zaman dilimi içinde meydana gelmiştir. Şekil 1a incelendiğinde 2006 Silakhor yüzey kırığının hem kuzeybatı kısmının hem de güneydoğu kısmının 1 barın üzerinde gerilme artışına maruz kaldığı görülmektedir. Artçı deprem episantr dağılımları ile gerilmenin artış gösterdiği alanlar arasındaki ilişkiye bakıldığında artçı deprem aktivitesinin en büyük artçı deprem de (31 Mart 2006, m_b=4.9) dahil sadece kuzeybatı kısımda yoğunlaşması ve güneydoğudaki

gerilme artış alanında hiçbir artçı deprem olmaması dikkat çekicidir. Şekil 1b güneydoğudaki gerilme artış alanında neden artçı deprem gözlenmediğine dair bir ipucu sunmaktadır. Görüldüğü üzere güneydoğudaki bu gerilme artış alanı 1909 Lurestan depremi kaynaklı gerilme gölgesi içinde kalmaktadır. Bu durum 2006 Silakhor depremi kaynaklı gerilme artışının söz konusu alandaki 1909 Lurestan depremi kaynaklı gerilme gölgesine baskın gelemediği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca geçmiş depremsellik dikkate alınarak hesaplanan gerilme değişim modelinde artçı depremlerin yoğun olarak gözlendiği kuzeybatı kısımdaki gerilme artışının sadece 2006 Silakhor'dan kaynaklanan gerilme artışından çok daha fazla olduğu dikkat çekmektedir. Bu da, depremlerden dolayı gerilme yüklenen bölgelerde artçı depremlerin yoğun olarak gözlendiği görüşünü önemli derecede desteklemektedir.

3.2. 23 Ekim 2011 Van Depremi (M_W=7.1) ve gerilme değişimleri

Bu deprem, Van Fayı üzerinde meydana gelmiştir [9,10]. Deprem, 604 kişinin ölümüne, 2608 kişinin yaralanmasına ve binlerce kişinin de evsiz kalmasına neden olmuştur (Şekil 2). Bu kayıplar, 9 Kasım 2011 tarihinde meydana gelen M_W 5.6 büyüklüğündeki bir artçı depremle daha da artmıştır. Edremit ilçe merkezi yakınında bir dış merkeze sahip olan bu artçı 40 ölüme daha yol açmıştır. 2011 Van depremi 51 Mw≥4.6 depremi içeren önemli bir artçı deprem etkinliğine neden olmuştur. Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü (KRDAE) tarafından konumları belirlenen ve Nisan 2012'ye kadar oluşmuş artçı depremler Şekil 2'de gösterilmiştir. Gerek artçı deprem konumları gerekse kaynak mekanizma çözümleri birçok artçı depremin anaşoku üreten Van fayı üzerinde oluşmadığını, ana şok kırılması yakın civarında uzanan özellikle doğrultu atımlı faylanma mekanizmalı faylar üzerinde oluştuğunu (off-fault aftershocks) önermektedir. 2011 Van depremi için çeşitli sismoloji enstitü ve kuruluşlarınca bulunan kaynak mekanizma çözümleri deprem için ters faylanma mekanizması önermekte [9,17] ve depremden sonra varlığı anlaşılıp haritalanan Van fayının arazide gözlenen karakteri ile tam bir uyum sergilemektedir [18].



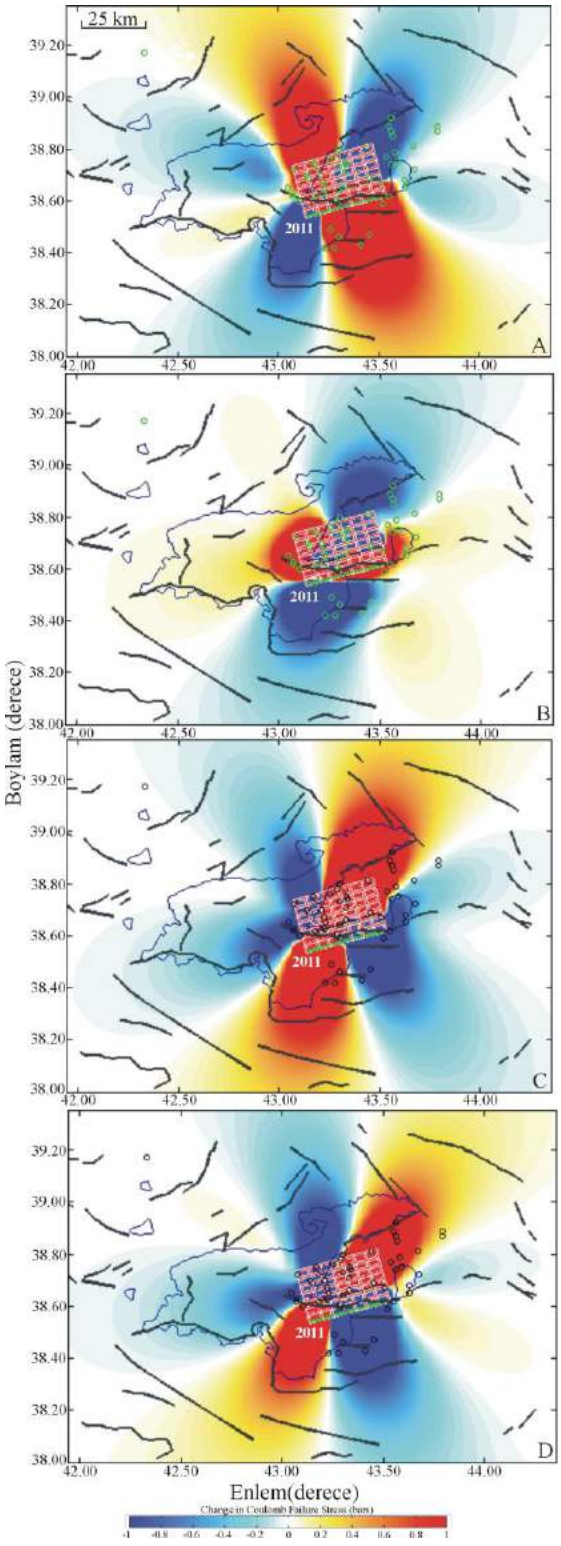
Şekil 2. 23 Ekim 2011 Van depremi (Mw=7.1) (siyah yıldız) kaynak bölgesi civarı sismotektonik haritası. Dikdörtgen depremin kırılma düzlemi yüzey izdüşümünü göstermektedir.

23 Ekim 2011 Van depremi kaynaklı Coulomb gerilme değişimleri gerek optimum yönelimli gerekse tanımlanmış düzlemleri üzerinde hesaplanmıştır (Şekil 3). Optimum yönelimli doğrultu ve ters atımlı faylar üzerindeki gerilme değişimleri haritaları sırasıyla Şekil 3a ve 3b'de gösterilmiştir. Van Fayı'nın güneyindeki doğrultu atımlı fayları (doğrultu 270°, eğim 70° ve rake açısı 180°) ve kuzeyindeki doğrultu atımlı fayları (doğrultu 298°, eğim 77° ve rake açısı -172°) temsil eden düzlemler üzerinde hesaplanan gerilme değişimleri de sırasıyla Şekil 3c ve 3d'de gösterilmiştir. Gerilme değişimleri 9 km derinliği için gösterilmiş ve KRDAE tarafından belirlenen M ≥ 4.6 artçı depremlerin episantrlarını da içermektedir.

4. Tartışma

Şekil 1a incelendiğinde 2006 Silakhor yüzey kırığının hem kuzeybatı kısmının hem de güneydoğu kısmının 1 barın üzerinde gerilme artışına maruz kaldığı görülmektedir. Artçı deprem episantr dağılımları ile gerilmenin artış gösterdiği alanlar arasındaki ilişkiye bakıldığında artçı deprem aktivitesinin en büyük artçı deprem de (31 Mart 2006, m_b=4.9) dahil sadece kuzeybatı kısımda yoğunlaşması ve güneydoğudaki gerilme artış alanında hiçbir artçı deprem olmaması dikkat çekicidir. Şekil 1b güneydoğudaki gerilme artış alanında neden artçı deprem gözlenmediğine dair bir ipucu sunmaktadır. Görüldüğü üzere güneydoğudaki bu gerilme artış alanı 1909 Lurestan depremi kaynaklı gerilme gölgesi içinde kalmaktadır. Bu durum 2006 Silakhor depremi kaynaklı gerilme artışının söz konusu alandaki 1909 Lurestan depremi kaynaklı gerilme gölgesine baskın gelemediği şeklinde yorumlanabilir. Ayrıca geçmiş depremsellik dikkate alınarak hesaplanan gerilme değişim modelinde artçı depremlerin yoğun olarak gözlendiği kuzeybatı kısımdaki gerilme artışının sadece 2006 Silakhor'dan kaynaklanan gerilme artışından çok daha fazla olduğu dikkat çekmektedir. Bu da, depremlerden dolayı gerilme yüklenen bölgelerde artçı depremlerin yoğun olarak gözlendiği görüşünü önemli derecede desteklemektedir.

2011 Van depremi için optimum doğrultu atımlı fay düzlemleri üzerinde hesaplanan gerilme değişimleri (Şekil 3a) kırılmanın güneyindeki artçıları açıklarken kuzeydoğusundaki artçıları açıklayamamaktadır. Optimum yönelimli ters faylar üzerinde hesaplanan gerilme değişimleri (Şekil 3b) kırılmanın iki ucunda gerilme artışı gerektirmektedir ki kırılmanın uçlarında toplanan artçıların kaynak mekanizma çözümleri ters faylanma mekanizmaları önermektedir (Şekil 2). Gerilme değişimleri kırılmanın güneyinde uzanan faylar üzerinde (doğrultu 270°, eğim 70° ve rake açısı 180°) hesaplandığında güneydeki ve kuzeydoğudaki artçıların kısmen gerilme gölgesinde kaldığı görülmektedir (Şekil 3c). Gerilme değişimleri kırılmanın kuzeydoğusunda uzanan faylar üzerinde (doğrultu 298°, eğim 77° ve rake açısı -172°) hesaplandığında kuzeydoğu artçı toplanımının iyi açıklandığı görülmektedir. Bu sonuçlar artçı deprem değişimleri ile gerilme değişimleri arasında pozitif bir ilişki olduğunu önerirken artçı deprem oluşumları üzerinde yapısal (civardaki fay uzanım ve türleri) kontrolü de önermektedir.



Şekil 3. 23 Ekim 2011 Van depremi kaynaklı gerilme değişimleri. Gerilme değişimleri optimum (a) doğrultu atımlı ve (b) ters faylar ve (c) doğrultusu 270°, eğimi 70° ve rake açısı 180° olan ve (d) doğrultusu 298°, eğimi 77° ve rake açısı -172° olan tanımlanmış fay düzlemleri üzerinde hesaplanmıştır. Daireler $M \geq 4.6$ artçı depremleri göstermektedir. Gerilme değişimleri 9 km derinliği için gösterilmiştir. Kırmızı ve mavi renkler sırasıyla gerilme artış ve azalımlarını temsil etmektedir.

2006 Silakhor ve 2011 Van depremlerinde bulunan artçı deprem dağılımı-gerilme değişimleri ilişkileri deprem gerilme değişim haritalarının deprem zararlarının azaltımında kullanılması fikrini ortaya çıkarmaktadır. Bu sonuçlara benzer sonuçlar literatürde çoklukla yer almaktadır. Bir büyük depremin hemen sonrasında bir iki gün içinde hesaplanacak gerilme değişim haritaları ile yıkıcı artçı depremlerin olması beklenen en olası alanlar belirlenebilir ve afet ve kriz yöneticileri için önemli yararlar sağlayabilir. Büyüklüğü 7 olan bir deprem için artçı depremler ana şok kırılması etrafında 100 km'yi de aşan uzaklıklarda tetiklenebildiğinden gerilme haritalarının artçı deprem tehlikesinin öngörüldüğü alanın küçültülmesindeki önemi anlaşılabilir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada deprem gerilme değişimleriyle artçı depremlerin dağılımları arasındaki ilişki İran (31 Mart 2006 Silakhor depremi) ve Türkiye'deki (23 Ekim 2011 Van depremi) deprem örnekleriyle gösterilmiş ve bu değişimlerin artçı depremlerin olası yerlerinin tahmininde ve zararlarının azaltılmasında nasıl kullanılabileceği konusunda yorumlarda bulunulmuştur. Her iki deprem için de artçı deprem dağılımları ve gerilme değişimleri arasında pozitif ilişki belirlenmiş ve gerilme değişim haritalarının deprem zararlarının azaltımında kullanılması olasılığı tartışılmıştır.

Kaynaklar

[1] Scholz, C. H., "The Mechanisms of Earthquakes and Faulting", Cambridge University Press., 2. Baskı, ISBN:978-0521655408, 2002.

[2] Das, S. ve Scholz, C. H., "Off-Fault Aftershock Cluster Caused by Shear Stress Increase", Bull. Seism. Soc. Am., 71, 1669-1675, 1981.

[3] Stein, R. S. ve Lisowski, M., "The 1979 Homestead Valley Earthquake Sequence, California: Control of Aftershocks and Postseismic Deformation", J. Geophys. Res., 88, B8, 6477-6490, 1983.

[4] King, G. C. P, Stein, R. S., ve Lin, J., "Static Stress Changes And The Triggering Of Earthquakes", Bull. Seism. Soc. Am.,84, 935-953, 1994.

[5] Steacy, S., Marsan, D., Nalbant, S. S., ve McCloskey, J., "Sensitivity Of Static Stress Calculations To The Earthquake Slip Distribution", J. Geophys. Res., 109, B04303, doi:10.1029/2002JB002365, 2004.

[6] Toda, S., Stein, R. S., Dinger, K. R. ve Bozkurt, S. B., "Forecasting the evolution of seismicity in southern California: Animations built on earthquake stress transfer", J. Geophys. Res., Vol. 110, B05S16, doi:10.1029/2004JB003415, 2005.

[7] Gallagher, R. P., Reasenberg, P. A. ve Poland, C. D., "Earthquake Aftershocks Entering Damaged Buildings", Applied Technology Council, Redwood City, 1999.

[8] McCloskey, J. ve Nalbant, S. S., "Near-real-time aftershock hazard maps", Nature Geoscience., 2, 154-155, doi:10.1038/ngeo449, 2009.

[9] Elliott, J. R., E. K. Nissen, P. C. England, J. A. Jackson, S. Lamb, Z. Li, M. Oehlers, ve B. Parsons, "Slip in the 2010–2011 Canterbury earthquakes, New Zealand", J. Geophys. Res. 117, B03401, doi:10.1029/2011JB008868, 2012.

[10] Erdik, M., Kamer, Y., Demircioğlu, M., Şeşetyan, K., "23 October 2011 Van (Turkey) earthquake", Nat Hazards, 64:651–665, doi: 10.1007/s11069-012-0263-9, 2012.

[11] Utkucu, M., Budakoğlu, E., Yalçın, H., Durmuş, H., Gülen, L., Işık, E., "23 Ekim 2011 Van (Doğu Anadolu) Depremi'nin (Mw=7.1) Sismotektonik Özellikleri" Yerbilimleri, 35(2), 87-108, 2014.

[12] Harris, R. A., "Introduction to special section: Stress triggers, stress shadows, and implification for seismic hazard", J. Geophys. Res.,103, 24.347–24.358, 1998.

[13] Okada, Y., "Internal deformation due to shear and tensile faults in a half-space", Bull. Seism. Soc. Am., 82, 1018-1040, 1992.

[14] Ghods, A., Rezapour, M., Bergman, E., Mortezanejad, G. ve Talebian, M., "Relocation of the 2006 Mw 6.1 Silakhour, Iran, Earthquake Sequence: Details of Fault Segmentation on the Main Recent Fault", Bull. Seism. Soc. Am., Vol. 102, No. 1, pp. 398–416, doi: 10.1785/0120110009, 2012.

[15] Ramazi, H. ve Hosseinnejad, M., "The Silakhor (Iran) Earthquake of 31 March 2006, from an Engineering and Seismological Point of View", Seismological Research Letters, Vol. 80, No. 2, 224-232, doi: 10.1785/gssrl.80.2.224, 2009.

[16] Hamzehloo, H., Rahimi, H., Sarkar, I., Mahood, M., Alavijeh, M.H. ve Farzanegan, E., "Modeling the strong ground motion and rupture characteristics of the March 31, 2006, Darb-e-Astane earthquake, Iran, using a hybrid of near-field SH-wave and empirical Green's function method" J Seismol., 14, 169-195, doi: 10.1007/s10950-009-9159-x, 2009.

[17] Emre Elliott J.R., Copley A.C., Holley, R., Scharer, K. and Parsons, B., "The 2011 Mw 7.1 Van (Eastern Turkey) Earthquake", J. Geophys. Res. Solid Earth, 118, doi:10.1002/jgrb.50117, 2013.

18] Emre Ö, Duman TY, Özalp S, Elmacı H., "23 Ekim 2011 Van depremi saha gözlemleri ve kaynak faya ilişkin ön değerlendirmeler", MTA Jeoloji Etütler Dairesi, Ankara, 22 pp., 2011.

KOCAELİ DEPREM FELAKETİ RİSK AZALTMA ÇALIŞMALARININ ÖNEMİ

IMPORTANCE OF KOCAELI EARTHQUAKE DISASTER RISK REDUCTION(DRR)

Cengiz İPEK[a] ve Alpaslan Hamdi KUZUCUOĞLU[b]
[a]Koto, Kocaeli Ticaret Odası 2.Meslek Komitesi, Kocaeli, Turkey, E-posta: ipekceng@gmail.com
[b]Yeni Yüzyıl Üniversitesi, İstanbul Turkey, E-posta: alpaslan.kuzucuoglu@yeniyuzyil.edu.tr

Özet

1600 km uzunluğundaki Anadolu fayı Karlıova'dan başlayıp kesif nüfus yoğunluklu Kocaeli ilinden geçen Kuzey Ege Denizi'nden batıya uzanan hattır. Depremin periyodik olarak olası etkisi altında bulunan bu alanda ekonominin can damarı olan sanayi ve yerleşim alanları da zarar görmektedir. 1999 Kocaeli Depremi sonrasında meydana gelen kayıplar Türkiye ekonomisinin büyümesini %6,5 oranında yavaşlatmıştır. Bu bildiride Kocaeli için deprem riskini azaltmaya yönelik son 15 yıllık çalışmaların analizi yapılmış ve sonuçları değerlendirilmiştir. Bu çalışma sonucunda bilgi alt yapısının oluşumunda özellikle zemin sınflandırması çalışmasında önemli veri çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Ancak elde edilen bilgiler ile makro ölçekte bir risk analizi yapılamadığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda gelecekte deprem felaketi zararının asgari seviyelerde tutulması bakımından çok detaylı olarak bölgenin risk analizlerinin yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Risk ve hasar, Deprem felaketi, Modelleme, Risk yönetimi, Sayısal analiz.

Abstract

The North Anatolian Fault Zone (NAFZ) is a continuous and a narrow zone of deformation, which extends almost 1600 km from Karlıova to pass highly intensify population of Kocaeli province in the east to the Northern Aegean through the west. Earthquake is likely affecting deaths and injuries and cause damages of industrial areas that vital important part of country economy and people. 1999 Kocaeli earthquake effected GPD of Turkey not less than 6,5%. In this article, in order to make less impact of earhquake, in last 15 years the study on Kocaeli region has been avaluated. As result of that the important basic studies such as the classification of soil has been prepared for the region. However, by getting this kind of results, any master eartquake plan and risk analysis for the region has not been studied yet. In fact, next future to mitigate of earthquake disaster damages the risk analysis of the region should be prepared in very detail.

Keywords: Risk and damage, Earthquake disaster, Modelling, Risk management, Numerical analysis.

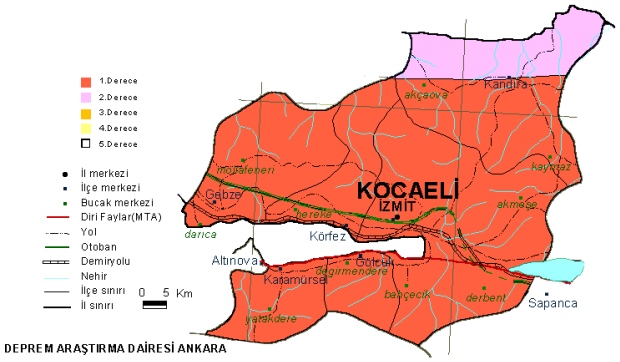
1. Giriş

Deprem felaketi, risk açısından insanların çıkardığı savaşlar hariç felaketlerin en büyüğü olarak kabul edilmektedir. 1900'lü yıllardan itibaren kayıt altına alınan depremlerde dünyada 2 milyondan fazla insanın hayatını kaybettiği bilinmektedir. Özellikle depremlerin başka (Yangın, heyelan, tsunami, taşkın, zemin sıvılaşması gibi) felaketleri tetiklemesi ile riskin boyutlarını artırmaktadır. Geçmiş depremlerde 1995 Kobe ve 1999 Kocaeli TÜPRAŞ yangını, 2015 Nepal heyelanı, 2011 Tohoku Tsunamisi bunun örnekleridir. Ayrıca ülkelerin ekonomileri bu felaketlerden son derece etkilenmektedir. 1999 Kocaeli Depremi sonrasında meydana gelen kayıplar Türkiye ekonomisinin büyümesini % 6,5 oranında yavaşlatmış, yaklaşık 20 Milyar USD zarar meydana getirmiştir. Ayrıca 2008 Sichuan Çin Depremi 200 Milyar USD, 2011 Tohoku Japonya Depremi 250 Milyar USD maddi zarara sebep olmuştur [1-3]. Bundan başka deprem felaketi yaşayan toplumların maddi zararlarının yanında sosyo-psikolojik açıdan da kalıcı tramvalar bırakmaktadır. Deprem sonrasında yaşamın dengesi bozulmaktadır. Geçici barınma sorunları, yeniden hayata başlama arzusu, yer değiştirme, maddi ve manevi kayıplar toplumsal tramvayı beraberinde getirmektedir. Bunların etkileri uzun sürmekte, belki de hayat boyunca toplumlarda kalıcı etkiler bırakmaktadır. Deprem bir doğal felakettir ve yıkıcıdır. Bütün bu felaketlerin doğması elbette anlaşılırdır. Ancak oluşabilecek felaketler için gerekli her türlü hazırlığın yapılmaması, önlem alınmaması çok daha büyük felakettir. Bütün dünyada bu felaketlerin etkilerini azaltmak amacı ile alt ve üst yapılar için ciddi hazırlıklar, mühendislik çalışmaları [4-7] yapılmakta ve kaynaklar ayrılmaktadır. Akademik çalışmalar, senaryolar hazırlanmakta ve risk analizleri yapılmaktadır. 1999 Kocaeli Depremi öncesi hazırlıklar yapılsaydı yaşanan felaketin etkileri daha da az olacaktı. Alt ve üst yapıda ciddi mühendislik tasarım ve yapım hataları, denetim mekanizmasının olmayışı, kamu hizmeti zaafiyeti ve risk analizlerinin yapılmaması yaşanan felaketin boyutlarını kat be kat artırmıştır. Türkiye'de felaketler ile ilgili T.C. Başbakanlığı'na bağlı olarak çalışan sorumlu bir kurum 2009 yılında AFAD ismi ile kurulmuştur. AFAD tarafından hazırlanan Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP-2023) programı [10], eksiklikleri olmasına rağmen bütün Türkiye için hazırlanan afetlere karşı koyma eylem planı olarak oldukça anlamlıdır [10].

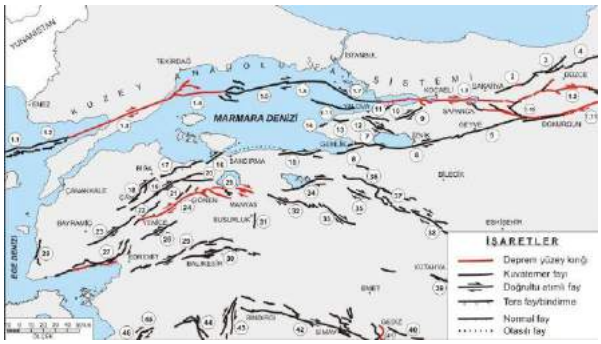
© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

Ancak bu tür ciddi çalışmaların 13 farklı sorumlu kamu kuruluşları ile beraber yürütülmesi bir başka hukuki sorunlar ve organizasyon problemlerini de beraberinde getirecektir [8,9]. Yetkilendirilmiş merkezi bir idare tarafından, daha az bürokrasi ve daha fazla bir bütçe ile afet işlerinin yürütülmesi daha etkili olacaktır. Son yıllarda afet konusunda çalışmalar iyileşme gösterdiyse de, araştırma ve topluma katkısı bakımından Türkiye, dünyanın çok gerisindedir.

Şekil 1 ve 2 de görüldüğü gibi Kocaeli bölgesi 12 ilçeye sahip Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde 1.73 milyon gibi yoğun bir nüfusa sahip, endüstriyel ve sanayi yapılar ile içi içe bulunan bir ildir. Türkiye ekonomisinde katma değer oluşturma ve vergi gelir bakımından önemli iller arasındadır. 34 deniz limanı ve bir sivil hava limanı ile Avrupa ve Asya'ya bir geçiş noktasında olması bakımından stratejik bir öneme de sahiptir. Sahip olunan bu önemin yanında ciddi anlamda geniş kapsamlı bir risk analizinin yapılmaması ve gelecekte oluşabilecek bir felakete hazır olmaması düşünülemez bir olgudur. Bu açıdan bu çalışma, Kocaeli bölgesi için deprem risk değerlendirmesi yapılması açısından ilk çalışmalardan biri olacaktır.



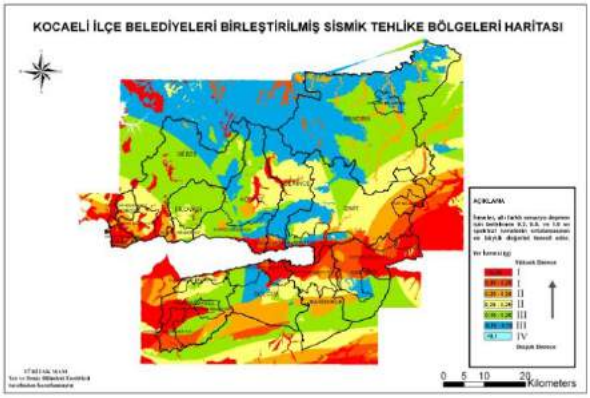
Şekil 1. Kocaeli Deprem Haritası AFAD, 2015



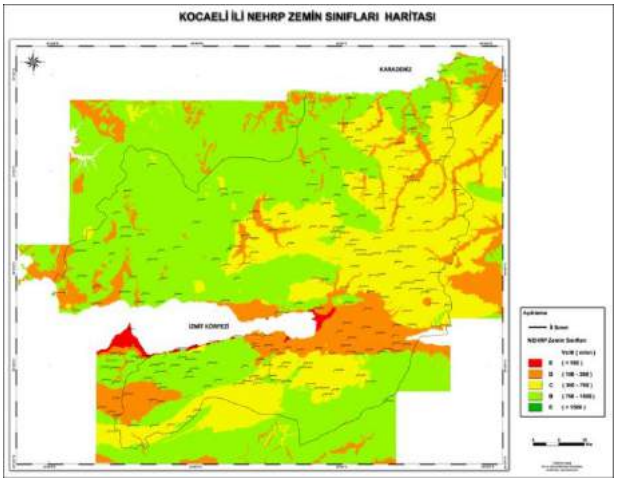
Şekil 2. Kocaeli Kuzey Anadolu Fay Hattı Haritası AFAD, 2015.

2. Mevcut Çalışmalar

Kocaeli ilinin gelecekte oluşabilecek bir deprem felaketine hazırlık yapmak amacıyla Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Deprem ve Zemin Müdürlüğü tarafından 2004 yılından itibaren çalışmalar yürütülmektedir. Kurum, deprem hazırlıkları arasında; eğitim, deprem çalıştayları düzenleme, sismik haritaların güncellenmesi, deprem ivme kayıtların alınması gibi çalışmalar yapmaktadır. Elde edilen sonuçlardan alınan veriler ile daha güvenli yerleşim alanları sağlamak amacıyla imar yasasının düzenlenmesi gerçekleşmekte ve kentsel dönüşüm çalışmalarına katkı sağlamaktadır. Kurum, Kocaeli ili için MAM-TUBİTAK ile ortak bir çalışma yaparak Şekil 3' te İlçe Belediyeleri için sismik tehlike bölgeleri haritası, Şekil 4' te ise NEHRP kriterlerine göre belirlenen Zemin Sınıf Haritası hazırlatmıştır.



Şekil 3. Kocaeli Sismik Tehlike Haritası MAM-TUBİTAK, 2008.



Şekil 4. Kocaeli ili için NEHRP 'a göre belirlenen Zemin Sınıf Haritası, 2008.

3. Risk Değerlendirmesi

Risk altındaki şehirlerin deprem karakterleri birbirinden oldukça farklıdır. Bir alanın boş olması durumunda meydana gelen deprem ile şehirleşmiş durumdaki hasarı farklı olacaktır. Burada etkili olan unsur dinamik parametreler (doğal periyot, mod şekilleri gibi) farklı olduğundandır. Aynı şekilde Kocaeli'nde meydana gelen olası bir deprem San Fransisco ve Tokyo'da daha az hasar meydana getirecektir. Bu sebeple Kocaeli'ne has bir risk analizi yapılmalıdır. Risk kavramını tanımlamak oldukça

karmaşıktır. Etkilediği ve etkilendiği faktörler açısından risk değerlendirmesi farklı olmaktadır.

NRC'ye (National Research Council, 2001) göre risk; meydana gelmesi muhtemel olan ve sonuçları ölçülebilen, beklenen bir olay olarak tanımlanmaktadır. Bir başka tanımda ise gerçekleşmesi olası potansiyel bir olaydır. Risk kavramının iki temel karakteristik özelliği vardır: Belirsizlikler ve ciddi sonuçlardır. Felaket ve kırılganlık riskin temel bileşenleridir. Her risk değerlendirmesi biribirinden farklıdır. Risk, tehlikeye sebep olacak kırılganlıklar miktarı kadar büyümektedir. Deprem Riski denklemi aşağıdaki gibi verilebilir:

Deprem Riski = Deprem Felaketi x Kırılganlık (1)

Deprem geçmişte var olmuş, meydana gelmesi muhtemel ancak önceden belirlenemeyen belirli bir risktir. Depremin ortaya çıktığı alandaki nüfus yoğunluğu, yüksek yapılar, endüstriyel alanlar, tarihi zenginlik, stratejik konum, kiymet ifade eden unsurların tümü yoğunluk derecesine göre "Kırılganlık" ifade etmektedir. Kocaeli ilinin kırılganlık faktörü yüksek olduğu için deprem felaketininin sonuçlarını azaltmak amacıyla risk analizine ve felaket yönetimine ihtiyaç vardır.

Bir deprem felaketinin iki evresi vardır: Felaket öncesi ve sonrasıdır. Çalışmada, bu evreler ayrı ayrı incelenecektir.

3.1. Deprem Felaketi Öncesi Risk Değerlendirilmesi

Şekil 5' te "Deprem Felaketi Öncesi Afet Yönetimi" Şemasında görüldüğü üzere birbirini izleyen döngü sırası ve yapılması gereken aşamalar verilmiştir.

Deprem büyük bir felaket olduğundan ve Kocaeli ilinde yaşayanların deprem felaketi öncesinde her an oluşabilecek bir depremin farkında ve dikkatli olmaları gerekmektedir. Deprem afetini hayatın bir gerçeği olarak hatırlarında tutmalıdırlar. Risk analizi açısından tehlike oluşturacak unsurların tespit edilmesi gerekmektedir.

Bunlar;
-Deprem fay hattının sismik durumu (MAM –TUBİTAK ile ortak çalışma yapılmıştır).

-Bölgelerin Zemin profilleri çıkarılmıştır (MAM –TUBİTAK ile ortak çalışma yapılmıştır). Bu konudaki makro çalışma tamamlanmıştır.

-Yapı stoku envanterinin çıkarılması devam etmektedir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi'nin (KBB) yaptığı çalışmalara göre, yaklaşık 350 bin adet bina tespit edilmiştir. Yaklaşık olarak 200 bin bina güvenli değildir. Önümüzdeki 25 yılı kapsayan "Kentsel Dönüşüm Planı" uygulamaya geçilmiştir. Ancak hukuki sorunlar aşılamamıştır.

-Endüstriyel alanlar belirlenmiş, fakat tehlike analizi yapılmamıştır.

- Ulaşım ve yolların durumu tesbit edilmesi gerekmektedir. Yeni ulaşım alt yapı ve yolların yapımına devam edilmektedir.

Toplumun deprem felaketi öncesi için bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Olası bir deprem felaketi sırasında nasıl davranmaları gerektiğini bilmeleri gerekmektedir. (Örneğin deprem sırasında masa altına saklanmaları, pencerelerden ve dolaplardan uzak durmaları gibi). KBB, eğitim çalışmalarında farkındalık açısından 50 bine yakın orta öğretimdeki öğrencilere ulaşmıştır. Ancak bu yeterli değildir. Eğitimler artırılmalı, medya ve görsel araçlar ile daha fazla yayınlar yapılmalıdır. Deprem sadece yıldönümde hatırlanmamalıdır. Kocaeli ilinde risk teşkil edebilecek bütün alanların ve unsurların tespit edilmesi ve risk analizlerinin yapılması gerekmektedir. Deprem araştırmalarına daha fazla kaynak ayrılmalıdır. Kocaeli'ne mutlaka Deprem Mühendisliği Araştırma Laboratuvarı kurulmalı ve dünyadaki benzer araştırma kurumları ile iletişimi sağlanmalıdır.

Toplumun deprem felaketi öncesi hazırlıklı olması gerekmektedir. Yaşadıkları mekânlarda Yapısal ve yapısal olmayan elemanların tehlike oluşturmayacak şekilde tasarlandığını bilmeleri gerekmektedir [1,2].

Deprem felaketi öncesi her türlü önlem alınmalı, risk bölgelerindeki yapılaşma denetlenmeli, zemin sıvılaşma bölgelerine dikkat edilmeli, heyelan bölgelerinin tespiti yapılmalı ve kıyı bölgelerindeki yapılaşmada tsunamiye dikkat edilmeli, fay hattına yakın bölgelerde yapılaşmaya izin verilmemelidir. Risk senaryoları hazırlanmalı, felaket öncesi nitelik ve nicelik olarak geçici barınma yerleri tespit edilmeli, acil müdahale için donanım ve personel eğitimi tamamlanmalıdır. Meydana gelebilecek hasarlar için moloz miktarı ve taşıma alanları tespit edilmeli, taşıma için yeterli miktarda makine ve teçhizat hazır hale getirilmelidir.

3.2. Deprem Felaketi Sonrası Risk Değerlendirilmesi

Şekil 6' da "Deprem Felaketi Sonrası Afet Yönetimi" Şemasında aşamalar verilmiştir.

Deprem felaketi sırasında ve sonrasında insanın afete karşı koyma kabiliyeti gelen depremin büyüklüğüne, şiddetine ve geliş zamanına bağlıdır. Şiddetli depremlerde insanın karşı koyma gücü ancak içinde yaşadığı mekanları doğru ve mühendislik yapılarına dönüştürmesi ile mümkündür [1-7]. Özellikle depreme karşı koyabilecek yapıların, en az ölçüde hasarlanması ancak yıkılmaması amaçlanmalıdır. Afet kısa süreli ve anidir. İnsanın psikolojik ve bedensel olarak ona karşı koymak için hazırlıklı olması gerekmektedir. Önceden yapılan hazırlıklar oranında yapılar ve insanlar karşı koyabileceklerdir.

1999 Kocaeli depreminde acil müdahalede yaşanan kifayetsizlik ve çaresizlik çok büyük tecrübeler öğretmiştir. Acil müdahale hizmeti alamayan ve göçük altında kalan yaralı binlerce insan hayatını kaybetmiştir. Dünyada acil müdahaleler çok bilimsel yöntemler kullanılarak yapılmaktadır. AFAD'ın sorumluluğunda her ilde kurulan il müdürlüklerindeki acil müdahale ekipleri, envanteri ve eğitimleri bu konsept çerçevesinde güncellenmelidir.

Deprem felaketi sonrası hasar gören ve yıkılan yapılarda yaşam sürdürülemediğinden geçici barınma alanlarına ihtiyaç vardır. Kocaeli ilinin bütün bölgelerinde yapılacak senaryolara göre hangi miktarda alan bırakılacağı ve

güvenli yerler tespit edilmeli ve kamuoyu bilgilendirilmelidir. Depremin ortaya çıkarması olası yangın ve tsunami gibi riskli alanlardaki kayıplar için felaket esnasında ve sonrasında kamuoyu bilgilendirilmeli ve hızlı tahliye faaliyeti karadan, havadan ve denizden gerçekleştirilmelidir. 1999 Kocaeli Depremi sonrası TÜPRAŞ yangını Körfez bölgesindeki yaşamı bu sebeple olumsuz etkilemiştir.

Deprem felaketi sonrası Geçici barınma alanları aslında yeni oluşturulmuş farklı yaşam alanlarıdır. Bu alanların asgari yaşam standardına uygun olması, sıcak yemek, barınma, sağlıklı yaşam koşullarını yerine getirmelidir. Çocuklar için oyun park yerleri, yaşlılar için sosyal mekânlar, yaralılar için tedavi ve sağlık merkezleri bulundurulmalıdır. Pozitif destek amacı ile, yurtiçi ve yurtdışı gönüllü grup ve derneklerin ziyaretleri sağlanmalıdır. Geçici barınma yerlerinde sağlık terapileri verilmeli, ağır tramvaların önlenmesi amaçlanmalıdır. Her türlü salgın ve hastalıkların yayılması önlenmeli ve tedbirler alınmalıdır.



Şekil 5. Deprem Felaketi Öncesi Afet Yönetimi Şeması, 2015.

Bu alanlardaki her türlü güvenlik, ihtiyac ve lojistik hizmetleri sağlanmalıdır Deprem sonrası iyileşme bir üreçtir. Buna geniş anlamıyla rehabilitasyon da diyebiliriz. Felaketin meydana getirdiği hasara ve onun büyüklüğüne bağlıdır. Kamu ve toplum dayanışması ile iyileşme süreci hızlandırılabilir. Çok ciddi soyal ve ekonomik destek sağlanmalıdır. Yaralar ne kadar hızlı sarılırsa iyileşmede o derece çabuklaşır. Bir önceki aşamadaki barınmanın geçici olduğu ve tramvaların tedavisi ile yaşam umudu sağlanmalıdır. Her zaman Umudu olan toplumlar ancak ayakta kalabilir.



Şekil 6. Deprem Felaketi Sonrası Afet Yönetimi Şeması, 2015.

Deprem felaketi sonrası yeniden inşa, hasar gören her tür fiziki alt yapı ve üst yapının onarılması, yeniden konutların yapılması, güvenli alanlara taşınması sosyal ve ekonomik yapının tekrar sağlanması sağlanmalıdır. 1999 Kocaeli depreminden sonra Kalıcı konutlar adı altında inşa edilen TOKİ konutları şehirleşme açısından sosyal yaşanabilir bir ortam sağlayamamıştır. TOKİ konutlarının faydası kısa süre için olmuştur. Ancak kalıcı konutlara taşınan insanlar birkaç yıldan sonra eski kaldıkları semtlere geri dönmüşlerdir. Bunun temel sebebi kalıcı konutların bireyi sosyal olarak doğup, büyüdüğü ve yaşadığı ortamdan koparmasıdır.

Kocaeli ilinde halen ağır hasarlı yüzlerce bina, ve üst geçitler yıkılmayı ve tekrar inşa edilmeyi bekliyor. Bunun hukuki süreçleri olduğu iddia edilmektedir. Kamu idaresi bu sorunları çözememiştir. Ağır yürüyen bir bürokrasi, hukuki süreçler ve kırtasiye işlemleri toplumun inşa edilmesini geciktirmektedir [9]. Buna karşın Altyapıda içme suyu, kanalizasyon ISU kurumu ile, Doğalgaz İZGAZ ile, tren hizmetleri TCDD ile iletişim hizmetleri ise büyüyen Türkiye ekonomisi ile beraber çok hızlı bir şekilde gelişmiştir.

Deprem felaketi sonrası hayata dönme ve başlama, ilgili deprem sonrası iyileştirme aşamaların hızlı ve doğru bir şekilde yerine getirilmesi ile mümkündür. Yakınını kaybetmiş, sakat kalmış insanların hayata dönmeleri çok zor ve adeta imkânsızdır. Ancak toplumsal ve kamusal desteklerle hayata yeniden başlama hızlandırılabilir. Esnafların borç, vergi ve alacakları konusunda kamusal destek ve muafiyet şarttır. Depremden zarar görmüş herkese bir külfet görülmeksizin maddi ve manevi destek sağlanmalıdır.

Acil durum planlarında olası bir acil durum/afet sırasında yapıların daha da fazla zarar görmesini engelleyecek tüm tedbirler (yangın, deprem, sel, sabotaj, patlama, hırsızlığa vb. yönelik) ve bunları yerine getirecek sorumlular, tahliye ve toplanma alanları yer almalıdır. Kentsel alanlarda tahliye güzergahları önceden belirlenmeli, bu güzergahlar ve halkın toplanacağı alanlar ile geçici barınma alanlarına yönelik planlar hakkında halk bilgilendirilmelidir. Japonya'daki risk azaltıcı uygulamalar (bilgilendirme toplantıları, kentin çeşitli noktalarına bilgilendirme panolarının asılması, okul binaları gibi yapıların geçici barınma olarak tasarlanması vb.) bunlara örnek teşkil etmektedir.

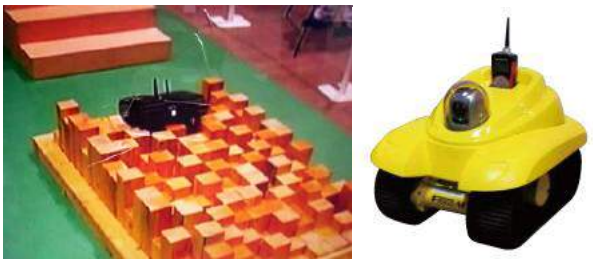


Şekil 7. Tahliye güzergahları ile toplanma alanlarının belirlendiği kentsel bilgilendirme panoları- Kobe Japonya (A. Kuzucuoğlu Arşivi)

Yokohoma Stratejisi ve Güvenli Dünya İçin Eylem Planı (1994) nda yer alan risklerin doğru belirlenmesi birinci öncelik olarak ele alınması gerektiğinden bu hazırlık ve zarar azaltma çalışmalarından önce riskler en doğru ve bilimsel metotlarla belirlenmelidir. Kobe de 2005 yılındaki Konferans serileri ile ortaya konan Hyogo Bildirgesinde yer alan Sakınım planlarına öncelik verilmesi ve tüm paydaşların belirlenerek geniş katılımlı uygulamaların yapılması gereklidir. Kentsel politikalar belirlenirken asıl odak noktası risk kavramıdır. Risk kaybedilme olasılığı olan bir değeri ifade etmektedir. Riskte toplumsal ortamda geleceğe ilşkin bir kestirim kapasitesi gerektirmektedir (Bu da sürekli gözden geçirmeler ve senaryo çalışmaları ile mümkün olabilecektir). Kentsel ölçekte sadece bir yapının hasar görmesi değil yapılar topluluğunun hasar görmesi de beklenmelidir [11]. Bu nedenle zincirleme gelişebilecek etkiler (depremin ardından yangının çıkması, alt yapının hasara uğraması, ulaşım yollarının kapanması vb. zincirleme etkiler) de göz ardı edilmemelidir.

Proaktif yaklaşımla hazırlanacak planlarda olası meydana gelebilecek can ve mal kayıplarının minimize edilmesi ya da tamamen ortadan kaldırılması amaçlanmalıdır.Yapılacak senaryo çalışmalarının oluşabilecek en kötü duruma göre hazırlanması, acil durum ekiplerinin bu yönde oluşturulması, teçhizatlandırılması ve eğitilmesi; acil durum yönetimin başarısını da beraberinde getirecektir. Bu açıdan; planlama çalışmalarının, afet ve acil durumların üstesinden gelinmesinde anahtar rol oynadığı açıktır [12].

Acil durum / Afet Yönetimi, Risk ve Kriz Yönetimi aşamalarından oluşmaktadır. Risk Yönetimi aşamasındaki Zarar Azaltma ve Hazırlık aşamalarındaki başarılı stratejilerin geliştirilmesi, olası felaket etkilerinin de minimize edilmesine katkı sağlayacaktır. Bu aşamalarda teknolojik gelişmelerden faydalanmalıdır. Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) içeren yazılımlardan faydalanılması çok sayıda bilginin hem görsel ve sayısal hem de sözel olarak veri tabanından çekilerek analiz edilmesine olanak sağlayacaktır. Japonya'daki itfaiye araştırma merkezleri ve diğer araştırma enstitülerinde sürekli olarak kentsel alanlarda uygulanacak risk azaltma metotları üzerinde çalışılmaktadır. Ulusal Yangın ve Afet Araştırma Enstitüsü (NRIFD) Ayrıca "Frigo" denilen yangınla mücadele ve kurtarma robotu da bu anlamdsa örnek olarak verilebilir. Bu robot, paletleri sayesinde her engeli aşabilmekte ve üzerine yerleştirilen kamera sayesinde yetkililere bilgi sağlayabilmektedir [13]. Yeni nesil Frigo Serileri Robotlar, su ve toz geçirmez, patlayıcıya ve darbeye dayanaıklı olarak imal edilemketdir. Kentsel arama kurtarma faaliyetlerinde zehirli gazların salınımı, nükleer santrallerdeki sorunlar, itfaiyeci ve arama kurtarma ekiplerinin olay mahalline girememesi gibi ekstrem durumlar için tasarlanmışlardır. Bilgi toplama ve kurtarma faliyetlerini icra edebilmektedirler [14]. Kent içi acil durum müdahale planlamalarında teknolojik ürün ve yazılımlardan da istifade edilmelidir. Sadece kamunun imkanları ile değil halkın da katılımın sağlanması suretiyle Mahalle Afet Gönüllüleri (MAG) gibi oluşumların teşvik edilerek, halk tabanında kentsel acil durum planlarının benimsenmesi sağlanmalıdır.



Şekil 8. NRIFD Arama Kurtarma Robotu Frigo Deneyleri, Tokyo Japonya (A. Kuzucuoğlu Arşivi)- solda, Yeni Nesil Frigo Robotu- sağda.

Kent içi alanlarda insanların yoğun olarak çalıştığı çok tehlikeli sınıfta yer alan endüstriyel tesisler, inşaat alanları ile yoğun olarak bulunduğu hastane, okul, alışveriş ve eğlence merkezlerinde risk zaltıcı tedbirler ile olası bir acil durum / afete yönelik planlama çalışmalarına ağırlık verilmelidir. Bilgi- belge merkezi binaları olan Kütüphane, Arşiv ve müzelerde dek her türlü afet planlama çalışmaları (deprem odaklı, yangın odaklı acil eylem planları vb.) da

risk analizlerine bağlı olarak hazırlanmalı; tüm çalışanlar için bu konularda kurumsal ve yerleşik bir kültür oluşturulmalıdır. Tüm çevresel koşullardan ve acil durum / afetlerden kaynaklanan olası etkilerin azaltılmasına yönelik olarak hazırlanacak koruma master planları kapsamında; ortam koşullarına yönelik izleme kayıtları, alınan önlemler, binadaki tüm alanlara, tüm çevresel koşullara ve acil durumlara yönelik talimatların hazırlanması sağlanmalıdır. Çalışanların eğitim ve tatbikatlarına önem verilmelidir. Daha üst ölçekli olarak da korumaya yönelik uluslararası standartlardan ülkemizde mevcut olmayanların, ülkemizde de tanımlanması doğrultusunda girişimlerde bulunulmalıdır [15].

4. Sonuç ve Öneriler

-Kocaeli ilinden geçen Kuzey Anadolu Fay Hattına yönelik sismik çalışmaların tamamlandığı görülmüştür.

-Kocaeli bölgesinin zemin profilleri tespit çalışması tamamlanmıştır. İmar planlaması ve Kentsel dönüşüm projelerinin de yapılmasında katkı sağlanmıştır.

-Kocaeli ilinde olası bir depreme yönelik tehlike senaryoları hazırlanmalıdır. Tedbirler alınmalıdır.

-Kocaeli ilinde olası bir depremde risk yönetimi analizi yapılmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

Risk analizleri sonucu yapılar için risk haritaları oluşturulmalı bunun için Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) gibi sözel ve görsel veriyi depolayan ve arşivleyen, karar vericilerin hızlı karar vermesini sağlayan yazılımlardan istifade edilmelidir. Bu tür sistemlere yazılı ve görsel formatlardaki tüm bilgiler entegre edilmelidir.

Kaynaklar

[1] Ipek.,C., Kuzucuoglu A. H.,Kıstır M.R., "Evaluation of Nonstructural Systems in Terms of Earthquake Effects,"International Burdur Earthquake & Environment Symposium, Turkey, pp.197-206; 2015.

[2] Ipek., C "Investigation of Nonstructural Systems Under Earthquake A Effect, 5th.International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey, pp.187-213, 2015.

[3] Makaracı M., İpek C., Analysis of Stresses of The Buried Pipline As Results of Eatrhquake Effect, 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey, pp.201-213, 2015.

[4] Wolff, E.D., Ipek, C., Constantinou M.C., Morillas L., Torsional response of seismically isolated structures revisited. Engineering Structures 59: 462-468,2014.

[5] Wolff, E.D., Ipek C., Constantinou M.C., Tapan, M., Effect of Viscous Damping Devices on The Response of Seismically Isolated Structures.. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. 44(2), pp 185-198, 2015.

[6] Ipek C., Constantinou M.C., Tapan M., An Experimental Study of Viscous Damping Devices on The Behaviour of Seismically Isolated Structures, 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey, pp.116-117, 2015.

[7] Tapan M., Constantinou M.C., Ipek C., '' Evaluation of equivalent lateral force procedure for hospital buildings with triple friction pendulum isolators International Van Earthquake Symposium 23-27 October, Van, Turkey, 2013.

[8] İstanbul için Deprem Master Planı, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Planlama ve İmar Dairesi Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü, 2003.

[9] Kocaeli Deprem Çalıştayı II Kocaeli Ticaret Odası, Kasım, 2015.

[10] AFAD, Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı (UDSEP- 2023), 2013

[11] Balamir M., Afet Politikası, Risk ve Planlama. "Afet Sempozyumu 5-7 Aralık 2007 Ankara", 2007 s.31-43.

[12] Kuzucuoğlu, A. (2015). Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, Haziran 2015 Cilt: 17 Sayı: 1 (1-12)

[13] Kuzucuoglu, A. (2015). Kentsel Riskler ve Japonya Modeli, Hyperlink Yayınları.

[14]http://nrifd.fdma.go.jp/english/research/special_disasters/03/index.html (Erişim Tarihi:20.12.2015)

[15] Kuzucuoğlu, A. (2014). Arşiv ve Kütüphanelerdeki Risklere Yönelik Pasif Korumanın Önemi, Türk Kütüphaneciliği 28, 3 (2014) , 338-351.

TÜRKİYE'DE KENTSEL DÖNÜŞÜM ÇALIŞMALARI: ÖRNEK BETONARME BİNANIN RYTE 2013 VE TDY 2007'YE GÖRE ANALİZİ VE KARŞILAŞTIRILMASI

URBAN TRANSFORMATION WORKING IN TURKEY, ANALYSING AND COMPARING SAMPLE REINFORCED CONCRETE BUILDING IN ORDER TO "THE ACT ON THE TRANSFORMATION OF AREAS UNDER DISASTER RISK 2013" AND "SPECIFICATION FOR BUILDINGS TO BE BUILT IN EAERTQUAKE AREAS 2007"

Mehmet KAMANLI, Muhammet Yuşa EKİCİ
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, E-posta: mkamanli@selcuk.edu.tr
Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye, E-posta: myusa.ekici@csb.gov.tr

Özet

Çağımızın en önemli gerekliliklerinden biri haline gelen kentsel dönüşüm olgusunun ve bunun sonucunda vuku bulan sorunların teknik açıdan her safha ve sahada çözümlenmesi açısından gereklilik arz eden konuların genelden özele doğru incelenerek sonuçlandırılması açısından yapılan işlemler aktarılmıştır. Bunları yaparken kentsel dönüşümün dünya üzerinde uygulanan örneklerinden, ülkemizde uygulamaya konulan çalışmalardan bahsedilmiştir. Yapılan çalışmalara kaynaklık eden kanunlardan ve özelinde ülkemizde kentsel dönüşümün yapı taşını teşkil eden 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesine Dair Kanun gereğince yıllar boyunca oluşan mühendislik hizmetinden yoksun yapı stoğumuzun yeni yönetmelik gereğince yaşanılabilir bir çevre ve ergonomik tasarımlarla vatandaşımızın kullanımına sunulması aşamalarını içermektedir. Kentsel dönüşümün alan ve bina bazında nasıl yapıldığını, karşılaşılan sorunlara çözüm teşkil edecek bilgileri içermektedir. Binaların risklilik durumunun ve performans seviyelerinin tespit edilmesinde TDY 2007 ve RYTE 2013 yönetmeliklerinin karşılaştırılması hususlarını kapsamaktadır. Ayrıca mevcut bir betonarme bina baz alınarak STA4CAD programı yardımıyla yönetmelikler gereği modelleme yapılarak, Doğrusal Elastik hesap yöntemi kullanılarak bina analize tabi tutulmuş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kentsel Dönüşüm, RYTE 2013, STA4CAD, TDY 2007, 6306 sayılı Kanun

Abstract

This study was aimed to examine the subjects from the general to the specific that require to resolve the phenomenon of urban transformation that becomes one of the most necessities of our age and so emergent problems from technical aspect at each stage and in the field. It has been addressed the works from which examples of urban renewal implemented in the world are being implemented in our country when performing these. In accordance with the Law No. 6306 on Transformation of Areas under Disaster Risk that form a basis for the works performed and, specific to, underpin the building block of urban transformation in our country, it contains the stages that our structure stock devoid of engineering services over the years are brought into use of our citizens through a livable environment and ergonomic designs pursuant to new regulations.It also includes how urban transformation performs on the basis of area and building, and information about which will provide solutions to problems encountered. In addition to these, it involves issues that compare TDY 2007 and RYTE 2013 regulations in determining the risk status of buildings and their performance levels.Moreover, the building is subjected to analyze by using Linear Elastic calculation method and modelling in accordance with regulations with the help of STA4CAD program, based on an existing reinforced concrete building, and the results obtained were examined comparatively.

Keywords: Urban renewal, RYTE 2013, STA4CAD, TDY 2007, Law no. 6306

1. Giriş

İnsan ihtiyaçlarının çeşitlenmesine paralel olarak kentler sürekli değişim ve dönüşümün merkezinde olmuştur. Kentlerin her geçen gün fiziksel açıdan gelişigüzel büyümesi, sermaye birikim süreçlerinin mekana yönelik baskısı gibi temel etkenler değişen dönüştürülen dünya sistemi içerisinde kentsel dönüşüm kavramını öne çıkarmıştır. Kentsel dönüşüm uygulamaları ile ekonomik, kültürel, sosyal ve fiziksel yönden sorunlu bölgeler ve bu bölgelerde yaşayan insanların sosyal refahı ile kaliteli ve yaşanabilir alanların ortaya çıkartılması amaçlanmıştır. Yasal düzenlemelerden de kaynağını alan kentsel dönüşüm ülkemizin birçok bölgesinde uygulanmaya konulmuştur. Böylece kentsel dönüşüm kent planlamasının en önemli aracı haline dönüştürülmüştür.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Kentsel Dönüşümün Tanım, Amaç, Hedef ve Uygulama Biçimleri

2.1. Kentsel Dönüşüm Kavramı

Kentsel dönüşüm; kentsel sorunlar ve ihtiyaçlar göz önüne alınarak bir bölgenin ekonomik, toplumsal ve mekânsal özelliklerinin incelenmesi sonucunda uygulanabilir bir yol haritasının oluşturulmasıdır [1]. Diğer bir deyişle; kamu, özel sektör ve halk katılımını savunan yoksul bölgelerin ıslahına ve yapı-çevre-donatı üçlüsünün iyileştirilmesine çalışan, kişilerin yaşam mekanlarının yanında ticaret ve sanayi sayesinde ekonominin de ilerlemesini amaçlayan; bununla birlikte kent merkezlerini günümüz yaşamına uyum sağlayabilecek niteliğe kavuşturmak bakımından geliştirilmiş bir planlama çalışmasıdır[2].

2.2.Kentsel Dönüşümün Amaç ve Hedefleri

Kentsel dönüşümün amacı aşağıda verilen 4 temel kriteri yerine getirmektir. Bunlar:

1.Fiziksel çöküşü durdurmak ve tarihi dokunun sürdürülebilirliğini sağlamak.
2.Ekonomik yaşamı canlandırmak.
3.Mimarlık ve kentsel yaşam kalitesini arttırmak, kültüre dayalı dinamikleri harekete geçirmek.
4.Proje sürecine her ölçekte ilgili aktörlerin katılmasını sağlamaktır.

Bölgenin sorunlarının ve potansiyellerinin niteliğine bağlı olarak bu hedeflerden biri veya birkaçı öne çıkmaktadır[3]. Kısaca kentsel dönüşümün amacı; şehirciliğin eylem planı olarak, planlama, tasarım ve koruma disiplinlerinin uygulama araçları haline gelen kentsel dönüşüm projeleri fiziksel-çevresel projeleri çözerek, sürdürülebilir çevrelerde kaliteli yaşam koşulları oluşturmak ve sosyoekonomik, teknolojik gelişmelerle birlikte ortaya çıkan yeni toplumsal gereksinimleri karşılamak için gerekli çalışmaları icra etmektir.

2.3. Kentsel Dönüşüm Uygulama Biçimleri

Kentsel dönüşüm, mevcut kent yapısının incelenmesi için yapılan uygulamaları içinde toplayan genel bir kavramdır. Ancak bu uygulama biçimlerinin tanımlanmasında pek çok farklı görüş ortaya çıkmaktadır. Bunun en önemli nedeni dünyanın farklı ülkelerindeki bilim insanlarının çeşitli isimlerle tanımladığı bu uygulama biçimlerinin Türkçeye çevrilmesinde uzman kişi ve kurumların oluşturduğu bir dil birliğinin olmamasıdır. Kentsel dönüşümün bünyesinde barındırdığı 9 farklı uygulama biçimleri ise şunlardır; yenileme, sağlıklaştırma, koruma, yeniden canlandırma, yeniden geliştirme, düzenleme, temizleme, boşlukları doldurarak geliştirme, tazeleme- parlatmadır [4].

3. Kentsel Dönüşümün Tarihsel Gelişimi

Kentsel dönüşüm olgusunun dünyada ortaya çıkışı ve ülkemizde yön buluşunu özetleyecek olursak şu aşamalar dikkat çekecektir:

1.Kentsel dönüşüm uygulamaları ilk olarak 19. yy da Avrupa'da yaşanan kentsel büyüme hareketleri sonucunda bazı bölgelerin yıkılıp yeniden yapılması şeklinde ortaya çıkmıştır.
2.Endüstri devrimi sonrasında Avrupa'daki işçi sınıfın içinde bulunduğu insanlık dışı koşullar birçok düşünür ve plancıyı etkilemiş ilk kentsel dönüşüm fikrinin ortaya çıkmasını hızlandırmıştır.
3.Ülkemizde Cumhuriyet döneminde başlayan kentleşme hareketi 1950'li yıllarda kırdan kente göçe bağlı olarak hızlanmıştır.
4.1980 sonrası büyük ölçekli ulusal ve uluslararası sermayenin konut projelerini gerçekleştirmesi sonucunda kültürel, doğal ve tarihi zenginliklerin tahrip edilmesiyle kentlerin gereksiz yayılmasına sebebiyet verilmiştir.
5.2000 yılının başına gelindiğinde metropolitan kentlerde ruhsatlı ve ruhsatsız yapılanma meydana gelmiş, öte yandan yerleşim alanları merkezlerin dışına yayılmıştır.
6.2005 yılında kararlaştırılan Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Kanunu tasarısının kabul edilmesi sonucu kentsel dönüşüm projelerinin yasal altlığı oluşturulmuştur.
7.2012 yılının mayıs ayında 6306 Sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, kentsel dönüşümün en önemli ve revize halini teşkil etmiştir.

3. Türkiye'de Kentsel Dönüşüme Kaynaklık Eden Kanunlar

1.3194 Sayılı İmar Kanunu
2.2981 Sayılı İmar Affı Kanunu
3.5104 Sayılı Kuzey Ankara Girişi Kentsel Dönüşüm Projesi Kanunu
4.5366 Sayılı Yıpranan Tarihi ve Kültürel Taşınmaz Varlıkların Yenilenerek Korunması ve Yaşatılarak Kullanılması Hakkında Kanun-
5.5393 Sayılı Belediyeler Kanunu'nun 73. Maddesi
6.775 Sayılı Gecekondu Kanunu
7.5543 Sayılı İskan Kanunu
8.2985 Sayılı Toplu Konut Kanunu

Yukarıda zikredilen bu mevzuatların hiçbirisi kentsel dönüşümü bir bütün olarak ele alan ve düzenleyen nitelikte değildir. Bu düzenlemelerin:

- ✓ Farklı kurumlara dönüşüm için yetkiler veren bir muhtevaya sahip olması
- ✓ Farklı kanunlarda farklı hükümler bulunması
- ✓ Düzenlemelerin finansman boyutunun zayıf olması
- ✓ Yeterli yaptırım gücünün bulunmaması

Kentsel dönüşüm uygulamalarından istenilen sonucun alınmasına engel olmuştur. Tüm bu olumsuzlukların ortaya çıkması sebebiyle 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun ve Uygulama Yönetmeliği çıkarılarak kentsel dönüşüm sorununa kesin çözüm getirilmiştir.

4. Ülkemizde Kentsel Dönüşümün Alan Bazında Uygulanması

Öncelikle kentsel dönüşüme mesnetlik teşkil eden 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında sınırları belirlenen riskli alan tanımına göz atacak olursak; Riskli alan: zemin yapısı ve üzerindeki yapılaşma sebebiyle can ve mal kaybına yol açma riski taşıyan, Bakanlık veya İdare tarafından Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının görüşü de alınarak belirlenen ve Bakanlığın teklifi üzerine Bakanlar Kurulunca kararlaştırılan alanı ifade eder[5]. Riskli alan oluşumuna sebebiyet verecek durumları inceleyecek olursak: Depremler, heyelanlar, su baskınları, kaya düşmeleri, yangınlar, çığ, fırtına ve diğer afetler, yeterli ulaşım yolları

bulunmayan alan, sıvılaşma vb. durumların oluşma riskinin yüksek olması. Yukarıda verilen parametreler vb. durumların söz konusu olması riskli alan ilan edilmesine ön ayak teşkil edecektir.

2012'den bu yana ilan edilen 159 riskli alan projesinin tamamının proje çalışmaları başlamış olup, bunların büyük çoğunluğu 2018'de tamamlanacaktır. Kentsel dönüşüm için riskli alan ilan edilen 123 bölgede belediyeler yetkilendirilirken, 29 projede Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 5 projede TOKİ, 2 projede ise maliklerce uygulama yapılmıştır. Söz konusu projelere ek olarak belediye kanunu kapsamında 2012'den bu yana ilgili belediyelerce yürütülen 54 Kentsel Dönüşüm ve Gelişim Projesi bulunmaktadır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığınca 200'e yakın proje teklifi halen incelenmekte olup, uygun görülenler ve riskli alan ilan edilen bölgelerde de 2018'e kadar projeler başlayacaktır.

4.1. Ülkemizde Riskli Alan Uygulama Süreci

1. Alanın zemin yapısı ve üzerindeki yapılaşma sebebiyle can ve mal kaybına yol açma riskini taşıdığına dair teknik raporu,
2. Alanda daha önceden meydana gelmiş afetler varsa, bunlara dair bilgileri,
3. Alanın büyüklüğünü de içeren koordinatlı sınırlandırma haritasını, varsa uygulama imar planını,
4. Alanda bulunan kamuya ait taşınmazların listesini,
5. Alanın uydu görüntüsünü ve ortofoto haritasını,
6. Zemin yapısı nedeniyle riskli alan olarak tespit edilmek istenilmesi halinde yer bilimsel etüt raporunu,
7. Alanın özelliğine göre Bakanlıkça istenilecek sair bilgi ve belgeleri ihtiva edecek şekilde hazırlanmış olan dosyaya

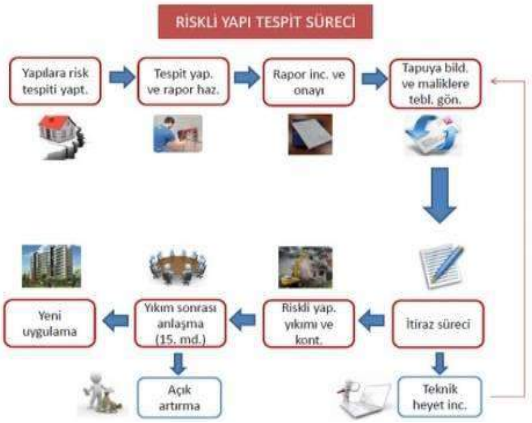
istinaden Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının da uygun görüşü alınarak Bakanlıkça belirlenir ve teklif olarak Bakanlar kuruluna sunulur. Bakanlar kurulu onayı alındıktan sonra söz konusu mekan riskli alan olarak ilan edilir.

Bu şekilde yapılan uygulamalar entegre bir çözüm sistemi ortaya koyduğu için hem daha yaşanılabilir bir çevre oluşmasına hem de birbiriyle uyumlu yapı stoğu oluşmasına ortam hazırlamaktadır. Yapılan bu uygulamaların da dışında kalan ve bölgenin riskli alan olarak değil de bina bazında değerlendirilmesi de söz konusudur.

4.2. Ülkemizde Riskli Yapı Uygulama Süreci

Öncelikle kentsel dönüşüme mesnetlik teşkil eden 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında sınırları belirlenen riskli yapı tanımına göz atacak olursak; Riskli yapı: riskli alan içinde veya dışında olup ekonomik ömrünü tamamlamış olan veya yıkılma veya ağır hasar görme riski taşıdığı ilmi ve teknik verilere dayanılarak tespit edilen yapı olarak tarif edilmiştir[6].

6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun kapsamında 2015 yılı sonu itibariyle ülkemizde 92092 adet binada riskli yapı tespiti yapıldığı bunların 267897 adet konutu kapsadığı görülmektedir. Yapılan tespitlerin 41991 adedi işyeridir ve toplam yıkılan bina adedi ise 36802' dir. En çok tespitin yapıldığı iller ise: İstanbul: 38531, Ankara: 8438, İzmir: 8325, Antalya: 3784, Manisa: 2075, Eskişehir: 2067, Konya:1857, Denizli: 1743, Kocaeli: 1697 adet olarak dikkat çekmektedir.

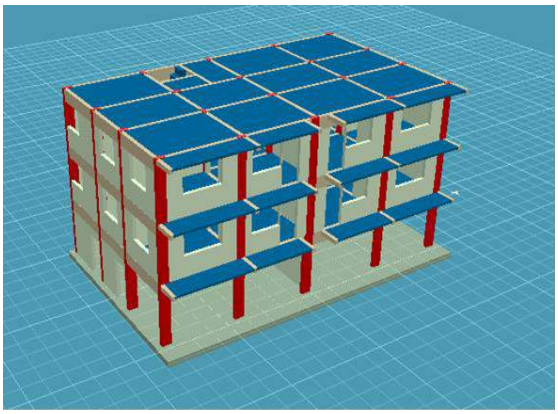


Şekil 1. Riskli yapı tespit süreci akış şeması

5. Betonarme Bir Binanın RYTE 2013 ve TDY 2007'ye Göre Analizi ve Karşılaştırılması

5.1. Yapı Genel Bilgileri

- ✓ Yapı hizmet amacı: Konut,
- ✓ Kat adedi: 3
- ✓ Kat yüksekliği: Zemin kat: 3.10m – 1.Normal ve 2. Normal kat: 2.85m
- ✓ Zemin Emniyet Gerilmesi:28.3 t/m^2
- ✓ Zemin Yatak Katsayısı:3000 t/m^3
- ✓ Taşıyıcı Sistem Özelliği: Betonarme Çerçeve
- ✓ Deprem Bölgesi (A_o): 0.10 (4. Derece Deprem Bölgesi)
- ✓ Bina Önem Katsayısı (I): 1.0
- ✓ Spektrum Karakteristik Periyotları: T_A=0.15s - T_B=0.60s
- ✓ Hareketli Yük Katılım Katsayısı (n): 0.30
- ✓ Deprem Yükü Eksantristesi: 0.0 (Ek dış merkezlik alınmayacaktır.)
- ✓ Mevcut Beton Sınıfı: RYTE 2013 için: C6
- ✓ Elastisite Modülü: RYTE 2013 için:12247MPa
- ✓ Mevcut Beton Sınıfı: TDY 2007 için: C6
- ✓ Elastisite Modülü: TDY 2007 için: 21960MPa
- ✓ Çelik Sınıfı: S220: 220 MPa



Şekil 2. 3D yapı modeli

5.2.RYTE 2013 Analiz Verileri

1. Binamız TDY 2007 diğer binalar kapsamında yer almakta olup yüksekliği 25m'yi aşmayan ve zemin döşemesi üstü 8 katı geçmeyen betonarme bir yapı özelliğindedir.
2. Hesaplarda Doğrusal Elastik Hesap yöntemi kullanılmıştır.
3. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem (tasarım depremi) esas alınarak risk değerlendirmesi yapılmıştır.
4. Malzeme ve geometrik özellikler sadece kritik katta belirlenerek asgari bilgi düzeyinde hesap teşkil edilmiştir.(Asgari bilgi düzeyi katsayısı 0.90)
5. Kolon, kiriş, duvar boyutları tespit edilerek rölöve oluşturulmuştur.
6. Boyuna donatı miktarı ve çapı belirlenmiştir.(boyuna donatıda kenetlenme boyu veya kanca detayı, bindirmeli eklerin yeri ve miktarı önem arz etmemektedir.) (hesaplarda dikkate alınacak boyuna donatı oranı:0.007)
7. Enine donatı miktarı, aralık ve çapları sadece kolonlarda tespit edilmiştir.(hesaplarda dikkate alınacak etriye aralığı:ϕ8/25)
8. Enine donatının kanca özelliği 90^o olarak belirlenmiştir.
9. Pas payları 5cm olarak belirlenmiştir.
10. Donatılarda korozyon görülmemiştir.
11. Kritik (zemin) katta 3 adet kolonda sıyırma işlemi yapılmıştır.
12. Kritik (zemin) katta 3 adet kolonda röntgen cihazı ile tespit işlemi yapılmıştır.
13. Kritik (zemin) katta 10 adet kolonda test çekici uygulanmıştır.
14. Kritik (zemin) katta 5 adet kolonda (en düşük 5 test çekicinin tespit edildiği kolon) karot numunesi alınmıştır.
15. Mevcut beton dayanımı (f_{cm}): 6 Mpa olarak hesaplanmıştır.
16. Elastisitemodülü (E): 12247 MPa olarak hesaplanmıştır.
17. Etkin eğilme rijitlikleri:
    Kiriş ve perdelerde; $(EI)_e = 0.30.(E_{cm}I)_0$, (1)
    Kolonlarda ise; $(EI)_e = 0.50.(E_{cm}I)_0$ (2)
    olarak dikkate alınmıştır [7].

5.3.TDY 2007 Analiz Verileri

1. Hesaplarda Doğrusal Elastik Hesap yöntemi kullanılmıştır.
2. 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan deprem (tasarım depremi) esas alınarak performans seviyeleri belirlenmiştir. (hemen kullanım, can güvenliği, göçmenin önlenmesi)
3. Malzeme ve geometrik özellikler tüm katlarda belirlenerek sınırlı bilgi düzeyinde hesap teşkil edilmiştir. (Sınırlı bilgi düzeyi katsayısı 0.75)
4. Kolon, kiriş, duvar boyutları tespit edilerek rölöve oluşturulmuştur.
5. Kolonlar için boyuna donatı miktarı ve çapı belirlenmiştir. (boyuna donatıda kenetlenme boyu veya kanca detayı, bindirmeli eklerin yeri ve miktarı da tespit edilmiştir.) (hesaplarda dikkate alınacak boyuna donatı oranı: 0.0056, donatı gerçekleşme oranı:0.56)
6. Kolonlar için enine donatı miktarı, aralık ve çapları tespit edilmiştir. (hesaplarda dikkate alınacak etriye aralığı: ϕ8/34)
7. Kirişler için boyuna donatı miktarı ve çapı belirlenmiştir. (hesaplarda dikkate alınacak boyuna donatı oranı: 0.0052, donatı gerçekleşme oranı:1.0)
8. Enine donatı miktarı, aralık ve çapları kirişlerde de tespit edilmiştir. (hesaplarda dikkate alınacak etriye aralığı: ϕ8/44)
9. Enine donatının kanca özelliği 90^o olarak belirlenmiştir.
11. Pas payları 5cm olarak belirlenmiştir.
12. Donatılarda korozyon görülmemiştir.
11. Her katta 3 er adet kolonda sıyırma işlemi yapılmıştır.
12. Her katta 4 adet kolonda röntgen cihazı ile tespit işlemi yapılmıştır.
13. Her katta 2 şer adet kirişte sıyırma işlemi yapılmıştır.
14. Her katta 7 adet kirişte röntgen cihazı ile tespit işlemi yapılmıştır.
15. Her katta 2 adet kolonda karot numunesi alınmıştır.
16. Mevcut beton dayanımı (f_{cm}): 6 Mpa olarak hesaplanmıştır.
17. Elastisite modülü (E): 21960 MPa olarak hesaplanmıştır.
18. Etkin eğilme rijitlikleri:
    Kirişlerde; $(EI)_e = 0.40\ (EI)_o$ (3)
    Kolon ve perdelerde;
    $N_d/(A_c*f_{cm}) \leq 0.10$ olması durumunda:$(EI)_e = 0.40(EI)_o$ (4)
    $N_d/(A_c*f_{cm}) \geq 0.40$ olması durumunda:$(EI)_e = 0.80(EI)_o$ (5)
    formülleri uyarınca hesaba katılmıştır [8].

Yukarıda belirtilen hususlar uyarınca her iki yönetmelik gereğince bina analize tabi tutulmuş olup, kolonlarda hesaplanan etki kapasite oranları (V_e/V_r–$N/(A_c*f_c)$) değerlerinin bir kısmı tablolar halinde verilmiş ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak incelenmiştir.

6. Sonuçlar ve Öneriler

6.1.Sonuçlar

Doğrusal Elastik Hesap yöntemi kullanılarak zemin döşemesi üstü 8 katı ve 25m'yi geçmeyen düzenli bir plana sahip kolon ve kirişlerden müteşekkil yapımız STA4CAD [9] programında modellenmiş olup, RYTE 2013 ve TDY 2007 yönetmelikleri gereğince elde edilen veriler ışığında, eşit koşullarda analize tabi tutulmuştur. Çizelgelerde hesap sonuçlarındaki farklılıklar Bağıl fark (%) olarak sunulmuştur. Bağıl fark hesaplanırken denklem 6 kullanılmıştır.

[1-|(TDY 2007/RYTE 2013)|] (6)

-X doğrultusunda maksimum $N/(A_c*f_c)$ bağıl fark oranı %9.0 olarak hesaplanırken ortalama $N/(A_c*f_c)$ bağıl fark oranı ise %2.91 olarak hesaplanmıştır. Tüm doğrultulardan elde edilen çizelge sonuçlarını inceleyecek olursak:(Ve/Vr için) -X doğrultusunda:%12.61, +X doğrultusunda:%16.59, -Y doğrultusunda:%40.80, +Y doğrultusunda ise %56.30 olarak hesap edilmiştir. Bu farkların –X doğrultusunda en düşük seviyede +Y doğrultusunda ise en yüksek seviyede olduğu görülmüştür. Yapımızın depreme karşı en etkin davranışı gösterdiği –X doğrultusu olması sebebiyle RYTE 2013 ve TDY 2007 hesap esasları gereğince farkın diğer doğrultulara oranla nispeten düşük olması sonucunu doğurmuştur. Buradan da anlaşılacağı üzere yapının risklilik derecesinin artması ve performans seviyesinin hemen kullanım seviyesinden göçme durumu seviyesine doğru bir akış gösterdiği koşulda elde etmiş olduğumuz bağıl farklar artmıştır.

Çizelge 1. –X yönü Ve/Vr bağıl fark hesabı

Kolon Yönü	Ve/Vr (RYTE 2013)	Ve/Vr (TDY 2007)	Bağıl Fark (%)
SZ01(-X)	0.40	0.34	%17.6
SZ02(-X)	0.40	0.36	%11.1
SZ03(-X)	0.40	0.37	%8.1
SZ04(-X)	0.43	0.42	%2.4
SZ05(-X)	0.32	0.32	%0.0
SZ06(-X)	0.36	0.36	%0.0
SZ07(-X)	0.17	0.14	%21.4
SZ08(-X)	0.37	0.34	%8.8
SZ09(-X)	0.19	0.15	%26.6
SZ10(-X)	0.37	0.42	%11.9
SZ11(-X)	0.39	0.36	%8.3
SZ12(-X)	0.40	0.31	%29
SZ13(-X)	0.47	0.36	%30.6
SZ14(-X)	0.48	0.33	%45.5
SZ15(-X)	0.41	0.42	%2.4
SZ16(-X)	0.35	0.30	%16.7
SZ17(-X)	0.19	0.17	%11.8
SZ18(-X)	0.16	0.16	%0.0
SZ19(-X)	0.19	0.16	%0.0
SZ20(-X)	0.37	0.37	%0.0

-X doğrultusunda maksimum Ve/Vr bağıl fark oranı %45.5 olarak hesaplanırken ortalama Ve/Vr bağıl fark oranı ise %12.61 olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 2. –X yönü $N/(A_c*f_c)$ bağıl fark hesabı

Kolon Yönü	$N/(A_c*f_c)$ (RYTE 2013)	$N/(A_c*f_c)$ (TDY 2007)	Bağıl Fark (%)
SZ01(-X)	0.309	0.322	%4.0
SZ02(-X)	0.550	0.548	%0.0
SZ03(-X)	0.465	0.475	%2.1
SZ04(-X)	0.479	0.477	%0.0
SZ05(-X)	0.267	0.245	%9.0
SZ06(-X)	0.377	0.388	%2.8
SZ07(-X)	0.597	0.609	%2.0
SZ08(-X)	0.530	0.537	%1.3
SZ09(-X)	0.565	0.580	%2.6
SZ10(-X)	0.358	0.336	%6.5
SZ11(-X)	0.372	0.380	%2.1
SZ12(-X)	0.652	0.640	%1.9
SZ13(-X)	0.606	0.608	%0.0
SZ14(-X)	0.628	0.621	%1.1
SZ15(-X)	0.387	0.364	%6.3
SZ16(-X)	0.228	0.240	%5.0
SZ17(-X)	0.401	0.404	%0.0
SZ18(-X)	0.495	0.500	%1.0
SZ19(-X)	0.485	0.497	%2.4
SZ20(-X)	0.240	0.222	%8.1

Bu bağıl farkların artışına sebebiyet veren durumları inceleyecek olursak şu parametreler karşımıza çıkacaktır:

1.Kullanılan bilgi düzeyi katsayılarının farklılık göstermesi: RYTE 2013'te asgari bilgi düzeyi kullanılmış ve hesaplarda katsayı 0.90, TDY 2007'de ise sınırlı bilgi düzeyi kullanılmış olup katsayı 0.75 olarak hesaplara dahil edilmiştir. Bu katsayıların kullanılması sonucu Vr kesme dayanımı TDY 2007 de RYTE 2013 e göre daha düşük bir değer arz etmiştir. Vr değeri hesaplanırken RYTE 2013 yönetmeliğinde kullanılan yük kombinasyonu G+n*Q±E/6 iken TDY 2007 yönetmeliğinde dikkate alınan hesap kombinasyonların en namüsait olan dikkate alınarak hesap teşkil edilmiştir. Yine yapımızın kolonlarına gelen Ve kesme kuvvetinin hem TDY 2007 hem de RYTE 2013 de hesap teşkillerinin aynı olduğu görülmüştür. Bu doğrultuda:

$$V_e = (M_a + M_{ü})/l_n \quad (7)$$

formülü ile hesaplanmıştır.

2.Elastisite modülünün farklı olması durumu: Elastisite modülünün RYTE 2013 yönetmeliği gereğince $5000*f_{cm}^{1/2}$ formülü kullanılması sonucu 12247 MPa ve TDY 2007 yönetmeliği gereğince $3250*f_{cm}^{1/2}$ +14000 formülü kullanılması sonucu 21960 MPa seviyelerinde elde edilişi RYTE 2013 yönetmeliğince teşkil edilen hesap değerlerinde rijitliğin daha düşük seviyede kalmasına bu bağlamda ötelenmenin artmasına sebebiyet vermiştir.

3.Etkin eğilme rijitliklerinin farklı olması durumu: Her iki yönetmelik gereğince verilen etkin eğilme rijitlikleri kapsamında RYTE 2013' te sonuç odaklı sabit değerler hesaba katılmışken TDY 2007 de ise normal kuvvet seviyelerine bağlı olarak belli değerler aralığında sonuçlar elde edilmiştir. Bunun sonucu olarak etkin eğilme rijitliğinin normal kuvvet seviyesinin bir parametresi olarak değişim gösterdiği bilindiği üzere TDY 2007' de daha kesin ve doğru sonuçlar elde edilmesine sebebiyet vermiştir.

4.Beton dayanımının etki durumu: RYTE 2013 yönetmeliği uyarınca kritik katta (zemin kat) 5 adet kolondan karot alınması sonucu elde edilen ortalama basınç dayanımı ile TDY 2007 yönetmeliği uyarınca her kattan 2 adet karot alınması sonucu elde edilen en düşük basınç dayanımı gerekli hesaplar neticesinde 6 MPa olarak tespit edilmiştir. Elde edilen basınç dayanımlarının aynı oluşu işlemlerimize beton dayanımı ile herhangi bir farklılık sirayet etmesine sebebiyet vermemiştir.

5.Dolgu duvar etkisi durumu: Her iki yönetmelik hususları gereğince rölöve çalışması icra edilirken dolgu duvarların konumu, boyutları ve kalınlıkları tespit edilmiştir. Fakat RYTE 2013 yönetmeliği uyarınca teknik koşulların sağlandığı saptanmış olup, her iki doğrultuda da binamıza gelen kesme kuvveti %25 oranında azaltılmış ve kesitlerimizin TDY 2007 koşulları gereğince maruz kaldığı kesme kuvveti seviyesinin altında bir değerle muhatap olmasını sağlamıştır.

6.Donatı oranı/Donatı gerçekleşme oranı etkisi durumu: RYTE 2013 yönetmeliğince hesap edilen ortalama donatı oranı mevcut binada yapılan sıyırmalar ve röntgen işlemleri neticesinde her elemanda ayrı ayrı donatı oranın tespit edilmesi ve tüm bu değerlerin ortalamasının alınması sonucu belirlenmiştir. TDY 2007 yönetmeliğince hesap edilen donatı gerçekleşme oranı ise binada yapılan tespit işlemleri akabinde oluşturulan ortalama donatı oranının, binanın teşkil edildiği yılda kullanılan yönetmelik hususlarınca kabul gören minimum donatı oranına bölünmesi ile elde edilmiştir. Bu bilgiler ışığında TDY 2007' de kolonlar için donatı gerçekleşme oranı %56, kirişler için ise donatı gerçekleşme oranı %100 seviyesinde hesaba katılmıştır. Bu durum TDY 2007 hesaplarında kesitlerimizin taşıma kapasitelerinin dikkate değer seviyede azalmasına sebebiyet vermiş olup, yapımızın daha kolay göçme durumuna ilerlemesine katkıda bulunmuştur.

7. Bindirme boyunun hesaba katılması durumu: RYTE 2013 yönetmeliği doğrultusunda donatı bindirme boyları hesaplarda dikkate alınmamaktadır. TDY 2007 yönetmeliğinde bu durum önem arz etmesine karşın yerinde yapılan inceleme neticesinde kolonlarda yapılan konstrüktif teşkil hatası sebebiyle donatı bindirme boyu gözlemlenmemiştir. Bu doğrultuda hesaplarımızda dikkate değer bir farklılık oluşmamıştır.

Tüm doğrultulardan elde edilen çizelge sonuçlarını inceleyecek olursak:($N/(A_c*f_c)$ için)

-X doğrultusunda:%2.91, +X doğrultusunda:%3.53, -Y doğrultusunda:%1.82, +Y doğrultusunda ise %2.31 olarak hesap edilmiştir. Bu farkların her doğrultuda birbirine yakın değerler alması ve düşük seviyelerde olması kesitlerimize gelen normal kuvvet seviyesinin, kesit alanının ve beton dayanımının aynı olmasından kaynaklanmıştır. RYTE 2013 yönetmeliğince analize tabi tutulan yapımızın risklilik durumlarına baktığımızda kritik kat ortalama eksenel gerilmesi 26.79 kg/cm^2, kritik kat kesme kuvveti oranı sınır değeri ise %12.8 olarak hesaplanmıştır. Bu bilgiler ışığında –X doğrultusunda kesme kuvveti oranı %12.4 ve +X doğrultusunda da %8 hesap edilmiş olup yapımızın bu iki doğrultuda da risksiz olarak belirlenmesi sonucunu doğurmuştur. Fakat kesme kuvveti oranı –Y doğrultusunda %33, +Y doğrultusunda ise %54 hesaplanmış olup her iki doğrultuda da sınır değerler aşılarak bina riskli yapı kapsamına girmiştir. TDY 2007 yönetmeliği hususlarınca analize tabi tutulan binamızın –X ve +X doğrultusunda 16 adet kolon göçme bölgesinde iken 4 adet kolonun ileri hasar bölgesinde olduğu , -Y ve +Y doğrultusunda ise 20 adet kolonun tamamı göçme bölgesinde yer aldığı tespit edilmiştir. Hem RYTE 2013 hem de TDY 2007 analiz sonuçları, binamızın +X ve –X doğrultularının +Y ve –Y doğrultularına nispeten daha mukavemetli olduğu ve bunu da o doğrultudaki rijitliklerinin yüksek olması sebebiyle sağladığı saptanmıştır. Bina kolon ve kiriş boyutlarının yeterli seviyelerde oluşu her iki yönetmelik koşullarında da ötelenme ile ilgili bir sorun oluşmasına engel olmuştur. Fakat beton dayanımının oldukça düşük seviyede oluşu kesitlerin taşıma kapasitelerini çok aşağılara çekmiş ve RYTE 2013 için riskli bana kapsamına girmesine, TDY 2007 için ise de göçme durumunun yaşanmasına ortam hazırlamıştır.

6.2.Öneriler

RYTE 2013 yönetmeliğinde sabit değerler olarak kullanılan etkin eğilme rijitliklerinin TDY 2007 yönetmeliğinde olduğu gibi normal kuvvet seviyelerine bağlı olarak belirlenmesinin daha uygun olacağı,

Her ne kadar incelemiş olduğumuz binada beton dayanımları 2 yönetmelik gereğince rastlantısal olarak aynı değerler elde edilmiş ise de RYTE 2013 yönetmeliğinde kritik kat seçiminde bir değişiklik söz konusu olmadan, betonarme hesap için oldukça önem arz eden karot dayanımlarının belirlenmesinde kritik kat haricindeki katlardan da yeterli sayıda karot alınarak ortalama standart sapmanın aracılığıyla tespit edilmesi,

TDY 2007 yönetmeliğinde donatı gerçekleşme oranın tespitinde betonarme elemandaki mevcut donatının projede öngörülen donatıya oranı olarak ifade edilmişse de projede öngörülen donatının belirlenmesi hususunda netlik olmadığı görülmüştür. Bu değerin binanın yapıldığı yılda dikkate alınan yönetmelik gereğince konstrüktif olarak kullanılması gereken minimum donatı olması gerektiği ve bu bağlamda TDY 2007 yönetmeliği güncellenirken eski yönetmeliklerde yer alan minimum donatı oranlarının kolon ve kiriş özelinde ayrı ayrı verilmesi,

Elastisite modülü hesabında her iki yönetmelikte de ortak bir hesap esası tesis edilmesi,

RYTE 2013 yönetmeliğince dikkate alınan kanca detayı durumunun TDY 2007 yönetmeliğinde de hesaplara yansıtılması,

TDY 2007 yönetmeliğince sınırlı bilgi düzeyinde inceleme yapmamıza rağmen oldukça fazla röntgen, kolon-kiriş sıyırma işlemi tesis edilmesi sonucu uygulamada binanın tekrar kullanılması durumu gözetildiğinde oldukça zayiat verildiği görülmüş olup daha mutedil sayılarda veri alınması,

Her 2 yönetmelik koşulları uyarınca analiz yapılırken binada tespit edilen derin çatlaklar ve bunların sebep olduğu rijitlik-dayanım kayıplarının hem yönetmelik hem de programlara aksettirilmesi,

Ayrıca tek bina özelinde yapılan çalışmamızın geliştirilerek eser miktarda binanın bu şeklide değerlendirilmesi durumunda daha net sonuçlar ortaya çıkacağı,

Hususlarının icra edilmesi durumunda yapılan tespit işleminin daha etkin ve doğru çözümler vereceği kanaatindeyim.

Not: Bu çalışma Doç. Dr. Mehmet KAMANLI' nın danışmanlığında yürütülen Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü' nde yüksek lisans öğrencisi Muhammet Yuşa EKİCİ' nin "Türkiye'de Kentsel Dönüşüm Çalışmaları: Örnek Betonarme Bir Binanın RYTE 2013 ve TDY 2007'ye Göre Analizi ve Karşılaştırılması" tezinden türetilmiştir.

Kaynaklar

[1] ÇŞB, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı "Kentsel Dönüşüm", (2014)
[2] Turok I., "Urban Regeneration What Can Be Done And What Should Be Avoidant" Uluslar arası Kentsel Dönüşüm Sempozyumu Bildirisi, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, (2004)
[3] Erden Y.D., "Kentsel Yenileşmede Bir Araç Olarak Dönüşüm Projeleri", Yayınlanmamış Doktora Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi, İstanbul, (2003)
[4] Keleş, R.(1993), Kentleşme Politikası, İmge Kitabevi, Ankara
[5] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Genel Müdürlüğü, Dönüşüm Alanları Dairesi Başkanlığı, (2015)
[6] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Altyapı ve Kentsel Dönüşüm Genel Müdürlüğü, Riskli Yapılar Dairesi Başkanlığı, (2015)
[7] RYTE 2013 Riskli Binaların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar Ek 2, (2013)
[8] TDY 2007 Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, (2007)
[9] STA4CAD- V13.1.Yapıların 3 Boyutlu Statik Analizini ve Tasarımını Yapan Program,(2015)

FARKLI TAŞIYICI SİSTEMLERE ve DÖŞEMELERE SAHİP ÇOK KATLI BETONARME BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF EARTHQUAKE BEHAVIOR OF RC MULTI-STOREY BUILDINGS WITH DIFFERENT STRUCTURAL systems AND SLABS

Ali YEŞİLYURT[a] ve Yusuf AYVAZ[b]
[a] Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, aliyesilyurt15@gmail.com
[b] Yıldız Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesi,İstanbul, Türkiye, yayvaz@yildiz.edu.tr

Özet

Bugünün teknolojisiyle depremin ne zaman olacağının bilinememesinden dolayı, can ve mal kaybını önlemek için, inşa edilen binaların depreme dayanıklı olması kaçınılmaz olmaktadır. Bu nedenle ülkemizin dünyanın önemli deprem kuşaklarından biri üzerinde olmasından dolayı, tüm dünyada olduğu gibi, yurdumuzda da araştırmacılar depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda araştırmalar yapmaya yönlenmektedir. Bu çalışmanın amacı farklı taşıyıcı sistemlere ve döşemelere sahip çok katlı betonarme binaların deprem davranışlarının karşılaştırmalı olarak incelenmesidir. Bu inceleme yapısal çözümleme programı ETABS yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Dikkate alınan her bir binanın yapısal çözümlemesi, deprem yükü olarak tasarım spektrumu dikkate alınarak, mod birleştirme yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. İncelemeden elde edilen bulgulara bağlı olarak çizilen grafikler verilmekte ve çalışmanın sonunda bulgulara bağlı olarak belirlenen sonuçlar verilmekte ve bazı öneriler sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: betonarme bina, deprem davranışı, taşıyıcı sistem, döşeme, karşılaştırmalı inceleme

Abstract

It is necessary to build a building to be resistant against earthquake since it is not possible to predict when an earthquake will occur. Therefore, as in all over the world, the researchers in our country make researches on earthquake resistant structural design since our country is located on one of the important earthquake zone. The purpose of this study is to investigate the linear earthquake behavior of different frame structures with different slab systems and to compare the results of each frame considered. The analyses are done by using the structural analysis program, ETABS. In the analysis, the mod superposition method is used. As loading, the design spectrum is considered. Then, the graphs plotted by using the results obtained from the analysis are presented and, at the end of the study, the conclusions drawn from the results are presented and some recommendations are given.

Keywords: RC building, earthquake behavior, structural system, slab, comparative study.

1. Giriş

Yapılar başta deprem ve rüzgâr olmakla beraber toprak etkisi, su basıncı gibi birçok yatay yükün etkisinde kalabilmektedir. Bu nedenle yapıların projelendirilmesinde düşey yüklere ilave olarak yatay yüklerin de dikkate alınması gerekmektedir. Yapılar etki eden bu yükleri ve kendi ağırlığını taşıyabilmeli ve bu yükleri güvenli bir şekilde temel zeminine aktarabilmelidir. Çok katlı yapıların ekonomik ve oluşabilecek bir deprem etkisi altında dayanıklı olarak inşa edilmesi gerekmektedir. Yapılarda yüksekliğin artmasıyla yatay yer değiştirme daha kritik hale gelmektedir. Dolayısıyla inşa edilecek olan binanın meydana gelebilecek deprem kuvveti etkisi altında yeterli yanal rijitliğe sahip olması beklenmektedir. Bu çalışmada farklı taşıyıcı sistemlerle tasarlanan çok katlı betonarme binaların farklı döşemeler ile oluşturulmasının deprem davranışına olan etkisi bazı parametreler karşılaştırılmalı olarak incelenmektedir. Bu karşılaştırmada yatay yerdeğiştirmeler, kat kesme kuvveti, göreli kat öteleme değerleri ve periyotlar dikkate alınmıştır.

Bu nedenle aşağıdaki başlıklar altında bu çalışmanın amacına uygun olarak, taşıyıcı sistemler ve döşemeler hakkında kısaca bilgi verilmektedir.

2. Taşıyıcı Sistemler

Yapılarda kullanılan başlıca taşıyıcı sistemler; çerçeve sistemler, perdeli sistemler, kompozit sistemler, eğik elemanlı sistemler, tüp sistemler, çekirdek sistemler ve karma sistemler olarak adlandırılabilmektedir. Teknik literatürde bu sistemlerin her biri hakkında bilgiler bulunmaktadır [1,2,3,4,5,6,7,8,9]. Bu çalışmada çerçeve sistem, uygulamada çok yaygın olarak kullanılan bir karma sistem türü olan betonarme perde-çerçeve sistem ve tüp sistem dikkate alındığından aşağıda bu sistemler hakkında kısa bilgi sunulmaktadır.

2.1. Çerçeve Sistemler

Kolon, kiriş ve döşemelerin yeterli sünekliği sağlayacak şekilde monolitik olarak inşa edilmesi sonucu meydana gelen taşıyıcı sistemlere çerçeve sistemler adı verilmektedir. Çerçeve sistem tasarlanırken kolonların aynı aks üzerinde olmasına dikkat edilmeli, çerçevelerin iki doğrultuda sürekli olmasına özen gösterilmeli, kolonların

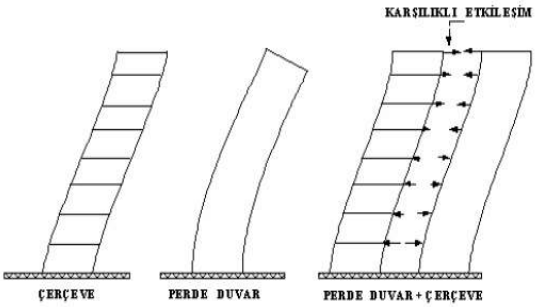
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

arasındaki mesafelerin birbirine yakın olması tercih edilmelidir. Ayrıca çerçeve sistemin her iki yönde yeterli rijitlikte olması gerekmektedir. Kolonlar yerleştirilirken bu husus göz önünde tutulmalıdır. Burulma momentinin oluşmaması için ağırlık merkezi ile rijitlik merkezi arasındaki mesafenin mümkün olduğunca minimum olması sağlanmalıdır.

2.2. Betonarme Perde-Çerçeve Sistemler

Düşey taşıyıcı elemanları betonarme perde ve kolonlar ile oluşturulan karma sistemlere denir. Yüksekliği çok fazla olan yapıların çerçeve sistem ile oluşturulması durumunda, yanal rijitliğin sağlanmasının zor olmasından dolayı betonarme perde elemanlar kullanılmaktadır. Yapıya etki eden yatay kuvvetlerin büyük çoğunluğunu karşılayan betonarme perdeler sayesinde daha küçük kolon boyutlarıyla yüksek yapılar inşa edilebilmekte ve bu yatay kuvvetlerden dolayı oluşacak hasarların sınırlı boyutta kalması sağlanabilmektedir.

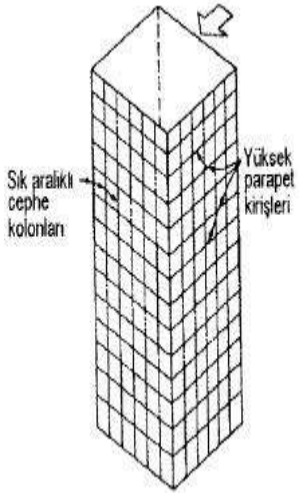
Şekil 1'de aynı yükü taşıyan bir betonarme perde ve çerçeve gösterilmiştir. Bu şekilden görüldüğü gibi betonarme perdenin şekil değiştirmesinde eğilme momenti etkili olmaktadır. Bu şekildeğiştirmenin özelliğinden dolayı başlangıçta yatay olan her katta bir dönme olmaktadır. Çerçevede ise yatay ötelemeler alt katlarda meydana gelmektedir [6]. Dolayısıyla üst katlarda betonarme perdenin yerdeğiştirmesi çerçeve tarafından kısıtlanırken, alt katlarda ise çerçevenin yer değiştirmesi betonarme perde tarafından kısıtlanmaktadır. Bu etkileşimin sonucu olarak betonarme perde ve çerçevelerin bir arada sahip olduğu yanal rijitlik, bu iki elemanın sahip olduğu bireysel yanal rijitlik toplamından daha büyük olmaktadır.



Şekil 1 Betonarme perde sistem [10]

2.3. Tüp Sistemler

Genel itibari ile yapının kat sayısının artması ve çerçeve sistemin yeterli yanal rijitliği sağlayamaması ve ekonomik faktörlerden dolayı tüp sistem tercih edilmektedir. Tüp sistemler yapı çevresinin sık kolonlar ile oluşturulması ve bu kolonların derin kirişler ile birleştirilmesi sonucu elde edilmektedir. Yatay yükler altında eğilmeye karşı çok dirençli olan yapılardır. Tüp sistemler genel olarak; çerçeve tüp sistemler, kafesli tüp sistemler, modüler tüp sistemler ve iç içe tüp sistemler şeklinde gruplandırılabilmektedir.



Şekil 2 Tipik bir tüp sistem modeli [11]

3. Döşemeler

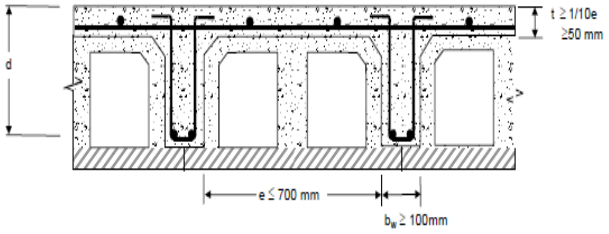
Döşemeler, yüzeyine etkiyen düşey yükleri kiriş veya duvar gibi mesnet olarak bağlandıkları elemanlara aktaran iki boyutlu düzlemsel kabul edilen düşey taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Deprem gibi yatay yüklerin kat seviyelerinde taşıyıcı sisteme aktarıldığı kabul edildiğinden bu kuvvetlerin kolon ve perdelere iletilmesinde de döşemeler görev almaktadır. Döşemelere etkiyen bu yatay yüklerin döşemede elastik ötesi şekil değiştirmeye neden olacak yüklere nazaran düşük olmasından dolayı, döşemeler bu yatay kuvvetleri genel olarak rijit diyafram kabulü ile iletmektedirler. Döşemeler; kirişsiz, kirişli ve dişli döşeme şeklinde gruplandırılabilmektedir [2,6,12]. Aşağıda bu çalışmada dikkate alınan kirişli ve dişli döşemeler kısaca açıklanmaktadır.

3.1. Kirişli Döşemeler

Kirişli döşemeler betonarme yapılarda bilhassa konut türü yapılarda en çok tercih edilen döşeme türüdür. Bu tür döşemeler genellikle dört kenarından kirişlere mesnetlenmektedir. Ancak uygulamada bir, iki veya üç kenarından kirişlere mesnetlenmiş kirişli döşemelerede rastlamak mümkün olmaktadır. Kirişli döşeme ile tasarlanan sistemlerde yük kirişler vasıtası ile kolon veya perdelere aktarılmaktadır. Kirişli döşemeler, oluşturulan sisteme yüksek diyafram rijitliği sağlamaktadırlar. Deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde tercih edilmektedir. Kirişli döşemeler üzerine etkiyen yükü kirişlere aktarma durumuna bağlı olarak bir doğrultuda çalışan döşemeler ve iki doğrultuda çalışan döşemeler olmak üzere iki alt başlık altında incelenmektedir.

3.2. Dişli Döşemeler

Ana kirişlerle beraber aralığı 70 cm geçmeyecek şekilde sık kirişlerin ince bir plak ile oluşturdukları döşemelere dişli döşeme adı verilmektedir (Şekil 3). Sık olarak kullanılan bu kirişlerin enkesit boyutlarının küçük olmasından dolayı diş olarak da adlandırılmaktadır. Döşeme yükleri bu dişler vasıtası ile mesnetlendikleri kirişlere aktarılmaktadır.

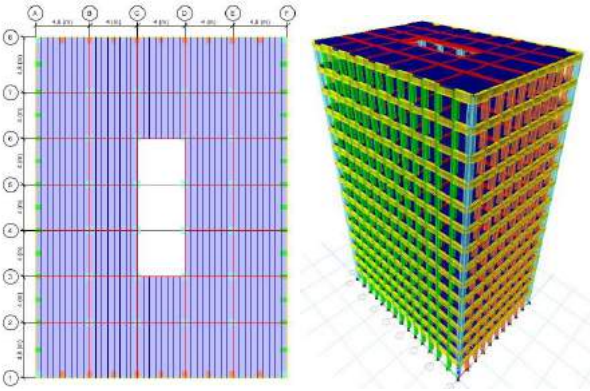


Şekil 3 Dişli döşeme şeması [13]

4. Sayısal Uygulamalar

4.1 Veriler

Bu çalışmada daha önceden de belirtildiği üzere farklı taşıyıcı sistemlerle tasarlanan çok katlı betonarme binaların farklı döşemeler ile oluşturulmasının deprem davranışına olan etkisi karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bu amaç doğrultusunda aynı kat planına sahip ve kolon boyutları aynı olan çerçeve sistem, betonarme perde-çerçeve sistem ve tüp sistem dikkate alınmıştır. Bu taşıyıcı sistemlerin her biri hem kirişli hem de dişli döşemeli olarak modellenmiştir. Dolayısıyla dikkate alınan sistemler kirişli döşemeli çerçeve sistem (KDÇS), dişli döşemeli çerçeve sistem (DDÇS), kirişli döşemeli betonarme perde-çerçeve sistem (KDBPS), dişli döşemeli betonarme perde-çerçeve sistem (DDBPS), kirişli döşemeli tüp sistem (KDTS) ve dişli döşemeli tüp sistem (DDTS) şeklinde olmaktadır. Belirtilen bu sistemler için kat sayısı 15 olarak dikkate alınmış ve dikkate alınan her bir sistemin her iki doğrultuda (X ve Y) yapısal çözümlemeleri gerçekleştirilmiştir. Dişli döşemeli tüp sistemin kat planı ve modeli şematik olarak Şekil 4'de verilmektedir. Yapısal çözümlemelerde dikkate alınan diğer veriler aşağıda verilmektedir.



Şekil 4 TSDD binanın kat planı ve 3 boyutlu modeli

Binanın 21,2x29,6=627,52 m² oturma alanına sahip olduğu kabul edilmiş ve konut olarak kullanılacağı dikkate alınmıştır. Bina iki doğrultuda simetrik olarak düşünülmüş, zemin kat yüksekliği 4 m diğer katlar ise 3 m olarak dikkate alınmıştır. Çalışmada dikkate alınan malzeme C35 dir. Çalışmada dikkate alınan binanın 1.derece deprem bölgesinde olduğu kabul edilmiştir. Bu bilgilere göre etkin yer ivmesi katsayısı, Ao, 0,4, bina önem katsayısı, I, 1 ve hareketli yük katılım katsayısı, n, 0,30 olarak alınmıştır. Çerçeve ve tüp sistemlerde taşıyıcı sistem davranış katsayısı, R, 8 olarak, Betonarme perde-çerçeve sistemlerde ise bu değer 7 olarak dikkate alınmıştır. Ayrıca binanın bulunduğu arazinin yerel zemin sınıfının Z2 olduğu kabul edilmiştir. Malzemenin elastisite modülü, E, 33x 10^6 kN/m^2, Poisson oranı, v, 0,20 ve birim hacim ağırlığı 25 kN/m^3 olarak kullanılmıştır.

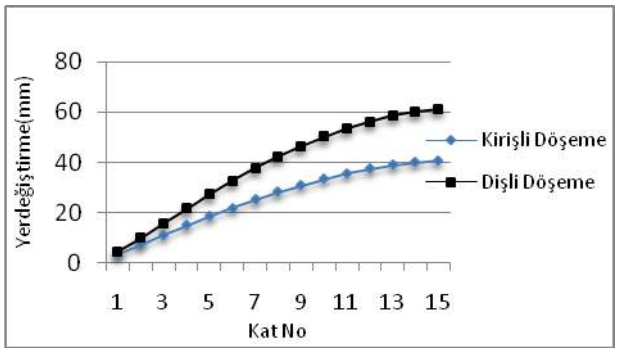
Diğer sayısal yöntemlerde olduğu gibi bu çalışmada kullanılan yapısal çözümleme programı ETABS'da dikkate alınan sonlu elemanlar yöntemiyle elde edilen sonuçlarda da bir hata payı bulunmaktadır. Büyüklüğü kullanılan sonlu eleman ağına bağlı olan bu hata payının mühendislikte kabul edilebilir olması dikkate alınarak her bir kiriş ve kolon birer sonlu eleman olarak dikkate alınmıştır. Betonarme perde-çerçeve sistemlerde bulunan betonarme perdeler ise kabuk eleman olarak dikkate alınmıştır.

5. Bulgular ve İrdeleme

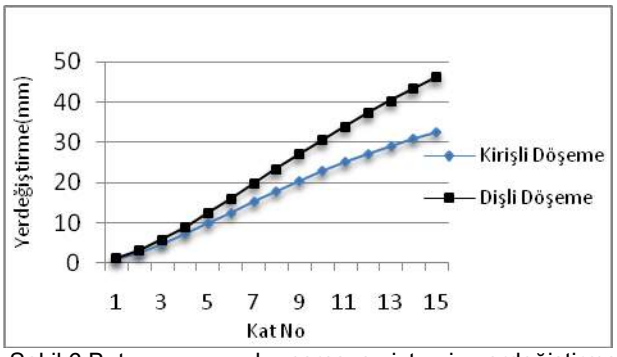
Bu çalışmada iki farklı döşeme türüne bağlı olarak dikkate alınan dikkate alınan taşıyıcı sistemlerin deprem yönetmeliğinde verilen tasarım spektrumu yük olarak kullanılmasıyla belirlenen yerdeğiştirme, periyot, kat kesme kuvveti ve göreli kat ötelemesi değerleri karşılaştırmalı olarak aşağıdaki alt başlıklar altında sunulmaktadır.

5.1. Yerdeğiştirme ve Periyot Değerleri

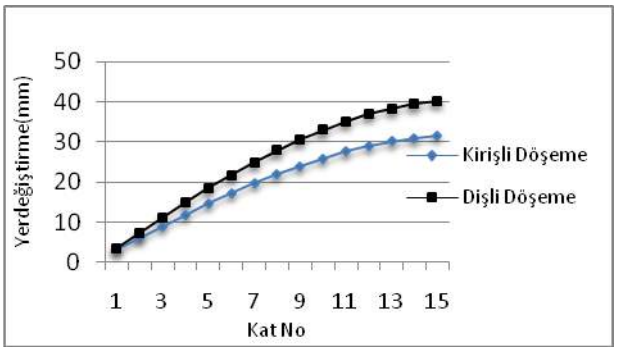
Döşeme türüne bağlı olarak yerdeğiştirme değerlerinin katlara göre değişimi çerçeve sistemler için Şekil 5'de betonarme perde-çerçeve sistemler için Şekil 6'da ve tüp sistemler için Şekil 7'de verilmektedir.



Şekil 5 Çerçeve sistemin yerdeğiştirme değerlerinin katlara göre değişimi



Şekil 6 Betonarme perde -çerçeve sistemin yerdeğiştirme değerlerinin katlara göre değişimi



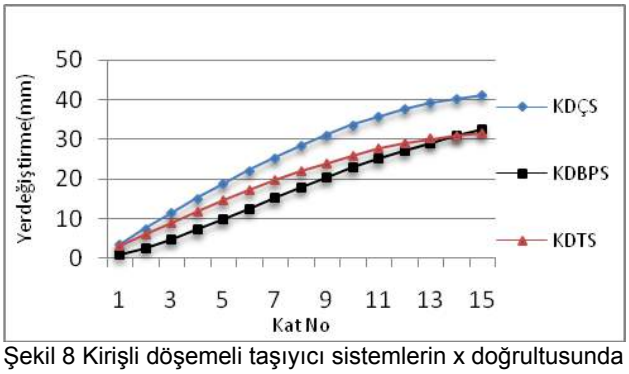
Şekil 7 Tüp sistemin yerdeğiştirme değerlerinin katlara göre değişimi

Şekil 5'den görüldüğü gibi, dişli döşemeye sahip çerçeve sistemin katlardaki yerdeğiştirme değerleri kirişli döşemeye sahip aynı sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerlerinden daha büyüktür. Bu büyüklük alt katlarda daha az olmakla birlikte üst katlara doğru giderek artmaktadır. Yine bu şekilden görüldüğü gibi, 13 üncü kattan sonra yerdeğiştirme değerindeki değişim azalmaktadır.

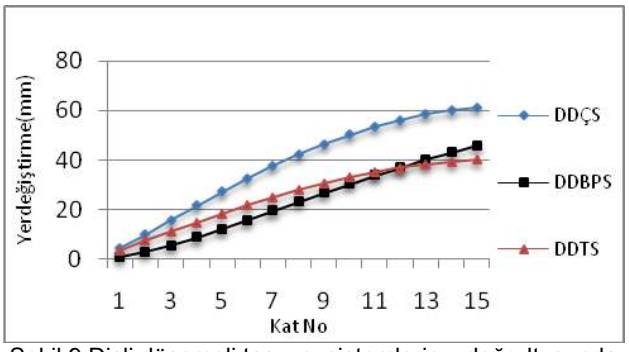
Şekil 6'dan görüldüğü gibi, dişli döşemeye sahip betonarme perde-çerçeve sistemin katlardaki yerdeğiştirme değerleri kirişli döşemeye sahip aynı sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerlerinden daha büyüktür. Bu büyüklük alt katlarda daha az olmakla birlikte üst katlara doğru giderek artmaktadır.

Şekil 7'den görüldüğü gibi, dişli döşemeye sahip tüp sistemin katlardaki yerdeğiştirme değerleri kirişli döşemeye sahip aynı sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerlerinden daha büyüktür. Bu büyüklük alt katlarda daha az olmakla birlikte üst katlara doğru giderek artmaktadır. Yine bu şekilden görüldüğü gibi, çerçeve sisteme benzer olarak, 13 üncü kattan sonra yerdeğiştirme değerindeki değişim azalmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan sistemlerin x doğrultusunda gerçekleştirilen yapısal çözümlemelerinden elde edilen katlarındaki yerdeğiştirme değerleri karşılaştırmalı olarak kirişli döşemeliler için Şekil 8'de, dişli döşemeliler için ise Şekil 9'da verilmektedir.



Şekil 8 Kirişli döşemeli taşıyıcı sistemlerin x doğrultusunda belirlenen yerdeğiştirme değerlerinin katlara göre değişimi

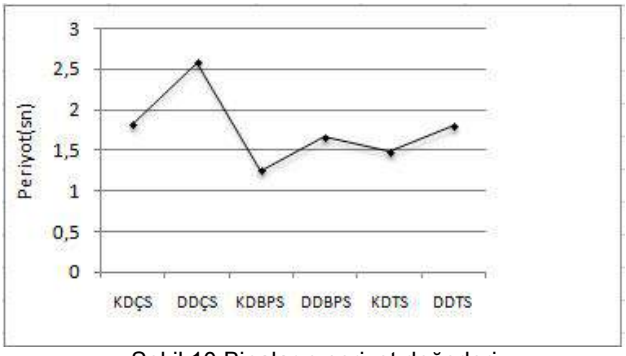


Şekil 9 Dişli döşemeli taşıyıcı sistemlerin x doğrultusunda belirlenen yerdeğiştirme değerlerinin katlara göre değişimi

Şekil 8'den görüldüğü gibi, kirişli döşemeli çerçeve sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerleri dikkate alınan diğer iki sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerlerinden daha büyüktür. Tüp sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değeri ise 13 üncü kata kadar betonarme perde-çerçeve sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerinden daha büyük olmasına rağmen bu kattan sonra daha küçük olmaktadır. Yine bu şekilden görüldüğü gibi, betonarme perde sistemin yerdeğiştirme değerinin katlardaki değişimi birbirinden önemli ölçüde değişiklik göstermemesine rağmen çerçeve ve tüp sistemlerin yerdeğiştirmelerindeki değişim üst katlarda azalmaktadır.

Şekil 9'dan görüldüğü gibi, kirişli döşemeli çerçeve sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerlerine benzer şekilde, dişli döşemeli çerçeve sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerleri dikkate alınan diğer iki sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerlerinden daha büyüktür. Tüp sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değeri ise 12 nci kata kadar betonarme perde-çerçeve sistemin katlarındaki yerdeğiştirme değerinden daha büyük olmasına rağmen bu kattan sonra daha küçük olmaktadır. Yine bu şekilden görüldüğü gibi, betonarme perde-çerçeve sistemin yerdeğiştirme değerinin katlardaki değişimi birbirinden önemli ölçüde değişiklik göstermemesine rağmen çerçeve ve tüp sistemlerin yerdeğiştirmelerindeki değişim üst katlarda azalmaktadır.

Çalışmada dikkate alınan 6 farklı binanın birinci periyodunun değerleri Şekil 10 da verilmektedir.



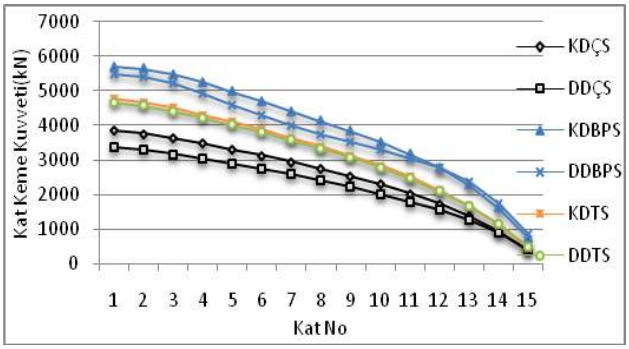
Şekil 10 Binaların periyot değerleri

Şekil 10'dan görüldüğü gibi, aynı döşeme türü için en küçük periyot değeri, beklenildiği gibi, sistemlerin en rijit olan betonarme perde-çerçeve sistemde oluşmaktadır. Yine beklenildiği gibi, en büyük periyot değeride çerçeve sistemde meydana gelmektedir. Dikkate alınan tüm

sistemler karşılaştırıldığında en küçük periyot değeri kirişli döşemeli betonarme perde-çerçeve sistemde oluşurken en büyük periyot değeri dişli döşemeli çerçeve sistemde meydana gelmektedir. Yine bu şekilden görüldüğü gibi, taşıyıcı sistem sabit kalmak kaydıyla, dişli döşemeli sistemlerin periyot değerleri kirişli döşemeli sistemlerinkinden daha büyük olmaktadır.

5.2. Kat Kesme Kuvveti Değerleri

Çalışmada dikkate alınan tüm sistemlerin katlarında x doğrultusunda yapılan yapısal çözümlemelerinden elde edilen kat kesme kuvveti değerleri Şekil 11 de verilmektedir.

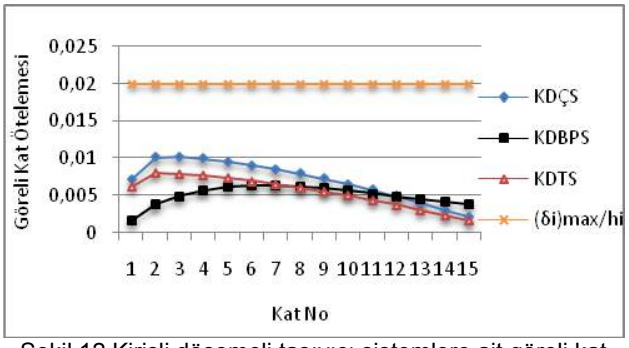


Şekil 11 Sistemlerin x doğrultusunda belirlenen kat kesme kuvveti değerlerinin değişimi

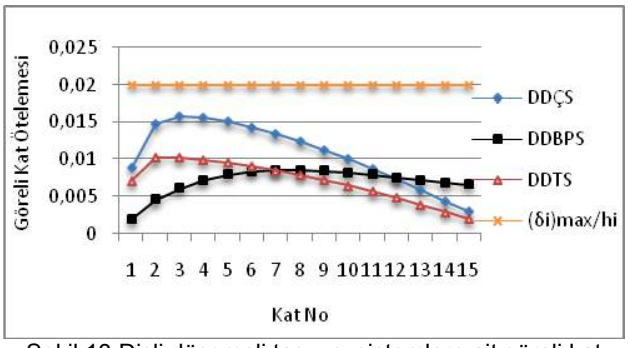
Şekil 11'den görüldüğü gibi, betonarme perde-çerçeve sistemlerin kat kesme kuvvetleri en büyük, çerçeve sistemin kat kesme kuvveti değerleri ise en küçüktür. Kirişli ve dişli döşemeli tüp sistemlerin katlarındaki kesme kuvveti değerleri çok farklı olmamasına rağmen diğer iki sistemde farklı olmaktadır. Aynı taşıyıcı sistemde, kirişli döşemeli sistemin kat kesme kuvveti değerleri dişli döşemelininkinden daha büyük olmaktadır.

5.3. Göreli Kat Ötelemesi Değerleri

Çalışmada dikkate alınan tüm sistemlere ait göreli kat ötelemesi değerleri taşıyıcı sitem türüne bağlı olarak kirişli döşemeliler için Şekil 12'de, dişli döşemeliler için ise Şekil 13'de verilmektedir.



Şekil 12 Kirişli döşemeli taşıyıcı sistemlere ait göreli kat ötelemesi değerleri



Şekil 13 Dişli döşemeli taşıyıcı sistemlere ait göreli kat ötelemesi değerleri

Şekil 12'den görüldüğü gibi, kirişli döşemeli sistemlerde en büyük göreli kat ötelemesi değeri 12 nci kata kadar çerçeve sistemlerde meydana gelirken 12 nci kattan sonra betonarme perde-çerçeve sistemlerde oluşmaktadır. Yine bu şekilden görüldüğü gibi, çalışmada dikkate alınan tüm kirişli döşemeli sistemler için göreli kat ötelemesi değerleri alt katlarda artış gösterirken daha sonra giderek azalmaktadır. Bu azalma miktarı en fazla çerçeve sistemde meydana gelirken en az ise betonarme perde-çerçeve sistemde oluşmaktadır.

Şekil 13'den görüldüğü gibi, kirişli döşemeli sistemlere benzer şekilde, dişli döşemeli sistemlerde en büyük göreli kat ötelemesi değeri 12 nci kata katar çerçeve sistemlerde meydana gelirken 12 nci kattan sonra betonarme perde-çerçeve sistemlerde oluşmaktadır. Yine bu şekilden görüldüğü gibi, çalışmada dikkate alınan tüm dişli döşemeli sistemler için göreli kat ötelemesi değerleri alt katlarda artış gösterirken daha sonra giderek azalmaktadır. Bu azalma miktarı en fazla çerçeve sistemde meydana gelirken en az ise betonarme perde-çerçeve sistemde oluşmaktadır.

6. Sonuç

Binaların deprem etkisindeki davranışlarının hem depremin hem zeminin hem de binanın özeliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği bilinmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuçları genelleyebilmek için tasarım spektrumu kullanılarak çok fazla sayıda bina çözümünden elde edilen bulguların birlikte değerlendirilmesi kaçınılmaz olmakla beraber, bu çalışmadan elde edilen bulguların değerlendirilmesinden çıkarılabilecek başlıca sonuçlar aşağıda verilmektedir.

- En yüksek periyot değeri çerçeve sistemde, en düşük değer ise betonarme perde-çerçeve sistemde meydana gelmektedir.
- Dişli döşemeye sahip taşıyıcı sistemlerin periyot değerleri kirişli döşemeye sahip sistemlerinkinden daha büyüktür.
- Dişli döşemeli sistemlerin katlarında meydana gelen yerdeğiştirme değerleri kirişli döşemeli sistemlerin katlarında meydana gelenden daha büyüktür.
- Tüm sistemlerde üst katlara doğru artan yerdeğiştirme değeri dişli döşemeli sistemlerde kirişli döşemelilerden daha fazla olmaktadır.

- Maksimum yerdeğiştirme çerçeve sistemde oluşurken, en küçük yerdeğiştirme değeri tüp sistemde meydana gelmektedir.
- En büyük kat kesme kuvveti betonarme perde-çerçeve sistemde de oluşurken, en küçük kat kesme kuvveti ise çerçeve sistemde meydana gelmektedir.
- Kirişli döşemeli sistemlerin kat kesme kuvvetleri dişli döşemeli sistemlerinkinden daha büyüktür.
- Göreli kat ötelemesi değeri alt katlarda en fazla çerçeve sistemde meydana gelirken, üst katlarda en fazla betonarme perde-çerçeve sistemde oluşmaktadır.
- Dişli döşemeli sistemlerin göreli kat ötelemesi değerleri kirişli döşemeli sistemlerinkinden daha büyük olmaktadır.
- Göreli kat ötelemesi değerlerindeki değişim alt katlarda üst katlardakinden daha fazla olmaktadır.

Kaynaklar

[1] Celep, Z. ve Kumbasar,N.,(2004). Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul.

[2] Doğangün,A.,(2002).Betonarme Yapıların Hesap ve Tasarımı, Birsen Yayınevi, İstanbul.

[3] Atımtay,E.,(2001),Çerçeveli ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri Cilt 1 ,METU Press, Ankara.

[4] Atımtay,E.,(2001),Çerçeveli ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri Cilt 2 ,METU Press, Ankara.

[5] Atasoy,N.,(2014).Yüksek Yapılarda Güncel Tasarım Yaklaşımları, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,İstanbul.

[6] Celep, Z.,(2013),Betonarme Yapılar,Beta Dağıtım,İstanbul

[7] Ayvaz,Y.,Doğangün,A.,Durmuş,A. ,''Farklı Rijitleştirici Elemanlara Sahip Yapıların Depreme Göre Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi''.

[8] Özdemir,I.Y., Farklı Rijitleştirici Elemanlara Sahip Deprem Etkisindeki Yapıların Lineer Davranışlarının Zemini de Dikkate Alarak Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,Trabzon.

[9] Özdemir,I.Y. ve Ayvaz.Y.,''Earthquake Behavior of stiffened RC Frame Structures with/without subsoil'',Structural Engineering and Mechanics,28(5),571-585 2008.

[10] Özsoy,A.E. ve Özgen,K.,(2005).''Perdelerdeki Boşlukların Yatay Ötelenmeye Etkisi'',Deprem Sempozyumu,23-25 Mart 2005,Kocaeli.

[11] Eşsiz,Ö.,(2005),''Deprem Bölgelerinde Çok Katlı Çelik Yapı Tasarımı'',Deprem Sempozyumu,23-25 Mart 2005, Kocaeli.

[12] Ersoy,U., Betonarme 2,Evrim Yayınevi,İstanbul

[13] TS-500,(2000),''Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları'',Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

DONATI KOROZYONUNUN BETONARME ÇERÇEVE PERFORMANSINA ETKİLERİ

EFFECTS OF REBAR CORROSION ON STRUCTURAL PERFORMANCE OF REINFORCED CONCRETE FRAMES

İsa YÜKSEL[a]

[a] Bursa Teknik Üniversitesi, Bursa, Türkiye, E-posta: isa.yuksel@btu.edu.tr

Özet

Betonarme yapılarda en çok karşılaşılan zamana bağlı hasar nedenlerinden birisi donatı korozyonu olup, bu olayın yapının kullanılabilirlik ve performans kontrollerinde göz önüne alınması gerekir. Bu bildiride, örnek olarak tasarlanmış bir betonarme çerçeveye çeşitli korozyon senaryoları uygulanmıştır. Senaryolarda korozyonun yayılma hızı ve çerçeve sistem üzerinde etkidiği kısımlar değişken seçilmiştir. Senaryo gereğince eleman kesitlerinde; donatı çap kaybı ve donatı çeliği mekanik özelliklerinde değişimler, donatı-beton bağ dayanımı (aderans) kaybı ile betonun dayanım ve elastisite modülündeki değişimler göz önüne alınmaktadır. Öngörülen her bir korozyon senaryosu için çerçevenin seçilen kuvvetli deprem yer hareketleri etkisi altında dinamik analizi ve statik itme analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları, çerçevede artan korozyon hasarına bağlı olarak, sistem göçme modunun sünekten gevreğe doğru değişmesine varan önemli davranış değişiklikleri olabileceğini göstermektedir. Korozyon yoğunluğu, yayılma süresi ve yapı üzerindeki yaygınlığı çerçeve taşıyıcı sisteminin deprem davranışını yönlendiren başlıca parametrelerdir.

Anahtar kelimeler: Dinamik analiz, Donatı, Korozyon, Statik itme.

Abstract

Rebar corrosion is one of the most experienced time-dependent damage reasons in reinforced concrete structures and it should be considered in serviceability and structural performance control analyses. In this paper, different corrosion scenarios are applied on a moment-resisting frame system that designed as an example. In these corrosion scenarios, the corrosion propagation rate, and stories that corrosion exposed are chosen as variable. Loss of rebar diameter, changes in mechanical properties of reinforcement steel, bond loss between steel and surrounding concrete, and loss of concrete strength is considered in all member sections. Dynamic analyses of the frame with different corrosion scenarios are performed with selected strong earthquake ground motion records in addition to pushover analyses. The results showed that the progressive deterioration of the frame due to rebar corrosion causes serious structural behavior changes such as change in failure mode from ductile to fragile. The intensity, propagation time, and extensity of rebar corrosion are basic parameters that govern structural behavior earthquake behavior of the structure.

Keywords: Dynamic analysis; Rebar; Corrosion; Pushover.

1. Giriş

Afete neden olan doğa olaylarının başında gelen deprem durumunda betonarme yapıların davranışını olumsuz etkileyen önemli faktörlerden biri de donatı korozyonudur. Korozyonun neden olduğu davranış değişiklikleri göz ardı edilemeyecek kadar büyük olabilmektedir. Bu yüzden performans değerlendirmelerinde korozyon etkisi dikkate alınmalıdır. Günümüzde var olan mukavemete dayalı tasarıma ilaveten kalıcılığa dayalı tasarım konuları gitttikçe gelişmekte, önem kazanmaktadır. Korozyon yayılma sürecine geçmiş ise, betonda donatı boyunca ve donatıdan dışa radyal doğrultuda çatlamalar görülmekte ve hatta korozyon çok ilerlemişse parça kopmaları da görülmektedir. Bunun nedeni donatı-beton ara yüzeyinde biriken korozyon ürünlerinin zayıf bir ara tabaka oluşmasıdır[1]. Betonarmede donatı korozyonunun çok önemli bir sonucu donatı-beton arasındaki bağın zayıflaması veya ortadan kalkmasıdır[2]. Bu bağ betonarme davranışı için olmazsa olmazdır. Arayüzdeki bu zayıflamaya ilaveten, korozyon ürünlerinin hacmi, korozyonun tükettiği donatı hacminden büyük olduğundan ileri gelen iç zorlamalar betonda çatlama ve parçalanmalara neden olmaktadır. Korozyon nedeniyle bağ dayanımı (aderans) zayıflamış, çatlamış elemanlarda basınç etkisi altında boyuna donatının burkulma olasılığı da artar. Ayrıca, donatı çeliğinin sünekliğinin azalması, akma ve kopma dayanımlarının düşmesi, kesit alanının azalması gibi birçok olumsuz etkisi de vardır. Donatı korozyonu eleman sünekliğini de etkilemektedir. Oyuklanma korozyonu donatının akmaya erişmeden kolayca kopmasına yol açabilir. Bütün bunlar bir araya geldiğinde taşıyıcı sistemin deprem davranışı beklenenden çok farklı olabilmektedir. Yapılan araştırmalarda, yayılma sürecine girmiş korozyona maruz kolonlarda eksenel yük taşıma gücü ve süneklik kapasitesinin azalması [3], kırılma modunun sünekten gevreğe dönüşmesi [4-7] gibi önemli yapısal davranış değişimleri gözlenmiştir. Özellikle oyuklanma korozyonu donatı çeliğinin sünekliğini azaltmakta ve gevrek kırılmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmanın amacı korozyonun betonarme çerçeve taşıyıcı sistemli az katlı bina türü yapıların davranışına etkilerini statik itme analizleri ve dinamik analizler yoluyla araştırmaktır. Literatürde bu konuda pek çok çalışma olmakla birlikte bunların çoğu eleman düzeyinde çalışmalar olup, korozyonun tüm etkilerini bir arada ele almamaktadır. Bu çalışmada, donatı korozyonunun yapısal

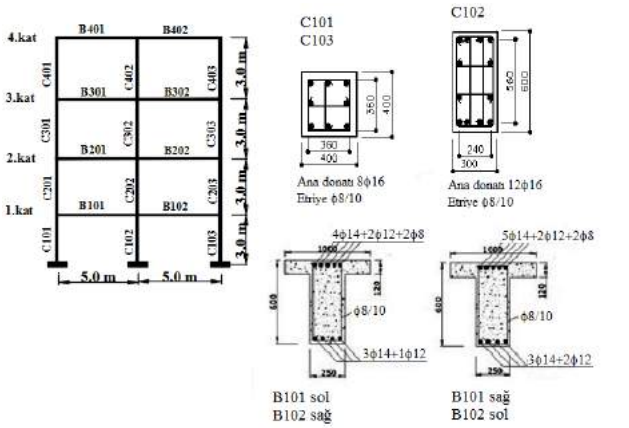
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

davranışa etkileri örnek bir çerçeve sistem üzerinde ele alınmaktadır.

2. Sayısal Örnek

2.1. Seçilen Model ve Kuvvetli Yer Hareketleri

Şekil 1'de gösterilen 2 açıklıklı 4 katlı bir çerçeve sistem seçilmiştir. Tüm kirişlerde 13.5 kN/m ölü yük ve 10.5 kN/m düzgün yayılı hareketli yük olduğu, yapının Z3 sınıfı zemin üzerinde olduğu kabul edilmiştir. Başlangıçta beton dayanımı ve donatı sınıfı 25 MPa ve S420 kabul edilmiştir. Taşıyıcı eleman kesitleri ve donatı detayları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Seçilen çerçevenin genel görünüşü ile taşıyıcı eleman kesitleri ve donatı detayları.

Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER) ve Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı Veritabanından alınan dokuz adet kuvvetli depreme ait gerçek kayıt seçilmiş ve bu kayıtlarla dinamik analiz yapılmıştır.

2.2. Korozyon Senaryoları ve Malzeme Özellikleri

Referans dışında düşük ve ileri seviyede korozyon yoğunluğu içeren 4 farklı korozyon senaryosu oluşturulmuştur (Tablo 2). Yayılma süresi 20 yıl seçilmiştir. Korozyonun yapı üzerindeki yaygınlığı yapının tamamında ve yapının sadece zemin katında (YZK) olmak üzere iki farklı şekilde ele alınmıştır. Donatıda enkesit kaybı çubuk çapında meydana gelen azalmaya dayanan Bağıntı (1)'den hesaplanmıştır. Bağıntıda $\phi(t)$ (mm) t anındaki donatı çapını, $\phi 0$ (mm) başlangıçtaki çapı, t_{in} (yıl) korozyonun etkime süresini, i_{corr} ($\mu A/cm^2$) korozyon akım yoğunluğunu, κ çelik için $\mu A/cm^2$ 'den mm/yıl'a dönüşüm katsayısını (0.0116) ve P_x (mm) ortalama işleme derinliğini göstermektedir[9]. Donatı çeliğinin mekanik özelliklerindeki değişim için Lee ve Cho (2009) [8] tarafından S420 çeliğine benzer özellikteki çeliklerle yapılmış deneysel çalışmalardan elde edilen bağıntılar kullanılmıştır.

$$\Phi(t) = \Phi_0 - 2P_x = \Phi_0 - 2i_{corr}\kappa(t - t_{in}) \qquad (1)$$

Tablo 3'te her bir senaryo için donatı çeliği için göz önüne alınan özellikler verilmiştir. Azaltılmış beton dayanımı için Vecchio ve Collins (1986) [9] modeli kullanılmıştır. Bu modelde paspayında meydana gelen çatlak genişliğine bağlı olarak beton dayanımı azaltılmaktadır. Beton elastisite modülü ise azaltılmış basınç dayanımından hareketle TDY-2007'de yer alan bağıntıdan hesaplanmıştır.

Tablo 2 Korozyon senaryoları

Senaryo kodu	Yaygınlık durumu	Yoğunluk, i_{corr}, ($\mu A/cm^2$)
S0 (Referans)	Tüm çerçevede	0
S1	Tüm çerçevede	1
S1-YZK	Yalnız zemin	1
S2	Tüm çerçevede	4
S2-YZK	Yalnız zemin	4

Tablo 3 Senaryolara göre donatı çubuğu özellikleri

Kod	ϕ_0 (mm)	Korozyon sonucunda					
		ϕ (mm)	Kütle kaybı (%)	f_y (Mpa)	f_u, (Mpa)	ε_u	E_s, (Mpa)
S1	8	7.77	5.72	390.2	516.4	0.08	19142
	12	11.7	3.83	400.1	527.5	0.09	19425
	14	13.7	3.29	402.9	530.7	0.09	19507
	16	15.7	2.88	405.0	533.1	0.09	19568
S2	8	7.07	21.8	306.2	421.4	0.05	16721
	12	11.0	14.8	342.6	462.5	0.07	17769
	14	13.0	12.8	353.3	474.6	0.07	18077
	16	15.0	11.2	361.3	483.7	0.07	18310

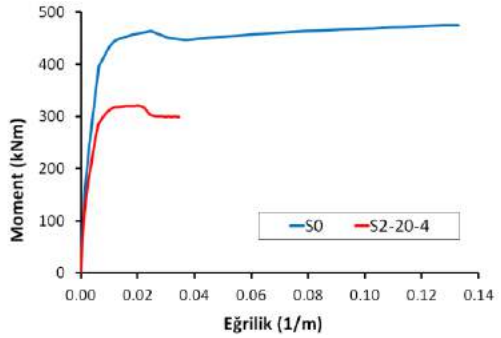
2.3. Yapılan Analizler

İlk önce XTRACT V.3.0.9 [10] yazılımı ile kolon ve kirişlerin önemli kesitleri için her bir senaryo için kesit analizleri yapılmıştır. Analizde beton için Mander modeli [11], donatı çeliği içinse TDY-2007'de gösterilen ikili-doğrusal pekleşmeli model kullanılmıştır. Kolon kesitleri moment-eğrilik (M-κ) analizlerinde G+0.3Q yüklemesine ait eksenel yükün sabit kaldığı kabul edilmiştir. Bu şekilde her bir kesit için ve farklı korozyon senaryoları için (M-κ) ve M-N diyagramları elde edilmiştir. Analizlerin ikinci aşamasında statik itme analizleri ile dinamik analizler IDARC2D yazılımı ile yapılmıştır. Statik itme analizlerinde G+0.3Q kombinasyonu yükünün tamamı analizin birinci adımında sisteme düğüm noktalarında tekil yük şeklinde uygulanmış ve diğer adımlarda sabit bırakılmıştır. Önceden hesaplanmış olan eşdeğer deprem yükleri adım adım artırılmak suretiyle statik itme analizi tamamlanmıştır. Bu analizlerde kolon ve kirişlerin her iki ucu için multi-lineer histeretik modelleme parametreleri kullanılmıştır. Bunlar rijitlik kaybı parametresi (α), süneklik esaslı dayanım kaybı parametresi (β_1), histeretik enerji esaslı dayanım kaybı parametresi (β_2), sıyrılma parametresi (γ) olup bunlar için her bir korozyon senaryosu ve referans sistem için uygun değerler seçilmiştir. Analizden elde edilen ham kapasite eğrisi modal kapasite eğrisine dönüştürüldükten sonra, Z3 sınıfı zemin ve birinci derece deprem bölgesi tasarım depremi üzerinden hedef yerdeğiştirme hesaplanmıştır. Hedef yerdeğiştirmeye ait değerler için itme analizinde hedef yerdeğiştirme değeri son adım olacak şekilde itme analizi tekrarlanmıştır.

3. Analiz Sonuçları Ve Değerlendirme

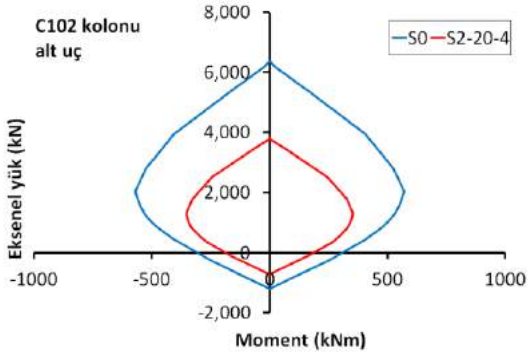
3.1 Kesit Analizi

Kolon kesitlerinin (M-κ) diyagramlarında senaryolar arasında görülen belirgin değişimler kesit özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Şekil 2'de C102 kolonu alt uç kesiti için M-κ ilişkisi görülmektedir. Korozyonun hızı arttıkça diyagramda kesitin akma-sonrasını temsil eden kuyruk kısmında ciddi bir kısalma görülmektedir. Bu durum korozyona nedeniyle kesit eğrilik ve süneklik kapasitesinde önemli azalma olduğunu gösterir. Bununla birlikte, moment taşıma gücünde de dikkate değer ölçüde kayıp görülmektedir. S0 senaryosunda kesit sünekliği 18.44 iken S2-20-4 senaryosunda 4.72'ye düşmektedir. Bu kaybın nedeni, hem beton hem de donatı özelliklerindeki kayıplardır. Korozyon düzeyi arttıkça, korozyon ürünleri boyuna donatı ile paspayı arasında iç basınç yaratarak, boyuna doğrultuda ve dik doğrultuda betonu çatlatmaktadır. Bu nedenle korozyonlu kesitte göz önüne alınan beton ve donatı özellikleri düşürülmekte ve bu durum kesit taşıma gücüne ve süneklik kapasitesine yansımaktadır. Örneğin 16 mm çapındaki boyuna donatının malzeme sünekliği (ε_u-ε_y) S0 için %4.75 iken S2-20-4 senaryosunda sadece %1.02 olup sünekliğini yitirmiştir.



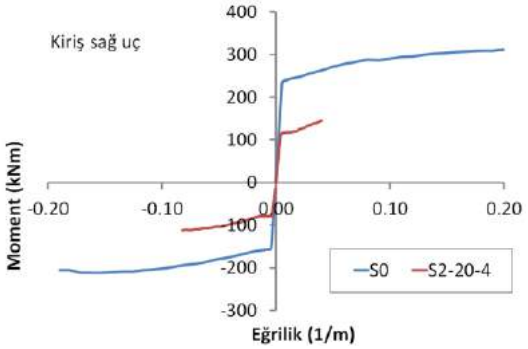
Şekil 2. C102 kolonu M-κ diyagramları

Şekil 3'de aynı kesitin (M-N) etkileşim diyagramı verilmiş olup eksenel yük ve moment taşıma gücünde korozyonlu durum için belirgin düşüş gözlenmektedir. Bu düşüş elemanın ve ona bağlı olarak da taşıyıcı sistemin davranışını kötü etkilemektedir. Buna ilaveten etriyelerin de korozyondan etkilenmesi kolon yük taşıma kapasitesinin azalmasında diğer bir etkendir. Bu etki sargı etkisinin yitirilmesine dayanmaktadır. Sargı etkisi azaldığında veya tümüyle ortadan kalktığında kolonlarda boyuna donatıların erken burkulma riski artmaktadır. Literatürde [12] bu görüşü destekleyen deneysel sonuçlar bulunmaktadır.



Şekil 3. C102 kolonu M-N değişimleri

Şekil 4'te kiriş sol uç potansiyel plastik mafsal kesitinin pozitif ve negatif moment için moment-eğrilik değişimleri gösterilmiştir. Kolonlarda olduğu gibi korozyon nedeniyle kiriş kesitlerinde de önemli kapasite azalması gözlenmiştir. Moment taşıma gücü ve kesit sünekliğindeki bu azalma sonucu kesitte plastik mafsallaşma süreci erken başlayıp çabuk tamamlanmaktadır. Bu durum taşıyıcı sistemin öncelikle kiriş mafsallarında enerji tüketme prensibinin gerçekleşmesini engellemektedir.



Şekil 4. Kiriş sağ uç kesitinin moment-eğrilik kapasitesi

3.2. Statik İtme Analizi

3.2.1 Plastik mafsal kesitlerinde moment–eğrilik değişimleri

C101 ve C102 kolonları alt uç plastik mafsal kesitlerinde tasarım depremi için eğrilik değişimleri Tablo 7'de görülmektedir. Sistem hedef tepe yerdeğiştirmesine ulaştığı anda S1, S2 ve S2-YZK senaryolarında söz konusu plastik mafsal kesitlerinde eğrilik kapasitesinin tamamı tüketilirken; korozyonsuz durumda bu tüketim oranı henüz %40 düzeyindedir. Öte yandan, yaygın ve hızlı korozyon veya yalnız zemin katta hızlı korozyon durumları için göçme eğrilik değerleri korozyonsuz duruma göre yarıya ve hatta onun da altında değerlere inmektedir. Göçme durumundaki eğrilik değerlerinin düşük olması tüketimin de daha çabuk gerçekleşmesine yol açmaktadır.

Tablo 7 Tasarım depremi hedef tepe yerdeğiştirmesi eğriliğinin göçme eğriliğine oranı

	C101	C102
Kod	$\kappa_{hedef}/\kappa_{göçme}$ (%)	$\kappa_{hedef}/\kappa_{göçme}$ (%)
S0	40	39
S1	100	100
S2	100	100
S1-YZK	63	67
S2-YZK	100	100

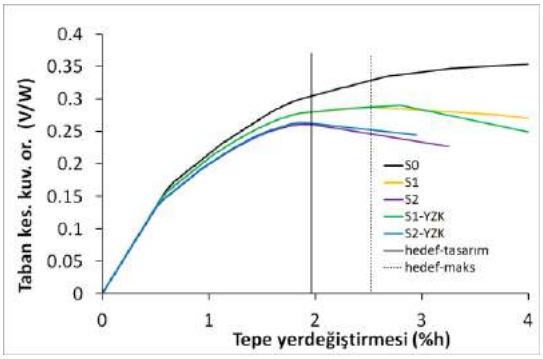
3.2.2 Hedef yerdeğiştirme ve kapasite eğrileri

Hedef tepe yerdeğiştirmesi tasarım depremi için 236 mm (%1.967) ve maksimum deprem için 303 mm (%2.525) olarak hesaplanmıştır. Her iki deprem için; sistem maksimum taban kesme kuvvetine eriştiğinde hedef tepe yerdeğiştirmesinin aşılıp aşılmadığı kontrol edilmiştir. Buna göre; tasarım depremi için sadece S1 ve S2 senaryolarında hedef yerdeğiştirme değerine ulaşılmadan önce sistem maksimum taban kesme kuvvetine erişmiş görünmektedir. Maksimum deprem durumunda ise S1, S2

ve S2-YZK senaryoları için sistemde hedef yerdeğiştirme değerine ulaşılmadan önce maksimum taban kesme kuvvetine erişilmektedir. Buradan, taşıyıcı sistem için en olumsuz sonuçların sistemin tümüne yayılı korozyon durumunda olduğu anlaşılmaktadır. Öte yandan, yalnız zemin kat kolonlarında korozyon olması hali de bu olumsuz senaryoya çok yakın sonuçlar vermektedir. Zemin kat kolonlarındaki korozyon bu katta sistemi yumuşatarak hasarın çoğunlukla bu katta toplanmasına neden olmaktadır. Bu ise belirgin bir davranış değişikliği yaratmaktadır.

Kapasite eğrileri ile hesaplanan hedef yer değiştirmeler Şekil 5'de gösterilmiştir. Burada S0 hariç iki grup eğri oluşumu göze çarpmaktadır. Birinci grup, sistemin tamamında veya sadece zemin katta düşük hızda seyreden korozyona karşı gelen S1 ile S1-YZK senaryolarına aittir. Bu grupta taban kesme kuvveti değerinde %10-15 düzeyinde azalma ile birlikte maksimum taban kesme kuvvetine karşı gelen tepe yerdeğiştirmesinde ise %40 oranında büyük azalmalar görülmektedir. İkinci grupta S2 ve S2-YZK senaryoları yer almaktadır. Bu grubun genel karakteri birinci gruba benzer olup farkı gözlenen kayıpların daha fazla olmasıdır.

Tepe yerdeğiştirme değerinin yapı yüksekliğine oranı %0.5'e ulaşıncaya kadar tüm senaryolar arasında bir farklılaşma görülmemektedir. Bu aşamada düşük yük değerleri söz konusu olup korozyonun etkisi henüz ortaya çıkmamıştır.



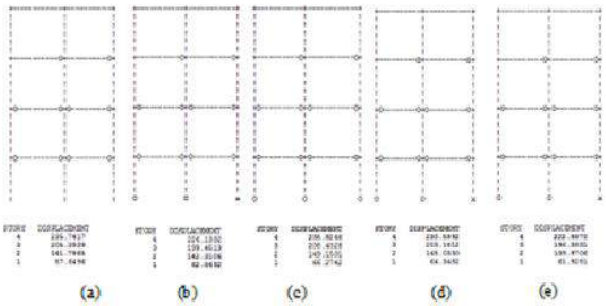
Şekil 5. Kapasite eğrileri ile tasarım ve maksimum deprem etkileri için hesaplanan hedef yer değiştirmeler

Şekil 5'e göre, S2 ve S2-YZK tasarım depremi hedef yer değiştirmesine ulaşamadan maksimum taban kesme kuvvetine erişmektedir. Bu senaryolarda sistem hem taban kesme kuvveti kapasitesinde (%33) hem de tepe yerdeğiştirmesinde (%60) çok önemli kayıplar göstererek erken göçmeye gitmektedir. S1 ve S1-YZK senaryolarında da benzer sonuçlar görülmekle birlikte, hızın düşük olması toplam hasarın daha az olmasına neden olmaktadır. Düşük hızda seyreden korozyonun yayılma süresi uzadıkça hasar oranının da büyük olması beklenmektedir.

3.2.3 Hasar durumu ve göçme mekanizması

Şekil 6'da hedef yerdeğiştirme anında sistemde oluşan plastik mafsallar görülmektedir. Referans senaryoda (S0) plastik mafsallar tasarım depremi için katlarda kiriş uçlarında yer almaktadır. Bu esnada henüz hiçbir kolonda plastik mafsal oluşmamış, enerji tüketimi ve hasar ağırlıkla kiriş mafsallarında ortaya çıkmıştır. Yaygın korozyonu temsil eden senaryolar (S1 ve S2) ile yalnız zemin katta korozyon olmasına ait senaryolarda (S1-YZK ve S2-YZK) zemin katın kolon alt uçlarında plastik mafsallaşma görülmektedir. Dolayısıyla hedef yerdeğiştirme anında korozyonsuz duruma göre sistem mekanizma durumuna daha yakın görünmektedir. Şekil 6(b), 6(d) ve 6(e)'de aslında sistem hedef yerdeğiştirmeye ulaşamamış olduğundan görülen plastik mafsal dağılımı göçmeden bir önceki adıma ait olup şekilde görülen tepe yerdeğiştirmeleri de 236 mm'den küçüktür.

Tablo 8'de hedef tepe yerdeğiştirmelerinin tasarım ve maksimum deprem için göçme anındaki tepe yerdeğiştirmesini sağlayıp sağlamadığı kontrol edilmektedir. Buna göre, tasarım depremi halinde korozyonsuz sistem yaygın korozyon durumunda bu kontrolü geçememektedir. Maksimum deprem durumunda yalnız zemin kata ileri düzeyde korozyon olması durumunda da bu kontrolü sağlamamaktadır. Şu halde, yalnız zemin katta ileri seviyede korozyon olması da tüm yapıya yayılmış korozyon gibi olumsuz sonuçlar doğurabilmektedir.



Şekil 6. Hedef yerdeğiştirme anında plastik mafsal dağılımı, (a) S0, (b)S1, (c)S2, (d)S1-YZK, (e)S2-YZK

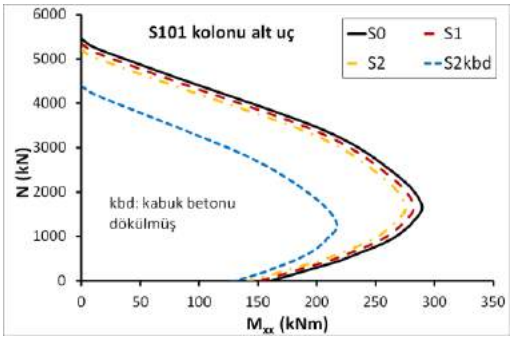
Tablo 8 Hedef tepe yerdeğiştirmelerinin göçme öncesi yerdeğiştirme ile karşılaştırılması

Senaryo	Tepe yerd. (%)	Kontrol	
		Tas. depr.	Maks. depr.
S0	4,7641	√	√
S1	1,9373	**X**	**X**
S2	1,8844	**X**	**X**
S1-YZK	2,974	√	√
S2-YZK	1,8582	√	**X**

3.2.4 Moment-Normal kuvvet (M-N) etkileşimi

C101'in alt ucunda M-N etkileşim diyagramı Şekil 7'de gösterilmiştir. Korozyon nedeniyle donatıda enkesit kaybı, mekanik özelliklerde bozulma nedeniyle kesit M-N diyagramında az miktarda kayıplar söz konusudur. Ancak korozyon yayılma hızının yüksek olduğu durumda kabuk betonun dökülmesi halinde moment ve eksenel yük taşıma gücünde kayda değer kayıplar görülmektedir. Eksenel basınç yükü taşınmasında kabuk betonun çekirdek beton gibi olması bu kayıpların nedeni olarak söylenebilir. Korozyonun şiddetli ve çok uzun süre etkimesi halinde korozyon ürünlerinin neden olacağı çekme gerilmeleri kabuk betonun çatlayıp dökülmesine neden olduğundan, uygulamada karşılaşılan gerçek durum kabuk betonun tamamen döküldüğü durum ile kabuk betonun hiç zarar görmediği durum arasındadır. Bu nedenle Şekil 7'de görülen S2 ve S2kbd eğrileri aslında sınır durumları göstermektedir. Korozyonun üniform korozyon türünde olması halinde donatı enkesit kaybı nedeniyle M-N

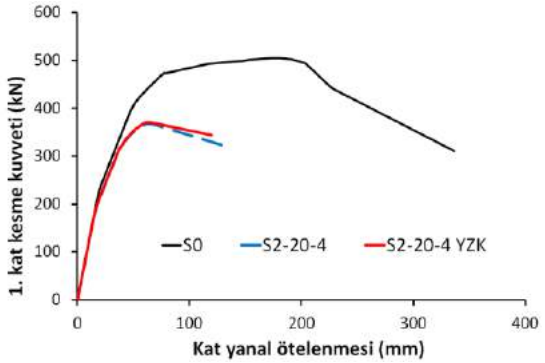
etkileşiminde oluşan değişim önemli değildir. Buna karşın, üniform korozyonun elemanın tamamında neden olacağı çatlaklar ve buna bağlı kabuk beton dökülmeleri daha önemli olacaktır. Örneğin C101'de S2 senaryosuna göre S2kbd durumunda normal kuvvet taşıma gücünde %24, eğilme momenti taşıma gücünde %21 azalma olmuştur. S2 ile S0 karşılaştırıldığında ise eğilme momenti taşıma gücünde %5, eksenel kuvvet taşıma gücünde %1 azalma görülmektedir.



Şekil 7. C101 kolonunda M-N etkileşim diyagramı

3.2.5 Kat kesme kuvveti değişimleri

Korozyonun tüm yapıya yaygın ve hızlı seyrettiği en kötü senaryo S2-20-4 için S0'a göre kat kesme kuvvetindeki azalma %27; kat yanal ötelenmesindeki azalma ise %67 olmuştur (Şekil 8). S2-20-4 YZK için de buna çok yakın değerler almıştır. Bu azalmalar sistemin daha düşük yük düzeylerinde ve daha düşük yanal ötelenme yaparak göçmeye ulaştığını göstermektedir. Korozyon etkisi ile grafiğin kuyruk kısmında da değişiklikler olmuştur. Ayrıca korozyonun yalnız zemin katı etkilemesi ile yaygın olması arasında bir davranış farkı görülmemektedir.



Şekil 8. Birinci kat için V-δ grafiği

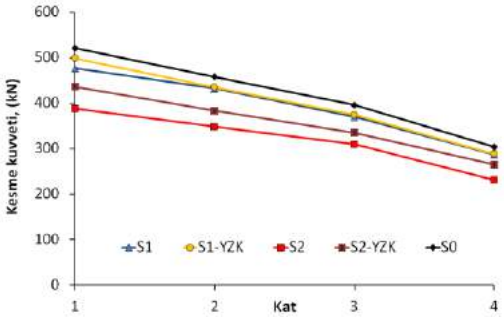
3.3 Dinamik Analiz

3.3.1 Ötelenme Oranı

Birinci katta göz önüne alınan depremlerin maksimum ötelenme oranları incelenmiştir. En küçük kat arası ötelenme oranı senaryo S0 ve S1'de ortaya çıkmıştır. Korozyonun yalnız birinci katı etkilediği senaryolarda birinci kata ait kat arası ötelenmeler korozyonun yapının tümünü etkilediği duruma kıyasla daha büyük bulunmuştur. Buna göre en büyük kat arası ötelenme oranı S2-YZK senaryosunda ortaya çıkmıştır. Bu senaryoda korozyon hasarı sadece birinci kata birikmiş ve bu katın rijitliği diğer katlara göre göreceli olarak azalmıştır. Öyleyse, korozyonun yaygınlığı ve etkilediği kat önemlidir. Uygulamada genellikle bodrum ve zemin katlarda veya binanın bir-iki komşu cephesinde daha etkin korozyon olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla böyle hallerde korozyonun yapının tümü üzerinde etkin olmasına gerek kalmadan dikkate değer davranış değişiklikleri ortaya çıkabilmektedir.

3.3.2 Kat Kesme Kuvvetleri

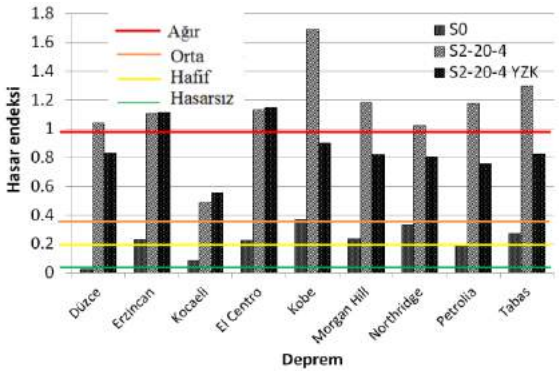
Kat kesme kuvvetlerinin dağılımı Şekil 9'da gösterilmiştir. Buna göre, üst katlara çıktıkça kesme kuvvetinde düşüş eğilimi egemendir. Bununla birlikte korozyon senaryoları arasında aynı katın aldığı kesme kuvvetlerinin değerleri arasında önemli farklar mevcuttur. Korozyon hasarı arttıkça kat kesme kuvvetlerinde düşüş görülmektedir. Bu değişim S2 ve S2-YZK senaryolarında oldukça belirgindir. Taban kesme kuvvetinin S0 senaryosunda aldığı değerin S2 senaryosunda ancak %56'sına, S2-YZK senaryosunda ise %60'ına ulaşılmıştır. Dördüncü kat için de bu oranlar sırasıyla %56 ve %52'dir.



Şekil 9. Kat kesme kuvvetlerinin değişimi

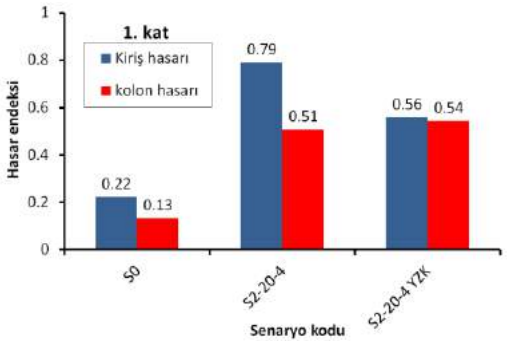
3.3.3 Hasar Endeksleri

Kütle kaybının en büyük olduğu iki korozyon senaryosunun hasar indeksleri değişimi Şekil 10'da gösterilmiştir. Hasar endeksinin S2-20-4 senaryosunda 1 ve üzerinde değerler almış olup çerçevenin ağır hasar göreceğini göstermektedir. Oysa korozyonsuz durumda burada yer alan depremlerden sadece ikisinde hafif hasar görecek, diğerlerini hasarsız olarak atlatacaktı. Korozyonun sadece zemin katta uzun süreli ve yüksek yayılma hızında olması durumunda ise hesaplanan hasar endekslerine göre yapı iki depremde ağır hasar, diğerlerinde ise orta hasar almaktadır. Görüldüğü üzere korozyonun hasar endeksi üzerinde önemli bir etkisi söz konusu olup, yapının tümünü veya sadece zemin katı etkilemesi arasında benzerlik vardır.



Şekil 10. Senaryolar için hasar endeksleri ve sınır değerler

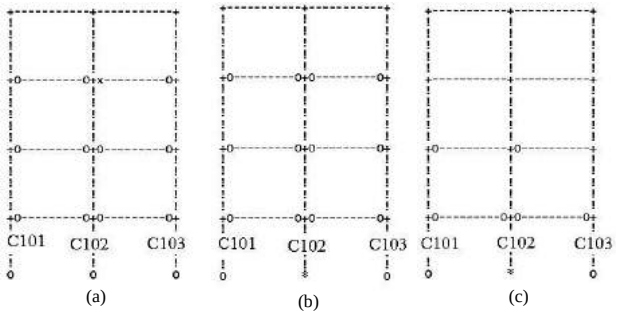
Şekil 11'de tüm yapıya yayılı korozyon olması durumunda kirişlerdeki hasarın daha fazla olduğu, korozyonun yalnız birinci katta etkili olması halinde kolon hasarlarının öne çıktığı görülmektedir. Betonarme binalarda gözlenen korozyon hasarlarının çoğunlukla bodrum ve/veya zemin katlarda yoğunlaştığı göz önüne alındığında, yalnız zemin katı etkileyen korozyonun tüm yapıyı etkiliyormuşçasına sistem davranışını bozduğu söylenebilir.



Şekil 11 Birinci kat kolon ve kiriş hasar endeksleri

3.3.4 Mafsallaşma durumu

Korozyon etkisi olmayan sistemde (Şekil 12.a) incelemeye konu tüm deprem etkileri için plastik mafsalların oluşum sırası ve bunların yerleri beklendiği gibi olmuştur. Korozyonlu senaryolar bu bakımdan referans sistemle karşılaştırıldığında önemli farklar içermektedirler ve bu durum sistemin yapısal davranışını etkilemektedir. Diğer yandan, korozyonlu iki senaryo arasında da davranış farklılıkları ortaya çıkmaktadır. Korozyonun yalnız birinci katta etkili olduğu durumda (Şekil 12.c) bu katın deformasyonları üst katlarınkine göre artış göstermektedir. Bu nedenle kesitlerde plastikleşmenin başlaması ve plastik deformasyonların düzeyi S0'a göre daha erken ortaya çıkmakta ve deprem sonunda ulaşılan plastik dönmeler daha büyük değerler almaktadır. Sistem referans sisteme göre daha erken göçme durumuna gelmektedir. S0 nihai durumda (Şekil 12.a) sünek davranış göstermiş olup 11 adet kiriş kesitinde plastik mafsal oluştuktan sonra zemin kat kolon alt ucunda plastikleşme başlamış ve böylece sistem mekanizma durumuna gelmiştir. Buna karşılık S2-20-4'de C102 kolonu alt ucunda limit plastik dönme sınırı aşılmıştır (Şekil 12.b). Diğer taraftan, Şekil 12.b'nin aksine, S2-20-4 YZK senaryosuna karşılık gelen Şekil 12.c'de daha az sayıda kiriş plastik mafsalı ortaya çıkmaktadır. Bu da kolon plastik mafsallarının erkenden ortaya çıktığını göstermektedir. Haliyle bu durum enerji tüketimini kirişlerden ziyade kolonlara yöneltmiş olup, bu yönelim depreme dayanıklı yapı için istenmeyen bir durumdur.



Şekil. 12 Düzce depremi etkisindeki çerçevenin son durumu; (a) S0, (b) S2-20-4, (c) S2-20-4 YZK

4.Sonuç

Betonarme çerçevelerde donatı korozyonunun yapısal davranışa etkileri örnek bir çerçeve sistem üzerinden ele alınmıştır. Korozyonun yerel ve yaygın olması ile yoğunluğunun düşük ve yüksek olmasını içeren korozyon senaryoları için statik itme analizi ve seçilen gerçek deprem kayıtlarıyla dinamik analizler yapılarak davranış değişiklikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır. Donatı çeliği özelliklerindeki değişim için; en kötü senaryoda, 16 mm çaplı donatının sünekliği (ε_u-ε_y) %4.75'ten %1.02'ye düşmüştür. Her bir senaryo için kesit analizleri yapılmış ve korozyonun kesit üzerinde önemli kapasite kayıplarına neden olduğu görülmüştür. Bu kayıpların elemanın ve taşıyıcı sistemin davranışını statik itme analizi ve dinamik analiz sonuçlarına göre bozduğu görülmüştür. Bu bildiride çözülen çerçevede, yoğunluğu i_{corr}=4 μA/cm^2 ve yayılma süresi 20 yıl olan üniform korozyona maruz çerçevenin sistem sünekliği talebi %20 artış göstermiş; çerçevede plastik mafsal oluşum sıra ve yeri değişmiş, hasar endekslerinde önemli farklar gözlenmiş ve nihayet sistemin göçme şekli değişmiştir. Normal şartlarda göz önüne alınan deprem etkisini hasarsız veya az hasarla karşılayabilecek iken korozyonlu çerçevelerin aynı etkiler karşısında orta veya ağır hasar alması sonucu ortaya çıkmıştır. Yaygın korozyon kadar yalnız zemin katı etkileyen korozyonun da sonuçları da benzer şekilde ağır olabilmektedir. Çerçeve sistemin deprem etkisi altındaki davranışını kontrol eden değişkenler korozyonun yaygınlığı, yoğunluğu ve yayılma hızı gibi etkenlerdir. Korozyona maruz kalma olasılığı yüksek ve yaşlı binaların performans değerlendirmesinde korozyon etkisi göz ardı edilmemelidir. Bu itibarla DBYBHY-2007'nin 7. bölümünde binaların yerinde yapılan incelemelerinde donatı korozyonunun tespit edileceği ve bu durumun kapasite hesaplarına yansıtılacağı belirtilmiştir. Ancak bu işlemin ne şekilde ve hangi esaslarla yapılacağına ilişkin detaylar verilmemiştir. Kritik kesitlerde donatı korozyonuna bağlı kapasite kayıpları için kolay uygulanabilir hesap esaslarının geliştirilmesi ve özellikle mevcut yapıların performans değerlendirmelerinde korozyon etkisinin dikkate alınmasında bunun kullanılması önerilmektedir.

Kaynaklar

[1] Yüksel, I. Coşkan, S. (2013) Earthquake response of reinforced concrete frame structures subjected to rebar corrosion, Earthquakes and Structures, 5(3):321–341.

[2] Demis, S., Pilakoutas, K., Apostolopoulos, CH. (2010), Effect of corrosion on bond strength of steel and non-metallic reinforcement, Materials&Corrosion, 61(4):328-331.

[3] Revathy, J., Suguna, K., Raghunath, PN. (2009), Effect of corrosion damage on the ductility performance of concrete columns, Am. J. of Eng. App. Sci., 2(2):324–327.

[4] Almusallam, AA., Al-Gahtani, AS., Aziz, AR., Dakhil, FH. Rasheeduzzafar, (1996), Effect of reinforcement corrosion on flexural behaviour of concrete slabs, J. Mater. in Civil Eng., 8(3):123–127.

[5] Mohammed, TU., Hamada, H., Yamaji, T. (2004), Concrete after 30 years of exposure –Part II: Chloride ingress and corrosion of steel bars, ACI Struct. J., 101(1):13–18.
[6] Yalçıner, H., Şensoy, S., Eren, O. (2012a), Effect of corrosion damage on the performance level of a 25-year-old reinforced concrete building, Shock and Vibration, 19(5):891-902.
[7] Yalçıner, H., Şensoy, S., Eren, O. (2012b), Time-dependent seismic performance assessment of a single-degree-of-freedom frame subject to corrosion, Engineering Failure Analysis, 19(1):109-122.
[8] Lee, HS., Cho, YS. (2009), Evaluation of the mechanical properties of steel reinforcement embedded in concrete specimen as a function of the degree of reinforcement corrosion, Int. J. Fract., 157(1-2): 81-88.
[9] Vecchio, F., Collins, MP. (1986), The modified compression field theory for reinforced concrete elements subjected to shear, ACI Struct. J., 83(2):219–231.
[10] Imbsen Software System, (2001), XTRACT-Cross Sectional analysis of components, Sacramento.
[11] Mander, JB., Priestley, MJN., Park, R. (1988), Theoretical stress–strain model for confined concrete, J. Struct. Eng., 114(8):1804–1826.
[12] Tapan, M., Aboutaha, RS. (2011), Effect of steel corrosion and loss of concrete cover on strength of deteriorated RC columns, Constr. Build. Mater, 25(5):2596–2603.

SİMETRİK YAPILARIN DEPREME DAYANIKLI TASARIMINDA BETONARME PERDE DUVAR KONUMLARININ ETKİLERİ

EFFECTS OF SHEAR WALL LOCATION ON EARTHQUAKE RESISTANCE DESIGN OF SYMETRIC STRUCTURES

Mohammad Manzoor NASERY[a] ve Metin HÜSEM[b]

[a] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, E-posta: mnasery@ktu.edu.tr
[b] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, E-posta: mhusem@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, simetrik yapılarda betonarme perde duvar konumlarının depreme dayanıklı yapı tasarım açısından ve burulma düzensizliği üzerindeki etkilerinin bina yüksekliğine bağlı olarak incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, simetrik plan geometrisine sahip 5, 10, 15 ve 20 katlı dört adet bina dikkate alınmış ve her bir bina için dört farklı perde konumuna göre analizler yapılmıştır. Analizlerde her bir model için göreli kat ötelemeleri ve düzensizlik katsayıları belirlenmiştir. Burulma düzensizliğinin, plan geometrisi ve rijitlik dağılımı açısından tamamen simetrik olan sistemlerde bile betonarme perde duvar konumunundun dolayı önemli oranda arttığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Betonarme perde duvar, burulma düzensizliği, depreme dayanıklı yapı tasarımı, rijitlik, simetrik yapılar

Abstract

This paper mainly focuses on the effects of shear wall location on earthquake resistance design and torsional irregularity with respect to the height of the symmetric structures. For this purpose, four structures with symmetric plan geometry possessing five, ten, fifteen and twenty stories respectively. Four different shear wall locations on the plan have been taken into consideration for the analysis purpose of each building. The analysis contains computation of the story drifts and torsional irregularity coefficients for each model. Considering different locations for the shear walls in the plan geometry, a noteworthy increase in the torsional irregularity has been observed, even in the structures which are symmetric not only in plan geometry but also in stiffness distribution.

Keywords: Earthquake resistance structure, shear wall location, torsional irregularity, stiffness, symmetric structures

1. Giriş

Depremler tarih boyunca insanlığa büyük felaketler getirmiştir. Türkiye'de bu felaketlerden zaman zaman nasibini almış, insan kaybının yanı sıra büyük ekonomi külfetler getiren büyük depremlerin birkaç örneği ise Erzincan depremi (1992), Kocaeli depremi (1999) ve en son Van depremi (2011). Bu felaketlere karşı mücadelenin en güzel örnekleri ise yapılan yapıların günümüze kadar birçok deprem geçirmesine rağmen ayakta kalabilmesidir. Tasarım aşamasında düzensiz taşıyıcı sistemlerin kullanılması deprem yükleri etkisi altında binaların istenmeyen davranışlar göstermelerine neden olmaktadır. Bu nedenle, düzensizlikler depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından kesinlikle istenmeyen bir durumdur. Deprem sırasında yapıya gelecek olan yatay yükler rijitlik oranında kolon ve perdeler tarafından karşılanmaktadır. En çok kesme kuvvetini perdeler karşıladığından dolayı bu perdelerin yapı planındaki yeri çok önemlidir. Simetrik sistemlerde bile yapılarda burulmalar oluşabilmektedir. Yapılardaki burulma plan geometrisi, kütle dağılımı, rijitlik dağılımı, bölme duvarları ve kullanım sırasındaki hareketli yükler gibi birçok parametre doğrudan etkilemektedir [1]. Ancak bu parametrelerin hangi düzeyde yapılardaki burulmayı etkilediği ise tam olarak bilinmemektedir. Kat burulma momenti kolonlarda ek kesme kuvveti oluşturmakta, özellikle çerçeve taşıyıcı sistemindeki kolonlar rijitlikleri oranında deprem yükleri altında büyük kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bir de burulmadan dolayı ilave bir kesme kuvveti oluşması depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından istenmeyen bir durumdur [2].

Yapıların sismik analizi, perde duvarların dinamik yükleme altındaki davranışı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğu yapılardaki yatay ve düşey düzensizliklerini ve bu düzensizliklerin sonucu ortaya çıkan davranışları incelemektedir [1-13]. Özmen [3] simetrik sistemlerde burulma düzensizliğini incelemiştir. Çalışma sonucunda plan geometrisine göre simetrik sistemlerde bile burulma düzensizliğinin oluştuğunu vurgulamaktadır. Chintanapakdee ve Chopra [4] Modal Pushover Analiz ile 20 farklı deprem kayıt için düşey düzensiz çerçeve sistemlerini incelemiştir. Lucchini vd. [5] asimetrik çok katlı betonarme binaların lineer ve nonlineer dinamik analizler altındaki davranışını incelemiştir. Cosenza vd. [6] literatürdeki çalışmaların sonuçları karşılaştırmalı olarak incelemiş ve minimum burulma rijitliği için daha çok çalışmaların yapılması gerekliliğini önermiştir. Demir vd. [7] Yerel zemin sınıfın burulma düzensizliği üzerindeki etkilerinin incelenmesi sonucunda, yerel zemin sınıfın burulma düzensizliğini etkilemediğini belirtmiştir. Özhendekçi ve Polat [8], etkili modal kütle burulma oranı olarak nitelendirilen Q parametrenin burulma düzensizliği üzerinde analitik araştırma yapmışlar. Elde etiği sonuçlara

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

göre bu oranın statik yükleme altında bile hesaplanabildiğini ve plana göre simetri olmayan yapıların tasarımında ayrı ayrı hesaplanmasının gerektiğini öne sürmüştür. Kolon-kiriş perde gibi karma taşıyıcı sistemlerde betonarme perdelerin konumu dinamik yüklere karşı davranışta büyük önem arz etmektedir. Çünkü günümüzde dört kattan yüksek yapılarda asansör koymak yönetmeliklerde zorunlu kılmaktadır. Dolaysıyla yapılarda dış cephelere mimari ve kullanım açısından betonarme perdeler konulmamakta ve bu perdeler iç akslarda yerleştirilmektedir. Bu çalışma betonarme perde duvarların simetrik sistemlerde konumunun yapıların periyotları, göreli kat ötelemeleri ve burulma düzensizlik katsayıları gibi dinamik parametrelerin üzerindeki etkileri araştırılarak şekil ve tablolar yardımıyla sunulmaktadır.

2. Analitik Çalışma

Bu çalışmada; tamamen simetrik plan geometrisine ve rijitlik dağılımına sahip 16 model üzerinde analizler İde Cad statik [16] ve Sap 2000 [17] paket programları yardımıyla yapılmıştır. Perdelerin konumları değiştirilerek irdeleme altına alınan modellerde perde konum değişikliğinin yapı dinamik parametreler üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Modellenen yapıların taşıyıcı sistemleri kolon-kiriş ve perdelerden oluşmaktadır. Kolon, kiriş ve perde malzeme bilgileri ile en kesitleri Tablo 1 ve 2'de verilmektedir. Analizlerde 1. derece deprem bölgesi, süneklik düzeyi yüksek, yerel zemin sınıfı Z2 ve taşıyıcı sistem davranış katsayısı R(x,y)=7 olarak seçilmiştir.

Tablo 1 Taşıyıcı sistem malzeme özellikleri.

Açıklama	Değer
Beton sınıfı (MPa)	C30/37
Elastisite Modülü (kN/m^2)	3,2E^7
Poisson oranı	0,2
Birim hacim ağırlığı (kN/m^3)	25

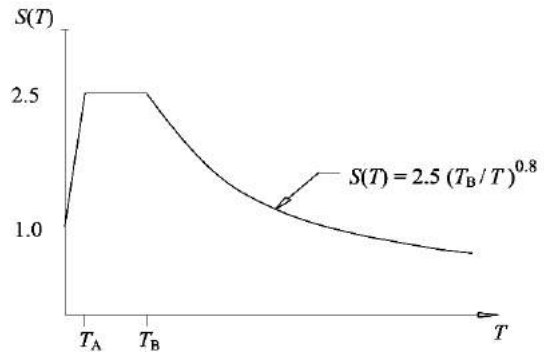
Tablo 2 Taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit özellikleri.

Eleman	Şekli	b(m)	h(m)	Alan(m²)
Kiriş	Dikdörtgen	0,25	0,50	0,125
Kolon	Kare	0,40	0,40	0,160
Perde	Dikdörtgen	0,35	4,60	1,610
Perde	Dikdörtgen	0,35	5,00	1,750

Analizlerde Mod Birleştirme yöntemi kullanılarak spektrum analizi yapılmıştır. Çalışmada kullanılan Z2 yerel zemin sınıfına ait spektrum eğrisi ve ona ait T_a ve T_b değerleri Tablo 3 ve Şekil 2'de verilmektedir.

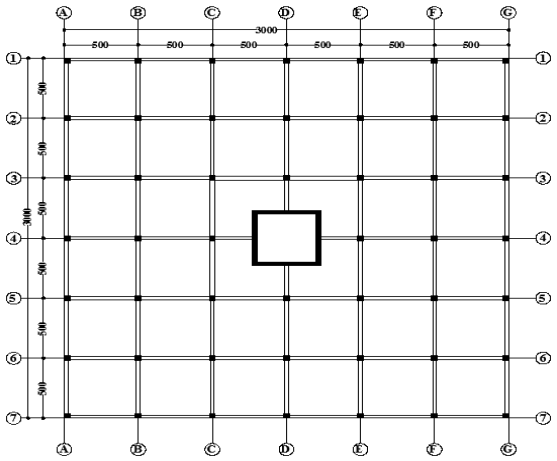
Tablo 3 Spektrum karakteristik periyotları (Ta,Tb).

Yerel Zemin Sınıfı	Ta (saniye)	Tb (saniye)
Z1	0,10	0,30
Z2	0,15	0,40
Z3	0,15	0,60
Z4	0,20	0,90

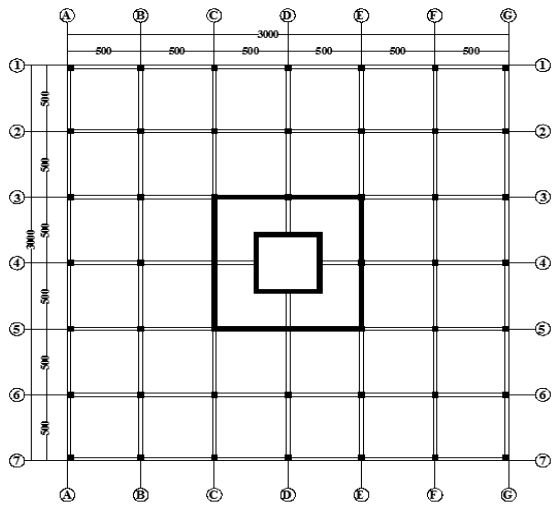


Şekil 1. Tasarım ivme spektrumu [14].

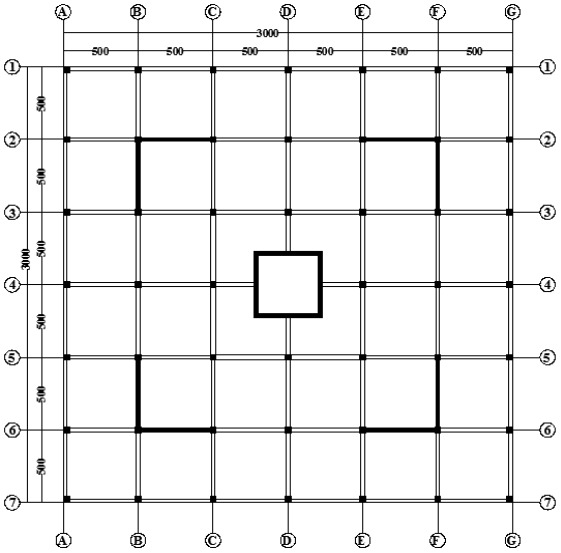
Bu çalışmada 4 farklı konumda perdeye sahip tamamen simetrik olan sırasıyla 5, 10, 15 ve 20 katlı modeller kullanılmıştır. Bu modellere ait kat planları sırasıyla Şekil 2-5'de verilmektedir.



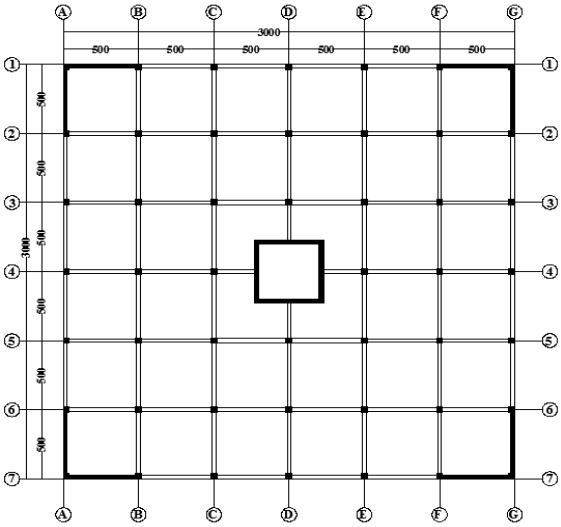
Şekil 2. A modeline ait kat planı.



Şekil 3. B modeline ait kat planı.

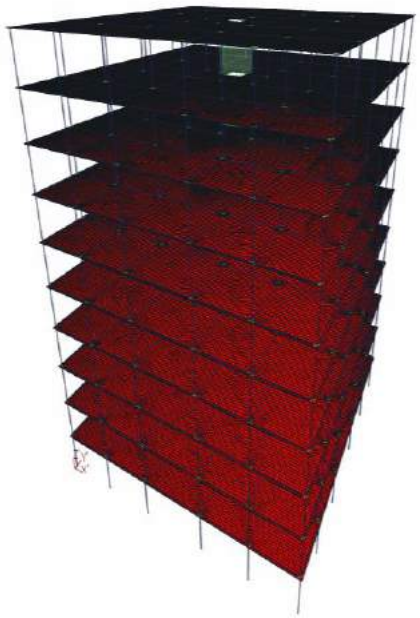


Şekil 4. C modeline ait kat planı.



Şekil 5. D modeline ait kat planı.

A modelinde perdeler Rijitlik Merkezi (RM) ve Kütle Merkezine (KM) çok yakın bir konumda, B, C ve D modellerinde perdelerin konumu giderek RM ve KM' inden uzaklaşmaktadır. 5A modelinde 5 kat adedi ve A plan geometrisini ifade etmekte, 20 C ise 20 katlı C modelin sembolünü göstermektedir. Modellemede kat döşemeleri için rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Kiriş ve kolonlar çubuk eleman olarak modellenmiştir. Bu elemanların her düğüm noktasında en az 6 bilinmeyen (Ux, Uy, Uz, Rx, Ry, Rz) kabulüne göre çözüm yapılmıştır. Perdeler ve döşemelerin modellenmesinde ise kabuk elemanı kullanılmış, kabuk elemanların sonlu eleman genişliği 0,25 m olarak belirlenip bu noktalarda 6 bilinmeyenin durumuna göre çözümleme yapılmıştır. Çalışmada toplam 16 model incelenmekte, dört farklı konumda perdeye sahip tamamen simetrik 5, 10, 15 ve 20 katlara sahip modellere deprem yüklemesi yönetmeliklerde zorunlu olan ±%5 dışmerkezlik ile etkittirilmiştir. Şekil 6-7'de modellere ait üç boyutlu analitik ve sonlu eleman modelleri verilmektedir.



Şekil 6. A modelin üçboyutlu analitik modeli.



Şekil 7. A ve D modellerine ait üçboyutlu sonlu eleman modeli.

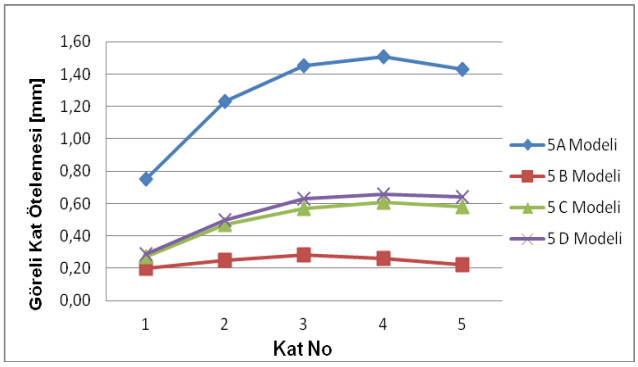
3. Sayısal Sonuçlar ve Tartışma

Yapılan tüm analizlerde mod birleştirme yönteminden yararlanılarak spektrum analizleri yapılmıştır. Analizler sonucu Tablo 4'te görüldüğü gibi yapıların birinci doğal titreşim periyotları incelendiğinde A modeli en büyük periyotlara sahiptir. Bunun nedeni ise perdelerin tamamen iç akslarda olması ve dıştaki akslarda kolonların olmasından kaynaklanmaktadır. B ve C modellerinde ise 5C modelin periyodu ise 5B modelinden büyük ancak 10, 15 ve 20 katlılarda B ve C modelindeki periyotlar eşittir. D modelin periyotları ise B ve C modellerin periyotlarından büyüktür. Perdelerin en dış aksta olması halinde yapının periyodu uzamaktadır. Buradan da anlaşılacağı üzere eğer yapının periyodu azaltılmak istenirse perdeler orta düzey akslarında yani B ve C modelindeki konumlara yakın yerlere yerleştirilmeli. Rezonansın olmaması için yapının 1. doğal periyodu ile zemindeki hakim periyotlar dikkate alınmalıdır ve sert zeminlerde sünek yapı, yumuşak zeminlerde ise rijit yapılar yapılmalıdır. Bu ilkeyi göz önünde bulundurarak depreme dayanıklı yapı tasarımı için zemin durumuna bağlı olarak perde konumlarına karar verilmelidir.

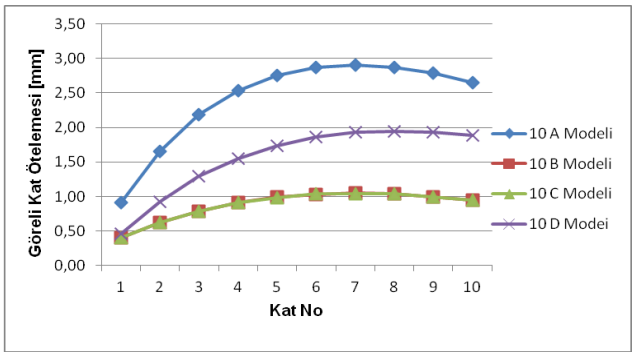
Tablo 4 Tüm modeller ait ilk üç moda karşılık gelen periyot değerleri.

Katlar	Mod	A	B	C	D
5 Katlı	1	0,5171	0,2112	0,2226	0,2322
	2	0,3571	0,1574	0,2225	0,2321
	3	0,35	0,1572	0,1863	0,1382
10 Katlı	1	1,0041	0,4157	0,4157	0,6457
	2	0,9239	0,4154	0,4154	0,6456
	3	0,9239	0,4038	0,4038	0,3837
15 Katlı	1	1,5829	0,7821	0,7821	1,1758
	2	1,5829	0,7816	0,7816	1,1757
	3	1,4976	0,5967	0,5967	0,7087
20 Katlı	1	2,3069	1,2374	1,2374	1,7651
	2	2,3069	1,2369	1,2369	1,7650
	3	1,9859	0,7898	0,7898	1,0708

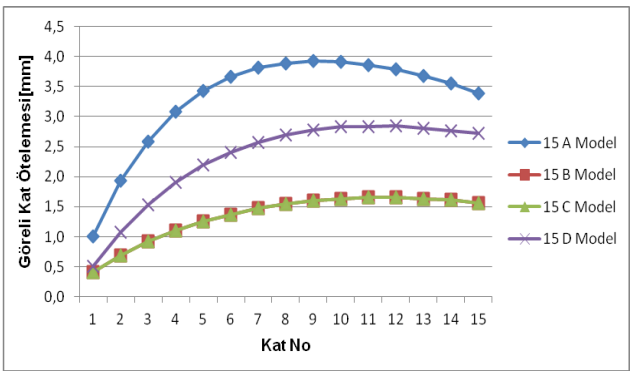
Göreli kat ötelemeleri incelendiğinde maksimum ötelemeler A modeline ait olup B ve C modellerininki birbirine yakın olmaktadır, D modelin göreli kat ötelenmesi ise tüm modellerin ortalaması olarak gözükmektedir. Bu durum 5, 10,15 ve 20 katlı tüm modellerde geçerlidir. Şekil 8-11'de görüldüğü gibi göreli kat ötelemeleri bir parabol şeklinde olup kat sayısı arttıkça bu parabolün eğriliği de artış göstermektedir. Göreceli kat ötelemeler genellikle 5 katlı modellerde 4. Katta, 10 katlı modellerde 8. Katta, 15 katlı modellerde 10. Katta ve 20 katlı modellerde ise 13. katlarda tepe noktalarına sahiptir, bu durum göreli kat ötelemelerin yüksekliğin yaklaşık olarak 2/3 oranında maksimum olduğunu göstermekte, katsayısı artıkça tepe noktanın genişliği de artmaktadır.



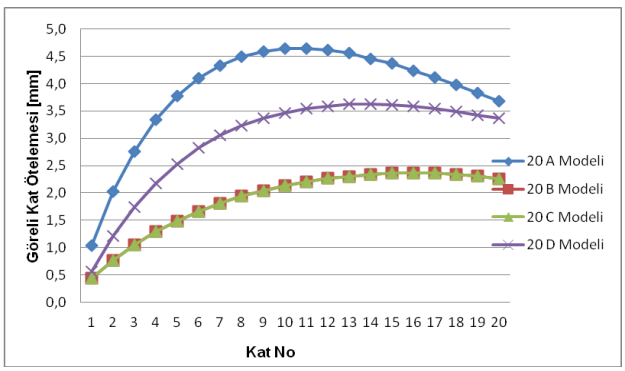
Şekil 8. 5 katlı modellere ait göreli kat ötelemeleri değerleri.



Şekil 9. 10 katlı modellere ait göreli kat ötelemeleri değerleri.



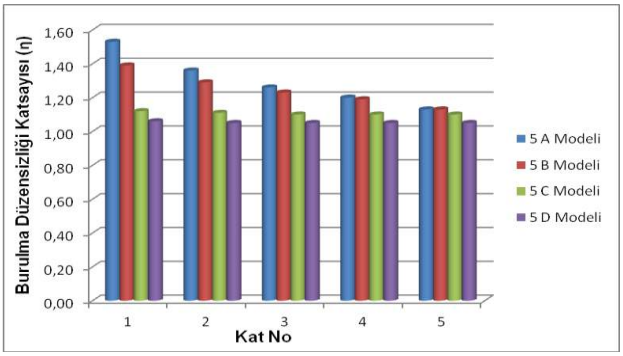
Şekil 10. 15 katlı modellere ait göreli kat ötelemeleri değerleri.



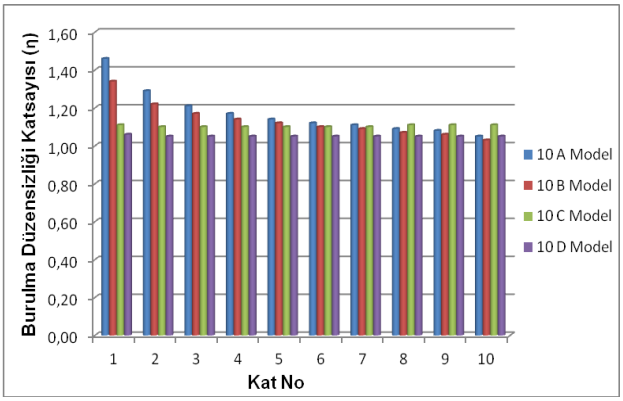
Şekil 11. 20 katlı modellere ait göreli kat ötelemeleri değerleri.

Burulma düzensizliği plan geometri ve rijitlik dağılımı açısından tamamen simetrik sistemlerde de oluşabilmekte, Şekil 12'de görüldüğü gibi buluma düzensizliği katsayısı yönetmeliklerde tanımlanan 1,2'yi geçmektedir. Ayrıca A modelinde burulma düzensizliği katsayısı 1,4'ü geçmekte ve bu durum ASCE'de tanımlanan aşırı burulma düzensizliği sınıfına girmektedir [15]. Perde konumları iç akslardan dışa doğru gittikçe burulma düzensizliği katsayısı da azalmakta ve D modelinde ise bu katsayı 1,05'e inmektedir. Simetrik sistemlerde kat sayısı arttıkça burulma düzensizliği azalmaktadır. 5A modelinde burulma düzensizliği katsayısı zemin katta maksimum olup 1,53 iken sırasıyla aynı katta 10A modelde 1,46, 15A'da 1,44 ve 20A modelinde 1,42 olarak belirlenmiştir. Aynı durum B, C ve D modellerinde de geçerli olduğu için burulma düzensizliği katsayısı yapıların yüksekliği ile ters orantılı olduğu söylenebilir.

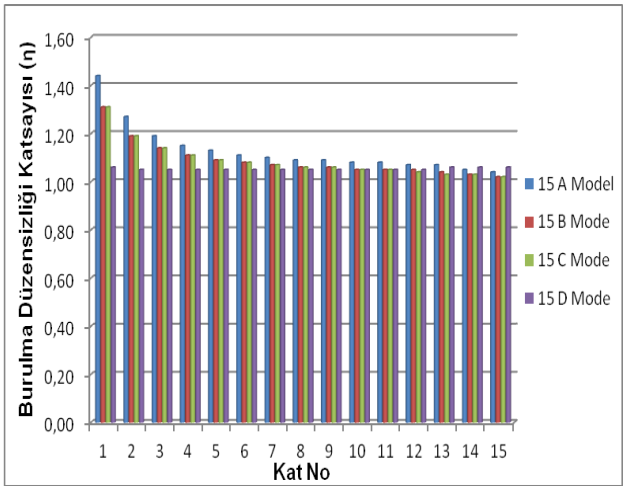
Burulma düzensizliği katsayısı aynı model içinde zemin katta maksimum olup üst katlara giderek azalmaktadır. Bu durum A, B, C ve D modellerin hepsinde gözükmektedir (Şekil 12-15). Perdelerin konumu iç akslardan dışa doğru gittikçe burulma düzensizliği katsayısı azalmakta 5A modelinde maksimum burulma düzensizliği 1,53 iken 5D modelinde bu katsayı 1,06 olarak hesaplanmıştır. Dolaysıyla burulma düzensizliğini minimuma indirmek için perdeler dıştaki akslarda yerleştirilmelidir.



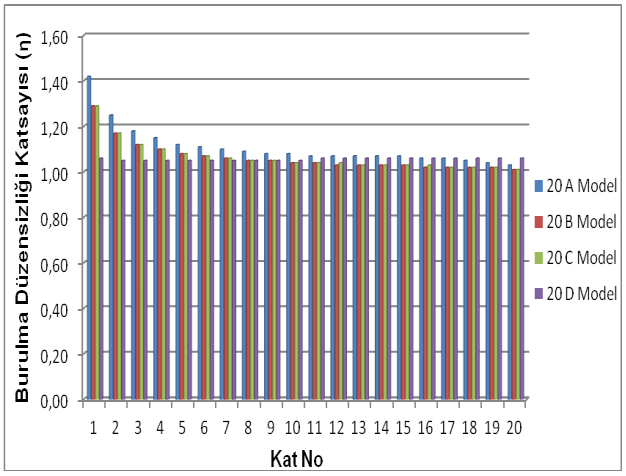
Şekil 12. 5 katlı modellere ait burulma düzensizliği katsayısı.



Şekil 13. 10 katlı modellere ait burulma düzensizliği katsayısı.



Şekil 14. 15 katlı modellere ait burulma düzensizliği katsayısı.



Şekil 15. 20 katlı modellere ait burulma düzensizliği katsayısı.

Ancak mevcut yapılarda mimari ve kullanım açısından dış cephelerde boşluklar istendiği için asansör perdeleri ve bazı taşıyıcı sistem perdeleri iç akslarda yerleştirilmektedir. A modelinde görüldüğü gibi tamamen simetrik sistemlerde bile yapı aşırı burulma düzensizliği sınıfına girerken simetrik olmayan yapılarda bu durum daha da kötüye gidilmektedir. 2011 Van depreminde Şekil 16'da görüldüğü gibi birçok yapı burulmadan dolayı hasar görmüştür ve bunun ana sebeplerinde biri de perdelerin iç akslarda yığılmasıdır.



Şekil 16. Van depreminde hasar gören simetrik bir yapı.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmanın amacı simetrik yapıların depreme dayanıklı tasarımında betonarme perde duvar konumunun etkilerini yapı yüksekliğine bağlı olarak incelemektir. Çalışma kapsamında tamamen simetrik plan geometrisine ve rijitlik dağılımına sahip 16 model üzerine irdelemeler yapılmıştır. Aynı kat planına sahip modellerde dört farklı konuma perdeler iç akslardan dışa doğru yerleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilmektedir.

- Burulma düzensizliği plan geometri ve rijitlik dağılımı açısından tamamen simetrik sistemlerde de yönetmeliklerde tanımlanan burulma düzensizliği katsayısının 1,2'yi ve hatta A modelin 1,4'ü geçtiği görülmektedir. Bu durumda simetrik sistemlerde perde konumuna bağlı olarak burulma düzensizliği ve aşırı burulma düzensizliği ortaya çıkmaktadır.
- Simetrik sistemlerde kat sayısı arttıkça burulma düzensizliği azalmaktadır.
- Göreli kat ötelemeleri minimuma indirmek için perde konumları B ve C modelin konumlarına yakın yerlere yerleştirilmelidir.

5. Teşekkür

Mohammad Manzoor Nasery, doktora çalışmasını 2215 programı kapsamında, ekonomik olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkür eder.

Kaynaklar

[1] Au, E.V., Simplified Methodology for the Seismic Response of Torsionally Irregular Structures, Third Professional Project Report, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, 2007.

[2] Nasery, M. M., Ergün, M., Ateş, Ş., Hüsem, M., Kat Plan Çıkıntıların Burulma Düzensizliği Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi, İnşaat Mühendisleri Odası Trabzon Şubesi, Mühendislik Bülteni, 16-26, 2015.

[3] Özmen, G.,Torsional Irregularity in Symmetric Structures, Turkish Chamber of Civil Engineers Digest 2002, Volume 13, Aralık 2002.

[4] Chintanapakdee, C., Chopra A.K., Evaluation of Modal Pushover Analysis Using Vertically Irregular Frames, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No:2139, 2004.

[5] Lucchini, A., Monti, G., Kunnath, S., Investigation on the Inelastic Torsional Response of Asymmetricplan Buildings, Fifth European Workshop on the seismic behavior of Irregular and Complex Structures, 27-39, 2008.

[6] Cosenza, E., Manfredi, G., Realfonzo, R., Torsional Effects And Regularity Conditions in RC Buildings" 12 WCEE, 2551, 2000.

[7] Demir, A., Demir, D. D., Erdem, R. T., and Bağcı. M.,Torsional Irregularity Effects Of Local Site Classes In Multiple Storey Structures, IJRRAS, August 2010.

[8] N. Özhendekci and Z. Polat Torsional Irregularity of Buildings, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China ,October 12-17, 2008.

[9] Özmen, G., Excessive Torsional Irregularity in Multi-Storey Structures, İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi Digest, Vol.15, No.1, pp:3331-3144 ,2004.

[10] Özmen, G., Gülay, F.G., An Investigation of Torsionally Irregular Multi-Storey Buildings Under Earthquake Loading, Structural Engineering and Mechanics, An International Journal, 14/2, 237-243 2002.

[11] Rajeev, P. and Tesfamariam, s., Seismic fragilities for reinforced concrete buildings with consideration of irregularities, Structural Safety,1-13, 39 ,2012.

[12] A. Sivakumar, A. and Karthikeyan, K., Dynamic behavior of torsionally sensitive reinforced concrete framed structures, Journal of Civil Engineering and Construction Technology Vol. 3(7), pp. 204-211, August, 2012.

[13] Athanassiadou, C. J., Seismic performance of R/C plane frames irregular in elevation, Engineering Structures, 1250–1261, 30, 2008.

[14] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T. C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi,http://www.deprem.gov.tr, 2007.

[15] ASCE 7, Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures, American Society of Civil Engineers/StructuralEngineering Institute(ASCE/SEI). Reston, USA, 2005.

[16] IdeCAD Statik Version 7.022, 2013, İdeyapi, İstanbul.

[17] SAP2000, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Computers and Structures Inc. Berkeley,CA, USA.

BETONARME ÇERÇEVELERİN DEPREM TASARIMINDA FARKLI ANALİZ ESASLI BÜYÜKLÜKLERİN KARŞILAŞTIRILMASI

COMPARISION OF DIFFERENT ANALYSIS BASED QUANTITIES IN SEISMIC DESIGN OF RC FRAMES

Taner UÇAR[a] ve Onur MERTER[b]

[a] Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, E-posta: taner.ucar@deu.edu.tr
[b] Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye, E-posta: onur.merter@deu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada farklı deprem hesap yöntemlerinden elde edilecek kuvvet ve yerdeğiştirme tipindeki tasarım büyüklüklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. 3, 5 ve 8 katlı betonarme çerçevelerin doğrusal elastik deprem hesabı Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'de verilen hesap yöntemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çerçevelerin zaman tanım alanında doğrusal elastik deprem hesabında süre ve genlik bakımından yönetmelik koşullarını sağlayan gerçek deprem ivme kayıtları kullanılmıştır. Seçilen deprem kayıtları, Z3 yerel zemin sınıfına ait elastik tasarım ivme spektrumuna uyumlu olacak şekilde zaman tanım alanında ölçeklenmiştir. Çalışma kapsamında, farklı analiz yöntemlerinden hesaplanan taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve etkin göreli kat ötelemesi oranları karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Betonarme çerçeveler, deprem hesap yöntemi, kat kesme kuvveti, etkin göreli kat ötelemesi oranı

Abstract

In this study, the comparison of some force and displacement based design quantities obtained from different earthquake analysis methods is aimed. Linear elastic earthquake analyses of 3, 5 and 8 story RC frames are performed by using the methods of Turkish Seismic Design Code. Real earthquake accelerograms satisfying duration and amplitude requirements of Turkish Seismic Design Code are used in linear elastic time history analyses of frames. The selected acceleration time histories are scaled in time domain to match the linear elastic design spectrum of Z3 soil type. Base and story shear forces and effective inter-story drift ratios obtained from different analysis methods are given comparatively.

Keywords: RC frames, earthquake analysis method, story shear force, effective inter-story drift ratio

1. Giriş

Deprem tehlikesinin ön plana çıktığı coğrafi bölgelerde yeni yapılacak yapıların düşey yüklere ek olarak öngörülen belirli bir deprem etkisine göre boyutlandırılması gereklidir. Bu tarz bir boyutlandırmada, esas alınacak deprem yüklerinin ne şekilde tanımlanacağı ve deprem yer hareketinin yapı sisteminden talep ettiği çeşitli tasarım büyüklüklerinin hesabına yönelik analiz yöntemlerinin ne olabileceği soruları gündeme gelmektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Yapıların tasarımında, çoğu zaman, farklı tasarım parametrelerinin zamana bağlı olarak değişiminden ziyade tasarıma esas olan yapıya etkiyen yüklerin alabileceği en büyük değerler tasarımcı açısından önem kazanmaktadır. Çağdaş deprem yönetmeliklerinde yapıların tasarımına yönelik elastik deprem yüklerinin tanımlanmasında belirli bir deprem tehlikesi ve zemin sınıfı için esas alınan tasarım ivme spektrumları kullanılmaktadır [1]. Elastik tasarım spektrumları, belirli bölgeler için jeolojik ve jeofizik açıdan ortak özelliklere sahip yer hareketlerinin tepki spektrumlarının istatistik yöntemlerle değerlendirilmesi sonucunda standardize edilir ve spektrum eğrisinin ordinatları olan spektral ivmeler bazı deprem parametrelerine bağlanarak analitik olarak ifade edilir. Bununla birlikte, yeni yapılacak yapıların tasarımına esas büyüklüklerin belirlenmesi amacıyla genlik ve süre bakımından belirli özellikleri taşıyan yapay yollarla üretilen, daha önce kaydedilmiş veya benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılabilir [2].

DBYBHY'de binaların ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılmak üzere üç farklı analiz yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi'nde deprem tehlikesi elastik tasarım ivme spektrumları kullanılarak dikkate alınmaktadır. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ise, seçilen deprem kayıtları altında yapının dinamik hareket denkleminin çözülmesi esasına dayanmaktadır. Genel olarak oldukça büyük değerler alan elastik deprem yükleriyle ekonomik tasarımlar mümkün olamayacağından taşıyıcı sistemde belirli düzeyde hasara bilerek izin verilmekte ve her üç analiz yönteminde de azaltılmış deprem yükleri tasarımda esas alınmaktadır. Matematiksel açıdan kesinlikleri farklı olan bu analiz yöntemlerinden farklı değerlere sahip tasarım büyüklüklerinin elde edilmesi olasıdır. Bununla birlikte, DBYBHY'de belli koşullar altında her üç yöntemin de binaların deprem tasarımında kullanılmasına izin verildiğine göre, bu yöntemlerden elde edilecek büyüklüklerin birbirinden çok farklı olmaması beklentisi de gündeme gelmektedir.

Çalışmada, 3,5 ve 8 katlı betonarme çerçevelerin yönetmelik elastik tasarım ivme spektrumu esas alınarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi ile analizi gerçekleştirilmiştir. Zaman tanım alanında doğrusal elastik analizlerde, elastik tasarım ivme spektrumuna uyumlu olacak şekilde zaman tanım alanında ölçeklenmiş on adet gerçek deprem kaydı kullanılmıştır. Ölçeklenmiş kayıtların her biri için %5 sönüm oranına

sahip tek serbestlik dereceli doğrusal sisteme ait ivme spektrumları oluşturulmuş ve bunların ortalaması kullanılarak Mod Birleştirme Yöntemi ile analiz tekrarlanmıştır. Böylece aynı deprem tehlikesi için DBYBHY'de verilen farklı doğrusal elastik hesap yöntemlerinden elde edilen taban kesme kuvvetleri, kat kesme kuvvetleri ve etkin göreli kat ötelemesi oranları birbiriyle karşılaştırılmıştır.

2. Betonarme Çerçeve Modellerin Özellikleri

Çalışma kapsamında ülkemizdeki yapı stokunun önemli bir kısmını oluşturan ve günümüzde de sıkça tercih edilen kat sayısı ve geometrik özelliklere sahip tipik kiriş-kolon birleşimli betonarme çerçeveler kullanılmıştır. Çerçeveler, planda her iki doğrultuda 5 m'lik üç açıklığa sahip üç boyutlu betonarme bir binanın iç aksından çıkarılmıştır. Kat sayıları 3, 4 ve 8 olarak belirlenen betonarme çerçeveler çalışma kapsamında BAÇ_3, BAÇ_4 ve BAÇ_8 olarak isimlendirilmiştir. Karakteristik beton basınç dayanımı 20 MPa, enine ve boyuna donatıların karakteristik akma dayanımı ise 420 MPa olarak öngörülmüştür. Tipik kat yüksekliği (h_i) 2.70 m olarak alınmıştır.

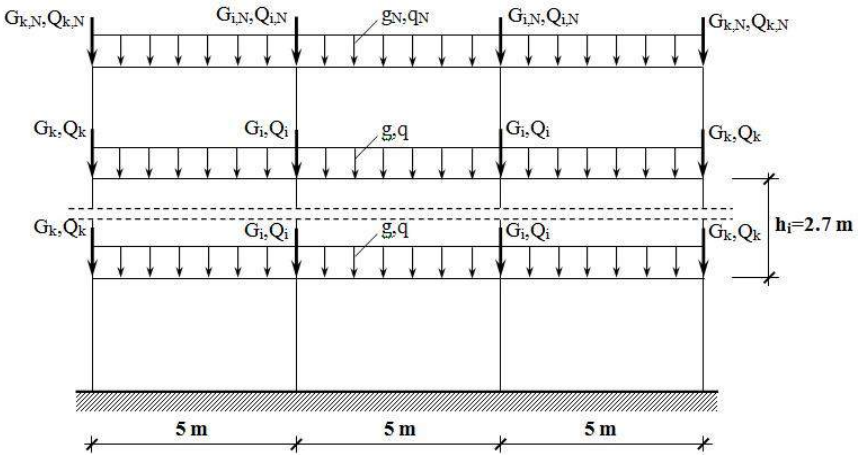
Seçilen çerçeveler TS500 [3] ve DBYBHY [2] koşullarını sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Boyutlandırmada esas alınan düşey yükler üç boyutlu bina üzerinden hesaplanmış ve çerçevelere paylaştırılmıştır. Söz konusu düşey yükler tipik bir çerçeve üzerinde Şekil 1'de gösterilmiştir. Kirişler üzerindeki düzgün yayılı yükler g ve q olarak belirtilmiştir. Çerçeveye dik doğrultudaki kirişlerden çerçeve kolonlarına aktarılan sabit ve hareketli tekil yükler ise kenar kolonlar için G_k, Q_k ve iç kolonlar için ise G_i, Q_i olarak gösterilmiştir. Aynı yüklerin son kat (N) için azaltılmış değerleri dikkate alınmıştır ($G_{k,N}$, $Q_{k,N}$ ve $G_{i,N}$, $Q_{i,N}$). Düzgün yayılı yüklerin ve kolon üst uçlarındaki tekil yüklerin sayısal değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

3. Çerçevelerin Doğrusal Elastik Deprem Hesabı

Yapı önem katsayısı I=1.0 olarak belirlenen çerçevelerin birinci derece deprem bölgesinde bulunduğu (etkin yer ivmesi katsayısı A_0=0.40), zemin sınıfının Z3 (spektrum karakteristik periyotları T_A=0.15 saniye ve T_B=0.60 saniye) olduğu ve yüksek süneklik düzeyine sahip olduğu (taşıyıcı sistem davranış katsayısı R=8) kabul edilmiştir. Çerçevelerin kat kütleleri ölü yükler ile hareketli yüklerin %30'unun (hareketli yük katılım katsayısı, n=0.30) toplamından hesaplanmıştır.

Çerçevelerin doğrusal elastik hesap modelleri SAP2000 [4] yapısal analiz programında oluşturulmuş ve TS500'de [3] verilen farklı yük birleşimleri dikkate alınarak boyutlandırması gerçekleştirilmiştir. Çerçevelerin boyutlandırılması aşamasında doğrusal elastik deprem hesabı Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Boyutlandırma sonucunda çerçevelerdeki tüm kirişler 25x50 cm olarak belirlenmiştir. Kare olarak tasarlanan kolon kesitlerinin boyutları BAÇ_3'de 40x40 cm, BAÇ_4'de 45x45 cm ve BAÇ_8'de 60x60 cm olarak belirlenmiştir.

Çalışmanın bundan sonraki aşamasında eleman kesit boyutları yukarıda açıklandığı şekilde belirlenen çerçevelerin doğrusal elastik deprem hesabı, bina ve bina türü yapıların deprem hesabında kullanılmak üzere detayları DBYBHY'de [2] verilen Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi kullanılarak tekrarlanmıştır. Bu şekilde ele alınan betonarme çerçevelerin doğrusal elastik deprem hesabına ait farklı yöntemlerden elde edilen iç kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklüklerinin karşılaştırılması yapılabilecektir.



Şekil 1. Çerçevelerin geometrik özellikleri ve tasarımda esas alınan düşey yükler.

Çizelge 1 Tasarımda esas alınan düşey yük değerleri.

Düzgün Yayılı Yükler (kN/m)							
g		***q***		***g_N***		***q_N***	
20.50		6.67		15.50		5.00	
Tekil Yükler (kN)							
G_k	***Q_k***	***G_i***	***Q_i***	***$G_{k,N}$***	***$Q_{k,N}$***	***$G_{i,N}$***	***$Q_{i,N}$***
71.00	16.65	102.63	33.33	52.50	12.50	77.45	25.00

3.1. Mod Birleştirme Yöntemi

Çerçevelerin Mod Birleştirme Yöntemi ile analizinde hesaba katılması gereken yeterli titreşim modu sayısı (*Y*), dikkate alınan yatay deprem doğrultusunda her serbest titreşim modu için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlesinin %90'ından daha az olmaması kuralına (Denklem (1)) göre belirlenmiştir [2].

$$\sum_{n=1}^{Y} M_{xn} = \sum_{n=1}^{Y} \frac{L_{xn}^2}{M_n} \geq 0.90 \cdot \sum_{i=1}^{N} m_i \qquad (1)$$

Bu denklemde, M_{xn}: göz önüne alınan x deprem doğrultusunda doğrusal elastik davranış için binanın *n*'inci doğal titreşim modundaki etkin kütle, M_n: *n*'inci doğal titreşim moduna ait modal kütle, m_i: binanın *i*'inci katının kütlesi ve *N*: binanın toplam kat sayısıdır. L_{xn} kat döşemelerinin rijit diyafram olarak çalıştığı binalar için

$$L_{xn} = \sum_{i=1}^{N} m_i \cdot \Phi_{xin} \qquad (2)$$

şeklinde hesaplanır. Denklem (2)'de, Φ_{xin}: *n*'inci mod şeklinin *i*. katta *x* ekseni doğrultusundaki yatay bileşenidir.

Çerçevelerin SAP2000 [4] ortamında gerçekleştirilen serbest titreşim analizine ait sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. T_{xn}: *n*'inci doğal titreşim modundaki periyottur. Denklem (1)'deki kuralın BAÇ_3 için ilk iki titreşim modu, diğer çerçeveler için ise ilk üç titreşim modu dikkate alındığında sağlandığı görülmektedir. Mod Birleştirme Yöntemi ile analizde tüm çerçeveler için *Y*=3 olarak alınmıştır. Böylece, x deprem doğrultusunda her serbest titreşim modu için hesaplanan etkin kütlelerin toplamının bina toplam kütlesine oranı BAÇ_3 için %100, BAÇ_5 için %97.54 ve BAÇ_8 için %94.68 olmaktadır. Söz konusu oran, hesaba katılan aynı sayıda titreşim modu için çerçevelerin kat sayısındaki artışa bağlı olarak azalmaktadır.

Çerçevelerin Mod Birleştirme Yöntemi ile analizinde Z3 yerel zemin sınıfı için DBYBHY'de [2] tanımlanan elastik tasarım ivme spektrumu ve detayları bir sonraki bölümde açıklanan gerçek depremlerin ölçeklenmiş kayıtlarına ait ortalama elastik ivme spektrumu kullanılmıştır. Herhangi bir *n*'inci titresim modunda gözönüne alınacak azaltılmış ivme spektrumu ordinatı Denklem (3) ile belirlenmiştir.

Çizelge 2 Çerçevelerin dinamik özellikleri.

Çerçeve	$\sum_{i=1}^{N} m_i$ (ton)	Mod (*n*)	T_{xn} (sn)	$\frac{M_{xn}}{\sum m_i}$	$\sum \frac{M_{xn}}{\sum m_i}$
BAÇ_3	213.71	1	0.404	87.90	87.90
		2	0.125	9.90	97.80
		3	0.070	2.20	**100.>90**
BAÇ_5	380.62	1	0.585	82.48	82.48
		2	0.178	10.86	93.34
		3	0.093	4.20	**97.54>90**
BAÇ_8	644.06	1	0.889	79.69	79.69
		2	0.273	10.65	90.34
		3	0.144	4.34	**94.68>90**

$$S_{aR}(T_n) = \frac{S_{ae}(T_n)}{R_a(T_n)} \qquad (3)$$

Burada, $S_{aR}(T_n)$: *n*'inci doğal titresim modu için azaltılmıs spektral ivme, $S_{ae}(T_n)$: elastik spektral ivme ve $R_a(T_n)$: deprem yükü azaltma katsayısıdır. Depremlerin ölçeklenmiş kayıtlarına ait ortalama elastik ivme spektrumu ile gerçekleştirilen analizlerde, Denklem (3)'deki elastik spektral ivme yerine ortalama spektrumun ordinatı dikkate alınmıştır. Maksimum mod katkılarının birleştirilmesi için Karelerin Toplamının Kare Kökü (SRSS) kuralı uygulanmıştır.

3.2. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap

Betonarme çerçevelerin zaman tanım alanında doğrusal elastik deprem hesabında süre ve genlik bakımından DBYBHY'de [2] belirtilen koşulları sağlayan gerçek deprem ivme kayıtları kullanılmıştır. Depremlerin seçiminde, Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi [5] veri tabanında yer alan kayıtlardan yararlanılmış ve depremin büyüklüğü, faylanma mekanizması ve zemin koşulları esas alınmıştır. Kullanılan kayıtların tamamı doğrultu atımlı fayların oluşturduğu depremlere aittir ve yakın fay etkisi içermemektedir. Çalışmada kullanılan kayıtlar ve bu kayıtlara ait özellikler Çizelge 3'de verilmiştir. Burada, M_w: depremin moment büyüklüğü, J_{RB}: Joyner-Boore mesafesi, V_{S30}: zemin profilinin ilk 30 m'lik katmanına ait ortalama kayma dalgası hızı, *PGA*, *PGV* ve *PGD* ise sırasıyla en büyük yer ivmesi, yer hızı ve yer değiştirmesidir.

Çizelge 3 Seçilen deprem kayıtlarına ait özellikler.

Kayıt	Deprem	İstasyon	M_w	R_{JB} (km)	V_{S30} (m/s)	PGA (g)	PGV (cm/s)	PGD (cm)
IMPVALL.I_I-ELC180	Imperial Valley-02, 1940	El Centro Array #9	6.95	6.09	213.44	0.281	30.93	8.66
IMPVALL.I_I-ELC270	Imperial Valley-02, 1940	El Centro Array #9	6.95	6.09	213.44	0.211	31.29	24.18
SUPER.B_B-POE360	Superstition Hills-02, 1987	Poe Road	6.54	11.16	316.64	0.286	29.02	11.56
BIGBEAR_HOS180	Big Bear-01, 1992	San Bernandino-E & Hospitality	6.46	34.98	296.97	0.101	11.85	3.36
KOBE_KAK000	Kobe, 1995	Kakogawa	6.9	22.5	312.0	0.240	20.80	6.39
KOBE_SHI000	Kobe, 1995	Shin-Osaka	6.9	19.4	256.0	0.225	31.33	8.38
KOCAELI_DZC180	Kocaeli, 1999	Düzce	7.51	13.6	281.86	0.312	58.85	44.05
DUZCE_DZC270	Düzce, 1999	Düzce	7.14	0	281.86	0.515	84.29	47.99
SIERRA.MEX_CHI090	El Mayor-Cucapah, 2010	Chihuahua	7.2	18.21	242.05	0.197	34.03	31.22
SIERRA.MEX_GEO090	El Mayor-Cucapah, 2010	Cerro Prieto Geothermal	7.2	8.88	242.05	0.288	49.54	40.31

Deprem kayıtlarının alındığı kaynakta DBYBHY'de [2] verilen kapsamda bir zemin sınıflandırması bulunmamaktadır. Bu nedenle, kayıtların zemin sınıfına göre seçiminde zemin profilinin ilk 30 m'lik katmanına ait ortalama kayma dalgası hızı (V_{S30}) dikkate alınmıştır. Buna göre Z3 yerel zemin sınıfı, USGS sınıflandırma sisteminde V_{S30} değerleri 180-360 m/s aralığındaki C grubu zemin ile eşleştirilmiştir. Bu tarz eşleştirmelere farklı çalışmalarda da rastlamak mümkündür [6, 7].

Veri bankalarında gerçek depremlere ait önemli sayıda yer hareketi kaydı bulunmasına rağmen, bunlar arasında deprem yönetmeliklerinde belirtilen tüm özellikleri taşıyan yeterli sayıda kaydın bulunması oldukça zordur [8]. Bu gibi durumlarda gerçek deprem kayıtlarının zaman tanım alanında veya frekans alanında ölçeklenmesi yoluna gidilmektedir [9].

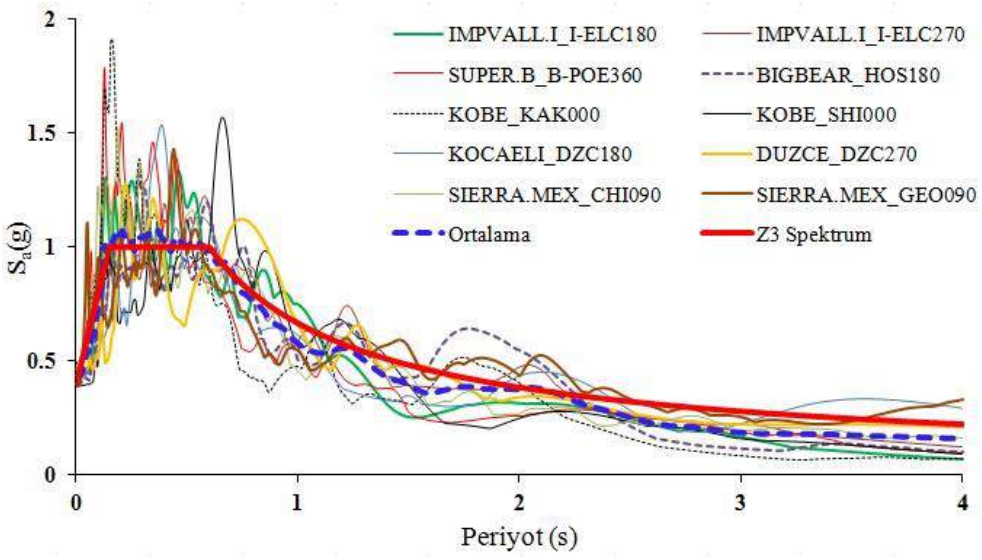
Bu çalışmada, seçilen gerçek deprem kayıtları, birinci derece deprem bölgesi (etkin yer ivmesi katsayısı A_0=0.4) ve bina önem katsayısı I=1 için DBYBHY'in Z3 yerel zemin sınıfına ait elastik tasarım ivme spektrumuna uyumlu olacak şekilde zaman tanım alanında ölçeklenmiştir. Bu şekilde kayıtların frekans içeriği değiştirilmemiş ve yer hareketi kaydının ordinatları 1'den büyük veya 1'den küçük sabit bir katsayı ile çarpılarak gerçek deprem kaydına ait %5 sönüm oranı için oluşturulmuş olan tepki spektrumunun, belirli bir periyot aralığında hedef tasarım ivme spektrumuna en uygun eşleştirmesi yapılmıştır. Hedeflenen tasarım ivme spektrumuna yaklaşmak için ivme kayıtlarının çarpıldığı doğrusal ölçekleme katsayıları (α_{ST}), En Küçük Kareler Yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. Ölçekleme T_1=0.01 s ve T_2=4.00 s periyot aralığında yapılmıştır. Seçilen deprem kayıtlarının her biri için %5 sönüm oranına sahip tek serbestlik dereceli doğrusal sisteme ait ivme spektrumları SeismoSpect [10] programı kullanılarak oluşturulmuştur.

Ölçeklenmiş kayıtlara ait bazı özellikler Çizelge 4'de verilmiştir. Burada, $S_{ae}(T_0)$ sıfır periyoda karşılık gelen spektral ivme değeridir. Ölçeklenen kayıtların sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması 0.430g olarak hesaplanmıştır. Bu değer DBYBHY'de [2] alt sınır olarak verilen A_0g'den büyüktür. Ayrıca, ölçeklenmiş kayıtların %5 sönüm oranı için bulunan spektral ivme değerlerinin ortalaması, çalışmada kullanılan çerçevelerin serbest titreşim analizinden bulunan T_{x1} periyodunun 0.2 ve 2 katı arasındaki periyotlar için Z3 tasarım ivme spektrumundaki $S_{ae}(T)$'lerin %90'nından büyük hesaplanmıştır. Çizelge 4'de her bir deprem kaydının süresiyle birlikte kaydın kuvvetli yer hareketi süresini belirtmek için bu çalışmada esas alınan zarf süreler de verilmiştir. Zarf süre, deprem kaydında 0.05g'lik eşik ivme değerinin ilk ve son aşılması arasında geçen süre olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4 Ölçekli kayıtlara ait özellikler.

Kayıt	Kayıt Süresi (s)	Zarf Süre (s)	α_{ST}	$S_{ae}(T_0)$ (g)
IMPVALL.I_I-ELC180	53.710	30.160	1.58	0.4449
IMPVALL.I_I-ELC270	53.450	30.600	2.07	0.4360
SUPER.B_B-POE360	22.290	20.130	1.63	0.4653
BIGBEAR_HOS180	99.990	38.590	3.99	0.4021
KOBE_KAK000	40.950	25.710	2.02	0.4845
KOBE_SHI000	40.950	17.020	1.74	0.3912
KOCAELI_DZC180	27.180	19.920	1.41	0.4404
DUZCE_DZC270	25.880	19.020	0.87	0.4477
SIERRA.MEX_CHI090	129.995	76.070	2.01	0.3965
SIERRA.MEX_GEO090	99.995	53.515	1.35	0.3892

Z3 yerel zemin sınıfına ait elastik tasarım ivme spektrumuna uyumlu olacak şekilde zaman tanım alanında ölçeklenmiş on adet deprem kaydına ait %5 sönümlü elastik ivme spektrumları DBYBHY'in [2] aynı zemin sınıfına ait elastik tasarım ivme spektrumu ile birlikte Şekil 2'de gösterilmiştir. Aynı şekilde on adet ölçeklenmiş kayda ait spektrumların ortalaması da gösterilmiştir. Ölçeklenmiş kayıtlara ait ortalama elastik ivme spektrumunun, tasarım ivme spektrumu ile oldukça uyumlu olduğu görülmektedir. İvme spektrumları SeismoSpect [10] programı kullanılarak oluşturulmuştur.



Şekil 2. Ölçekli kayıtlara ait elastik ivme spektrumları ve Z3 tasarım spektrumu.

4. Analiz Sonuçları ve Değerlendirme

Çalışma kapsamında ele alınan betonarme çerçevelerin deprem hesabı DBYBHY'de [2] verilen hesap yöntemleri kullanılarak SAP2000 [4] yapısal analiz programı ile gerçekleştirilmiştir. Buna göre, Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi (EDYY), Mod Birleştirme Yöntemi (MBY) ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi'nden (ZTA) elde edilen kat kesme kuvveti değerleri Çizelge 5'de verilmiştir. Aynı çizelgede deprem hareketinin yapıdan talep ettiği taban kesme kuvveti değerleri de görülmektedir. Bu değerin belirlenmesi, yapıların kuvvet esaslı deprem tasarımında büyük önem arz etmektedir. Çizelge 5'deki deprem yükleri, depremde taşıyıcı sistemin kendine özgü doğrusal elastik olmayan davranışını gözönüne almak üzere azaltılmış ivme spektrumu kullanılarak hesaplanmış değerleri yansıtmaktadır.

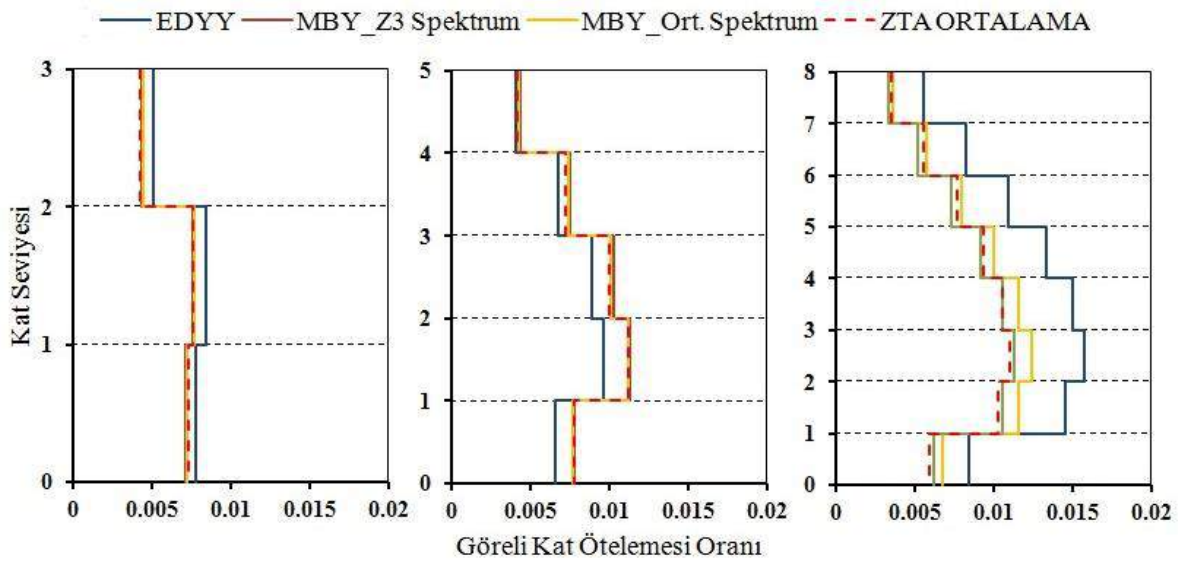
Çizelge 5 Farklı hesap yöntemlerine ait kat kesme kuvveti değerleri (kN).

	Kat	EDYY	MBY		ZTA (Ort.)
			Z3 Spektrum	Ort. Spektrum	
BAÇ_3	3	117.01	93.77	93.63	92.18
	2	213.71	183.38	184.97	180.64
	1	262.06	229.90	231.85	241.03
BAÇ_5	5	142.76	101.27	99.73	101.01
	4	272.35	212.24	210.67	212.97
	3	369.54	299.74	296.30	295.09
	2	434.34	358.67	355.11	357.60
	1	466.74	385.89	381.99	394.78
BAÇ_8	8	133.52	83.09	77.73	83.71
	7	244.28	177.77	164.90	178.18
	6	339.21	257.01	236.47	252.06
	5	418.32	324.39	296.70	304.97
	4	481.61	379.90	346.56	347.48
	3	529.08	422.95	385.98	377.93
	2	560.72	452.70	413.94	400.64
	1	576.54	465.42	426.11	415.17

Toplam eşdeğer deprem yükü (taban kesme kuvveti) ve bunun çerçeve katlarına dağıtılması DBYBHY'de [2] belirtildiği gibi yapılmıştır. Çerçevelerin Mod Birleştirme Yöntemi ile analizinde Z3 yerel zemin sınıfı için DBYBHY'de [2] tanımlanan elastik tasarım ivme spektrumu ve 10 adet gerçek depremlerin ölçeklenmiş kayıtlarına ait ortalama elastik ivme spektrumu kullanılmıştır. Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi'nden elde edilen kat kesme kuvveti değerleri ölçeklenmiş on adet yer hareketi kullanılarak gerçekleştirilen dinamik analizlerden elde edilen değerlerin ortalamasıdır. Zaman tanım alanında gerçekleştirilen dinamik analizlerde sönümün rijitlik ve kütle ile orantılı olduğu kabul edilmiş ve Rayleigh sönüm oranı sabitlerinin hesabında sönüm oranı %5 olarak alınmıştır.

BAÇ_3 çerçevesi için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden hesaplanan taban kesme kuvveti Mod Birleştirme Yöntemi ile elde edilen taban kesme kuvvetinden %14 (Z3 spektrum) ve %13 (ort. spektrum), Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ile bulunan taban kesme kuvvetinden ise %8.7 fazladır. Aynı oranlar, BAÇ_5 için %21 (Z3 spektrum), %22 (ort. spektrum) ve %18; BAÇ_8 için %24 (Z3 spektrum), %35 (ort. spektrum) ve %39'dur. Herhangi bir yapısal düzensizlik ve yükseklik sınırı gibi belirli kısıtlamalara sahip olmayan betonarme çerçevelerin kuvvet esaslı deprem tasarımında çok yaygın olarak kullanılan Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi sonuçlarının oldukça konservatif olduğu görülmektedir.

Azaltılmamış deprem yüklerine göre hesaplanan etkin göreli kat ötelemesi oranlarının farklı deprem hesap yöntemlerinden elde edilmiş değerlerinin grafiksel gösterimi Şekil 3'deki gibidir. En büyük etkin göreli kat ötelemesi oranı BAÇ_3 için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'den %0.84, BAÇ_5 için Mod Birleştirme Yöntemi'nden (Z3 spektrum) %1.13 ve BAÇ_8 için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden %1.57 olarak elde edilmiştir.



Şekil 3. Farklı deprem hesap yöntemlerinden elde edilen etkin göreli kat ötelemesi oranları.

5. Sonuçlar

İnşaat mühendisliği uygulamalarında yaygın olarak kullanılan kat sayısına ve geometrik özelliklere sahip betonarme çerçevelerin doğrusal elastik deprem hesabı DBYBHY'de verilen üç farklı analiz yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve hesaplanan bazı tipik kuvvet ve yerdeğiştirme büyüklükleri karşılaştırılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular aşağıda sıralanmıştır.

- En büyük tasarım taban kesme kuvvetleri ve kat kesme kuvvetleri Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden elde edilmiştir.
- Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi'nden elde edilen taban kesme kuvvetlerinin diğer iki yöntemden hesaplanan taban kesme kuvvetine oranı, kat sayısındaki artışa bağlı olarak artmaktadır.
- 3 ve 5 katlı çerçeveler için iki farklı spektrumun kullanıldığı Mod Birleştirme Yöntemi'nden elde edilen kesme kuvveti değerleri birbirine çok yakındır. 8 katlı çerçevede ise Z3 yerel zemin sınıfına ait elastik tasarım ivme spektrumunun kullanıldığı analizlerden daha büyük (%6.5-%9.5) tasarım kesme kuvveti değerleri hesaplanmıştır.
- Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi'nden elde edilen kesme kuvveti ve etkin göreli kat ötelemesi değerleri birbirine daha yakındır.
- 3 ve 8 katlı çerçevelerde en büyük etkin göreli kat ötelemesi oranları Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ile analizden hesaplanırken, 5 katlı çerçevede ise aynı yöntemden Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi sonuçlarına göre bir miktar küçük değerler bulunmuştur.
- Tüm analiz yöntemlerinden elde edilen etkin göreli kat ötelemesi oranlarında DBYBHY'de verilen 0.02 üst sınırı aşılmamıştır.

Çalışmanın, betonarme çerçevelerin deprem tasarımına yönelik üç farklı hesap yönteminden elde edilen büyüklüklerinin mertebesi hakkında tasarımcıya önemli fikirler verebileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

[1] Uçar, T., Merter, O., Gerçek depremlerin ölçeklenmiş kayıtlarına ait tepki spektrumlarının farklı tasarım ivme spektrumları ile uyuşumunun araştırılması, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, DEÜ, İzmir, 14-16 Ekim, 2015.

[2] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.

[3] TS500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

[4] SAP2000, Integrated Structural Analysis and Design Software, Version 16.1.0. Computers and Structures Inc., Berkeley, CA, 2014.

[5] Pasifik Deprem Mühendisliği Araştırma Merkezi (PEER), PEER Strong Motion Database. http://ngawest2.berkeley.edu/, 2015.

[6] İnel, M., Özmen, H.B., Gerçek ivme kayıtları ve 2007 deprem yönetmeliği doğrusal elastik olmayan deplasman talebi değerlerinin karşılaştırılması, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ODTÜ, Ankara, 11-14 Ekim, 2011.

[7] İnel, M., Çelik, S., Özmen, H.B., Önür, Ö., Betonarme binaların deplasman taleplerinin 3-B doğrusal elastik olmayan dinamik analizle değerlendirilmesi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ODTÜ, Ankara, 11-14 Ekim, 2011.

[8] Ay, B.Ö., Akkar, S., Evaluation of a recently proposed record selection and scaling procedure for low-rise to mid-rise reinforced concrete buildings and its use for probabilistic risk assessment studies. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 43/6:889-908, 2014, DOI: 10.1002/eqe.2378.

[9] Fahjan, Y.M., Türkiye Deprem Yönetmeliği (DBYBHY, 2007) tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklenmesi. İMO Teknik Dergi, 19/3:4423-4444, 2008.

[10] SeismoSpect v2.1.2, Seismosoft Ltd., İtalya, 2015.

YARI AKTİF SÖNÜMLEYİCİ KULLANILAN ÇELİK BİR ÇERÇEVENİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF STEEL FRAME WITH SEMI ACTIVE DAMPER

Özge ŞAHİN[a] H.Serdar KÜYÜK[b,c] Muharrem AKTAŞ[d]

[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, ozgesahin@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, skuyuk@sakarya.edu.tr
[c] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr
[d] Sakarya Universitesi, Sakarya, Türkiye, muharrema@sakarya.edu.tr

Özet

Dünyada yarı aktif sönümleyici kullanılarak inşa edilen yapıların sayıları gittikçe artmaktadır. Türkiye'de henüz gerçek bir yapıda kullanılmamış olmasının yanı sıra sönümleyici kullanılmış ölçekli model yapılar üzerinde de ancak sınırlı sayıda deneysel inceleme yapılmıştır. Bu çalışmada, yapı sistemlerinde sismik hareketlerle meydana gelen titreşimlerin azaltılmasında kullanılan yarı aktif sönümleyicilerin etkinliği Tek Serbestlik Dereceli (TSD) bir çerçevede deneysel olarak incelenmiştir. İncelenen çerçeveye sarsma tablası üzerinde öncelikle Magnetorheologic (MR) sönümleyicinin bağlı olmadığı 'serbest durum' ile MR sönümleyicinin bağlı olduğu ancak bir gerilim ve kontrol algoritması uygulanmadığı 'pasif durum' için sinüzoidal yük uygulanmış ve ivme kayıtları elde edilmiştir. Deneysel verilerden elde edilen yer değiştirme-zaman ve ivme-zaman grafikleri, yarı aktif sönümleyicinin yapı tepe noktası yer değiştirmelerini azaltmada etkili sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: MR sönümleyici, Sarsma Tablası Deneyi, Dinamik Analiz

Abstract

The number of structures constructed with semi active damper is increasing in the world. It has not been used yet on a real building in Turkey and moreover there is also limited number of experimental investigations for damper used in scaled model structures. In this paper, effect of semi-active damper is investigated experimentally by considering the seismic response of a single degree of freedom system (SDF) constructed with semi-active damper to reduce the vibrations due to seismic excitation. Experimental testing is firstly conducted for a model without MR damper mounted on the frame and secondly for a model with MR damper mounted but excluding electric current and control algorithm situation so called passive case. For both cases sinusoidal force is applied and acceleration response of structure is recorded. According to the experimental data obtained from the displacement-time and acceleration-time graphs, the semi-active damper has been found effective to reduce the roof displacement of the structure.

Keywords: MR damper, Shaking Table Test, Dynamic Analysis

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

1. Giriş

Yapıları ve yapısal olmayan elemanları dinamik dış kuvvetlere karşı korumak amacıyla son yıllarda mevcut depreme dayanıklı tasarıma ek olarak, tamamlayıcı yeni yaklaşımlar üzerinde çalışılmaktadır [1]. Yapının dinamik yükler altında sismik enerjiyi sönümleyerek 50 yılda aşılma olasılığı %10 olan tasarım depreminde yıkılmayacak şekilde can güvenliği performans seviyesinde hasar görmesi klasik depreme dayanıklı yapı tasarımı yaklaşımıdır. Bu yaklaşım kuvvetli yer hareketi altında yapı performansının devam ettirilmesi isteği ile çelişebilmektedir. Bu nedenle mevcut yapılar ve tasarlanan yapıların deprem performanslarını arttırmak üzere çeşitli sismik enerji sönümleme sistemleri geliştirilmiştir [2].

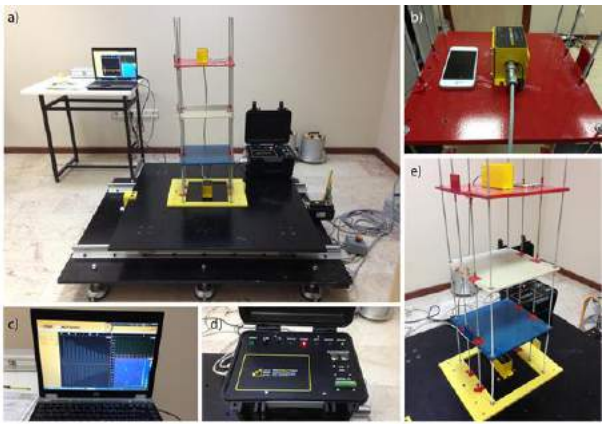
Enerji sönümleme sistemleri aktif, yarı aktif ve pasif sistemler olarak adlandırılmaktadır. Pasif sistemlerin değişken yapı ve yükleme koşullarına karşı performansları sınırlıdır. Aktif sistemler bu değişken koşullara karşı cevap verebilirler, ancak bakım masrafları çok yüksektir. Yarı aktif sistemler, pasif sistemlerin güvenilirliğini ve aktif sistemlerin değişken koşullara karşı cevap verebilme yeteneğini bir arada bulundurmaları sebebiyle önem kazanmaktadırlar [3]. Bu tür sönümleme sistemleri, gerek yeni yapılacak binalarda gerekse mevcut binaların yenilenmesi veya güçlendirilmesin de etkin bir şekilde kullanılarak, depreme dayanıklı yapı tasarımına yeni bir yaklaşım getirmiştir.

Bu çalışmada yarı aktif sönümleyici sistemlerden olan MR sönümleyicinin performansı TSD çelik bir çerçeve kullanılarak incelenmiştir. İncelenen yapı sinüs yükleri altında test edilmiştir. Sönümleyici uygulanmış ve uygulanmamış çerçevelerin tepe noktalarındaki yer değiştirme ve ivme genlikleri elde edilmiştir.

2. Deney Düzeneği ve Yapı Modeli

2.1. Deneysel Ölçüm Düzeneği

Dinamik deneylerde kullanılan ve Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Deprem Araştırma Laboratuvarında (DEPAR) bulunan sarsma tablası ve çevre birimleri deney düzeneği olarak kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Titreşim Tablası ve çevresel birimler

2.2. Sarsma Tablası

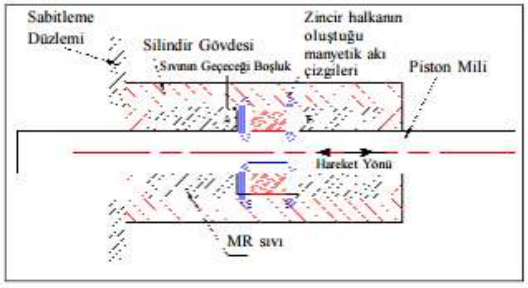
Sarsma tablası 1x1 m boyutunda, 125 kg'lık yük kapasitesine sahiptir. Toplam hareket boyu ±100 mm, maksimum yatay kuvvet kapasitesi 2500 N, maksimum ivme kapasitesi ±2g ve maksimum doğrusal hızı 500 mm/s'dir. Üretici firma tarafından sağlanan yük kontrol yazılımı vasıtasıyla sarsma tablası ile 1 Hz-10 Hz arasında sinüzoidal yük uygulanabileceği gibi, Sakarya ve El-Centro gibi deprem kayıtları da uygulanabilmektedir. Titreşim tablası, sensörler ve dinamik veri toplayıcı cihazı ile verileri işleyen masaüstü bilgisayar gibi çevre birimleri deney düzeneğini oluşturmaktadır. Deneylerde oluşan titreşimleri kaydetmek üzere ±2g maksimum ivme ölçüm kapasitesine ve 0-1200 Hz frekans aralığına sahip ivmeölçerler kullanılmıştır. Sensörlerden gelen kayıtlar dinamik veri toplayıcısı tarafından sayısallaştırılarak sinyal işleme yazılımına aktarılmıştır.

2.3. İvme Ölçer

Yapı titreşimlerini ölçmek için ivmeölçerler (Sensebox 7021/7022/7023+ ve 7031/7032/7033) kullanılmıştır. Bu ivmeölçerler, kuvvet/elektro-dinamik geri beslemeli, ultra düşük gürültülü sensörlerdir. Referans olarak kullanılan ivmeölçer mikro elektromekanik sistem (MEMS) mikroçip tabanlı bir sensöre sahip olup mikro-mekanik ölçekte kuvvet geri besleme teknolojisine sahiptir. 5 mikro-g/Hz gürültü performansındaki ivmeölçerler ±3 g ölçüm kapasitesine sahiptir. Ölçülebilir frekans aralığı 0-400 Hz'dir. Yüksek çözünürlüklü ve düşük gürültülü olması sebebi ile yapı sağlığı takibi, modal analiz ve sismik araştırmalara yönelik olarak kullanılabilir. Bu ivmeölçerlerden alınan kayıtlar dinamik veri toplama cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Dinamik sayısallaştırıcı 24 Bit yüksek çözünürlük, 140 dB'e varan yüksek dinamik aralık ve hızlı, eş zamanlı örnekleme yeteneğine sahiptir.

2.4. Sismik Sönümleyici (MR Sönümleyici)

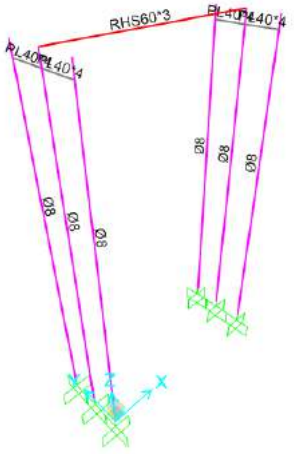
MR sönümleyici içerisindeki silindir bir taraftan sabitlenmiş durumdadır (Şekil 2). Silindir içerisindeki mil sağa ve sola hareket edebilmektedir. MR sıvı, A ve B ile gösterilen kısımlarda bulunmaktadır. MR sönümleyici çalışma prensibinde birbirinin aynı iki durum söz konusudur. A veya B bölmesinde bulunan MR sıvı, milin sağa veya sola hareketine göre, piston kutbunun etkisi ile hacmin azaldığı (basıncın attığı) kısımdan hacmin arttığı (basıncın azaldığı) bölmeye doğru hareket eder. Bir MR damperin çalışma performansı manyetik alanın var veya yok olması durumuna göre değişir. Manyetik alan yok ise MR sıvısının viskoz özeliklerinden kaynaklanan bir tepki kuvveti oluşur. Bu tepki kuvveti, bir sönüm kuvveti oluştururken piston hareket hızı ile ilişkilidir. Manyetik alan var ise oluşturulan manyetik alanın malzeme özelliklerine göre yüksek bir değeri alır. Bu değerde gösterilen tepki kuvveti, damperin en yüksek kuvvetini göstermektedir [4] .



Şekil 2. MR Sönümleyicinin Basitleştirilmiş Kesit Görünüşü [Kaynak 4'ten alınmıştır]

2.5. Sistem Modeli Tasarımı

Yapı tasarımı yapılırken sarsma tablasının boyutları ve özellikleri göz önünde bulundurularak değişik kesitlerde düzlem çerçeveler tasarlanmıştır. Sistemlerin modal analizleri SAP2000 programında gerçekleştirilmiş olup, çelik çerçevelerin dinamik özellikleri belirlenmiştir [5]. MR sönümleyiciyi bir kontrol algoritması kullanmadan çalıştırabilecek kuvveti elde etmek amacıyla oluşturulan modeller arasından yüksek periyod değerine sahip çerçeve sistemi deney modeli olarak seçilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Deneysel model tasarımı

3. Yöntem

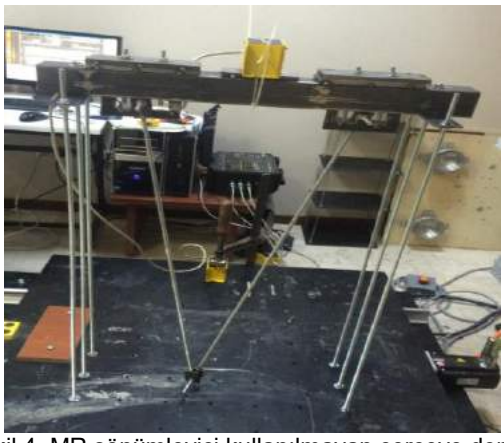
Düzlem çerçeveyi temsil etmek amacıyla tek açıklıklı tek serbestlik dereceli çelik sistem (kolonlar Ø8 çelik çubuklar, kiriş 60x60x3 mm kutu profil) kullanılmıştır. Kolonlar sarsma tablası üzerine gijonlarla birleştirilerek ankastre mesnet özelliği kazandırılmıştır.

Çelik kiriş üzerine ağırlıklar yerleştirilmiş, böylece çubukların ağırlıkları ihmal edilmiş ve davranışın tek serbestlik dereceli sistemlere benzemesi sağlanmıştır.

Model yapıya eklenen sismik sönümleyiciye gelen kuvvet dik doğrultuda olmalıdır. Bunu sağlamak amacıyla sismik sönümleyici, modelin orta bölgesine simetrik bağlanan çaprazlar ile sisteme dahil edilmiştir.

Yapı, sarsma tablası üzerinde uygulanan sinüzoidal yük altında titreşim hareketi yapmıştır. Yapının bu etkiye gösterdiği tepki ise yapıya bağlanan ivmeölçerlerle zaman tanım aralığında ölçülmüştür.

Öncelikle MR sönümleyicinin bağlı olmadığı 'serbest durum' (Şekil 4) ile MR sönümleyicinin bağlı olduğu ancak bir gerilim uygulanmadığı 'pasif durum' (Şekil 5) için sistem incelenmiştir. Deneysel verilerden elde edilen ivme kayıtlarına göre yerdeğiştirme-zaman ve ivme-zaman grafikleri elde edilmiştir.



Şekil 4. MR sönümleyici kullanılmayan çerçeve deneyi



Şekil 5. MR sönümleyici kullanılan çerçeve deneyi

4. Sonuçlar

4.1. İvme-zaman Tepkileri

Çerçeve, sarsma tablası üzerinde uygulanan sinüs dalgası etkisi altında titreşim hareketi yapmıştır. Grafikler MATLAB programı yardımıyla filtrelenen veriler kullanılarak oluşturulmuştur [6]. MR sönümleyicinin bağlı olmadığı çerçevenin kendi sönümü ile meydana gelen hareketin ivme kaydı Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 7 ise MR sönümleyicinin bağlı olduğu ancak bir gerilim uygulanmadığı pasif durumu göstermektedir.

İvme-zaman grafiklerinde öncelikle çerçeve (siyah çizgi) ve sarsma tablası (kırmızı çizgi) için ölçülen ivme değerleri gösterilmiş, daha sonra bu iki kayıt çakıştırılarak oluşan fark belirlenmiştir.

İlk 0-10 saniyeler arasında MR sönümleyicisi bulunmayan sistemde çerçeve ve sarsma tablası için pik ivme değerleri elde edilmiştir. Çerçeve zorlanmış titreşim hareketini tamamlandıktan sonra yaklaşık 70 saniye boyunca serbest titreşimini sürdürmüştür.

MR sönümleyicinin bağlı olduğu durumda ise çerçeve ve sarsma tablası 10-14 saniyeler arasında pik ivme değerlerine ulaşmış ve çerçeve zorlanmış titreşim hareketi tamamlandıktan sonra yaklaşık 5 saniye boyunca serbest titreşimini sürdürmüştür.

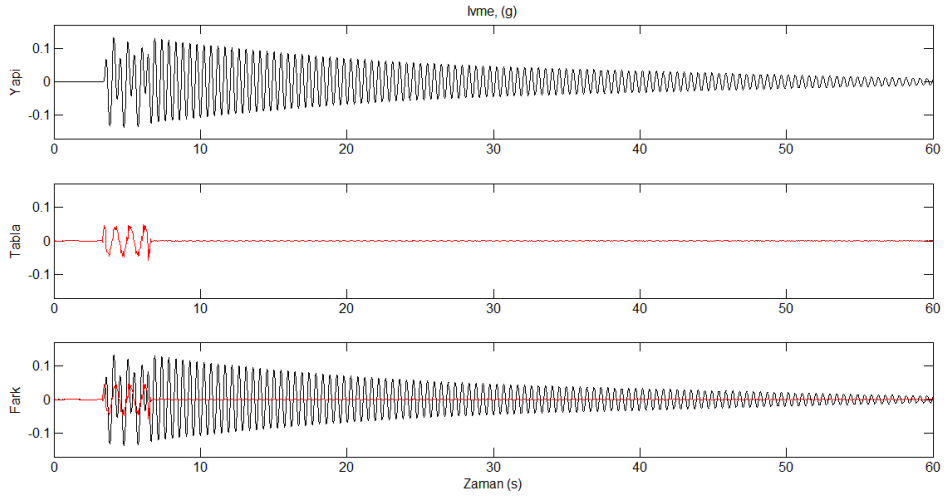
4.2. Yerdeğiştirme-zaman Tepkileri

İvmeölçerlerden elde edilen veriler çift integrasyon metoduyla yerdeğiştirme-zaman grafiklerine dönüştürülmüştür. Davranışın daha iyi anlaşılabilmesi için yerdeğiştirme-zaman grafiklerinin de incelenmesi gerekmektedir.

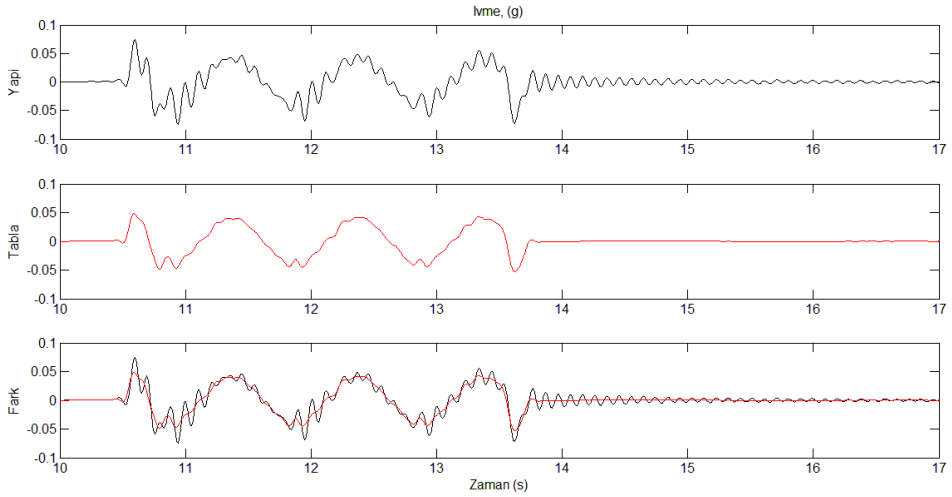
MR sönümleyicinin bağlı olmadığı durumda, çerçevenin sadece kendi sönümü varken elde edilen yerdeğiştirme kaydı Şekil 8'de gösterilmiştir. Şekil 9'da ise MR sönümleyicinin bağlı olduğu ancak bir gerilim uygulanmadığı pasif durumu için elde edilen yerdeğiştirme değerleri gösterilmiştir.

Grafikler incelendiğinde, ilk 5-10 saniyeler arasında MR sönümleyicisiz sistemde çerçeve ve sarsma tablası için maksimum deplasmanlar oluşmaktadır. Daha sonra bu deplasmanlar 50 saniye boyunca azalarak devam sönümlenmiştir.

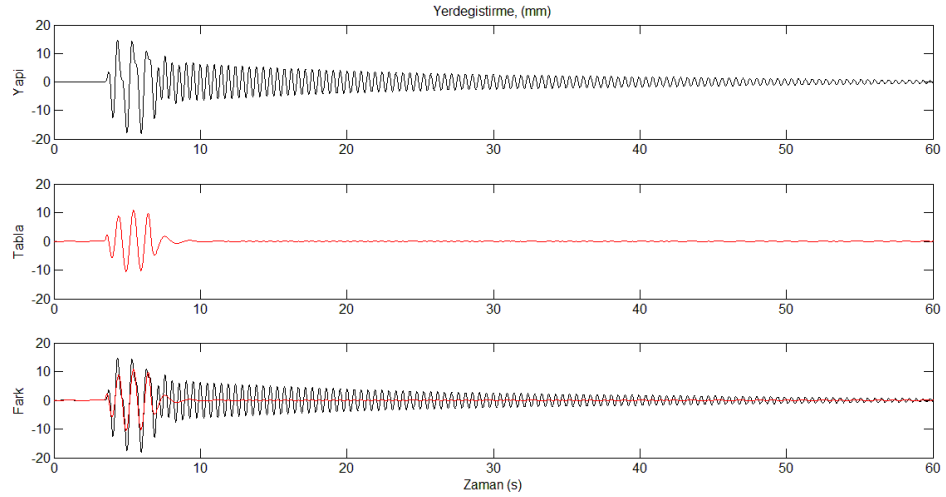
MR sönümleyicinin bağlı olduğu durumda ise çerçeve ve sarsma tablası 11-14 saniyeler arasında maksimum yerdeğiştirme değerlerine ulaşmıştır. Sönümleyicinin bulunduğu çerçeve bu kısa süreli deplasmanın ardından sıfıra yakın bir yerdeğiştirme yaparak titreşim hareketini sonlandırmıştır.



Şekil 6. MR sönümleyici kullanılmayan çerçevenin sinüzoidal ivme-zaman grafiği

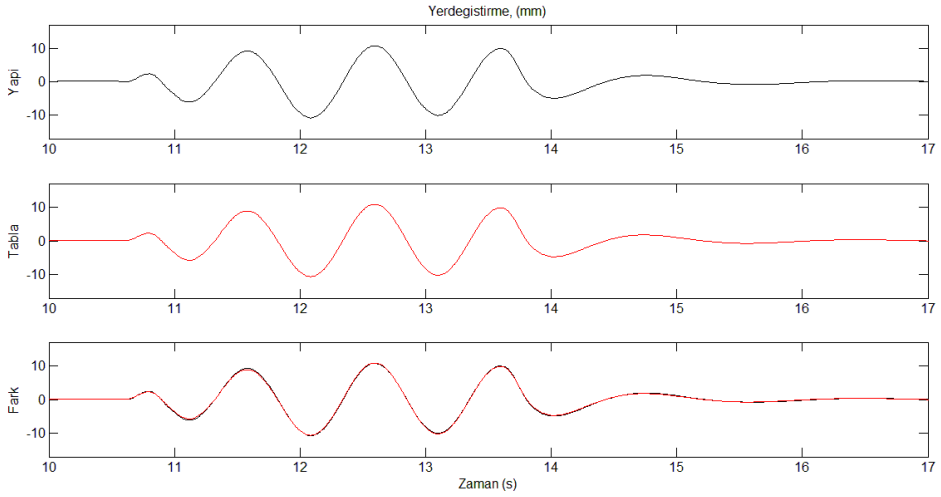


Şekil 7. MR sönümleyici kullanılan çerçevenin sinüzoidal ivme-zaman grafiği



Şekil 8. MR sönümleyici kullanılmayan çerçevenin sinüzoidal yerdeğiştirme-zaman grafiği

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 9. MR sönümleyici kullanılan çerçevenin sinüzoidal yerdeğiştirme-zaman grafiği

Çizelge 1. Sistemin ivme ve yer değiştirme pik değerlerine sismik sönümleyicinin etkisi

	SİNÜZODİAL DALGA			
	Sönümleyici yok		Sönümleyici var	
	Taban	**Tepe**	**Taban**	**Tepe**
İvme (g)	0,02	0,14	0,02	0,02
Yer Değiştirme (cm)	0,15	0,84	0,15	0,16

Çizelge 1'de verilen ivme değerleri (g) yerçekimi ivmesinin yüzdesi olarak, yer değiştirme değerleri ise cm cinsinden ifade edilmiştir. MR sönümleyicinin sinüzodial yük etkisindeki çerçeve tabanına herhangi bir etkisi olmadığı için maksimum yerdeğiştirme ve ivme değerleri her iki durumda da aynıdır.

Sinüzodial yük altındaki çerçeveye MR sönümleyici eklendikten sonra tepe noktası maksimum ivme değerinin 0,14 g değerinden 0,02 g değerine, deplasmanlara bakıldığında ise maksimum tepe noktası yerdeğiştirme değerinin 0,84 cm'den 0,16 cm'ye düştüğü görülmüştür (Çizelge 1).

Sismik sönümleyici hem ivme değerlerini hem de yer değiştirmeleri %80-%85 dolaylarında azaltmıştır. Deneysel verilerden elde edilen yerdeğiştirme-zaman ve ivme-zaman grafikleri, yarı aktif sönümleyicinin yapı tepe noktası yer değiştirmelerini azaltmada etkili sonuçlar verdiğini göstermiştir.

Teşekkür

Bu çalışmada yapı modelinin kurulmasında yardımcı olan Uğur Özen, Oja Morina, Muhammet Bayram ve Muhammet Soydan isimli öğrencilerimize teşekkür ederiz. Ayrıca 2013-01-04-027 proje numarası ve "Sarsma Tablası Deney Düzeneği ile Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi" destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkalığına ile 115M363 nolu, "Depreme Duyarlı Yapıların Yarı-Aktif Manyeto-Reolojik Damperler ile Kontrolü" isimli Tübitak projesine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

[1] Aldemir, Ü. and Aydin, E. "Depreme dayanikli yapi tasariminda yeni yaklaşimlar," Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 435, pp. 81–89, 2005.
[2] Özcan, S., Viskoz Akışkanlı Sönümleme ve Sismik Taban Yalıtım Sistemlerinin Performans Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
[3] Çetin, S., MR Sönümleyici ile Yapıların Titreşim Kontrolü, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
[4] Şahin, İ., Oz, H.R., Engin, T., İlhan, A., And Akpolat, A., ''Manyetik Sıvılı Damperlerin Yapısal Analizi,'' Mühendis ve Makina, Cilt:46, Sayı:551.
[5] Özmen, G., Orakdöğen, E., Darılmaz, K., Örneklerle SAP2000 v17, Birsen Yayınevi, 2015.
[6] Dal, D., Matlab ile Programlama, Ekin Yayınevi, 2015

NUMERICAL ANALYSIS AND SHAKING TABLE MODEL TEST OF A 30 STORY BUILDING WITH DIAGRID STRUCTURAL SYSTEM

Savaş EREDEM[a], Mohammed Khalid SAİFULLAH[a]
[a]School of Civil Engineering, Istanbul University, Istanbul, Turkey, E-mail: savas.erdem@istanbul.edu.tr

Abstract

This paper describes numerical analysis and shake table tests of scaled model of 30 storey building with diagrid structural system. Balsa wood square sections with 6mmx6mm dimensions are employed in the scaled modelling of the building. The numerical model of the building is carried out on finite element program ETABS. The peak values of structural responses (accelerations and deformations) were measured and evaluated. Suggestions regarding to the design of structures were also made based on the obtained results.

Keywords: High-rise building, Earthquake, Shake table, Numerical analysis

1. Introduction

In recent years, building structures have become more and more flexible and taller as a result of the growing use of high-strength materials and advanced construction techniques. Structural engineers today face new challenges with the increasing height of modern tall buildings and they must provide three major requirements (strength, rigidity and stability) in the design of such a tall building [1]. Therefore, the safety and collapse resistance of high-rise buildings to extreme ground motions are fast becoming an important research topic [2].

In the past several decades, substantial progress has been carried out in the development and use of computer-based procedures to better understand and to accurately predict the performance of structures under earthquake loadings [3]. However, the recent research studies [4-5] have been focused on the shake table analysis of structural models to evaluate the global seismic performance high-rise structures. In this study, to investigate the dynamic performance of a model building, the responses obtained from the experimental (physical) model of the building under a specific set of ground motions, are compared with the numerical model responses under the same set of ground motions. Same conditions are maintained in both of the models.

2. Modelling and Shake Table Analysis

The building model used is a 30 story building with diagrid structural system. Balsa wood square sections with 6 mm × 6mm dimensions are employed in the scaled modelling of the buildings for experimental and numerical study. The numerical model of the building is built on finite element program ETABS. Typical story height of the diagrid building model is 5 cm except for the first story height which is taken as 10 cm. The total height of both the experimental and numerical models is 1.55 m. Poisson's ratio of the balsa wood is taken as 0.3. A 3D-view of the building is shown in Fig. 1.The plan of the building is same for the last 10 upper floors and the first 7 floors at bottom level but for the middle floors the plan is not same as that of other aforementioned floors. Typical bottom and upper floor plan is shown in Fig. 2. To comprehend the building model, the 3D-view and balsa wood prototype of the model presented in Fig. 1 should be considered alongside the plan presented in Fig. 2.

The experimental testing is done on a 0.5 m × 0.5 m shaking table facility. The shaking table has a one degree of freedom and possesses a payload capacity of 100 kg at ±1g (with 50 kg at ±2g).The shaking table can operate at a maximum velocity of 0.5 m/s and maximum operating frequency of 20 Hz. The shaking table has the ability to undergo horizontal displacement of ±20 cm. The table has the capability to operate under both the harmonic and earthquake excitations. The earthquake excitation used for the experimental dynamic analysis, of the aforementioned 30 story building model built with balsa wood, consists of two time histories which are provided to the shaking table in a consecutive or back to back manner. The first time history has Peak Ground Acceleration (PGA) of 0.32g with the second time history containing more high PGA value of 0.84g. The numerical model of the building is subjected to the same set of back to back time histories to maintain the initial conditions for the 2nd earthquake which are obtained as result of the analysis under first earthquake.

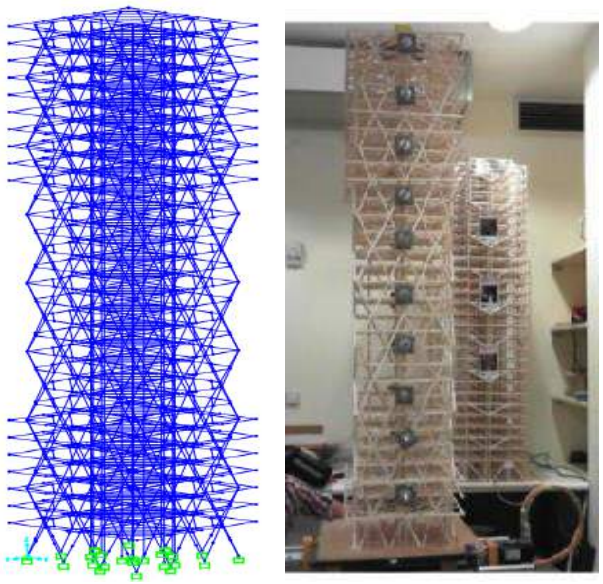


Figure 1. 3D view and balsa wood prototype of the model

© *DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey*

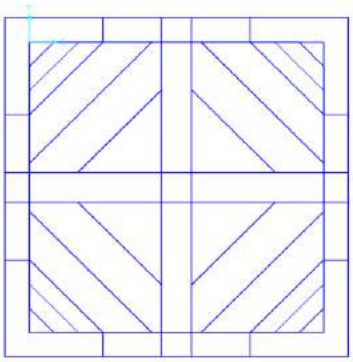


Figure 2. Typical plan view of the building

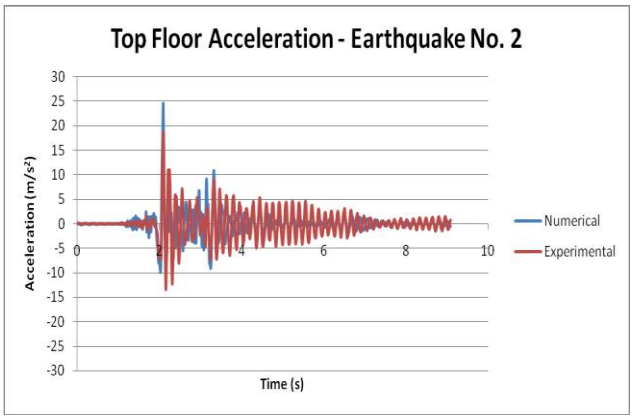


Figure 3. Top floor acceleration results

3. Results and Discussion

To evaluate and compare the dynamic performance of the numerical and the (actual) experimental models, time history analyses are performed. The records are applied in a consecutive manner because the experimental model once subjected to an earthquake may undergo irreversible changes and loses its initial conditions. To emulate similar behavior, the numerical model is also subjected to single time history consisting of both earthquakes in a consecutive fashion/back to back earthquake records. The importance factor of the building I and the response modification factor R have been taken as 1 for both the experimental and the numerical model. The experimental model was tested on a shaking table the details of which have been given earlier.

The peak values of structural responses obtained through experimentation and the computer simulation are presented in the Table 1 below.

Table 1: Peak Values of Structural Responses

Structural Response	Experimental	Numerical
Top Floor Acceleration (m/s^2)	18.74	24.604
Top Floor Displacement (mm)	10.02	17.006

It can be seen that the responses obtained from numerical model are slightly more than the experimental model which may be down to more ideal conditions existing in the computer simulations that are impossible/extremely difficult to be attained in the real experimental work. However, it is evident that the values obtained from experimentation are very close to that of the finite element model which clearly demonstrates the reliability of our work. As an example, top floor acceleration time history response under the earthquake record with high PGA value i.e. the 2nd earthquake is presented in the Fig.3 below. The PGA value for this earthquake is 0.8g. The top floor acceleration in this case can attain a value of 2.5g as clearly visible in Fig. 3.

Due to limited resources, the responses obtained from experimental model are only the top floor responses. To further investigate the dynamic behavior of the building we can take the help of numerical model. The floor acceleration profile obtained from the peak values of acceleration at each floor level is presented in Fig.4 below.

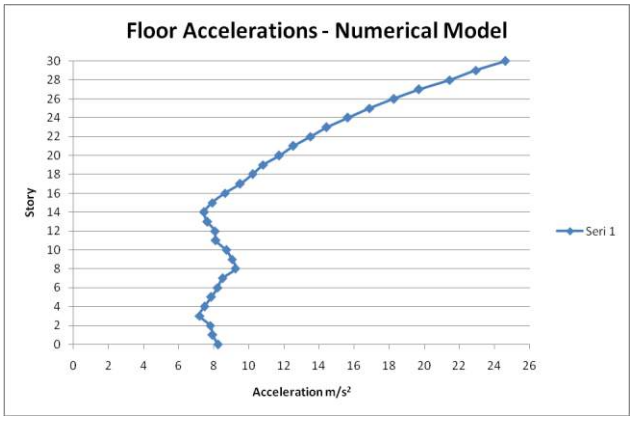


Figure 4. The floor acceleration profiles

The floor accelerations decrease, as we move from base towards the top, up to 3rd story followed by an increase in acceleration up to 8th story. A decreasing trend is seen again from 8th to 14th story followed by a sharp increasing trend up to the top floor. The floor accelerations are more or less unamplified up to 14th floor which shows the suitability of these floor levels for housing vibration sensitive equipments especially at 3rd and 14th floor. From 14th floor towards top the sharp increase in accelerations indicates that these floors are very sensitive to vibrations and unsuitable for placing vibration sensitive instruments.

The peak displacement&interstory drift ratio occurring at each floor level have been summarized through the displacement and interstory drift ratio profiles shown in Fig. 5 and 6, respectively. The interstory drift ratios increase rapidly up to the middle floor levels of the structure followed by a mixed trend of very slight increase and decrease up to the top floor level. From the above behavior it can be inferred that the stories/floors which are

less sensitive to accelerations have undergone rapid increase of drift ratios due to the flexibility of these stories/floors. On the other hand, the stories which are more sensitive to accelerations have experienced less increase of interstory drift ratios relative to the stories below. It should be noted here that the story drifts are well within the limits defined by UBC i.e. 0.02.

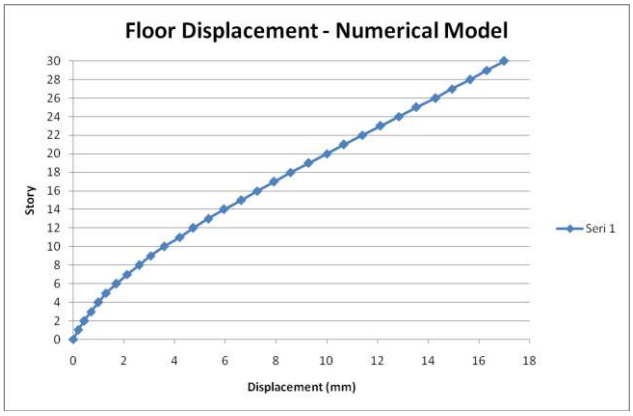


Figure 5. The peak displacements at each floor

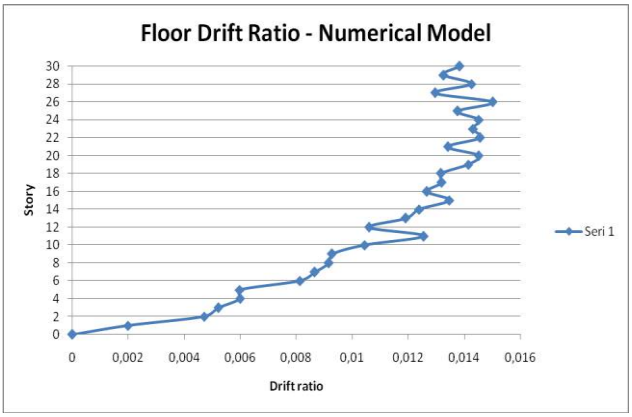


Figure 6. The interstory drift ratios

4. Conclusions

The following conclusions can be drawn from this study:

- The values obtained from experimentation were very close to that of the finite element model which clearly demonstrates the reliability of the work.
- The stories/floors which were less sensitive to accelerations have undergone rapid increase of drift ratios.
- The stories which are more sensitive to accelerations have experienced less increase of interstory drift ratios relative to the stories below.

References

[1] Fan, H., Li, Q.S., Tuan, A.Y., Xu, L., Seismic analysis of the world's tallest building, Journal of Constructional Steel Research, vol. 65, 1206-1215, 2009.

[2] Xiao, L., XinZheng, L., WanKai, Z., LiePing, Y.E., Collapse simulation of a super high-rise building subjected to extremely strong earthquakes, Science China Technological Science, vol. 54, 2549-2560, 2011.

[3] Chunyu, T., Congzhen, X., Hong, Z., Jinzhe, C., Shaking table test and seismic performance evaluation of Shangai Tower, International Journal of High-Rise Building, vol.1, 221-228, 2012.

[4] Lignos, D.G., Chung, Y., Nagae, T., Nakashima, M., Numerical and experimental evaluation of seismic capacity of high-rise buildings subjected to long duration earthquakes, Computer & Structures, vol.89, 959-96, 2011.

[5] Lu, X., Chen Y., Mao, Y., Shaking table model test and numerical analysis of a supertall building with high-level transfer storey, The Structural Design of Tall and Special Buildings, vol. 21, 699-723, 2012.

BİNALARIN RİSK DEĞERLENDİRMESİNE DÜŞÜK DAYANIMLI BETON ELASTİSİTE MODÜLÜNÜN ETKİSİ

EFFECT OF ELASTICITY MODULUS OF LOW STRENGTH CONCRETE ON THE RISK ASSESSMENT OF BUILDINGS

Burak DURAN[1], Onur TUNABOYU[1], Özgür AVŞAR[1]
[1]Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, burakduran05@gmail.com
[1]Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, onurtunaboyu@anadolu.edu.tr
[1]Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, ozguravsar@anadolu.edu.tr

Özet

Türkiye sıklıkla yıkıcı depremlere maruz kalmakta ve bu depremler, can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Mevcut yapıların deprem nedeniyle hasar görebilirliğini etkileyen birçok faktör olmakla beraber, Türkiye'de yapı stokunun önemli bir kısmını oluşturan beton malzemesinin düşük dayanımlı olması en yaygın problemlerden biridir. Kentsel Dönüşüm Yasası kapsamında uygulanan yönetmelikle beraber yapı stokunda bulunan riskli yapıların tespit edilmesi için yapılan çalışmaların sayısında önemli artış olmuştur. Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar (RYTEİE)'de tanımlanan doğrusal elastik hesap yönteminde, beton elastisite modülü önemli bir parametreyi oluşturmaktadır. Mevcut malzeme ve deprem yönetmeliklerinde, normal dayanımlı beton için tanımlanan elastisite modülü formüllerinin düşük dayanımlı beton için de geçerli olup olmadığı tartışma konusudur. Bu çalışma kapsamında, hazırlanan 36 adet düşük dayanımlı beton numunesinin elastisite modülünü belirlemek için eksenel basınç testleri gerçekleştirilmiştir. Laboratuvarda yapılan testler sonucunda elde edilen elastisite modülü değerleri, ulusal ve uluslararası yönetmeliklerle kıyaslanarak yeni bir formül önerilmiştir. Ayrıca, RYTEİE kapsamında ele alınan mevcut bir bina özelinde, farklı yönetmeliklerdeki elastisite modülü değerlerinin kullanılması durumunda, elastisite modülünün yapının risk tespitinin sonuçlarına olan etkisi incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Elastisite Modülü, Risk Değerlendirmesi, Betonarme, Basınç Dayanımı

Abstract

Turkey is frequently exposed to destructive earthquakes causing loss of lives and property. There are many factors affecting the seismic vulnerability of existing buildings. Poor concrete quality is a major and widespread problem for existing buildings in Turkey. The number of applications on the risk assessment of deficient buildings has been increased significantly after the enforcement of a recent code namely "Determination of Seismically Vulnerable Buildings" in the context of "Urban Transformation Law". Modulus of elasticity is an important parameter used for the linear elastic analysis procedure in the corresponding code. Hence, the assumptions in the calculation of elasticity modulus of concrete are vitally important. It is known that the existing code equations for elasticity modulus are based on experimental results, which are obtained for normal strength concrete and it may not be valid for low strength concrete. In this study, an experimental study was conducted to investigate the modulus of elasticity of low strength concrete by performing uniaxial compression tests with 36 samples prepared in the laboratory conditions. A new elasticity modulus formulation is proposed for low strength concrete and compared with the ones suggested by the existing codes. Moreover, the risk assessment of an existing RC building is performed by considering various elasticity modulus formulations. Then, the risk assessment results were compared and the differences between them were investigated in detail.

Keywords: Modulus of Elasticity, Risk Assessment, Reinforced Concrete, Compressive Strength

1. Giriş

Türkiye'deki sismik aktivitesi yüksek aktif faylarda meydana gelen yıkıcı depremler can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Hasar yapıcı depremler sonrası gerçekleştirilen saha incelemelerinde ([1,2]) meydana gelen yapısal hasarın birçok nedeninin olduğu vurgulanmıştır. Bunların en önemlilerinden biri de yapı stokumuzda mevcut betonarme binaların beton kalitesinin düşük olmasıdır. "Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik" (DBYBHY, 2007)'de deprem bölgelerinde yeni yapılacak tüm binalarda C20'den daha düşük dayanımlı beton kullanılamaz şartı ile minimum beton basınç dayanımını 20 MPa ile sınırlandırılmıştır [3]. Diğer taraftan Türk Standartlarından TS500 (2000)'e [4] göre ise minimum beton sınıfı C16 (16 MPa) olarak tanımlanmıştır. Fakat mevcut yapı stokumuzda bulunan, mevcut betonarme binaların önemli bir kısmının beton kalitesi, yönetmelik ve standartlarımızda tanımlanan sınır değerlere dahi yaklaşamamaktadır [5]. Ülkemiz'de riskli yapı olarak değerlendirilebilecek betonarme binaların beton dayanımları 5-15 MPa arasında değişmektedir ([6-8]).

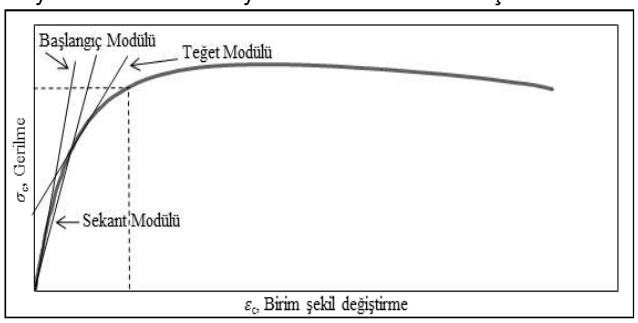
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Mevcut yapı stokumuzdaki düşük dayanımlı betonarme binaların gerek deprem performans değerlendirmesinin yapılabilmesi gerekse de riskli olan yapıların tespit edilebilmesi için gerçekleştirilecek yapısal çözümlemelerde elastisite modülüne ihtiyaç duyulmaktadır. TS500 (2000)'de tanımlanan elastisite modülü formulü, 16 MPa ve daha yüksek dayanıma sahip normal dayanımlı beton malzemesi için geçerlidir. Diğer taraftan gerek DBYBHY (2007) EK 7B'de kullanılması önerilen gerekse de RYTEİE'de [9] önerilen (ACI 318M-08 ile uyumlu [10]) elastisite modülü formülünün düşük dayanımlı beton için uygun olup olmadığı tam olarak bilinmemektedir. Dolayısıyla düşük dayanımlı mevcut betonarme binalar için yapılacak yapısal çözümlemelerin ve riskli yapı tespitinin güvenilirliğini doğrudan etkileyecek en önemli parametrelerden biri olan elastisite modülünün, mevcut yönetmelik formülleri ile doğru bir şekilde hesaplanabilmesi bir takım belirsizlikler barındırmaktadır. Düşük dayanımlı beton grubuna sahip yapılar için gerçekleştirilecek hesaplamalarda kullanılmak üzere, elastisite modülününün belirlenmesi ve sonuçlara etkisinin araştırılması için bir takım çalışmalar yapılmıştır ([11-15]). Bu çalışmalarda elastisite modülü için tanımlanmış olan mevcut formüller ile düşük dayanımlı beton için hesaplanan değerler karşılaştırılarak farklılıklar ortaya konmuştur.

Düşük beton dayanımına sahip mevcut binaların, yapısal özelliklerinin doğru bir şekilde tespit edilebilmesi ve riskli yapı tespiti sonucunun güvenilirliği için, düşük dayanımlı beton için elde edilmiş elastisite modülü formülünün kullanılması gerekmektedir. Bu çalışma kapsamında yapılan deneylerde, toplamda 4 farklı düşük dayanım grubuna ait 36 adet beton numunesi test edilmiş ve düşük dayanımlı betonlar için elastisite modülleri hesaplanarak mevcut formüllerle kıyaslanmıştır. Diğer taraftan farklı elastisite modülü değeri kullanılması durumunda, yapısal analiz sonuçlarında oluşan farklılıklar irdelenmiştir. Özellikle 2013 yılında yürürlüğe giren RYTEİE kapsamında risk değerlendirmesi yapılan düşük beton dayanımına sahip betonarme bir binanın, farklı elastisite modülü değerleri kullanılması durumunda risk değerlendirme sonuçlarında oluşan farklar araştırılmıştır. Bunun için hem mevcut yönetmeliklerdeki formüller kullanılarak, hem de çalışma kapsamında gerçekleştirilen deneyler sonucunda hesaplanan elastisite modülü değerleri kullanılarak, RYTEİE kapsamında yapının risk değerlendirmesi yapılmıştır.

2. Elastisite Modülü

Elastisite modülü, betonun basınç dayanımı ile doğrudan ilişkilidir. Betonun basınç yükü altındaki şekil değiştirmesinin bir ölçütü olup, malzemenin birim uzaması başına karşılık gelen gerilme olarak tanımlanabilir. Betonun eksenel basınç yüklemesi altında elde edilen *σ-ε* ilişkisi doğrusal bir davranış sergilemez (Şekil 1). Bu durumda doğrusal olmayan *σ-ε* ilişkisinden elastisite modülünü tanımlamak için bir takım kabuller yapılmaktadır. Başlangıç, sekant ve teğet modülü olmak üzere 3 farklı yöntemle tanımlanabilen elastisite modülü, ilgili şartnamalerde çoğunlukla %40-%50 dayanıma karşılık gelen sekant modülü cinsinden tanımlanmıştır. Ersoy ve Özcebe [16] *σ-ε* ilişkisini etkileyen bütün değişkenlerin elastisite modülünü de etkilediğini vurgulayarak, doğrusal elastik olmayan ve zamana bağlı deformasyon gösteren beton malzemesinin davranışının kesin olarak tanımlanmasının zorluğuna dikkat çekmişlerdir. Çeşitli şartnamelerde, betonun elastisite modülü, betonun basınç dayanımının bir fonksiyonu olarak tanımlanmıştır.



Şekil 1. Gerilme-birim şekil değiştirme grafiği

$$f_{cc} = f_{cm} - (1.28 \times StSap.f_c) \quad (1)$$

$$E_{cj} = 3250\sqrt{f_{ckj}} + 14000 \quad \textit{(TS500, 2000)} \quad (2)$$

$$E_c = 22000(f_{cm}/10)^{0.3} \quad \textit{(Eurocode 2, 2004)} \quad (3)$$

$$E_c = 4700\sqrt{f_{cc}} \quad \textit{(ACI 318-08, 2008)} \quad (4)$$

Yukarıdaki denklemlerde, f_{cc} betonun karakteristik basınç dayanımını, f_{cm} ortalama basınç dayanımını, $StSap.f_c$ betonun basınç dayanım değerlerinin standart sapmasını, f_{ckj} j günlük betonun karakteristik basınç dayanımını, E_{cj} j günlük betonun elastisite modülünü, E_c betonun elastisite modülünü temsil etmektedir. Yukarıda ki denklemlerde bütün birimler MPa cinsindendir.

TS500 (2000) ve ACI 318M-08, elastisite modülü formülünü karakteristik beton basınç dayanımı ile tanımlamış iken, Eurodoce 2 (2004) [17]'de ortalama beton basınç dayanımı kullanılmıştır. Diğer taraftan, elastisite modülü tanımında bu 3 şartnamede farklılıklar bulunmaktadır. Eurodoce 2 (2004) elastisite modülünü, betonun basınç dayanımının %40'ına karşılık gelen sekant modülü olarak tanımlarken, ACI 318M-08 ise %45'e karşılık gelen sekant modülünü esas almaktadır. RYTEİE'deki elastisite modülü ise ACI 318M-08 ile uyumlu olup aşağıdaki denklem ile tanımlanmıştır ;

$$E_{cm} = 5000\sqrt{f_{cm}} \quad (E_{cm} \text{ ve } f_{cm} \text{ Mpa}) \quad (5)$$

3. Basınç Testi

Bu çalışma kapsamında, 150 mm x 300 mm boyutlarına sahip toplam 36 adet silindirik beton numunesi laboratuvar ortamında belirli karışım oranları ile hazırlanmıştır. Bu karışımlar belirlenirken, beton numunelerinin basınç dayanımlarının, yapı stokundaki riskli betonarme binalarda ki beton dayanımını temsil etmesi için, dayanımlarının 6-16 MPa arasında olmasına dikkat edilmiştir. Düzgün bir dağılım elde edebilmek için her bir grupta 10 numune olmak üzere 4 farklı dayanım grubu oluşturulmuştur. Fakat 4 adet test, hedeflenen basınç dayanımına ulaşılamaması ya da hedeflenen basınç dayanımının üzerinde kalması nedeni ile hesaplara dahil edilmemiş, toplamda 36 adet testin sonuçları kullanılmıştır. Deney numunelerinin hazırlanması, kürlenmesi ve test edilmesi aşamalarında TS EN 12390-2 [18] ve TS EN 12390-3 [19] standartları göz önünde bulundurulmuştur.

Hazırlanan numuneler uzunluklarının tam orta bölgesinden 200 mm uzunluğa sahip elastisite modülü çerçevesine bağlanarak, 2 adet 25 mm kapasiteye sahip deplasman ölçen sensörler (LVDT) yardımı ile numunelerin boyundaki deformasyonlar ölçülmüştür. Uygulanan eksenel yük 50 ton kapasiteli yük hücresiyle ölçülmüştür. 50 ton kapasiteli basınç makinesinde deneye tabii tutulan numunelerin deformasyonları ve eksenel yük değerleri, veri toplama sistemi ile bilgisayar ortamına aktarılmıştır

3.1 Basınç Testi Sonuçları

Hazırlanan beton numuneleri test edildikten sonra, bilgisayar ortamına aktarılan deplasman ve yük değerleri üzerinde gerekli hesaplamalar yapılarak, gerilme-birim şekil değiştirme grafikleri elde edilmiştir. Bu çalışma kapsamında, elastisite modülünün belirlenmesi için TS500 (2000)'de yer alan sekant elastisite modülü metodu kullanılmıştır. Buna göre, *σ-ε* grafiğinde betonun basınç dayanımının %40'ına karşılık gelen nokta ile sıfır noktası birleştirilerek elde edilen doğrusal parçanın eğiminden test edilen numunelerin elastisite modülü değerleri elde edilmiştir.



Şekil 2. Basınç test düzeneği ve ölçüm sistemi

Yapılan basınç testleri sonucu elde edilen beton basınç dayanımı (f_c), elastisite modülü (E_c), istatistiksel değerler (ortalama beton basınç dayanımı) f_{cm} ve standart sapma (Std.Sapma) ve karakteristik beton basınç dayanımı f_{cc} Tablo 1'de gösterilmiştir.

Test sonucu elde edilen 36 adet beton numunesinin beton basınç dayanımları, belirlenen gruplar için öngörülen dayanım değerleri dağılımını tam olarak sağlamasa da, numunelerin beton basınç dayanımları geneli itibariyle 8-12 MPa aralığında çıkmıştır. Elde edilen bu dağılımın Türkiye yapı stokunda bulunan önemli sayıdaki binanın beton dayanımına karşılık geldiği literatür çalışmalarında belirtilmiştir. Gerilme-birim şekil değiştirme grafiklerinden elde edilen elastisite modülü değerleri, diğer ulusal ve uluslararası şartnamelerdeki formüller sonucu elde edilen elastisite modülü değerleri ile Şekil 3'te karşılaştırılmıştır.

Hazırlanan karışım gruplarında, hedeflenen beton basınç dayanımı, TS500 (2000)'deki minimum beton dayanımı olan 16 MPa değerinin altındadır. Elde edilen elastisite modülü değerleri, hem yerel standartlar (TS500 2000) hem de uluslararası standartlar ile kıyaslanmıştır (ACI 318M-08 ve Eurocode 2 (2004)). Şekil 3'te görüleceği üzere, TS500 (2000) diğer uluslararası kodlara göre elastisite modülü değerini bir miktar yüksek hesaplamaktadır.

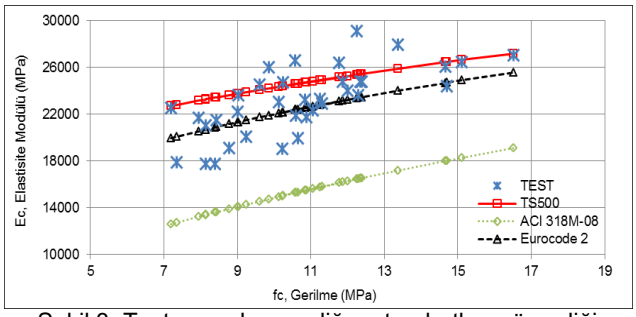
ACI 318M-08 değerleri, test sonucu elde edilen değerlerin altında kalmıştır. RYTEİE'de tanımlanan elastisite modülü formülü ACI 318M-08 ile uyumlu olduğundan, RYTEİE'de da tanımlanan elastisite modülü değerlerinin yapılan testler sonucu hesaplanan değerlerden daha küçük olacağı ortadadır. TS500 (2000) standartına göre elde edilen elastisite modülü değerleri, test sonucu elde edilen elastisite modülü değerlerinden, grup 1 ve 2 için ortalama %16 ve %21, grup 3 ve 4 için ortalama %6 ve %7 farklılık göstermektedir. Basınç dayanımı arttıkça, TS500 (2000) ve Eurocode 2 (2004) standartlarının ortaya koyduğu elastisite modülü değerleri test sonucunda elde edilen elastisite modülü değerlerine yaklaşmaktadır.

Tablo 1. Basınç testi sonuçları ve istatistiksel değerler

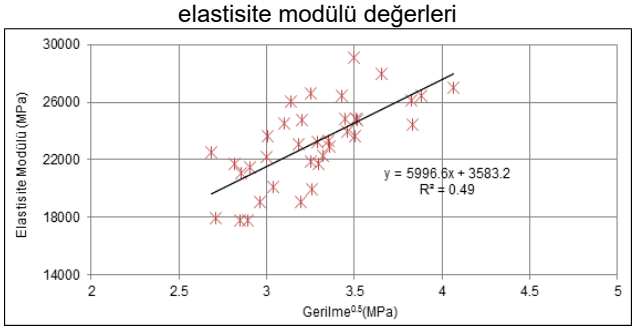
GRUP 1	*f_c (MPa)*	*E_c (MPa)*	*GRUP 2*	*f_c (MPa)*	*E_c (MPa)*
1	7.2	22503	1	9.2	20091
2	7.3	17923	2	9.6	24533
3	7.9	21711	3	9.8	26042
4	8.1	17785	4	9.0	22213
5	8.1	21072	5	10.2	19070
6	8.3	17755	6	10.1	23046
7	8.4	21517	7	10.9	21732
8	8.7	19094	8	10.6	21857
9	9.0	23636	9	11.3	22949
Ortalama	8.1	20333	*Ortalama*	9.9	22323
Std.Sapma	0.6	2234	*Std.Sapma*	0.6	2248
fcc	7.4		*fcc*	9.1	
GRUP 3	*f_c (MPa)*	*E_c (MPa)*	*GRUP 4*	*f_c (MPa)*	*E_c (MPa)*
1	11.7	26428	1	11.0	22307
2	11.2	23331	2	12.0	23984
3	10.6	26578	3	12.3	24813
4	12.3	29086	4	13.4	27937
5	10.8	23426	5	14.7	24410
6	10.2	24729	6	14.6	26084
7	11.9	24812	7	10.6	19953
8	12.3	23468	8	16.5	27020
9	12.4	24759	9	15.1	26448
Ortalama	11.5	25180	*Ortalama*	13.3	24564
Std.Sapma	0.8	1897	*Std.Sapma*	2.0	2577
fcc	10.4		*fcc*	10.8	

Basınç testleri sonucunda elde edilen elastisite modülü değerleri ile beton basınç değerleri arasında bir ilişki ortaya koyabilmek için, $f_c^{0.5}$ ile E_c dağılımı üzerinde basit doğrusal regresyon analizi gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Böylelikle yapılan testlerin sonucunda Denklem 6'daki elastisite modülü formulü elde edilmiştir. Mevcut şartnamelelerde elastisite modülü, beton basınç dayanımının karekökü ile ilişkilendirildiğinden, bu çalışmada da benzer bir yol izlenmiştir. Diğer taraftan mevcut şartnamelerde tanımlanan elastisite modülü formülleri bir grubu temsil etmek üzere ortalama ya da karakteristik beton dayanımları cinsiden tanımlanmıştır. Gerçekleştirilen çalışmada çok dar bir banttaki beton dayanımları (çoğunlukla 8-12 MPa aralığı) ele alındığından, gruplama yerine herbir numune sonucu regresyon analizinde dikkate alınmıştır. Gruplama iki ana sebepten ötürü yapılmamıştır. Birincisi, gruplama yapılması durumunda istenilen seviyede beton basınç dağılımı elde edilemediğinden sonuçlar yanlı olacaktır. Diğer taraftan gruplandırma neticesinde dar bir bantta dağılan, karakteristik beton dayanımı kullanılması durumunda yeterli sayıda analiz verisi elde edilememektedir.

$$E_c=6000\sqrt{f_c}+3580 \qquad (f_c \text{ ve } E_c \text{ MPa}) \qquad (6)$$



Şekil 3. Test sonuçları ve diğer standartların önerdiği elastisite modülü değerleri



Şekil 4. Deney sonuçlarına göre önerilen elastisite modülü formülü

4. Riskli Yapı Analizi ve Değerlendirmeler

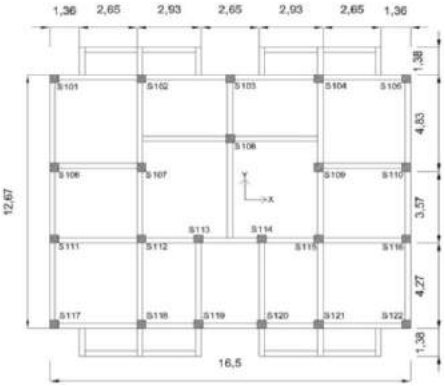
Düşük dayanımlı betonarme binalar için önerilen elastisite modülü değerleri ile şartnamelerde tanımlanan değerlerin kullanılması durumunda yapının risk değerlendirme sonucunu nasıl etkileyeceği araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda Kentsel Dönüşüm Yasası kapsamında uygulanan RYTEİE çerçevesinde risk değerlendirmesi yapılan, olabildiğince düzenli bir taşıyıcı sistemi olan 6 katlı betonarme bir bina seçilmiştir. RYTEİE'ye göre binanın kritik katı olan zemin kattaki kolonlardan alınan karot numunelerinden elde edilen mevcut beton dayanımı (f_{cm}) 10 MPa olarak belirlenmiştir. RYTEİE'de tanımlanan Doğrusal Elastik Hesap Yöntemi sonucunda binanın risk durumu tespit edilecektir. Doğrusal elastik hesap yöntemi ile yapılan analizlerde, beton malzemesi için kullanılacak elastisite modülü değeri yapının rijitliğini doğrudan etkilediğinden, risk tespit sonucunu değiştirebilmektedir. Dolayısıyla yapılacak hesaplamalarda önemli bir parametreyi oluşturan elastisite modülü değerinin gerçeği temsil edebilmesi, risk tepit sonuçlarının güvenilirliği açısından oldukça önemlidir.

Mevcut beton dayanımı 10 MPa olan bina için, çalışma kapsamında önerilen ve diğer şartnameler tarafından önerilen elastisite modülü değerleri ve aralarındaki yüzdelik farklar Tablo 2'de karşılaştırılmıştır. Ele alınan beton dayanımı için önerilen elastisite modülü ile Eurocode 2 değerleri birbirine oldukça yakın çıkmıştır. Eurocode 2 kadar olmasa da TS500 değeri de önerilen değere yakın bir değer ortaya koymuştur. RYTEİE'de verilen değer, deneysel çalışma sonucunda önerilen değerden yaklaşık %30 daha düşüktür. Bu durum, RYTEİE kapsamında risk değerlendirmesi yapılan binaların, olduğundan daha az rijit modellenmesine neden olacak ve gerek yapıya etkiyen deprem yükünde gerekse de hesaplanan yer değiştirmeler ve kritik kat kolonlarının iç kuvvetlerinde önemli farklılıklar oluşturacaktır.

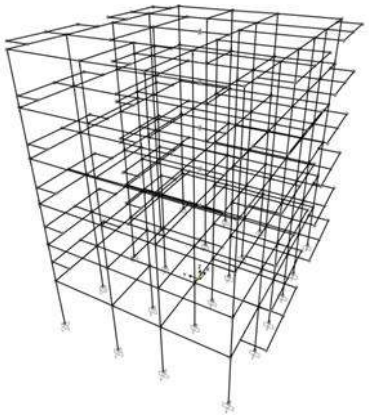
Tablo 2. 10 MPa Beton dayanımı için elastisite modülündeki farklılaşma

E_c-Önerilen (MPa)	E_c-TS500 (MPa)	E_c-RYTEİE (MPa)	E_c-Eurocode 2 (MPa)
22546	24277	15811	22000
Fark (%)	7.7	29.9	2.4

RYTEİE'e göre, DBYBHY (2007)'de tanımlanan tasarım depremi altında yıkılma veya ağır hasar görme riski bulunan bina riskli bina olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla risk değerlendirmesinde DBYBHY (2007)'deki tasarım spektrumu kullanılmıştır. Binanın bulunduğu zemin; Z3 zemin grubuna karşılık gelmektedir. Yapının taşıyıcı sistem özellikleri bilinmekle beraber, statik projesi mevcut olup, RYTEİE'de belirtilen bilgi düzeylerinden "Kapsamlı Bilgi Düzeyi"ne sahiptir. Riskli yapı analizi için incelenen mevcut binaya ait zemin kat kalıp planı Şekil 5'te gösterilmiştir. Binadaki tüm kirişler 25 cm x 50 cm, kolonlar ise 40 cm x 40 cm olup taşıyıcı sistemde perde elemanı bulunmamaktadır. SAP2000 programı [20] ile analitik modeli oluşturulan binanın taşıyıcı elemanlarının RYTEİE'ye göre etkin eğilme rijitlikleri; kirişlerde eğilme rijitliğinin %30'u, kolonlarde ise %50'si olarak tanımlanmıştır. Şekil 6'da SAP2000 modeli gösterilen yapının kat seviyesindeki düğüm noktalarına döşeme nedeniyle rijit diyafram tanımlanmıştır. Yapılan modal analiz sonucunda, binanın iki asal ekseninde de hakim mod periyodu yaklaşık 1 saniye olarak hesaplanmıştır. RYTEİE'ye göre binanın risk durumu, binaya etkiyen düşey yüklerin ve deprem etkileri altında, planda her iki doğrultu ve bu doğrultuların her iki yönü dikkate alınarak belirlenmiştir. Risk değerlendirmesi sadece kritik kat için yapılmıştır.



Şekil 5. Kritik kat kalıp planı (Birimler [m]'dir)



Şekil 6. İncelenen binanın SAP2000 modeli

Kolon sınıflandırması yapılırken, kesme etki/kapasite oranı (V_e/V_r), etriye kanca detayı, etriye aralığı ve miktarı dikkate alınarak, tüm kolonların B grubu kolon sınıfına girdiği belirlenmiştir. Kritik kattaki kolonların hasar düzeylerinin belirlenmesinde, kolon kesitlerinin deprem etkisi altında hesaplanan kesit moment talebinin moment kapasitesine bölünmesi ile elde edilen etki/kapasite oranı ($m = M_{G+nQ+E}$ (Md) / M_k (M_r)) ve etkin göreli kat ötelemesi oranı (δ/h) esas alınmıştır. Bu iki parametre (m ve δ/h) için RYTEİE'de tanımlanan B grubu kolonların eksenel yük seviyesine ve etriye miktarına bağlı olan sınır değerleri ile karşılaştırılmıştır. Herhangi bir sınır değerin aşılması durumunda ele alınan kolonun risk sınırını aştığı kabul edilmiştir. Bu işlemler, TS500, RYTEİE, Eurocode 2 ve çalışma sonucu önerilen elastisite modülü değerleri kullanılarak dört kere tekrarlanmıştır. Buna göre Tablo 3'te her dört durum için 22 kolondan kaç tanesinin $m_{sınır}$ ve $(δ/h)_{sınır}$ değerlerini aştığı gösterilmektedir. Kullanılan tasarım spektrumunun köşe periyodu, binanın hakim mod periyodundan kısa olduğu için, rijitliği daha az olan RYTEİE'ye göre modellenen binaya etkiyen deprem kuvveti ve neticesinde kolon moment talepleri daha azdır. Dolayısıyla incelenen bina özelinde, RYTEİE ile yapılan kuvvet bazlı değerlendirmede $m_{sınır}$ değerini aşan kolon sayısının diğer yöntemlerle belirlenen riskli kolon sayısından daha az olduğu görülmektedir. İncelenen binanın iki asal ekseni de neredeyse simetrik olduğundan artı ve eksi yönlerde elde edilen sonuçlar birbirine oldukça yakındır. Bu sebeple her iki eksende de sadece artı yöndeki sonuçlar verilmiştir. Benzer karşılaştırma (δ/h) için de yapılmıştır. Tablo 3 incelendiğinde, rijitliği daha az olan RYTEİE'e göre modellenen binada beklendiği üzere daha büyük yer değiştirmeler oluşmuş ve daha fazla kolonun riskli olduğu sonucuna varılmıştır. Her ne kadar diğer yöntemlerle kıyaslandığında RYTEİE ile $m_{sınır}$'ı aşan kolon sayısı daha az, $(δ/h)_{sınır}$'ı aşan kolon sayısı ise daha çok belirlenmiş olsa da, her iki sınır değerden herhangi birini aşan kolon sayısı yapılan tüm hesaplamalarda benzerlik göstermiştir.

Tablo 3. Kritik kattaki kolon sonuçları

Elastisite Modülü	*Md / Mr moment kapasite sınırını aşan kolon sayısı*		*(δ/h) Relatif kat öteleme sınırını aşan kolon sayısı*		*Sınır değerlerden en az birini aşan kolon sayısı*	
	X yönü	Y yönü	X yönü	Y yönü	X yönü	Y yönü
Test	17	22	17	19	20	22
RYTEİE	10	17	20	22	20	22
TS500	19	22	17	17	20	22
Eurocode 2	18	22	17	19	20	22

Binanın genel risk değerlendirmesini yapabilmek için kolonların eksenel gerilme ortalaması dikkate alınarak, riskli kolonların kesme kuvvetinin kritik kattaki toplam kesme kuvvetine oranı belirlenmiştir. RYTEİE'de tanımlanan, Tablo 4'teki kolon eksenel gerilme ortalama değerlerine karşılık gelen riskli kolonların kesme kuvveti oranını aşması durumunda bina riskli kabul edilmektedir. Kolon eksenel gerilme ortalama ara değerleri için doğrusal enterpolasyon yapılmıştır. İncelenen binadaki kolonların eksenel gerilme ortalaması $0.5*f_{cm}$ olduğundan, bu değere karşılık gelen sınır kesme kuvvet oranı 0.094 olarak belirlenmiştir. Buna göre incelenen binanın kritik kattaki riskli kolonlarının kesme kuvveti toplamının kritik kat toplam kesme kuvvetine oranı %9.4'ü geçmesi durumunda bina riskli olarak değerlendirilecektir. Ele alınan 4 farklı elastisite modülü ile yapılan değerlendirmelerin hepsinde de incelenen binanın riskli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. RYTEİE ve yapılan çalışma ile önerilen elastisite modülü kullanılması durumunda elde edilen sonuçlar Tablo 5'te özetlenmiştir. Her iki durumda da Y-yönünde tüm kolonlar riskli çıkmıştır. X-yönü için yapılan değerlendirmede riskli kolonların kesme kuvveti oranları hemen hemen benzer bir şekilde %85'in üzerinde çıkmıştır. İncelenen bina özelinde, farklı elastisite modülü kullanılması durumunda binanın genel risk değerlendirmesinde aynı sonuca ulaşılmıştır. Fakat eleman bazlı yapılan değerlendirmelerde elastisite modülünün sonuçlara etkisinin olduğu görülmüştür.

Tablo 4**.** Kolon eksenel gerilme ortalamasına bağlı kat kesme kuvvet oranı sınır değeri

Kolon eksenel gerilme ortalaması (=kolon gerilmelerinin toplamı / kolon sayısı)	*Kat kesme kuvveti oranı sınır değerleri*
$\geq 0.65\ f_{cm}$	0
$0.1\ f_{cm} \geq$	0.35

Tablo 5. Yapı kritik kat sınır değerleri aşan kesme kuvvetleri toplamı

	E_c (Önerilen)		*E_c (RYTEİE)*	
Deprem Yönü	*Toplam kesme kuvveti (KN)*	*Riskli kolon kesme kuvveti oranı*	*Toplam kesme kuvveti (KN)*	*Riskli kolon kesme kuvveti oranı*
X	1560.54	%87.9 > %9.4	1322.99	%93 > 9.4
Y	1473.97	%100 > %9.4	1247.1	%100 > 9.4

5. Sonuçlar

Gerek mevcut binaların sismik performans değerlendirmesi ve güçlendirilmesi çalışmalarında gerekse de risk değerlendirmesinde kullanılan elastisite modülü, yapılan hesaplamalardaki en önemli parametrelerden birini oluşturmaktadır. Özellikle mevcut şartnamelerdeki elastisite modülü formülasyonu çoğunlukla normal dayanımlı beton için tanımlandığından, yapı stokumuzu oluşturan mevcut betonarme binalardaki ortalama beton dayanımının düşük olması nedeniyle mevcut elastisite modülü formüllerinin bu yapılar için yapılacak çalışmalarda kullanılması bir takım soru işaretleri barındırmaktadır. Bu çalışma kapsamında, düşük dayanımlı beton grubuna sahip yapıların risk değerlendirmelerinin daha gerçekçi bir şekilde yapılabilmesi için yeni bir elastisite modülü formül önerisi getirilmiştir.

Deneysel çalışma sonucu elde edilen elastisite modülü değerleri ile mevcut şartnamelerin tanımladığı değerler kıyaslanmıştır. Düşük dayanımlı beton için önerilen elastisite modülü önerisi ile Eurocode 2 değerleri önemli benzerlik göstermiştir. Ayrıca TS500'e göre hesaplanan değerler ile önerilen elastisite modülü değerleri de düşük dayanımlı beton için uyumludur. Diğer taraftan mevcut binaların risk değerlendirmesinde uygulanan RYTEİE'de tanımlanan (ACI 318M-08 ile uyumlu) elastisite modülü değerleri ile deneysel çalışma ile elde edilen değerler arasında %30 seviyesinde farklılıklar bulunmaktadır. Bu durum ise RYTEİE'nin tanımladığı elastisite modülü kullanılarak modellenen binaların olduğundan daha esnek davranarak daha büyük yer değiştirmelerin hesaplanmasına neden olacaktır. Fakat, hesaplamalarda kullanılan ivme spektrumunun köşe periyotları ile yapının hakim mod periyoduna bağlı olarak, yapıya etkiyecek deprem kuvvetlerinde de farklılıklar olacaktır. Çalışma kapsamında incelenen yapının hakim mod periyodu, ivme

spektrumunun köşe periyodundan daha büyük olduğundan, RYTEİE ile yapılan hesaplamada olması gerekenden daha düşük deprem kuvvetleri hesaplanmış ve olması gerekenden daha küçük etki/kapasite oranları hesaplanmıştır.

İncelenen düşük dayanımlı binanın genel risk değerlendirmesi uygulanan tüm yöntemlerle riskli çıkmış olsa da, eleman bazlı yapılan risk değerlendirmelerinde farklılıklar olduğu görülmüştür. Özellikle RYTEİE ile yapılan hesaplamada daha düşük deprem kuvveti hesaplanarak, kritik kat kolonlarının etki/kapasite oranları daha küçük hesaplanmıştır. Diğer taraftan RYTEİE ile daha düşük rijitlik hesaplandığından, oluşan yer değiştirmelerin daha büyük olacağı sonucuna ulaşılmıştır. Her ne kadar incelenen binanın RYTEİE kapsamında genel risk değerlendirme sonuçları ile diğer yönetmeliklerin sunduğu elastisite modülü formülleri ile yapılan risk değerlendirme sonuçları oldukça benzer sonuçlar ortaya koymuş olsa da, düşük dayanımlı binaların risk değerlendirmesi neticesinde daha güvenilir sonuçlar elde etmek için, RYTEİE'de önerilen elastisite modülü formülünün geliştirilmesi önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209/B programı kapsamında 1139B411403108 başvuru numarası ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

[1] Dogangün, A., "Performance of Reinforced Concrete Buildings during the May 1, 2003 Bingöl Earthquake in Turkey", Engineering Structures, Cilt 26, No 6, 841-856, 2004.

[2] Yılmaz, N., Avşar, Ö., "Structural Damages of the May 19, 2011 Kütahya-Simav Earthquake in Turkey", Natural Hazards, Cilt 69, No 1, 981-1001, 2013.

[3] DBYBHY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 2007.

[4] TS500, Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

[5] Akcay, B., "Variation of In-Place Concrete Core Strength in Structures from Istanbul Area: Statistical Analysis of Concrete Core Data", Journal of Materials in Civil Engineering, Cilt 16, No 5, 507-510, 2004.

[6] Mazılıgüney, L., Azılı, F., Yaman, İ.Ö., "İn-situ Concrete Compressive Strength of Residential, Public and Military Structures", 8th International Congress on Advances in Civil Engineering, Eastern Mediterranean University, Famagusta, North Cyprus, 15-17 September 2008.

[7] Tezcan, S., Ipek, M., "A reconnaissance report: 1995 Dinar, Turkey, Earthquake", Engineering Structures, Cilt 18, No 12, pp. 906-916, 1996.

[8] Taşdemir M.A., Özkul M.H, Atahan H.N, "Türkiye'deki Son Depremler ve Beton", II. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Ankara-Adana-Gaziantep-Hatay-İçel Şubeleri, Adana, 18-20 Kasım 2009.

[9] RYTEİE, Riskli Yapıların Tespit Edilmesine İlişkin Esaslar, Ankara, 2012.

[10] ACI 318M-08, Building code requirements for structural concrete and commentary, American Concrete Institute, USA, 2008.

[11] Ergin, E., Betonarme Taşıyıcı Sistemli Yapıların Güçlendirilmesinde Beton Elastisite Modülü Değişiminin Yapısal Çözümlemedeki Etkisi, Yüksek Lisans, Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001.

[12] Türkel, E.B., Betonda Basınç Dayanımı İle Elastisite Modülü Arasındaki İlişkiler, Yüksek Lisans, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2002.

[13] Ispir M., Dalgic K.D., Sengul C., Kuran F., Ilki A., Tasdemir M.A., "Modulus of Elasticity of Low Strength Concrete", 9th International Congress on Advances in Civil Engineering, Karadeniz Technical University, Trabzon, Turkey, 27-30 September 2010.

[14] Özkul, B., Betonarme Kolonların Eksenel Yük Altındaki Davranışı ve Elastisite Modülü Önerisi, Doktora Tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

[15] Yıldırım H., Sengul O., "Modulus of elasticity of substandard and normal concretes", Construction and Building Materials, Cilt 25, No 4, 1645-1652, 2011.

[16] Ersoy, U., Özcebe, G., Betonarme, Evrim Yayınevi, İstanbul, 2001.

[17] Eurocode 2, Design of concrete structures-Part 1: General rules and rules for buildings, European Committee Standardization, Brussels, 2004.

[18] TS EN 12390-2, Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm-2, Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Nisan 2002.

[19] TS EN 12390-3, Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm-3 Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Nisan 2003.

[20] Computers and Structures, Inc. SAP2000, Sürüm 15.1.0., Yapı Analizi ve Tasarım Programı. Berkeley, CA, 2000.

A STUDY OF RAPID RISK ASSESMENT FOR MID-STORY R/C BUILDINGS

Muhammed TEKİN[a] and Ali GÜRBÜZ[b]
[a] Gelisim University, İstanbul, Turkey, E-mail: mtekin@gelisim.edu.tr
[b] Recep Tayyip Erdogan University, Rize, Turkey, E-mail: ali.gurbuz@erdogan.edu.tr

Abstract

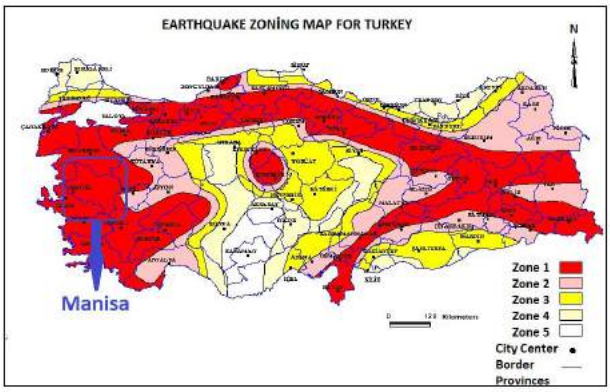
In this study, mid-story reinforced concrete structures in Manisa City were discussed to determine the distribution of the regional earthquake risk of the structures in Manisa City. The information regarding the buildings were taken from their projects. The buildings were divided into 9 groups according to 2 July 2013 Turkish Code for Determining Seismic Risky Buildings (DSRB). The code recommends some rapid assessment methods can be use to determine the distribution of seismic risk on the buildings. The method used in this study classifies the buildings according to performance classification by 11 characteristic features such as soil type, story height, irregularities, soft story etc.

Keywords: Earthquake risk, Rapid risk assessment methods.

1. Introduction

Seismic evaluation of the existing building stock has become a recognized priority after damage and collapse of many reinforced concrete (RC) structures during recent earthquakes. (Gurbuz and Tekin, 2015). Turkey is frequently exposed to destructive earthquakes. Besides, it is one of several countries in which earthquakes causing loss of lives occur with the shortest return period (Gurbuz and Tekin, 2015). It is known that more than 80% of the land of the country is under high seismic risk (Kaplan, Yilmaz et al. 2004). Considerable losses of life caused by the earthquakes that have happened for long years. RC buildings built before the modern codes have either collapsed or sustained extensive damage during the past earthquakes because of low quality concrete, poor confinement of the end regions of columns and beams, weak column–strong beam behavior, short column behavior, inadequate splice lengths and improper hooks of the stirrups (Gurbuz and Tekin 2015., Kaplan, Yilmaz et al. 2004).
As for Manisa; city has a population of more than one million three hundred thousand. Even nine hundred thousand people live in city center. The whole city located in "earthquake zone 1" according to "Earthquake Zoning Map for Turkey" shown in figure 1 (ÖZMEN, NURLU et al. 1997).

Many earthquakes have been recording every year in Manisa and around city. Table 1 shows that six and above magnitude earthquakes occurred in the last century in Manisa. In addition; more than 1000 earthquakes were recorded around Manisa just over the past year according to Republic of Turkey, Disaster and Emergency Management Presidency (DEMP). Figure 2 shows earthquakes occurred in last 30 days around Manisa. In addition to Figure 2, table 1 shows that six and above magnitude earthquakes occurred in the last century in Manisa (Gurbuz and Tekin, 2015).



FFigure 1. Earthquake Zoning Map for Turkey (ÖZMEN, NURLU et al. 1997)

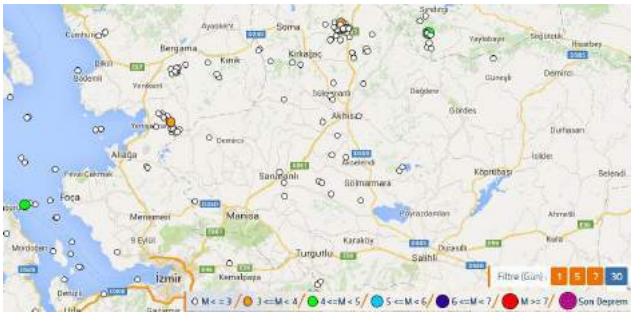


Figure 2. Earthquake Data Records for Manisa Region in a year(DatabaseURL:http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Veritabani/DDA.aspx?param=3)

Table 1. Six and above magnitude earthquakes occurred in the last century in Manisa (Gurbuz and Tekin, 2015)

Date	Latitude	Longitude	Magnitude
30.04.1905	388.100	285.200	6.1
31.03.1928	381.800	278.000	6.5
22.09.1939	390.700	269.400	6.6
28.10.1942	391.000	278.000	6.0
15.11.1942	395.500	285.800	6.1
25.06.1944	387.900	293.100	6.0
28.03.1969	385.500	284.600	5.9
28.03.1970	392.100	295.100	6.0
06.11.1992	381.091	269.560	6.0
01.10.1995	382.300	300.600	5.9

© *DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey*

Thus, there has been an increasing importance on the danger of earthquake disasters and seismic risk assessments have become one of the necessary issue for earthquake loss estimates (Hsieh, Lee et al. 2013).

The loss estimation is based on the damage states of the structures and there are several models which can be used to quantify the damages, characterization of damage state and estimation of losses after the earthquakes (FEMA 1997, Hamid and Mohamad 2013). Fragility analysis is one of the key component in seismic risk assessment and more specifically in regional seismic risk assessment (Abo-El-Ezz, Nollet et al. 2013).

In this study; Manisa City discussed about earthquake hazard using 100 residential RC buildings which were selected by random sampling method. The buildings were evaluated from their projects. The buildings were divided into 9 groups according to building ages and 2 July 2013 Turkish Code for "Determining Seismic Risky Buildings" (DSRB).

DSRB recommends some rapid assessment methods can be used to determine the distribution of seismic risk on the buildings. The method used in this study classifies the buildings according to performance classification by 11 characteristic features such as soil type, story height, irregularities, soft story etc.

2. Performance Classification Method

Performance classification method (PCM) is a rapid assessment method for seismic analyze of existing buildings by 11 characteristic parameters such as soil type, story height, irregularities, soft story etc. PCM can be used for 1 to 7 storey reinforced concrete existing buildings. The considered parameters as follows:

1 Structural System Type: determining the structural system of the building, reinforced concrete frame (RCF) or reinforced concrete frames and shear walls (RCFSW).
2 Number of Storey: Number of free storey (ns) will be determined.
3 The Current Situation and the Apparent Quality: Buildings classify as good, moderate or poor according to reflective features such as quality of material, workmanship etc.
4 Soft story/Weak Story: If building has soft story/weak story, it awards by negative points.
5 Horizontal Irregularities: If building has horizontal irregularities, it awards by negative points.
6 Heavy Overhang: Determining difference of floor area between ground floor and upper floors.
7 Plan irregularities / Torsion: Plan to be geometrically symmetrical and vertical placements of structural elements are defined as irregular. Torsional irregularities in the plan will be considered.
8 Short Column Effect: short columns will be considered with negative performance points.
9 Building Statue: detached buildings exhibit different behavior from adjacent buildings in earthquakes. This difference reflects by negative performance points.
10 Hill/Slope Effect: this effect will be considered in buildings that built on a slope.
11 Seismic Hazard and Soil Class: this effect will be considered to buildings according to soil type, number of story and structural system type.

Foregoing 11 parameters were marked on the table shown in table 2.

Table 2. Data collection form for reinforced concrete buildings (RBTE, 2013)

Performance scores will be calculated for each building by Equation 1 using collected data.

$$PR = BS + \sum_{i=1}^{n} N_i * SN_i + SP \quad (1)$$

In equation-1; PP is Performance Ranking, BS is Base Score, N_i is Negative Parameters, SN_i is Score of Negative Parameter and SP is Positive Parameter Score (Structural System Score). Structural system score should be taken from table 3.

Table 3. Structural System Scores (RBTE, 2013)

Structural System	□□RC Frame		□ RC Frame and Shear Wall		
Number of Story(n_s)					
Building Statue	□ Detached	□ Adjacent	Adjacent on the Corner		
Floor Level (for adjacent buildings)	□ Same		□ Different		
Heavy Overhang	□ Yes		□ No		
Soft/Weak Story	□ Yes		□ No		
Short Column	□ Yes		□ No		
Horizontal Irregularities	□ Yes		□ No		
Plan Irregularities	□ Yes		□ No		
Apparent Quality	□ Good	□ Moderate	□ Poor		
Slope	□ Flat		□ Slope > %30		
Soil Type	□ Z1	□ Z2	□ Z3	□ Z4	
Construction Purpose	□ Residential	□ Trade	□ Industry	□ Public	□ Derelict

Number of Story	*Base Score (BS)*				*Structural System Score (SP)*	
	Hazard Zone				*Structural System*	
	I	*II*	*III*	*IV*	*RCF*	*RCFSW*
1 ve 2	*90*	*120*	*160*	*195*	*0*	*100*
3	*80*	*100*	*140*	*170*	*0*	*85*
4	*70*	*90*	*130*	*160*	*0*	*75*
5	*60*	*80*	*110*	*135*	*0*	*65*
6 ve 7	*50*	*65*	*90*	*110*	*0*	*55*

Similarly hazard zone will be selected from table 4 according to earthquake zone and soil type.

Table 4. Hazard zones according to earthquake zones and soil types (RBTE, 2013)

Hazard Zone	*Earthquake Zones according to TEC*	*Soil Types According to TEC*
I	*1*	*Z3/Z4*
II	*1*	*Z1/Z2*
	2	*Z3/Z4*
III	*2*	*Z1/Z2*
	3	*Z3/Z4*
IV	*3*	*Z1/Z2*
	4 and 5	*All Soil Types*

Table 5. Negative parameters (RBTE, 2013)

Number Of Story	Score of Negative Parameter (SN)		
	Soft Story	Apparent Quality	Heavy Overhang
1,2	-10	-10	-10
3	-20	-10	-20
4	-30	-15	-30
5	-30	-25	-30
6,7	-30	-30	-30

Number Of Story	Score of Negative Parameter (SN)			
	Floor Level and Seperate/Adjacent			
	Same		Different	
	Middle of	Side	Middle of	Side
1,2	0	-10	-5	-15
3	0	-10	-5	-15
4	0	-10	-5	-15
5	0	-10	-5	-15
6,7	0	-10	-5	-15

Number Of Story	Score of Negative Parameter (SN)			
	Horizontal Irregularity	Plan Irregularity / Torsion	Short Column	Slope
1,2	-5	-5	-5	-3
3	-10	-10	-5	-3
4	-15	-10	-5	-3
5	-15	-10	-5	-3
6,7	-15	-10	-5	-3

Table 6. Score of negative parameters (RBTE 2013)

Negative Parameter	*Parameters*	*Case 1*		*Case 2*	
		Condition	*Value*	*Condition*	*Value*
1	*Soft Story*	*No*	*0*	*Yes*	*1*
2	*Heavy Overhang*	*No*	*0*	*Yes*	*1*
3	*Apparent Quality*	*Good*	*0*	*Moderate (Poor)*	*1 (2)*
4	*Short Column*	*No*	*0*	*Yes*	*1*
5	*Slope*	*No*	*0*	*Yes*	*1*
6	*Irregularity*	*No*	*0*	*Yes*	*1*

Every parameter in table 4 has a negative score. Negative scores is taken from table 5.

Consequently; performance score (PP) must be calculated for each building on the research area. The calculated performance scores will be ranked from small to large. In this way, the region between risk priorities can be determined using the distribution of calculated points.

3. CASE STUDY

30 residential reinforced concrete building were evaluated according to characteristic features. Similarly, Figure 3 shows that Location of 30 buildings on a map as an example.



Figure 3: Study Area Manisa city

Table 6 shows that information about the buildings. Table 6 also shows the evaluation criteria, positive and negative points for example buildings according to performance ranking method.

Table 7 shows that performance ranking of 30 buildings in Manisa. SN is negative parameter score and PR is performance ranking on table 7.

4. CONCLUSION

Manisa city is located between long earthquake faultiness. Thus, it has a great importance to identify the structures in Manisa city because of that risk. But, it is really hard to individual examination for residential structures. It must be determined the possibility of earthquake hazard. In this making a priority ranking is useful method for risky areas.

Therefore, regional studies and rapid risk analysis methods have a quite important. This study described the first stage application of rapid risk assessment method according to the code of July 2, 2013 published by Republic of Turkey Ministry of Environment and Urban Planning. With this method, it will be able to determine the priorities of risky regions easily.

For this purpose; 30 reinforced concrete building were evaluated. The buildings were ranked according to performance scores. When the buildings ranked according to performance scores; it were obtained the results ranging between +80 and -35 points. The buildings with lower scores at higher risk, the buildings with higher scores at lower risk. But this method cannot use for determination of building performance or

reinforcement. The method should use only to determine the regional priorities. Turkish earthquake code must be considered to determination of the building performance and damage levels.

Table 7: Performance Ranking of The Building in Group M07

Buil. Num	Haz. Zone	BS	SP	SN_1	SN_2	SN_3	SN_4	SN_5	SN_6	SN_7	SN_8	PR
1	I	60	0	0	0	0	0	0	0	0	-25	35
2	I	60	0	0	-30	0	0	-15	0	0	0	15
3	I	60	0	-10	0	0	0	0	0	0	-25	25
4	I	60	0	-10	-30	0	0	-15	-10	0	-50	-5
5	I	60	0	-10	-30	0	0	-15	-10	0	-25	-30
6	I	80	0	0	0	0	0	0	-10	0	-10	60
7	I	60	0	0	0	0	0	0	-10	0	-25	25
8	I	50	55	0	0	0	0	0	-10	0	-30	65
9	I	80	0	-10	0	0	0	0	-10	0	-10	50
10	I	50	55	-10	0	0	0	0	0	0	-60	35
11	I	70	0	0	0	0	0	0	0	0	-15	55
12	II	80	0	0	0	0	0	0	0	0	0	80
13	I	50	55	-10	0	-30	0	0	0	-3	-30	32
14	I	80	0	-10	0	-20	0	0	0	-3	-10	37
15	II	65	55	-10	-30	0	0	0	-10	0	-60	10
16	I	50	0	-10	-30	0	0	0	0	0	-30	-20
17	I	80	0	-10	-30	0	0	0	0	0	-10	30
18	I	70	0	-10	-30	0	0	0	0	0	-15	15
19	I	80	0	-10	0	-20	0	0	0	-3	-10	37
20	I	70	0	0	0	0	0	0	-10	0	-15	45
21	I	70	0	0	0	0	0	0	-10	0	0	60
22	I	80	0	-10	0	-20	0	-10	0	-3	-10	27
23	I	50	55	0	0	-30	-5	0	0	0	-30	40
24	I	60	0	-10	0	0	0	0	0	0	-25	25
25	I	60	0	0	0	0	0	0	0	0	-25	35
26	II	50	0	-10	0	0	0	0	0	0	-60	-20
27	I	80	0	-10	--20	0	0	0	0	0	-10	40
28	II	65	0	0	-30	0	0	0	-10	0	-60	-35
29	I	70	0	-10	0	0	0	0	0	0	-15	45
30	I	50	0	-10	0	0	-5	0	0	0	-30	05

References

[1] Abo-El-Ezz, A., Nollet, M. J., Nastev, M. Seismic fragility assessment of low-rise stone masonry buildings. Earthquake Engineering and Engineering Vibration. 2013, 12(1), 87-97.

[2] Ali Gurbuz, Muhammed Tekin, “Performans Sıralaması Yöntemiyle Mevcut Binaların Bölgesel Deprem Risk Dağılımının İncelenmesi, Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 11.1 (2015) 37-48 ISSN 1305-1385

[3] Alyamaç, K.E., Erdoğan, E.S., “Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri Ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları”, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 23-25 Mart 2005

[4] Ünal, H.H. Korkmaz, M.Y. Kaltakcı, M. Kamanlı, F. Bahadır ve F.S. Balık, “Deprem Dayanımı Yetersiz Betonarme Çerçevelerin DüzlemDışı Perde Duvar İle Güçlendirilmesi”, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay 25-27 Eylül 2013.

[5] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Resmi Gazete No: 26454, Ankara, 2007.

[6] Guidelines for the Seismic Rehabilition of Buildings, Federal Emergency Management Agency, Report Number 273, Washington, U.S.A. 1997.

[7] Hamid, N. H. A., Mohamad, N. M. seismic assessment of a full scale double storey residential house using fragility curve. Procedia Engineering. 2013, 54(1), 207-221.

[8] Holliday, L., Seismic Vulnerability Of Residential Structures In Nicaragua, University Of Oklahoma,2010. (Doctor of Philosophy)

[9] Hsieh, M. H., Lee, B. J., Lei, T. C., Lin, J. Y. Development of medium and low rise reinforced concrete building fragility curves based on Chi-Chi Earthquake data. Natural Hazards. 2013. 69(1), 695-728.”

[10] Inel, M., Ozmen, H. B., Bilgin, H. Re-evaluation of building damage during recent earthquakes in Turkey. Engineering Structures, 2008, 30(1), 412–427.

[11] Kaplan, H., S. Yilmaz, H. Binici, E. Yazar and N. Çetinkaya. "May 1, 2003 Turkey—Bingöl earthquake: damage in reinforced concrete structures." Engineering Failure Analysis 11(3): 279–291, (2004).

[12] Lignos, D. G., Karamanci, E.. "Drift-based and dual-parameter fragility curves for concentrically braced frames in seismic regions." Journal of Constructional Steel Research 90: 209-220, (2013).

[13] Özmen, B., Nurlu, M., Güler, H., Coğrafi bilgi sistemi ile deprem bölgelerinin incelenmesi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 1997.

[14] RBTE- Riskli Bina Tesbit Esasları (Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik), T.C Çevre Ve Şehircilik Bakanlığı, 2013.

[15] Singhal, A., Kiremidjian, A. S. Method for probabilistic evaluation of seismic structural damage. Journal of Structural Engineering. 1996, 122(12), 1459-1467.

[16] Quick Guide to HAZUS-MH MR1, Federal Emergency Management Agency, ESRI, California, June 2006.

EFFECT OF PLAN BALCONIES ON DYNAMIC BEHAVIOUR OF THE STRUCTURE

YAPININ DİNAMİK DAVRANIŞINA KAT PLAN ÇIKINTILARININ ETKİSİ

Mohammad Manzoor Nasery[a] ve Metin Hüsem[b]
[a] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, E-posta: mnasery@ktu.edu.tr
[b] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, E-posta: mhusem@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, kat plan çıkıntıların yapının dinamik davranışına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, aynı plan geometrisine sahip 6 model üzerine analizler yapılmıştır. Modellerde hiç plan çıkıntısı olamayan model ile başlanarak kademeli olarak beş farklı plan çıkıntısına sahip modeller inceleme altına alınmıştır. Plan çıkıntısının yapılardaki burulma düzensizliği katsayıları, mod şekilleri, yapı periyotları, frekansları, göreli kat ötelemeleri ve kat deplasmanları gibi dinamik parametrelerinin üzerindeki etkileri grafik ve tablolar yardımıyla sunulmuştur. Yapılan analizler sonucunda kat plan çıkıntılarının yapıdaki dinamik davranışını doğrudan etkilediği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Burulma düzensizliği katsayısı, dinamik davranış, plan çıkıntıları

Abstract

This paper mainly focuses on the effects of plan balconies on dynamic behavior of the structure. Six model structures with identical plan geometry are taken into consideration for the analysis purpose. The analysis is conducted starting from the structure without any plan balcony and carried out with five different layouts of the plan balconies. The result of the analysis comprises computation of torsional irregularity coefficients, mod shapes, structure periods, frequencies, story drifts and story displacements for each model, and have been visualized with graphs and tables. To sum up, plan balconies directly affect the dynamic behavior of the structure.

Keywords: Dynamic behavior, plan balconies, torsional irregularity coefficient

1. Giriş

Günümüzde dünya nüfusunun büyük çoğunluğu şehirler ve sanayi bölgelerinde ikamet etmekte, şehirlerdeki arazilerin optimum kullanılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Özellikle metropol şehirlerdeki değerli arazilere yüksek yapılar inşa etmek ile optimum şekilde değerlendirilmektedir. Ancak bu durumda, yapıların üst katlarında kullanım alanını artırmak amacıyla planda çıkıntılı ve düzensiz tasarımlara gidilmektedir.
Tasarım aşamasında düzensiz taşıyıcı sistemlerin kullanılması deprem yükleri %95'nin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'nün deprem bölgesi altında olduğu düşünülürse taşıyıcı sistem seçimi ve tasarımının ne oranda önemli olduğu anlaşılmaktadır. Fakat mimari sebepler, bina sahibinin istekleri, mimar ile mühendisin ortak çalışmaması, binanın inşa edileceği arsanın neden olabileceği kısıtlamalar, taşıyıcı sistem seçimine yeterli özenin gösterilmemesi, inşa aşamasında projeye uyulmaması ve denetim eksikliği gibi nedenlerden dolayı düzensiz binalar inşa edilmektedir. Bu tür yanlışlıkları en aza indirmek amacıyla depreme dayanıklı yapı tasarım konusunda en önemli referansımız olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te (DBYBHY, 2007) [1] taşıyıcı sistem seçiminde ve tasarımında sıklıkla oluşturulan düzensizliklere detaylı olarak değinilmiştir. Düzgün olmayan taşıyıcı sistem yapının deprem sırasındaki dinamik davranışını olumsuz etkilemesi nedeniyle düzensiz yapı yapılmaması vurgulanmaktadır. Ancak düzensizliklerin zorunlu hale gelmesi durumlarda ise ek kurallar getirilerek yapıların dayanım düzeyi yükseltilmeye ve depreme dayanıklı olmasına çalışılmaktadır [2]. Tüm dünya'da kullanılan çağdaş yönetmeliklerde en fazla üzerinde durulan düzensizlik türü planda burulma düzensizliğidir. Bu düzensizliğin oluşturabileceği olumsuz etkilere karşı kabul edilen genel durum; her iki deprem doğrultusu için %5 standart dış merkezlikli yüklemelerden elde edilen burulma düzensizliği katsayılarının hesaplanması, bu değerin belirli bir sınır değeri aşmaması halinde, arttırılmış dış merkezliklere göre hesap yapılmasıdır [3].

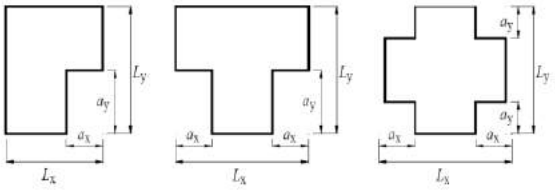
Yapıların sismik analizi ve dinamik yükleme altındaki davranışı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğu yapılardaki yatay ve düşey düzensizliklerini ve bu düzensizliklerin sonucu ortaya çıkan davranışları incelemektedir [4-13]. Burulma düzensizliğine neden olan başlıca etmenler; yapının plan geometrisi ve planda rijitlik dağılımıdır [14]. Deprem etkisinde kalan bir yapıda burulmanın hiç oluşmaması için, kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması gerekmektedir. Deprem kuvvetleri kat kütle merkezine etkimektedir. Eğer rijitlik merkezi ile kütle merkezi çakışmıyorsa, kat düzeyinde burulma momenti oluşacaktır [15]. Kat burulma momenti kolonlarda ek kesme kuvveti oluşturur. Özellikle çerçeve taşıyıcı sistemindeki kolonlar rijitlikleri oranında deprem yükleri altında büyük kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bir de burulmadan dolayı ilave bir kesme kuvveti oluşması depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından istenmeyen bir durumdur. Oysa kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması durumunda, yani deprem yükünün doğrudan rijitlik

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

merkezine etkimesi durumunda kat uniform bir ötelenme yapacağından burulma momenti oluşmayacaktır.
Yapının üzerine inşa edileceği arazinin getirdiği kısıtlamalardan dolayı, yapının plan geometrisi kare ya da dikdörtgen gibi basit geometrik şekillerde tasarlanamamaktadır. Bu yüzden, kat planında bir takım girinti ya da çıkıntılar oluşmaktadır. Bu çalışmada kat planında bir takım çıkıntıların bulunmasının yapının dinamik davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında plan çıkıntısının yapılardaki burulma düzensizliği katsayıları, mod şekilleri, yapı periyotları, frekansları, göreli kat ötelemeleri ve kat deplasmanları üzerindeki etkileri grafik ve tablolar yardımıyla sunulmuştur.

2. Planda Çıkıntıların Bulunması

Planda çıkıntılara gitmenin ana sebepleri mimari estetik, ekstra faydalı kullanım alan ve balkonlar gibi farklı amaçlar için kullanılabilen alanların elde edilmesidir. Bu çıkıntılar yapı performansını doğrudan etkileyeceği için DBYBHY'de tanımlanmış olup bir kısıtlama getirilmiştir. Depreme karşı dayanıklı bir yapı tasarlayabilmek ve binanın deprem sırasında düzgün bir yapısal davranış gösterebilmesini sağlayabilmek için bu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu A3 (Planda Çıkıntılar Bulunması) düzensizlik olarak tanımlanmaktadır [1].



Şekil 1. A3 türü düzensizlik durumu: ax > 0.2 Lx ve aynı zamanda ay > 0.2 Ly

3. Analitik Çalışma

Bu çalışmada Şekil 2'de kalıp planı verilen 6 modelin plandaki çıkıntılarının yapı dinamik davranışına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla 1. derece deprem bölgesinde, süneklik düzeyi yüksek, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R(x,y)=7 ve Z3 yerel zemin sınıfına sahip 6 farklı model üzerinde, İde CAD statik paket programı [16] yardımıyla mod birleştirme yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Analizlerde kullanılan malzeme ve taşıyıcı eleman en kesitleri Tablo1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1 Taşıyıcı sistem malzeme özellikleri.

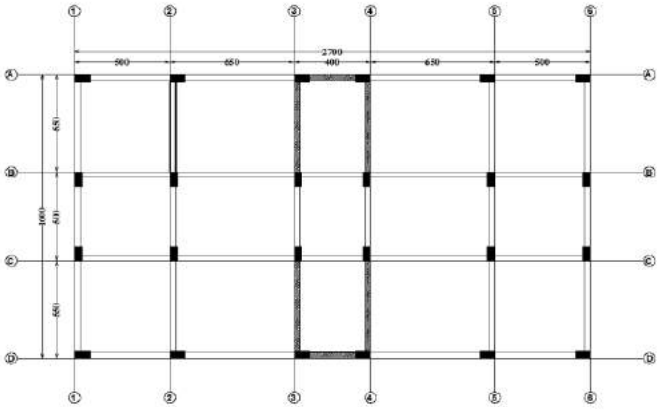
Açıklama	Değer
Beton sınıfı (MPa)	C30/37
Elastisite Modülü (kN/m^2)	3,2E^7
Poisson oranı	0,2
Birim hacim ağırlığı (kN/m^3)	25
Zemin Yatak Katsayısı (kN/m^3)	50E^3

Tablo 2 Taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit özellikleri.

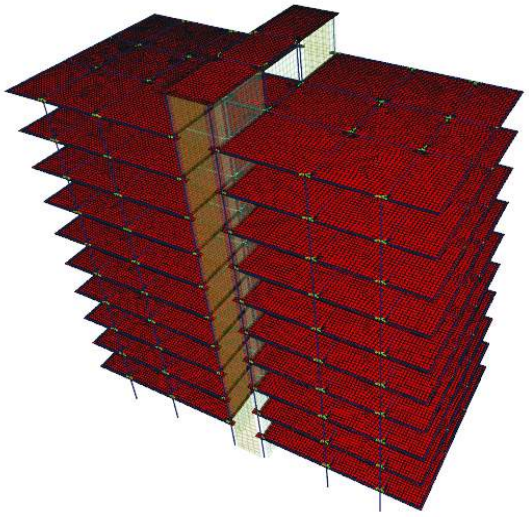
Taşıyıcı Eleman	Şekli	b(m)	h(m)	Alan(m^2)
Kiriş	Dikdörtgen	0,25	0,50	0,125
Kolon	Kare	0,40	0,80	0,320
Perde	Dikdörtgen	0,25	3,60	0,900
Perde	Dikdörtgen	0,25	2,00	0,500
Perde	Dikdörtgen	0,25	1,80	0,450

Şekil 2'de kalıp planı verilen M0 modeli baz alınarak x-doğrultusunda plan çıkıntıları giderek artırılmıştır. M1 modelinde binanın x-doğrultusundaki uzunluğunun %5'i kadar plan çıkıntısı oluşturulmuştur, sırasıyla M2'de %10, M3'de %15, M4'de % 20 ve M5'de %25 plan çıkıntısı verilmiştir. Geri kalan tüm parametreler sabit tutularak sadece kat plan çıkıntıları değiştirilmiştir.

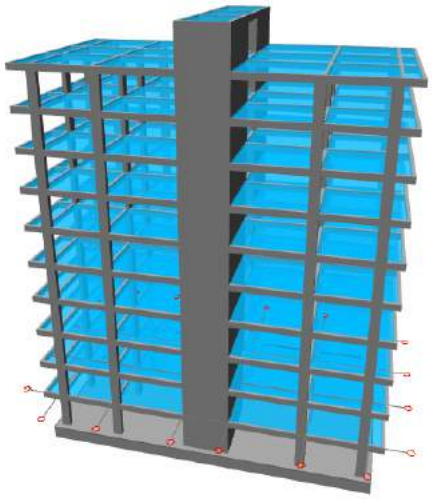
Modellerin kalıp planı, üç boyutlu analitik modeli ve üç boyutlu sonlu elemanlar modeli sırasıyla Şekil 2-5'de verilmiştir.



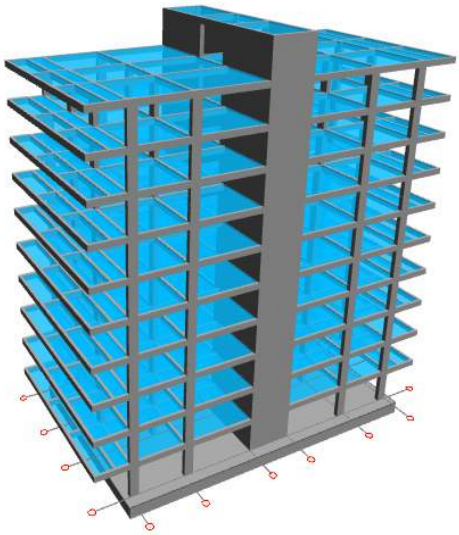
Şekil 2. M0 modeline ait kat planı.



Şekil 3. M1 modeline ait analitik model.



Şekil 4. M3 modellerine ait üç boyutlu sonlu eleman modeli.



Şekil 5. M4 modellerine ait üç boyutlu sonlu eleman modeli.

Tüm sonlu eleman analizlerinde kat döşemeleri için rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Rijit diyafram kabulünde döşemelerin sonsuz rijit olduğu, şekil değiştirmelerinin ihmal edilecek kadar küçük olduğu kabul edilmektedir. Düğüm noktalarına ait deplasmanlar, iki yatay eksen doğrultusunda ötelenme ve düşey eksen doğrultusunda dönme şeklindedir. Kirişlerin eksenel deformasyonları rijit diyafram içinde kaldığından dikkate alınmamaktadır [17].

4. Sayısal Sonuçlar ve Tartışma

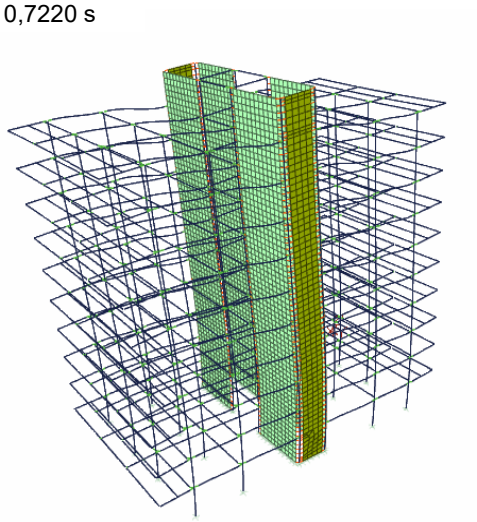
Yukarıda tanımlanan farklı kat plan çıkıntılarına sahip 6 farklı model üzerinde yapılan deprem analizleri ile burulma düzensizliği katsayıları, mod şekilleri, yapı periyotları, frekansları, göreli kat ötelemeleri ve kat deplasmanları ile ilgili aşağıdaki sayısal sonuçlar elde edilmiştir.

Modal analiz sonucunda her bir moda karşılık gelen periyot değerleri Tablo 3'te, mod şekilleri ise Şekil 6-7'de verilmiştir.

Tablo 3 Tüm modeller için her bir moda karşılık gelen periyot değerleri.

Mod	M0	M1	M2	M3	M4	M5
1.	0,664	0,700	0,722	0,734	0,749	0,803
2.	0,507	0,569	0,641	0,685	0,702	0,765
3.	0,504	0,526	0,543	0,552	0,563	0,576
4.	0,172	0,181	0,187	0,193	0,209	0,225
5.	0,142	0,161	0,181	0,190	0,194	0,198

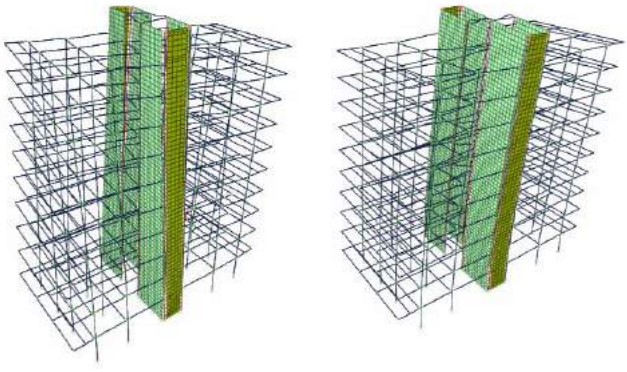
Mod 1
Frekans: 1,3851 Hz
Periyot: 0,7220 s



Şekil 6. M2 modelinin 1.mod şekli, frekans ve periyodu.

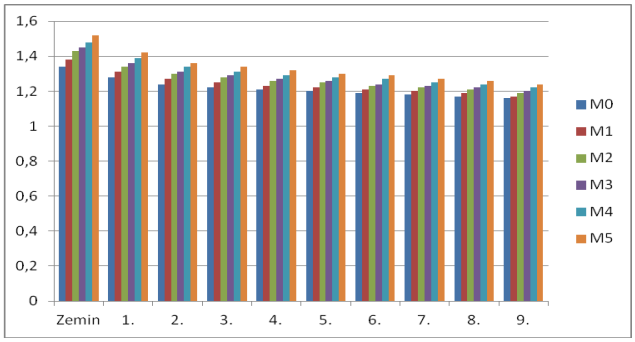
Mod 2
Frekans: 1,5588 Hz
Periyot: 0,6415 s

Mod 3
Frekans: 1,8415 Hz
Periyot: 0,5430 s



Şekil 7. M2 modelinin 2. ve 3. mod şekilleri, frekansları ve periyotları.

Farklı kat plan çıkıntılarına sahip 6 farklı model üzerinde yapılan deprem analizleri sonucunda Şekil 8'de görülen burulma düzensizliği katsayısı değerleri grafiksel olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Her bir modele ait burulma düzensizliği katsayısı değerleri.

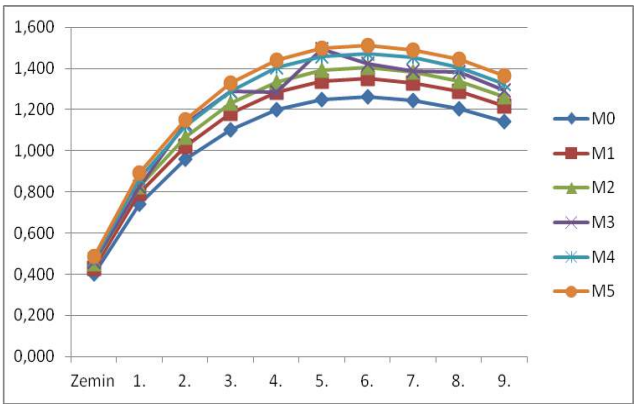
Yatay deprem kuvvetleri etkisi altında tüm modellerin hem x hem de y doğrultularında oluşan kat ötelenmeleri değerleri Tablo 4-5'de ve göreli kat ötelenmeleri ise grafiksel olarak Şekil 9-10'da verilmiştir.

Tablo 4. Tüm modellere ait x-doğrultusundaki kat deplasmanları (cm).

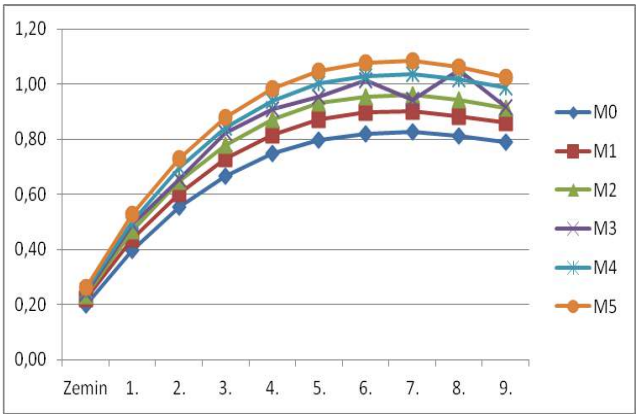
Katlar	M0	M1	M2	M3	M4	M5
Zemin	1,21	1,29	1,35	1,38	1,42	1,46
1.	3,43	3,67	3,82	3,85	4,02	4,14
2.	6,3	6,74	7,02	7,25	7,38	7,59
3.	9,61	10,29	10,71	11,12	11,25	11,58
4.	13,21	14,14	14,71	14,97	15,46	15,90
5.	16,96	18,15	18,88	19,45	19,83	20,40
6.	20,74	22,2	23,10	23,72	24,25	24,94
7.	24,47	26,19	27,25	27,88	28,61	29,41
8.	28,08	30,05	31,26	32,02	32,82	33,74
9.	31,50	33,7	35,05	35,90	36,79	37,83

Tablo 5. Tüm modellere ait y-doğrultusundaki kat deplasmanları (cm).

Katlar	M0	M1	M2	M3	M4	M5
Zemin	0,6	0,66	0,70	0,72	0,76	0,79
1.	1,79	1,97	2,10	2,19	2,27	2,37
2.	3,45	3,78	4,04	4,15	4,36	4,56
3.	5,45	5,97	6,37	6,62	6,89	7,20
4.	7,69	8,42	8,98	9,35	9,71	10,15
5.	10,08	11,03	11,77	12,21	12,72	13,29
6.	12,54	13,72	14,63	15,25	15,81	16,52
7.	15,02	16,42	17,51	18,08	18,92	19,77
8.	17,46	19,07	20,34	21,23	21,97	22,96
9.	19,83	21,65	23,08	23,98	24,93	26,04

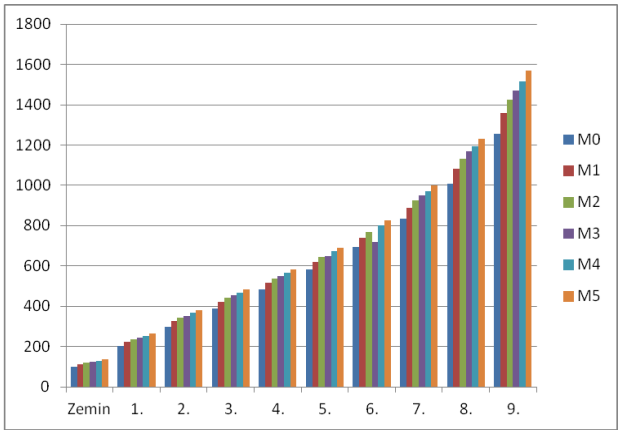


Şekil 9. Tüm modellere ait x-doğrultusundaki göreli kat ötelemeleri değerleri(cm).

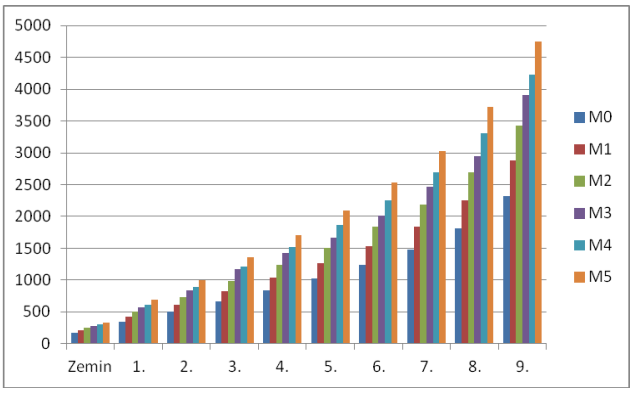


Şekil 10. Tüm modellere ait y-doğrultusundaki göreli kat ötelemeleri değerleri(cm)

Yatay deprem kuvvetleri etkisi altında tüm modellerin hem x hem de y doğrultularında oluşan kat kesme kuvvetleri değerleri grafiksel olarak Şekil 11-12'de verilmiştir.



Şekil 11. Tüm modellere ait x-doğrultusundaki kat kesme kuvvetleri (kN).



Şekil 12. Tüm modellere ait y-doğrultusundaki kat kesme kuvvetleri (kN).

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada plandaki çıkıntıların yapının dinamik davranış üzerindeki etkileri yapılan deprem analizleri ile araştırılmıştır. Analiz sonuçlarında plandaki farklı boyuttaki çıkıntı durumlarının, burulma düzensizliği katsayıları, mod şekilleri, yapı periyotları, frekansları, göreli kat ötelemeleri ve kat deplasmanları gibi binanın dinamik parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır;

- Binanın burulma modu, M0 ve M1 modellerinde 3. mod, M2 ve M3 modellerinde 2. mod, M4 ve M5 modellerinde ise 1. mod olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere; kat planlarındaki çıkıntı boyunun artması binanın mod şeklini doğrudan etkilemektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerine göre binanın birinci ve ikinci modunun öteleme üçüncü modunun ise burulma şeklinde olması istenmektedir.
- Kat planlarında büyük çıkıntıların oluşturulması binanın kütlesinin dolayısıyla da periyodunun artmasına neden olmaktadır. Özellikle Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfa sahip bölgelerde taşıyıcı sistem tasarımında bilinçsizce girinti ve çıkıntıların oluşturulması, binaları rezonans tehlikesi ile karşı karşıya getirmektedir.
- Kat planlarındaki girinti ve çıkıntı boyu ile kat deplasmanları, göreli kat ötelenmeleri ve kat kesme kuvvetleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Büyük yer değiştirmeler ve kat kesme kuvvetleri özellikle düşey taşıyıcı elemanlarda büyük gerilmeler oluşturmaktadır. Bu durum ise ekonomik olmayan tasarımların yapılmasına neden olmaktadır.

6. Teşekkür

Mohammad Manzoor Nasery, doktora çalışmasını 2215 programı kapsamında, ekonomik olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkür eder.

Kaynaklar

[1] DBYBHY (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 06.03.2007, Resmi Gazete Sayısı: 26454, Ankara, Türkiye.

[2] Celep Z. , Kumbasar N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.

[3] Aka, İ. ve Keskinel, F.,Arad, T.S. Betonarme Yapı Elemanları, Birsen Yayınevi, 1996.

[4] Au, E.V., Simplified Methodology for the Seismic Response of Torsionally Irregular Structures, Third Professional Project Report, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, 2007.

[5] Özmen, G.,Torsional Irregularity in Symmetric Structures, Turkish Chamber of Civil Engineers Digest 2002, Volume 13, Aralık 2002.

[6] Chintanapakdee, C., Chopra A.K., Evaluation of Modal Pushover Analysis Using Vertically Irregular Frames, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No:2139, 2004.

[7] Lucchini, A., Monti, G., Kunnath, S., Investigation on the Inelastic Torsional Response of Asymmetricplan Buildings, Fifth European Workshop on the seismic behavior of Irregular and Complex Structures, 27-39, 2008.

[8] Cosenza, E., Manfredi, G., Realfonzo, R., Torsional Effects And Regularity Conditions in RC Buildings" 12 WCEE, 2551, 2000.

[9] Demir, A., Demir, D. D., Erdem, R. T., and Bağcı. M.,Torsional Irregularity Effects Of Local Site Classes In Multiple Storey Structures, IJRRAS, August 2010.

[10] N. Özhendekci and Z. Polat Torsional Irregularity of Buildings, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China ,October 12-17, 2008.

[11] Rajeev, P. and Tesfamariam, s., Seismic fragilities for reinforced concrete buildings with consideration of irregularities, Structural Safety,1-13, 39 ,2012.

[12] A. Sivakumar, A. and Karthikeyan, K., Dynamic behavior of torsionally sensitive reinforced concrete framed structures, Journal of Civil Engineering and Construction Technology Vol. 3(7), pp. 204-211, August, 2012.

[13] Athanassiadou, C. J., Seismic performance of R/C plane frames irregular in elevation, Engineering Structures, 1250–1261, 30, 2008.

[14] Özmen, G., Excessive Torsional Irregularity in Multi-Storey Structures, İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi Digest, Vol.15, No.1, pp:3331-3144 ,2004.

[15] Kara, E., Yapılara Etki Eden Deprem Kuvvetleri İle Yapıların Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarlanması Arasındaki İlişkilerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2001.

[16] İdeCAD Statik Version 7.022 (2013), Ideyapi, İstanbul.

[17] Doğan,O., Bakırcı Er Ş. Hareketli Yük Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisinin İncelenmesi, International Journal of Engineering Research and Development, Vol.2, No.2, June 2010.

IMPACT OF NONSTRUCTUAL SYSTEMS ON IMPORTANT STRUCTURES IN EARTHQUAKE

Cengiz İPEK
Koto, Member of 2nd Committee of Kocaeli Chamber of Commerce Kocaeli, Turkey, E-posta: ipekceng@gmail.com

Abstract

In this study earthquake effects of nonstructural elements (NSEs) are investigated on important structures. Nonstructural systems of a building are not a part of the main load-resisting system. Therefore, these are usually neglected from the structural design point of view. Nonstructural damage may cause shut down the functionality of important facilities, such as hospitals, airports, official buildings, and nuclear power plants, following major seismic events. Therefore, it is not surprising that in many past earthquakes, losses from damage to nonstructural systems have exceeded losses from structural elements (SEs) damage. Moreover, the failure of nonstructural systems can become a safety hazard or can hamper the safe movement of occupants evacuating buildings, or of rescue workers entering buildings. In comparison to structural systems and nonstructural systems, there is a little information on the seismic design of nonstructural components. This paper reviews nonstructural systems damages on important structures in recent earthquakes around the world.

Keywords: Nonstructural elements, Seismic design, Seismic reponse, Important buildings, Damages

1. Introduction

Most earthquakes regarded to deaths and injuries are caused by the collapse of structural and failure of nonstructural systems and the construction practices play a tremendous role in the death toll of an earthquake. For instance, in Italy in 1909 more than 100,000 people and in 1999 Kocaeli earthquake not less than 20,000 people perished from earthquake that struck all the region. In fact, that also effects economy of the countries. For example, the most economic damages occured about $150 billion in Sichuan, China (2008) and over $250 billion in Töhoku, Japan (2011) earhquakes respectively [1-3].

Major earthquakes have occurred around the world so far at Lisbon, Portugal (1755); New Madrid, Mo. (1811 : 1812); Charleston, S.C. (1886); Assam, India (1897 : 1950); San Francisco (1906); Messina, Italy (1908); Gansu, China (1920); Tokyo, Japan (1923); Chile (1960); Iran (1962); S Alaska (1964); Managua, Nicaragua (1972); Guatemala (1976); Hebei, China (1976); Mexico (1985); Armenia (1988); Loma Prieta (1989) ;Luzon, Philippines (1990); N Japan (1993); Northridge, (1994); Kobe, Japan (1995); Izmit, Turkey (1999); central Taiwan (1999); Oaxaca state, Mexico (1999); Bam, Iran (2003); NW Sumatra, Indonesia (2004); Hawaii (2006) Sichuan, China (2008); S Haiti (2010); Chile (2010); South Island, New Zealand (2011); Tohoku, Japan (2011); Van, Turkey (2011); Kutahya, Turkey (2011); Napa (2014); Nepal(2015). The maps poses probable shaking earhquake intensity (red colors) in Turkey and the U.S.(Fig.1). Nonstructural components account for most of the total investment in a typical building. According to [1] nonstructural components make up approximately 82%, 87% and 92% of the total monetary investment in office, hotel and hospital buildings, respectively, in the U.S. Cost of NSEs in total projects cost is about %90, even more higer because of lower cost of SEs in Istanbul, Turkey (Fig 2), [1,2]. The failure of nonstructural building components can become a safety hazard and hamper the safe movement of occupants as they evacuate or rescuers as they enter the building [4]. In addition to, damage to nonstructural components occurs at seismic intensities much lower than those required to produce structural damage [6].Therefore, it is not surprising that in many past earthquakes, losses from damage to nonstructural building components have exceeded losses from structural damage [7]. Nonstructural elements are those which are attached to or housed in a building or building system, but are not part of the main load-resisting structural system of the building. These can be of three types, namely:

1. Architectural elements, for example, parapets, penthouses, appendages and ornamentations, veneer, cladding systems, suspended ceiling, sign boards, etc.,
2. Mechanical components, for example, boilers, storage tanks, piping systems, fire protection systems, and
3. Electrical components, for example, electric motors, light fixtures, computers and data acquisition systems, etc. [8].

A building, important building, or a portion of one, should be considered a critical facility if it is required to withstand the effects of a disaster and remain in operation, whether to safeguard the activity conducted within it, or the lives and well being of its occupants, other disaster victims, or emergency-services personnel. Critical facilities include, for example, hospitals, police and fire stations, data centers, nuclear plants, schools, official buildings, evacuation shelters, and buildings or portions of buildings that provide essential support to them. Other vulnerable buildings should be required to withstand earthquake without failure of structural components, including façade elements, though they need not remain functioning and are likely to be evacuated during the earthquake; these should be considered protected facilities rather than critical [9].

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

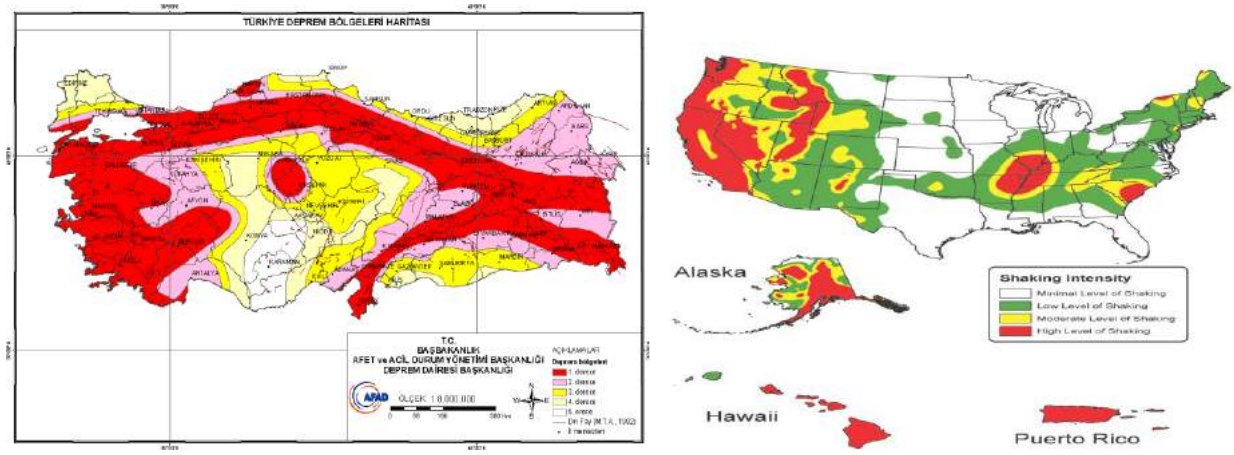


Figure1. Maps of probable shaking intensity (red colors) in Turkey and USA , [18].

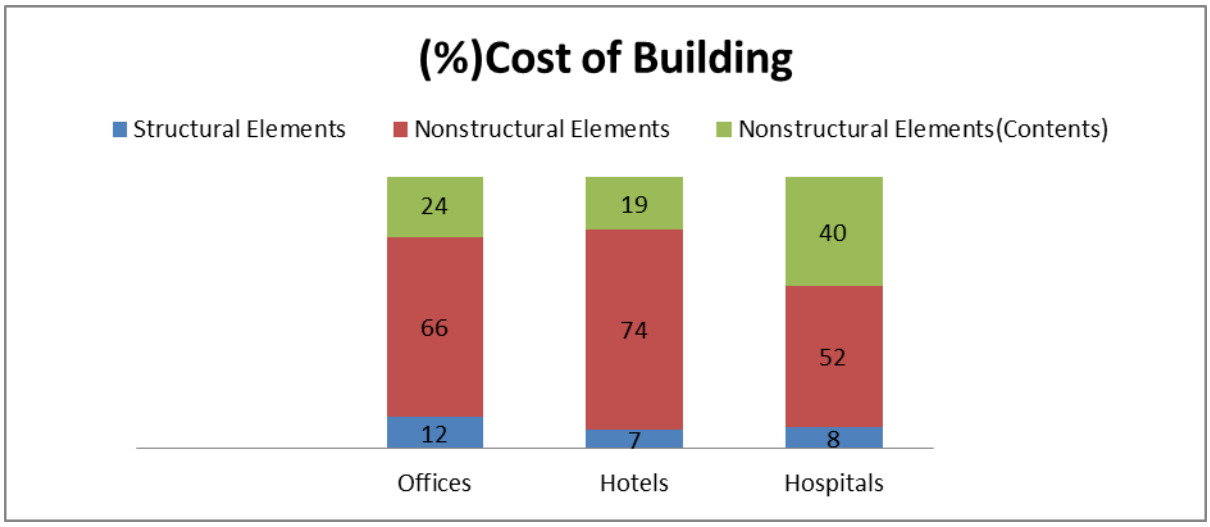


Figure 2. Investments of NSEs in building construction in Istanbul, Turkey, 2015 [1,2].

Recent earthquakes, such as the 1989 Loma Prieta and 1994 Northridge earthquakes, have shown that code-designed buildings can suffer serious damage to their structural and nonstructural systems when subjected to moderate and severe earthquake excitations. In particular, non-structural and secondary systems have sustained heavy damage, which some cases have rendered the structures unusable. Since 1994, particular attention has been focused on the economic consequences of damage to non-structural components and systems. Applied Technology Council (ATC) (1997a) [10] presents a historical review of the seismic design and construction practices of nonstructural components in the U.S. [11-15]

2. A Brief History of NSEs

NSEs such items are called Non-Structural Elements (NSEs). NSEs are referred in different documents by different names, like “appendages,” “non-structural components,” “building attachments,” “architectural, mechanical and electrical elements,” “secondary systems,” “secondary structural elements,” and “secondary structures”. A great deal of research effort has been devoted over the past 40 years to the development of rational methods for the seismic analysis of NSEs. However, earlier efforts have been focussed on the safety of critical equipments as piping and control systems in important structures, for example, nuclear power plants. Therefore, these methods have been successfully applied in the analysis of such facilities but have not been used extensively for the analysis of nonstructural elements in the conventional buildings. The San Francisco (1906), Santa Barbara (1925) and Long Beach (1933) earthquakes exposed the vulnerability of brick parapets and exteriors walls. In 1927, provisions on nonstructural element were included for the first time in an Appendix of the Uniform Building Code [16] as follows: ‘‘Bonding and tying. All buildings shall be firmly bondedand tied together as to their parts and each one as a whole in such manner that the

structure will act as a unit. All veneer finish, cornices and ornamental details shall be bonded in the structure so as to form an integral part of it. This applies to the interior as well as the exterior of the building."

Afterwards it was recognised that like structural elements, nonstructural elements should also be designed for lateral force which is proportional to the weight of the non-structural element itself. Therefore, design horizontal lateral force for non-structural elements and its connections was recommended as F = CW (Coefficient*Weight) in the 1935 edition of UBC and remained practically unchanged until UBC 1997. The provisions were mostly confined to architectural elements, towers, tanks, contents, chimneys, penthouses, etc. But these provisions were not mandatory at that time since these were given in the appendix of the code and remained there until 1961 edition of UBC when the seismic provisions for non-structural element were recommended in the main body of the code for the first time. This code also addressed the requirement of designing the anchorage of non-structural elements. The Alaska (1964) and the San Fernando (1971) earthquakes brought the nonstructural element under limelight [17].

NSEs that are massive have a tendency to slide and/or topple, if they are unanchored to the vertical or horizontal SEs. For instance, if a wet battery bank is just rested on some supports that are not designed to resist earthquake effects, the batteries can topple, and cause loss of function and even spillage of acid (Fig. 3a). On the other hand, if the same battery bank is held on supports that are designed to resist the earthquake effects and anchored at the base on horizontal SEs, then its performance is significantly improved during earthquakes. Some NSEs cannot be held individually from toppling, e.g., small items, like bottles and books on shelves. For instance, when a bookshelf is shaken, the losses can be by toppling of shelf itself (Fig. 3b), or by toppling of books even though the shelf is in place (Fig. 3c). For such NSEs, a common sense approach is taken to prevent damage or loss during earthquake shaking; a wire rope is tied across the items (like books and bottles) on the supports of the shelves, and the shelves themselves are anchored to the vertical SEs (like structural walls or columns) or horizontal SEs (like slabs or beams) and prevent them from toppling. Such simple mitigation measures adopted in past earthquakes have been successful [17].

3. Type of NSEs Damages



(a) (b) (c)

Figure 3. a) Heavy battery bank collapse in 1971 M6.7 San Fernando Earthquake, b) Books placed on shelves toppled in 1987 M5.9 Whittier Narrows Earthquake, c) Objects placed on shelves toppling in 1989 M6.9 Loma Prieta Earthquake.



(a) (b) (c)

Figure 4. a, b). Damages masonry and cladding in Ercis Hospital Van Earthquake M7.2, Turkey, 2011, c) Damages in operation room at Kona Hospital Hawaii Earthquake M6.7, 2006

Vertical projections made of unreinforced masonry (URM) walls are most vulnerable to earthquake shaking (Fig.4). They tend to fall in their thin direction, whether they are parapetwalls or boundary walls. Collapse of parapet walls from large elevations can cause threat to life. These URM walls need to be anchored formally to the horizontal SEs [17] At this time, Table 1. shows lessons for damages of NSEs in recent major eartquakes.

Table 1. Experiences for NSEs from Recent Earthquakes

S.No	Earthquakes	Types of NSEs damages
1	1906 SanFrancisco; 1925 Santa Barbara	Damages of brick parapets and exterior walls
2	1964 Alaska(USA)	Due to failure of NSEs significant losses including exterior precast Wall panels
3	1971 San Fernando	Failure of suspended ceiling systems, metal book shelves in libraries, water sprinkler systems and mechanical equipments
4	1989 Loma Prieta (California, USA)	Collapse of heavy plaster ceilings and ornamentations, falling of lighting grids, broken windows, store front glazing, and support fixtures severe economic losses due to damage to water system 490 incidents of hazardous materials incident recorded
5	1991 Costa Rica	Failure of lights, ceiling fans and asbestos panel roofing overturning of book cases & furniture Internal mechanical damage and anchorage problems Lesson and Experiences
6	1992 Landers (California, USA)	Failure of suspended ceilings, light fixtures
7	1993 Guam; 1994 Northridge (California, USA)	Failure of elevator control cabinet Failure of spring mounted equipment, heavy furniture Failure of many museum pieces Extensive disruption to essential functions caused by NSE damage Failure of piping system 387 hazardous materials incident recorded during 1994 Northridge earthquake
8	1999 Kocaeli(Turkey)	Collapse of storage racks, failure oflight fixtures, piping system, stacked and stored material
9	1999 Chi-Chi(Taiwan)	Extensive failure of partition walls
10	2006 Hawaii(USA)	Fallen ceilings, light fixtures Significant damage to sprinkler system, exterior cladding, and piping systems
11	2010 Chile	Fallen ceilings, light fixtures Significant damage to sprinkler system, exterior cladding, and piping systems
12	2011 Van 2011 Kutahya (Turkey)	Collapse of storage racks, failure oflight fixtures, exterior cladding, piping system, stacked and stored material, failure of partition walls, collapse silos
13	1934 Nepal 2015 Nepal	Collapse tample, extensive failure of walls, damages of brick parapets and historic buildings

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

4. Conclusion

1. As of today, few countries have seismic design provisions to protect NSEs against earthquakes. This is a reflection of the fact that lessons were not learnt from past earthquakes

2. Since nonstructural systems failures have accounted for the majority of earthquake damage in several recent earthquakes, it is essential to raise awareness of potential nonstructural elements risks, the costly results of nonstructural systems failures, and the opportunities that exist to make less future losses.

3. When seismic performance of nonstructural elements are studied, seismic anchorage and bracing of nonstructural elements are required for the existing buildings. The provisions for NSEs should be made for TDY (Turkish Sismic Code, 2007) and needs updating urgently.

4. Now is the time for engineers to take responsibility to develop performance based nonstructural design in a similar way that has developed for structural design.

References

[1] Ipek.,C., Kuzucuoglu A. H.,Kıstır M.R., "Evaluation of Nonstructural Systems in Terms of Earthquake Effects,"International Burdur Earthquake & Environment Symposium, Turkey, pp.197-206; 2015.

[2] Ipek., C "Investigation of Nonstructural Systems Under Earthquake A Effect, 5th.International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey, pp.187-213, 2015.

[3] Makaracı M., İpek C., Analysis of Stresses of The Buried Pipline As Results of Eatrhquake Effect, 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey, pp.201-213, 2015.

[4] Villaverde R.,. Seismic Analysis and Design of Nonstructural Elements. In Earthquake Engineering: from Engineering Seismology to Performance Based Engineering, Bozorgnia Y, Bertero V (editors), CRC Press LLC: Boca Raton, FL., 2004

[5] Whittaker, A.S and Soong, T.T., A overview of nonstructural component research at three U.S. earthquake engineering research centers in Proceedings of Seminar on Seismic Design, Performance, and Retrofit of Nonstructural Components in Critical Facilities, Applied Technology Council, ATC-29-2, pp. 271-280, Redwood City, California. 2003.

[6] Miranda E and Taghavi S., Estimation of Seismic Demands on Acceleration-sensitive Nonstructural Components in Critical Facilities, Proceedings of the Seminar on Seismic Design, Performance, and Retrofit of Nonstructural Components in Critical Facilities, ATC 29−2, Newport Beach, CA, 347−360, 2003.

[7] Filiatrault A and Sullivan T., Performance- based seismic design of nonstructural building components : The next frontier of earthquake engineering'' Earthq Eng & Eng Vib 13: 17-46, 2014.

[8] Mondal G and Jain S.K., Design of non-structural elements for buildings: A review of codal provisions The Indian Concrete Journal, 2005.

[9] Post Sandy Initiative May, Building better and smarter oppurtinities for design development,2010

[10] Applied Technology Council, ATC (1997a), (1997b). NEHRP Commentary on the Guidelines for the Seismic Rehabilitation of Buildings (FEMA 274), ATC -33, Redwood City, CA.

[11] Wolff, E.D., Ipek, C., Constantinou M.C., Morillas L., Torsional response of seismically isolated structures revisited. Engineering Structures 59: 462-468,2014.

[12] Wolff, E.D., Ipek C., Constantinou M.C., Tapan, M., Effect of Viscous Damping Devices on The Response of Seismically Isolated Structures.. Earthquake Engineering and Structural Dynamics. 44(2), pp 185-198, 2015.

[13] Ipek C., Constantinou M.C., Tapan M., An Experimental Study of Viscous Damping Devices on The Behaviour of Seismically Isolated Structures, 5th. International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey, pp.116-117, 2015.

[14] Wolff, D.E and Constantinou, M.C., Experimental study of Seismic isolation systems with emphasis on secondary system response and verification of accuracy of dynamic response history anaysis, Technical report MCEER -04-001 UB, New York, 2004.

[15] Tapan M., Constantinou M.C., Ipek C., '' Evaluation of equivalent lateral force procedure for hospital buildings with triple friction pendulum isolators International Van Earthquake Symposium 23-27 October, Van, Turkey, 2013.

[16] Historical UBC CD-ROM: The Early Years (1927-1964:1997), Version1.0, International Conference on Building Officials, Whittier, California, USA.

[17] Murty, C. V. R., Goswami R., Vijayanarayanan A. R., Kumar R. P., Mehta V V., Introduction to Earthquake Protection of Non-Structural Elements Gujarat State Disaster Management Authority GSDMA 2012.

[18] USGS,.U.S. Geological Survey http://earthquake.usgs.gov/ 2015.

YAPI- ZEMİN ETKİLEŞİMİNİN DEPREM DAVRANIŞ SPEKTRUMUNA ETKİSİ

THE EFFECT OF SOIL-STRUCTURE INTERACTION ON THE RESPONSE SPECTRUM

Yeşim TÜMSEK[a] ve Erkan ÇELEBİ[b]
[a] Fen Bilimleri Enstitüsü- Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, yesim.tumsek@ogr.sakarya.edu.tr
[b] Mühendislik Fakültesi-Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, ecelebi@sakarya.edu.tr

Özet

Bu çalışmada yerel zemin koşullarının deprem davranışına etkisi empedans fonksiyonları yardımıyla incelenmektedir. Yapı-zemin etkileşim probleminde üstyapı ve zemin alt sistem yaklaşımı içerisinde iki ayrı sistem olarak ele alınmaktadır. Her iki sistem için ayrı ayrı yazılan dinamik denge denklemleri MATLAB paket programıyla kod yazılarak üstyapı-zemin arakesitinde birleştirilmiştir. Köprü ayağı-zemin ortak sisteminin dinamik davranışı, zemin koşullarının dikkate alındığı davranış spektrumlarına göre incelenmiştir. Temelin gömülme oranına bağlı değişen empedans fonksiyonlarına göre geliştirilen yazılımda periyot uzama oranı ve sistemin sönüm değerleri deprem yönetmeliğinin tanımlandığı zemin sınıflarına uygun zeminler için elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Altsistem yaklaşımı, gömülme derinliği, davranış spektrumu, periyot uzaması.

Abstract

In this study, the effect of the local soil conditions is investigated by using impedance functions. The soil-structure interaction problem based on the sub-structure approach is considered as two separate system. The dynamic equilibrium for both systems is integrated in the soil-structure interface by writing code with MATLAB software. The dynamic behavior of the bridge pier-soil coupled system is explored by employing the earthquake spectrum including soil effects. The impedance functions depending on embedment ratio is used for obtaining the foundation damping factor and period lengthening in the case of soil conditions defined in Turkish Earthquake Code.

Keywords: substructure approach, embedment depth, response spectrum, period lengthening.

1. Giriş

Bugüne kadar bu alanda yapılan akademik çalışmalar 'altsistem yaklaşımı' ve 'ortak sistem (doğrudan çözüm) yaklaşımı' ile iki ana başlık altında toplanmıştır. Altsistem yaklaşımı üstyapı ve zemin ortamı iki ayrı sistem olarak alınması esasına dayanırken doğrudan çözüm ise üstyapı ve zemin ortamı tek sistem olarak ele alınmaktadır. Yerüstü ve yer altı yapıların sismik analizi için zemin yapı etkileşiminin düşünülmesi zeminin veya temel ortamının çok sağlam olmaması durumunda önem kazanmaktadır. Yapı deprem etkisiyle temel çevresindeki zeminin deformasyonundan etkilenerek bir etkileşime girmektedir. Bunun sonucunda üst yapının dinamik özellikleri değişmektedir. Bu çalışmada iki boyutlu betonarme köprü ayağının oturduğu zeminle dinamik etkileşimi empedans fonksiyonlarına bağlı incelenmektedir. Deprem yönetmeliğine uygun tanımlanan farklı zemin sınıfları dikkate alınarak, köprü ayağının dinamik davranışı gömülme derinliğine bağlı olarak altsistem yaklaşımıyla geliştirilen çözüm algoritması ile değerlendirilmiştir.

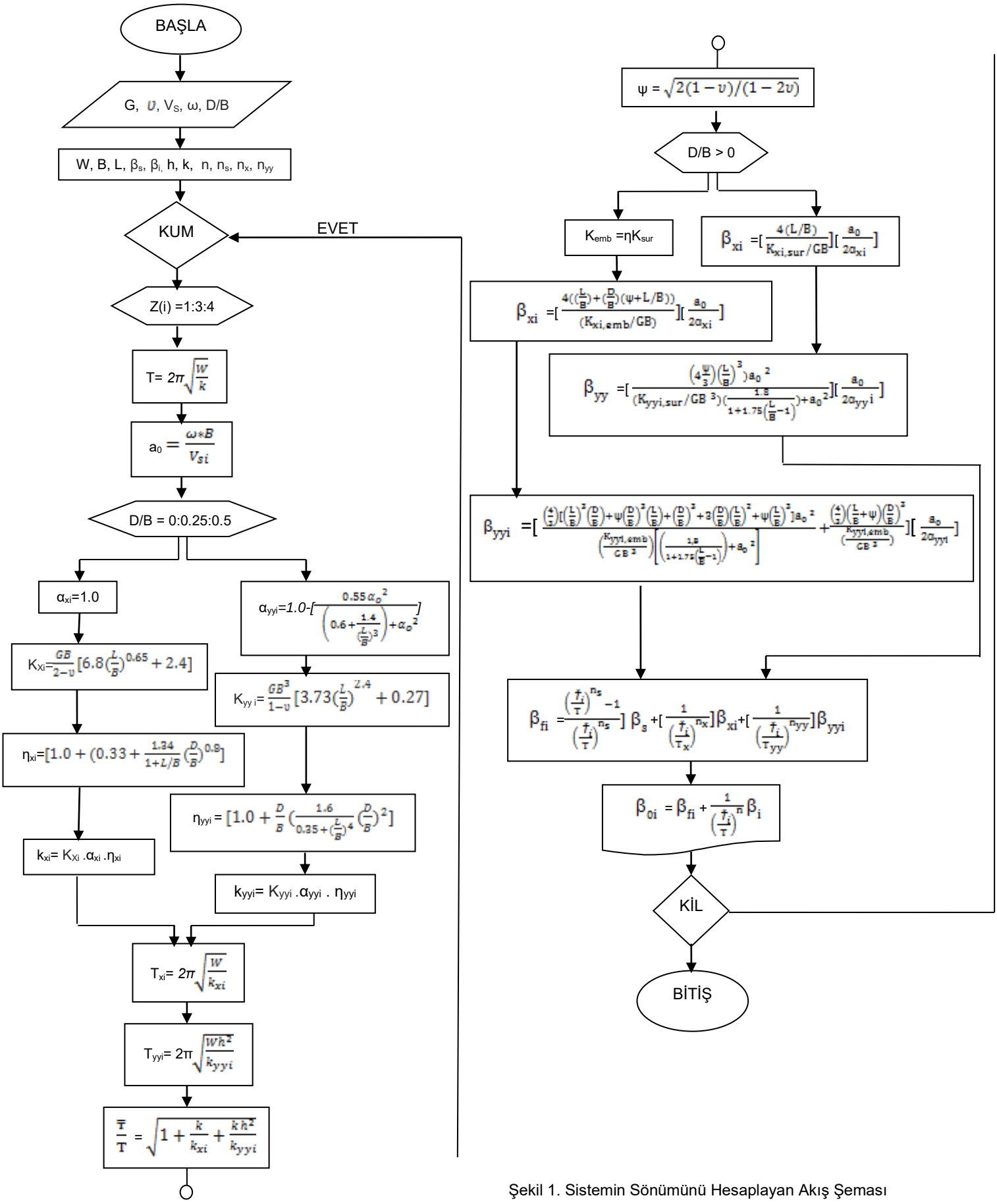
2. Yöntem

2.1. Çözüm Algoritması

Yapı-zemin etkileşim probleminin altsistem yöntemiyle çözümlerinde kullanılan empedans fonksiyonları için farklı yaklaşımlar mevcuttur [1, 2]. Empedans fonksiyonlarında ifade edilen periyot uzaması oranı ($\overline{T}/T$) zemin ortamını tanımlayan dinamik rijitliğin sonucudur. Yapı-zemin ortak sisteminin sönümü (β_0), üst yapının sönümüyle temel ortamının sönümünden ibarettir. Parametrik analizleri gerçekleştirebilmek için Şekil 1'de gösterilen akış şemasına göre MATLAB'te çözüm algoritması oluşturulmuştur. Bu algoritmada farklı zemin koşulları deprem yönetmeliğinin öngördüğü sınıflandırmada dikkate alınarak yapı-zemin ortak sisteminin sönümü ve periyot değişiminin hesaplanması hedeflenmiştir.

Çözüm akışında, temelin dinamik rijitliği (k_i), statik rijitlik (K_i), dinamik rijitlik düzeltme katsayısı (α_i) ve gömülü temel düzeltme katsayısı (η_i) ile ifade edilmektedir. Rijit temel kabulü yapılan yapı sisteminin periyodu T ile gösterilirken yapı zemin etkileşimli sistemin periyodu $\overline{T}$ ile gösterilmiştir. Yapının T_x ve T_{yy} periyotları x doğrultusundaki ötelenme ve y doğrultusundaki dönme için verilen titreşim periyotlarıdır. Zeminin kendi içerisindeki birim şekil değiştirmelerle ortaya çıkan histeresiz sönüm (β_s) iyi koşullar altındaki zeminlerde %2 alınırken kötü zeminlerde %5 olarak hesaba katılmıştır. Yapıyı titreştiren enerjinin zeminin sonsuzluğu nedeniyle kaybolmasını anlatan β_x ve β_{yy} x doğrultusundaki ötelenme ve y doğrultusundaki dönme sonucunda oluşan geometrik sönümlerdir. Temel ortamının sönümü (β_f), histeresiz sönüm ve geometrik sönümlerden oluşmaktadır.

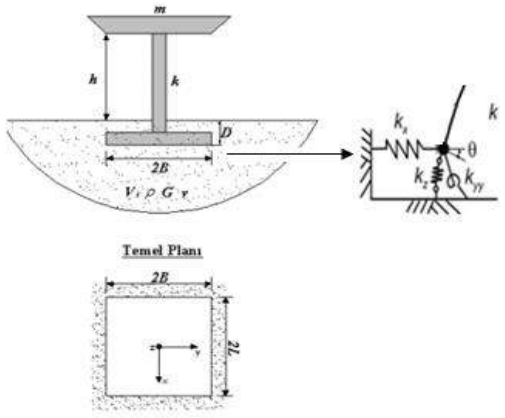
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Sistemin Sönümünü Hesaplayan Akış Şeması

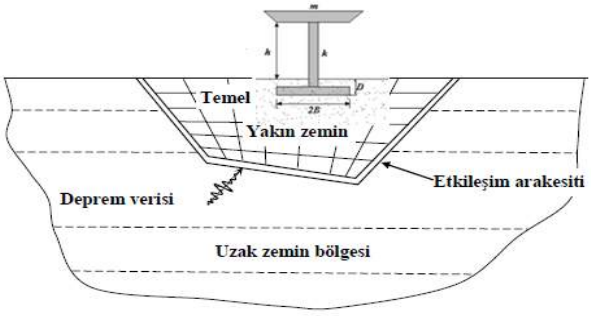
3. Sayısal Uygulama

Sayısal uygulamalarda kullanılan örnek betonarme köprü ayağının (Şekil1) zeminle etkileşimi altsistem yaklaşımı içerisinde dinamik rijitlik fonksiyonlarına bağlı değerlendirilmiştir [3, 4].



Şekil 2. Örnek köprü ayağı modelinde temel-zemin ilişkisi

Yapıların deprem yükleri altında yapı-zemin dinamik etkileşimli hesabında, şekil değiştiren zemin ortamı yapının davranışına eylemsizlik yönünden etkide bulunurken yapı da zemini hem kinematik, hem de dinamik bakımından etkimektedir. Böylece yapının var olmadığı durumda, yalnızca zeminin kendi içindeki dinamik davranışının bir sonucu olan deprem verisi, artık yapının da varlığından etkilenen daha karmaşık bir yer hareketi niteliğini kazanmaktadır [5]. Altsistem yaklaşımı yönteminde kullanılan Yapı-temel-zemin ortak sisteminin genel yapısı Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Yapı-temel-zemin ortak sisteminin genel durumu

Yapılan çalışmada köprü ayağı modeline ait yapı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Yapı özellikleri

W(kN)	k(kN/m)	H(m)	B(m)	L(m)
500	100000	10	4	4
T(s)	ω(rad/s)	D/B		
0.14	44.74	0	0.25	0.5

Sayısal uygulamada kullanılan köprü ayağının zemin özellikleri doğrudan Kocaeli etüt raporlarından [6] alınmıştır. Türkiye Deprem Yönetmeliğindeki DBYBHY [7] zemin sınıflandırılmaları da dikkate alınarak kil ve kum zeminlerin özellikleri iki farklı durum için Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kum ve Kil zeminlerin özellikleri

KUM	ρ (t/m³)	ν	G (kN/m²)	V_S (m/s)	β_s
Z1 Çok Sıkı	1.87	0.31	950100	713	0.02
Z4 Gevşek	1.39	0.459	16800	110	0.05
KİL	ρ (t/m³)	ν	G (kN/m²)	V_S (m/s)	β_s
Z1 Sert	1.87	0.31	942600	710	0.02
Z4 Yumuşak	1.64	0.41	11800	85	0.05

Köprü ayağı temelinin iki farklı zemin durumu için dinamik davranışı empedans fonksiyonlarına bağlı incelendi. İlk aşamada kum ve killi zeminlerin iki farklı koşulu dikkate alınarak temelin gömülme oranına bağlı üstyapı periyodunun değişimi gözlemlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3.Periyot Uzama Oranları ($\bar{T}/T$)

D/B=0			
Kum		**Kil**	
Z1	1.016	Z1	1.016
Z4	1.755	Z4	2.124
D/B=0.25			
Kum		**Kil**	
Z1	1.012	Z1	1.012
Z4	1.603	Z4	1.91
D/B=0.5			
Kum		**Kil**	
Z1	1.009	**Z1**	1.009
Z4	1.475	**Z4**	1.727

Gömülme derinliği arttıkça yumuşak zemin koşullarının yapı üzerindeki etkisi periyot uzaması açısından azalmıştır. Aynı şekilde zemin türünün yumuşak kil olması durumu gevşek kumla karşılaştırıldığında, killi zeminde yapının dinamik karakterlerini üzerinde etkisi daha fazla olduğu görülmektedir.

Çalışmanın ikinci aşamasında yine iki farklı zemin türü için yapı-zemin ortak sisteminin sönümü, temelin gömülme derinliğine bağlı olarak incelendi (Tablo 4).

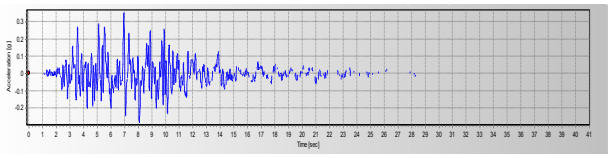
Tablo 4.Yapı –Zemin Etkileşim Sisteminin Sönümü (β_0)

D/B=0			
Kum		**Kil**	
Z1	0.0495	**Z1**	0.0495
Z4	0.283	**Z4**	0.522
D/B=0.25			
Kum		**Kil**	
Z1	0.0497	**Z1**	0.0497
Z4	0.294	**Z4**	0.551
D/B=0.5			
Kum		**Kil**	
Z1	0.05	**Z1**	0.05
Z4	0.307	**Z4**	0.579

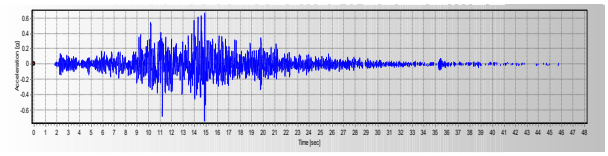
Gömülme derinliğinin sistem sönümü üzerindeki etkisi, Z1 zemin grubunda sınıflandırılan çok sıkı kumlar için çok az olmuştur. Fakat Z4 zemin grubu için öngörülen gevşek kumlarda gömülme derinliği önemli derecede sistemin sönüm değerini etkilemiştir. Bu değişim yaklaşık olarak %8-10 civarında olmuştur. Yumuşak Z4 kil zemin grubu için gömülme derinliği önemli derecede sistemin sönüm değerini etkilemiştir. Bu değişim yaklaşık olarak %10-12 civarındadır.

3.1. Zemin Koşullarına Bağlı Olarak İvme Davranış Spektrumlarının Değişimi

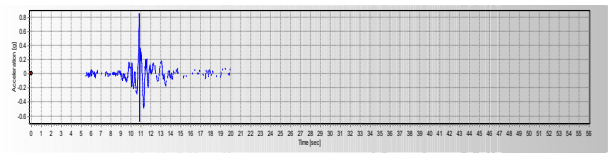
Yerel zemin koşullarının deprem davranış spektrum eğrileri üzerindeki etkisini değişen sönüm oranına bağlı olarak göstermek için 4 farklı deprem seçilmiştir. Yapılan çalışmalarda Düzce (1999), Erzincan (1992), Kobe (1995) ve Landers (1992) depremleri dikkate alınmıştır. Seçilen bu depremlere ait ivme-zaman grafikleri Şekil 4-5-6-7 'de belirtilmiştir.



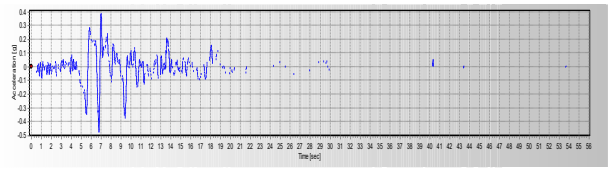
Şekil 4. Kobe (1995) depremine ait ivme-zaman grafiği



Şekil 5. Landers (1992) depremine ait ivme-zaman grafiği



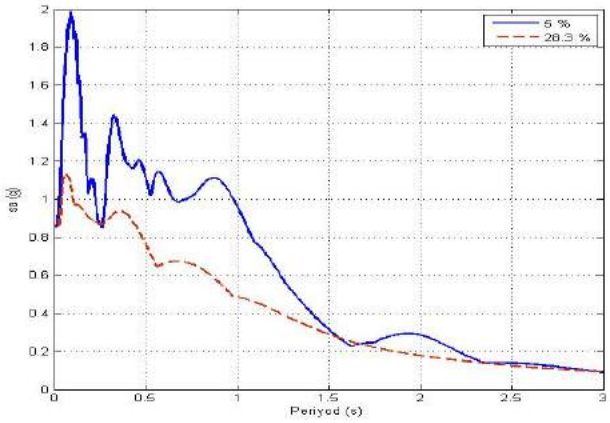
Şekil 6. Düzce (1999) depremine ait ivme-zaman grafiği



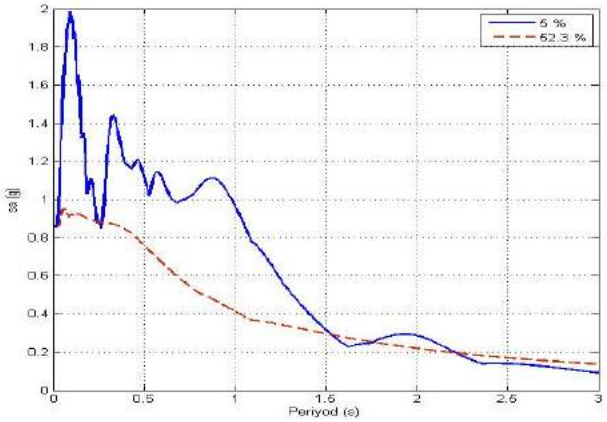
Şekil 7. Erzincan (1992) depremine ait ivme-zaman grafiği

3.2. Yüzeysel Temel İçin Davranış Spektrumları (D/B=0)

Düzce depreminin ivme davranış spektrum eğrisi kumlu ve killi zemin koşulları için değişen sönüm değerine bağlı olarak Şekil 8-9'da verilmiştir. Pik değerlerde kumlu zemin için yaklaşık olarak % 20-25 civarında killi zeminlerde de yaklaşık % 45-50 civarında bir azalma görülmektedir.

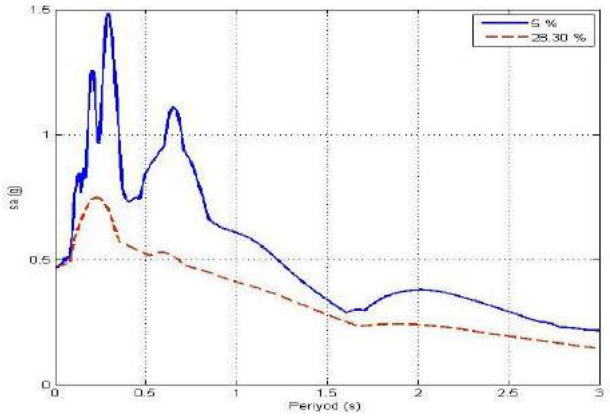


Şekil 8.Gevşek Kumlu Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu

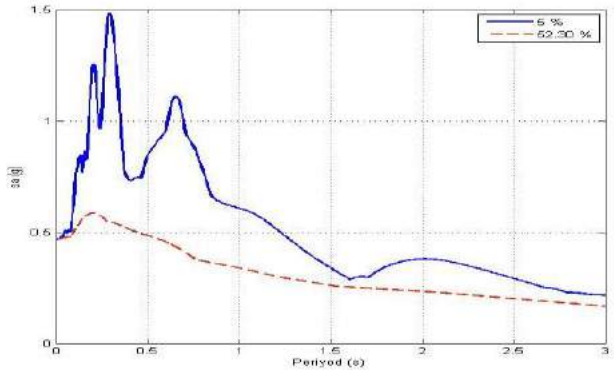


Şekil 9. Yumuşak Killi Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu

Erzincan depreminin ivme davranış spektrum eğrisi kumlu ve killi zemin koşulları için değişen sönüm değerine bağlı olarak Şekil 10-11'de verilmiştir. Pik değerlerde kumlu zemin için yaklaşık olarak %25-30 civarında killi zeminlerde de yaklaşık %50-55 civarında bir azalma görülmektedir.



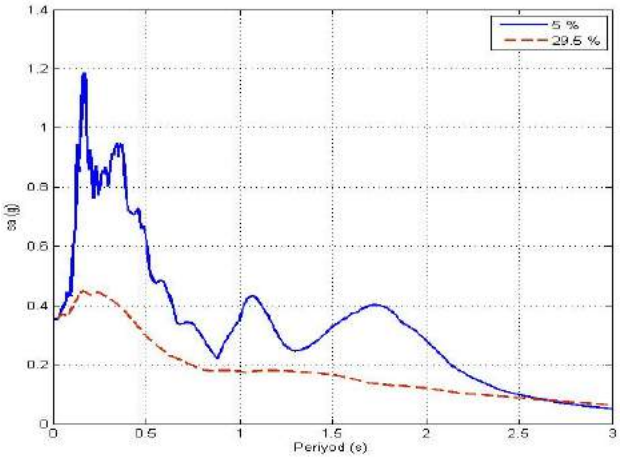
Şekil 10. Gevşek Kumlu Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu



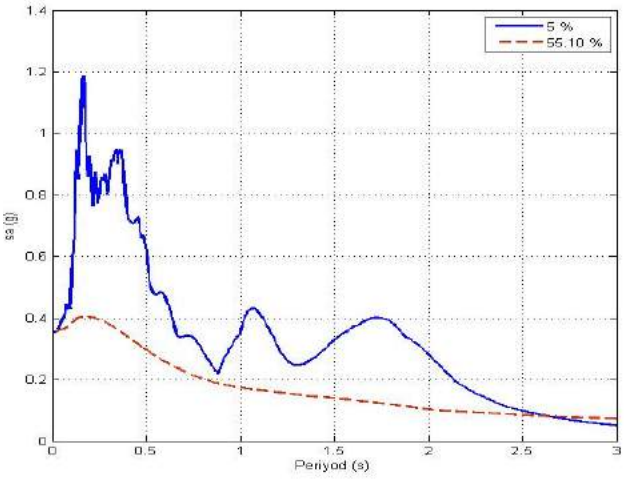
Şekil 11. Yumuşak Killi Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu

3.3. Gömülü Temel İçin Davranış Spektrumları (D/B=0.25)

Kobe depreminin ivme davranış spektrum eğrisi kumlu ve killi zemin koşulları için değişen sönüm değerine bağlı olarak Şekil 12-13'de verilmiştir. Kumlu zemin için pik değerler yaklaşık olarak %40-45 civarında, killi zeminlerde de yaklaşık %55-60 civarında azalmıştır.

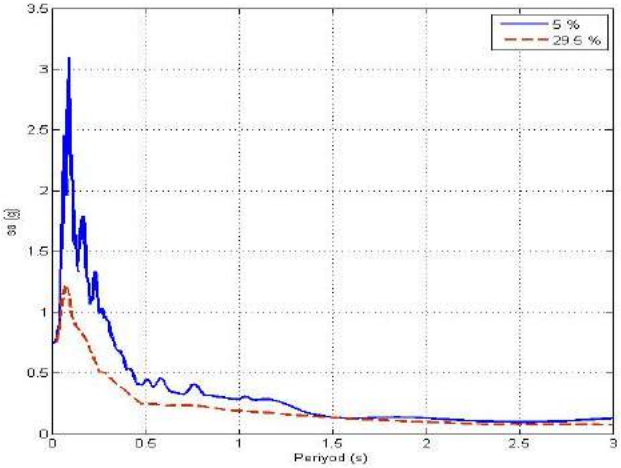


Şekil 12. Gevşek Kumlu Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu

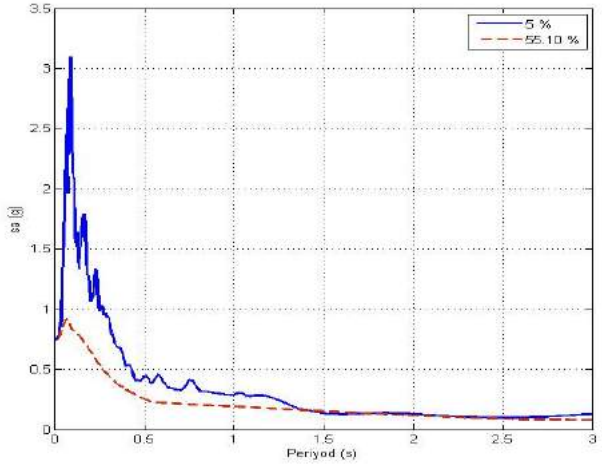


Şekil 13. Yumuşak Killi Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu

Landers depreminin ivme davranış spektrum eğrisi kumlu ve killi zemin koşulları için değişen sönüm değerine bağlı olarak Şekil 14-15'de verilmiştir. Pik değerler incelendiğinde, kumlu zemin için yaklaşık olarak %35-40 civarında killi zeminlerde de yaklaşık % 55-60 civarında bir azalma görülmektedir.



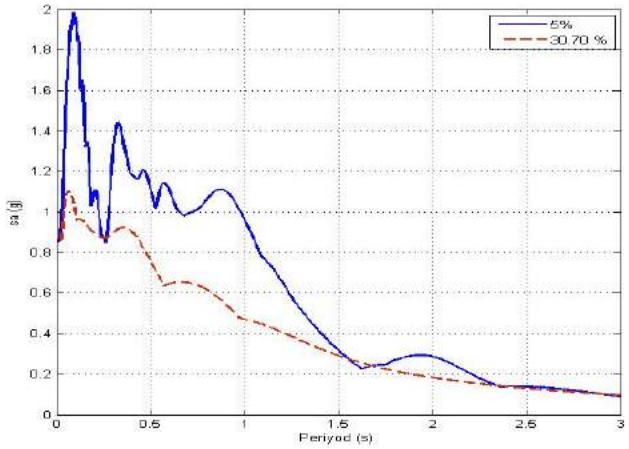
Şekil 14. Gevşek Kumlu Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu



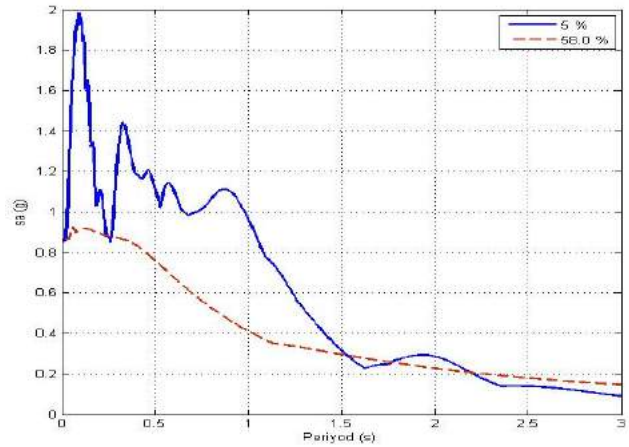
Şekil 15. Yumuşak Killi Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu

2.4. Gömülü Temel İçin Davranış Spektrumları (D/B=0.5)

Düzce depreminin ivme davranış spektrum eğrisi kumlu ve killi zemin koşulları için değişen sönüm değerine bağlı olarak Şekil 16-17'de verilmiştir. Pik değerlerde kumlu zemin için yaklaşık olarak % 20-25 civarında killi zeminlerde de yaklaşık %45-50 civarında bir azalma görülmektedir.



Şekil 16. Gevşek Kumlu Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu



Şekil 17. Yumuşak Killi Z4 Zemin İçin Davranış Spektrumu

4. Sonuç

Geliştirilen MATLAB algoritmasıyla, bu çalışmada yapı-zemin ortak sisteminin periyot uzama oranı ve sönüm değerleri temelin gömülme oranına bağlı deprem yönetmeliğinin tanımlandığı zemin sınıflarına uygun zeminler için elde edilmiştir. Ayrıca, köprü ayağı-zemin ortak sisteminin dinamik davranışı, zemin koşullarının dikkate alındığı davranış spektrumlarına göre incelenmiştir.

Temelin gömülme derinliği, özellikle Z4 grubuna dahil edilen yumuşak killi zeminler için, periyot uzamasını gevşek kumlu zeminlere göre daha büyük oranlarda etkilemiştir. Zemin koşullarının sönüm değerlerini değiştirmesinden dolayı deprem ivme spektrumlarında önemli azalmalar tespit edilmiştir. Yumuşak ve gevşek zemin koşullarında ve depremselliği yüksek bölgelerde tasarlanan yapıların hesabında yapı-zemin etkileşimini rijit yapılar için dikkate alarak çözüm sürecine katmak kaçınılmazdır.

Kaynaklar

[1] Pais A. and Kausel E., Approximate Formulas for Dynamic Stiffnesses of Rigid Foundations, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* (1988) Vol. 7 No. 4 pp. 213-227.

[2] Mylonakis G., Nikolaou S. and Gazetas G., Footings under seismic loading:Analysis and design issues with emphasis on bridge foundations, *SoilDynamics and Earthquake Engineering* (2006) Vol. 26, pp. 824-853.

[3] NIST GCR 12-917-21, Consultants Joint Venture; *Soil-Structure Interaction for Building Structures*, U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology, 2012.

[4] Çetinkaya M.Y., Çelebi E.,Kırtel O., The Effect of Foundation Damping on Solution Process of Soil-Structure Coupled System Subject to Seismic Loads, International Conference On New Advances in Civil Engineering, ICNACE 2015, Sharjah/UAE 2015.

[5] Aydınoğlu M.N., Üst Yapı-Zemin Ortak Sisteminin Deprem Hesabı,Doktora Tezi, *İTÜ İnşaat Fakültesi,* İstanbul.

[6] Zemin ve Temel Etüt Raporu, İzmit İlçesi İzmit Belediyesi Kent Konut Tuana Evleri'ne ait Rapor No: Geo 2013.09/004, Kocaeli.

[7] DBYBHY, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,* Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara , 2007.

DETERMINING YIELD ZONE OF STEEL BARS IN RC BEAM BY NONLINEAR FINITE ELEMENT MODELING

Yusuf SÜMER[a] and Muharrem AKTAŞ[b]
[a] Sakarya University, Sakarya, Turkey, E-mail: ysumer@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya University, Sakarya, Turkey, E-mail: muharrema@sakarya.edu.tr

Abstract

Concrete structures can dissipate seismic energy during moderate to severe earthquakes by deforming inelastically. The inelastic deformation should concentrate at specific locations, referred to as plastic hinges. Due to the high complexity and difficulty involved, the behavior of plastic hinge of reinforced concrete members has been previously investigated experimentally. Steel bars at tension region determines the plastic hinge length.

However, measuring the steel stresses embedded in concrete is very difficult process. Addressing this problem numerically will be very helpful for further study of determining plastic hinge length. This work investigates the stresses in tension steel of reinforced concrete (RC) beam numerically. Nonlinear modelling procedures are verified with experimental testing found in the literature. Stresses in the bars along with the crack patterns in the concrete are presented to prove the robustness of the modelling technique. Special attention is given to model the nonlinear material behavior of concrete especially, dilation angle and fracture energy are investigated closely. Moreover, mesh sensitivity of the numerical model is also studied. Based on the comparison results, it appears that the present modeling techniques are sufficiently robust to undertake the further parametric study to investigate the plastic hinge length in RC beams due to steel yielding zone.

Keywords: reinforced concrete beam, steel, yielding zone, plastic hinge length, finite element analysis

1. Introduction

A successful seismic design of a structure depends on the structure's ability to dissipate energy due to the earthquake. There are many mechanisms in a structure to dissipate the earthquake-induced forces. In civil structures plastic hinge is very important mechanism to dissipate energy. However, addressing the plastic hinge property in RC members is not so easy since it depends on both material properties and cross sectional geometries. Nonlinear analysis of a structure does not only depend on material properties but also on plastic hinge properties of elements. Plastic hinge locations where plastic deformations are accumulated have been an interesting and complicated subject for researchers.

Experiments show that the inelastic deformations are concentrated at the beam ends and the column ends. The performance of the plastic hinge in other words the ends of structural members where connections are provided is crucial to the load carrying and deformation capacities for especially flexural members. The flexural behavior is more depended on tension bars since moment capacity is achieved when steel in tension is yielded. Thus, plastic hinge length of flexural member is highly depended on steel yield zone. Also in literature it is been reported that, the ratio of ultimate strength to yield strength of longitudinal reinforcement, f_u/f_y, and the ultimate strain, ε_u, affects the plastic hinge length of the beams [1].

In this paper, yielding zone of steel bars of RC beams is investigated numerically. This will provide very important information to determine the plastic hinge length due to steel yielding mechanism. Since steel bars are embedded in concrete it is really hard to measure the actual stresses in bars during the test. There are very limited test results available in literature for using in the verification of numerical models. It will be very useful to provide numerical modeling procedure to obtain stresses in steel bars of reinforced concrete beams. By using these modeling approaches one can go further and model fixed connection can determine the plastic hinge length with further studies considering yielding in steel bars.

A nonlinear finite element program, ABAQUS is used for the study. Modelling the high nonlinearity of concrete material and interaction between the constituent materials is very complicated problem. To achieve the correct modeling a verification analysis must be conducted. A numerical model is developed and verified with existing experimental data from literature

2. Implementation of Finite Element Model

Finite element modelling approaches are verified with the experimental study of Mainst, (1952) (Fig. 1a). This study is selected because in their test, they had measured the stresses in reinforced bars. General layout of finite element model (FEM) is presented in Fig. 1b. As flexural deformation dominates in the test, shear dominant members are not considered in detail but their affect is taken into account by introducing a confined concrete model for the RC in this study. All the beams are loaded by displacement control in the vertical direction.

2.1. Uniaxial Tension and Compression Behavior of Concrete

Since the compression and tension stress-strain relation of the used materials are not reported in the test reports these relations are considered by using mathematical models from literature. Stress-strain curve of concrete under uniaxial compression is obtained by employing Hognestad parabola along with linear descending branch. Some modifications are made to this parabola according to CEB-FIP MC90 due to the effects of closed stirrups [3]. Fig. 2a displays a schematic representation of the uniaxial material response that is consistent with (1) in which σ is the compressive stress, f_{cu} is the ultimate compressive stress,

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

ε_c* is the peak compressive strain, E is the elastic modulus and f_c* is the modified compressive strength. More details about these modified values can be found in Arduini and Nanni (1997).

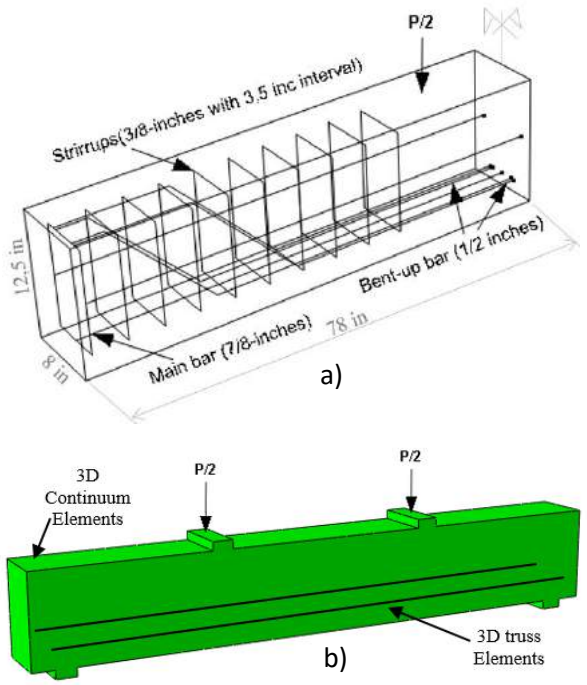
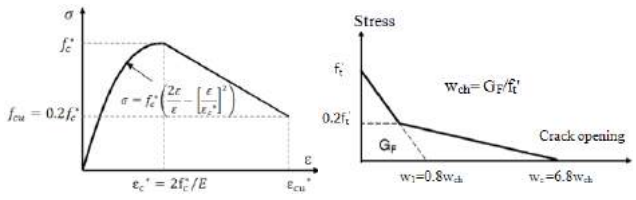


Figure 1. General layout of tested beam [2] and FEM model



a) Hognestad concrete compressive behavior b) Bilinear tensile behavior

Figure 2. Stress-strain behavior of concrete under uniaxial compression and tension.

$$\sigma = f_c^* \left(\frac{2\varepsilon}{\varepsilon} - \left[\frac{\varepsilon}{\varepsilon_c^*}\right]^2\right) \quad (1)$$

Bilinear model is adopted as displayed in Fig. 2b for tensile behavior of concrete [4]. Crack opening is used instead of tensile strain and it is calculated as a ratio of the total external energy supply (G_F) per unit area required to create crack in concrete. In (2) tensile fracture energy of concrete, (G_F), is defined as a function of concrete compressive strength, f_c*, and a coefficient, G_{fo}, which is related to the maximum aggregate size [5]. Several values for G_{fo} is given in Table 1.

$$G_F = G_{fo} \left(\frac{f_c^*}{10}\right)^{0.7} \quad (2)$$

Table 1. Aggregate size-based fracture coefficients [6]

Maximum agregate size, d_{max} (mm)	Coefficient , G_{fo}, (J/m^2)
8	25
16	30
32	58

2.2. Nonlinearity of Concrete and Steel

Concrete Damaged Plasticity (CDP) model which combining the effect of damage and plasticity is used in this study. For CDP two main failure mechanisms are tensile cracking and compressive crushing of the concrete. The CDP model used herein uses concepts of isotropic damage in combination with isotropic tensile and compressive plasticity to represent the inelastic behavior of concrete [7]. The evolution of the yield surface is controlled by tensile and compressive equivalent plastic strains. Tensile and compressive response of concrete can be characterized by CDP as in Fig. 3. As displayed in Fig. 3, the unloaded response of concrete specimen seems to be weakened because the elastic stiffness of the material appears to be damaged or degraded.

The degradation of the elastic stiffness on the stress-strain curve is characterized by two damage variables for tension and compression, d_t and d_c, which can take values from zero to one. The tensile damage parameter, d_t is obtained by attenuation of tensile strength of concrete. Tension damage models created for this numerical model is plotted in Fig. 3c. While compressive damage parameter, d_c is defined as the ratio between the inelastic strain and total strain is taken into account by (3) and (4) according to Fig. 3.a [8].

$$d_c = 1 - \frac{\sigma_c E_0^{-1}}{\sigma_c E_0^{-1} \cdot \tilde{\varepsilon}_c^{in} \cdot (1 - b_c)} \quad (3)$$

$$\tilde{\varepsilon}_c^{pl} = b_c \cdot \tilde{\varepsilon}_c^{in} \quad (4)$$

The parameter represents the relation between plastic and inelastic strains can be determined based on result of curve-fitting of cyclic tests [9]. In the numerical modeling, the value b_c=0.7 is used.

Zero represents the undamaged material where one represents total loss of strength [10]. E_o is the initial (undamaged) elastic stiffness of the material and $\tilde{\varepsilon}_c^{pl}$, $\tilde{\varepsilon}_t^{pl}$, $\tilde{\varepsilon}_c^{in}$, $\tilde{\varepsilon}_t^{ck}$are compressive plastic strain, tensile plastic strain, compressive inelastic strain and tensile cracking strain respectively.

The stress-strain relations under uniaxial tension and compression are taken into account in (5) and (6).

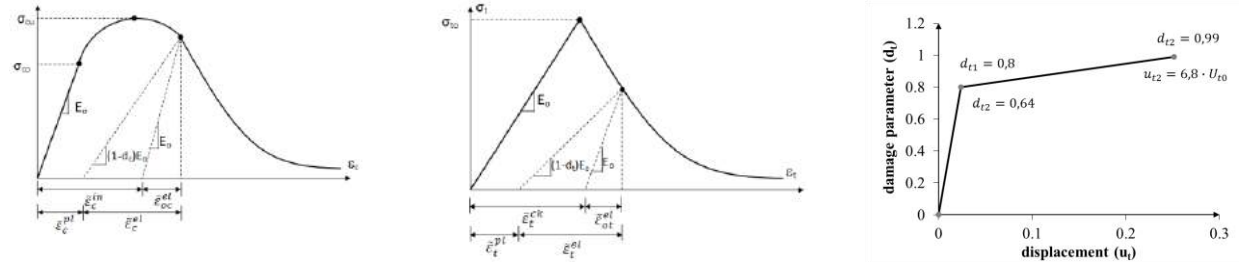
$$\sigma_t = (1 - d_t) \cdot E_0 \cdot (\varepsilon_t - \tilde{\varepsilon}_t^{pl}) \quad (5)$$

$$\sigma_c = (1 - d_c) \cdot E_0 \cdot (\varepsilon_c - \tilde{\varepsilon}_c^{pl}) \quad (6)$$

Interface behavior between rebar and concrete is modeled by implementing tension stiffening effect into the concrete. Tension stiffening approach allows to model strain-softening behavior for cracked concrete. Thus, it is necessary to define tension stiffening in CDP model.

Tension stiffening can be modeled by defining post failure stress-strain relation or by applying a fracture energy cracking criterion [10]. When there is no reinforcement in significant regions of the model and cracking failure in not distributed evenly, mesh sensitivity problem exists. To overcome this unreasonable mesh sensitivity problem fracture energy approach can be used instead of post failure stress-strain relation [11]. In this approach; the amount of energy (G_F) which is required to open a unit area of crack is assumed as a material property.

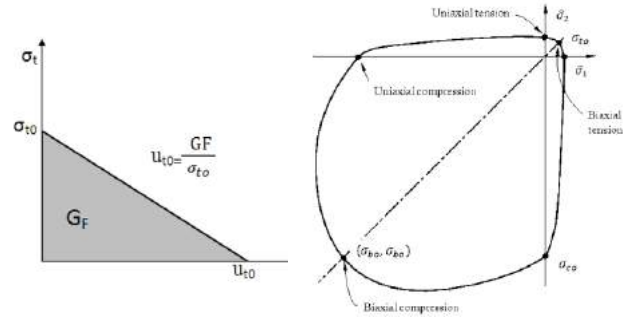
Thus; concrete's brittle behavior is defined by stress-cracking displacement response as shown in Fig. 4a. Yield surface shown in Fig. 4b can be defined by introducing four parameters in CDP model; dilation angle (ψ). is an eccentricity of the plastic potential surface (ϵ), the ratio of initial biaxial compressive yield stress to initial uniaxial compressive yield stress (σ_{bo}/σ_{co}), and is the ratio of the second stress invariant on the tensile meridian to compressive meridian at initial yield (K_c).



a) in compression b) in tension c) tension damage parameters

Figure 3. CDP model of concrete [10] and tension damage model

The stress–strain curve of the reinforcing bar is assumed to be elastic perfectly plastic model. The parameters needed to specify this behavior are the modulus of elasticity (E_s), Poisson ratio (υ) and yield stress (f_y).



a) b)

Figure 4. a) Post failure stress-strain relation with fracture energy approach b) Biaxial yield surface of concrete in CDP Model [10]

Steel bars are merged into concrete elements by applying same degree of freedom at intersection joints. This is achieved by embedding steel elements into concrete elements. (Fig. 5)

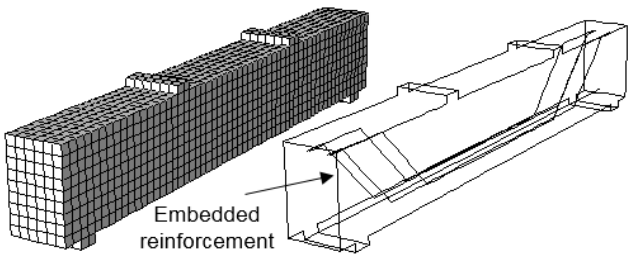


Figure 5. Typical meshed FE model and reinforcement

Mathematical models of reinforced concrete and steel materials are constructed with the values of test beam given in Table 2.

Table 2. Material properties of test beams [12].

Beam Ref.No	E_c (GPa)	f_c (MPa)	f_t (MPa)	E_s (GPa)	f_y (MPa)	Tension steel	Bent-up bars
B15	26.8	28.8	2.84	213.7	593	1x22.2	4x12.72

This paper does not discuss the identification procedure for parameters; $\in$, σ_{bo}/σ_{co}, and K_c because tests that are going to be verified in this study do not have such information.

Thus, default values are accepted in this study. But dilation angle is an effective parameter for the numerical analysis and needs to be searched carefully in every model. Moreover, mesh sensitivity and fracture energy of concrete are investigated in detail for achieving best verified model.

2.3. Sensitivity of FE Model to Different Parameters

In this study only the stress distribution in tension bar at different load levels are presented for comparison of results. As shown in Fig. 6, proposed finite element method is very capable of capturing the experimentally observed loading trends and magnitudes for the entire loading range. From the mesh point of view, models with medium mesh captures the test result better than the models with finer mesh (Fig.6a). Through the analysis, best result is obtained with 35 mm mesh. Parametric study for the dilation angle showed that the results are not varying dramatically as the dilation angle changes. The best result is observed at 30^0. As discussed before G_F depends on the maximum aggregate size used in the mixture of concrete. Since the calculation of mixture is not reported for the concrete this value is also changed to see how it affects the results. Obtained results showed that 8 mm and 16 mm diameter size gave the similar results as shown in Fig. 6b.

This results prove that the mesh should be selected with aggregate size which is effective for continuum properties of the material.

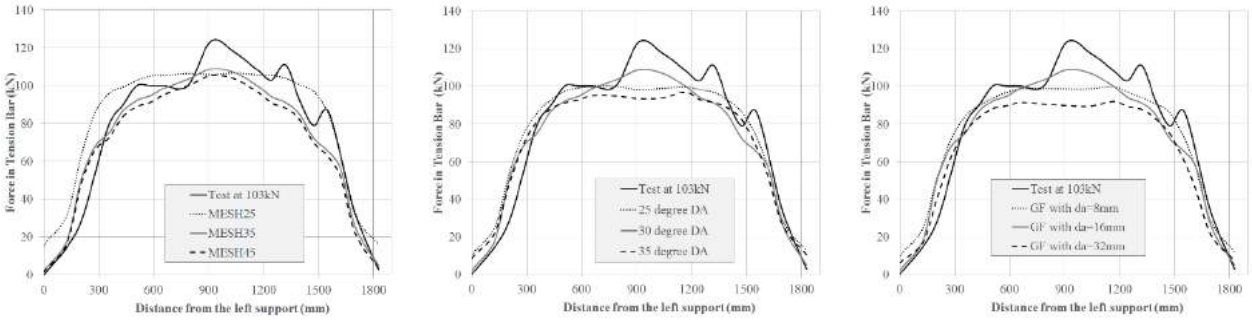
According to numerical analysis results, FE model constructed by 30^0 of dilation angle, 35 mm mesh size and fracture energy with 16 mm maximum aggregate size are best fit with the test the test results. Although individual magnitude of stress at a point may vary a little from test result due to arbitrary cracks, the overall patterns of numerical stress distribution overlap with test results (Fig 7).

3. Discussion and Conclusion

The strain distribution of reinforcing steel is so important for gaining insight into the intrinsic mechanism in plastic hinge region of flexural members. However, it is rather difficult to

obtain reliable data from literature as the measurement technique is very effective the bond between the bars and the surrounding concrete. Fig. 8 shows the onset of yielding in the steel. Tension cracks are also apparent in concrete as the loading increases yielding zone in steel bars also increases. Number of cracks and crack widths are also increased as the loading processed.

All these plots show that finite element modeling techniques applied herein, are valid for catching the RC beam behavior correctly. Based on these results, it appears that the present modeling techniques are sufficiently robust to undertake the further parametric study to investigate the effects of different parameters on plastic hinge regions of RC beams. Therefore performance of a plastic hinge and load carrying and deformation capacities of flexural members will be determined easily by the numerical studies.



a) Mesh sensitivity b)Dilation angle c) Fracture energy

Figure 6. Results of sensitivity analysis for FE model

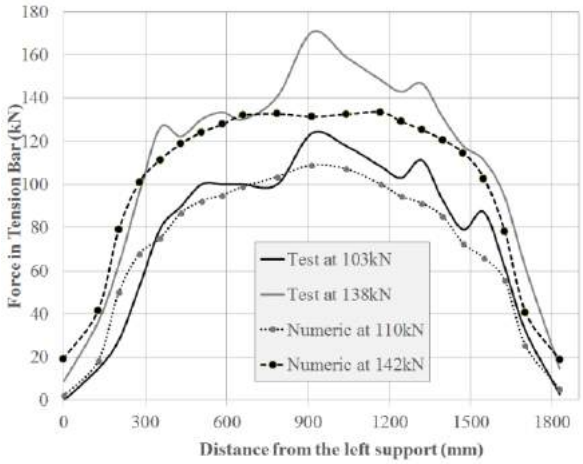
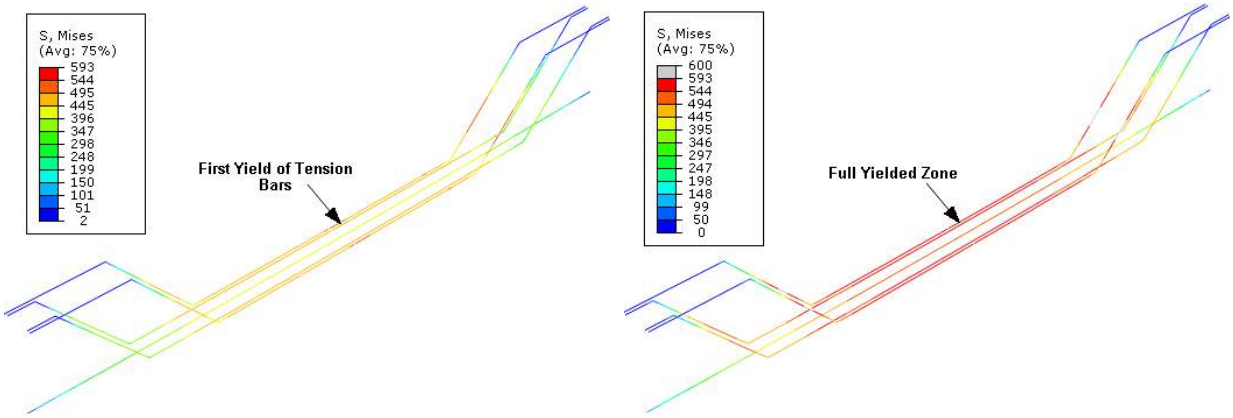


Figure 7. Best results for the test case



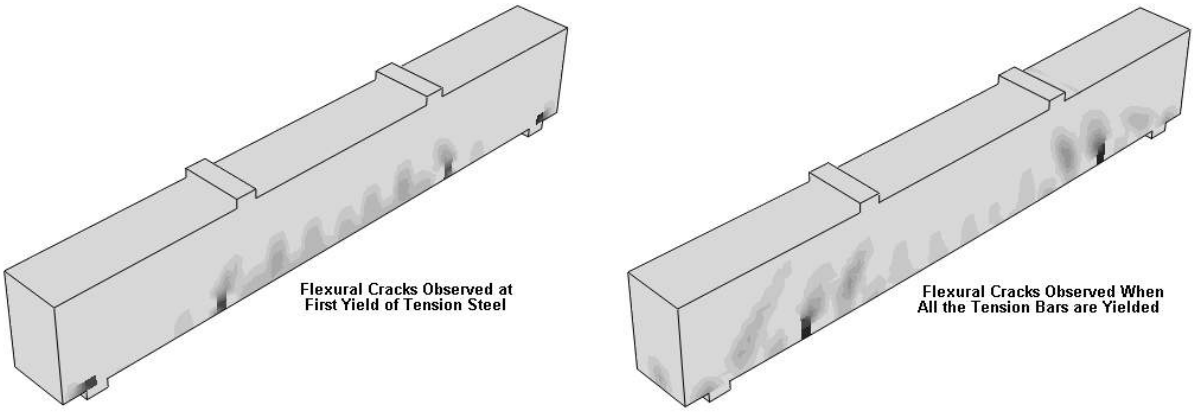


Figure 8. Yielding of steel bars and observation of tension cracks

References

[1] Beeby, A. W., Ductility in reinforced concrete: why is it needed and how is it achieved?, Structural Engineer, 75(18), 311–318, 1997.

[2] Mains, R.M., Measurement of the Distribution of Tensile and Bond Stresses Along Reinforcing Bars, Journal of the American Concrete Institute, Proceedings Vol. 48, No. 3, pg. 225-252, Detroit, Michigan, November 1951.

[3] Arduini, M.. Nanni, A.. Behavior of precracked RC beams strengthened with carbon FRP sheets. ASCE Journal of Composites for Construction, 1(2): 63–70, 1997.

[4] Coronado, A. C.; Lopez, M. M., Sensitivity analysis of reinforced concrete beams strengthened with FRP laminates, Cement and Concrete Composites, 28-(1): 102-114, 2006.

[5] CEB-FIP MC90. 1993. Comite Euro-International du Beton. CEB-FIP Model Code 1990, Bulletin D'Information No: 215, Lausanne.

[6] Rots, J. G., Computational modeling of concrete fracture, PhD Thesis, Delft University of Technology, Netherlands, 1988.

[7] ABAQUS 2009, Theory Manual, Version 6.9, Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc., Pawtucket, Rhode Island, USA.

[8] ABBAS, Z. K., Shear Strength of Reinforced Concrete Beams subjected to Blast Loading, Master of Science Thesis Stockholm, Sweden, 2012.

[9] Sinha, B.P., Gerstle, K.H., Tulin, L.G., Stress–strain relations for concrete under cyclic loading, ACI Journal, 61:195, 211, 1964.

[10] ABAQUS 2009. User's Manual, Version 6.9, Hibbit, Karlsson & Sorensen, Inc., Pawtucket, Rhode Island, USA.

[11] Hillerborg, A., Modeer, M. and Petersson, P. E., Analysis of crack formation and crack growth in concrete by means of fracture mechanics and finite elements, Cement and Concrete Research, 6: 773–782, 1976.

[12] Zhao, X., Wu, Y., Leung, A., and Lam, H., Plastic Hinge Length in Reinforced Concrete Flexural Members, Procedia Engineering, 1266-1274, 2011.

A 3D NUMERICAL MODELLING OF AN RC DEEP BEAM BY USING NONLINEAR FINITE ELEMENT ANALYSIS

Aydın DEMİR[a], Hakan OZTÜRK[b] and Gokhan DOK[c]
[a] Sakarya Univetsity, Sakarya, Turkey, E-mail: aydindemir@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Univetsity, Sakarya, Turkey, E-mail: hakanozturk@sakarya.edu.tr
[c] Sakarya Univetsity, Sakarya, Turkey, E-mail: gdok@sakarya.edu.tr

Abstract

In order to investigate behavior of reinforced concrete (RC) deep beams under static and dynamic loads, conducting a finite element (FE) analysis in comparison with an experimental study is very preferable and reliable technique from the viewpoint of difficulty, time saving, human force and budget.

For this purpose in the study, a nonlinear finite element analysis is performed to simulate behavior of RC deep beams. An existing experimental study is selected from literature and one of the tested specimen is verified numerically. Numerical results are compared with experimental ones in terms of load-displacement and damage distribution behaviors. Analysis are performed by using a commercial FE program named ABAQUS.

The analysis results are demonstrated that FE analysis is highly effective and reliable tool to simulate behavior of RC deep beams.

Keywords: Reinforced Concrete, Deep Beam, Finite Element, ABAQUS.

1. Introduction

Investigation of behavior of reinforced concrete (RC) members under static and dynamic loads is very important to design safe structures. That behavior is also very vital under disaster circumstances. For this purpose scientific experimental studies are performed by researchers.

Performing an experimental study of RC members is very difficult and time consuming in comparison with finite element modelling (FEM) which is an alternative technique to investigate the behavior of RC members. Therefore FEM is widely preferred technique by researchers for their scientific studies.

Deep beams are defined in ACI 318-14 [1] code as the RC members that are loaded on one face and supported on the opposite face. They have a clear span not exceeding four times the overall member depth. Moreover deep beams are widely used in structures as wall footings, foundation pile caps, floor diaphragms, and shear walls [2]. A deep beam in a building is shown in Fig. 1 as an example.

In an experimental study, in order to acquire more realistic results in terms of RC member behavior, dimensions of a deep beam should not be lower than some certain values [4]. It results very big specimen dimensions and that makes the experimental study of deep beams more difficult. Therefore performing such an experimental study of a deep beam requires bigger test setup, more instrumentation, extra human labor and budged.

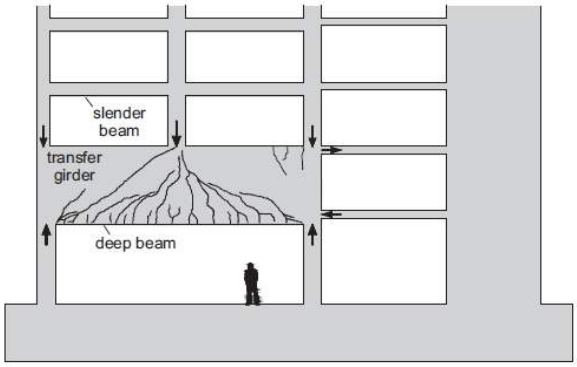


Figure 1. A deep beam in a building [3].

Due to difficulties in experimental studies mentioned above, most of the researchers prefer to make a numerical study along with their experimental studies. The number of specimens in an experimental study is determined according to verification process of a numerical model. In other words, first of all necessary number of experimental tests are conducted until the numerical model is verified sufficiently. Later the parametric study is performed computationally by numerical analysis.

There are a lot of numerical studies to investigate the behavior of RC deep beams. Among some of significant researches are Enem, et al. [5], Islam & Khennane [6], Mohamed, et al. [7], Metwally [2], Najafian & Vollum [8] and Birtel & Mark [9]. In these studies RC beams are modeled generally as 2 dimensional (2D) plane stress FE model and different numerical studies are performed on RC deep beams. However, in this study a 3D FEM is used to increase the accuracy of numerical results.

In the study, a numerical verification of an existing experimental study of a deep beam selected from literature is performed by using a commercial finite element program ABAQUS [10]. Results of the experimental study are compared with the numerical study with regards to load displacement behavior and damage formation at ultimate failure stage.

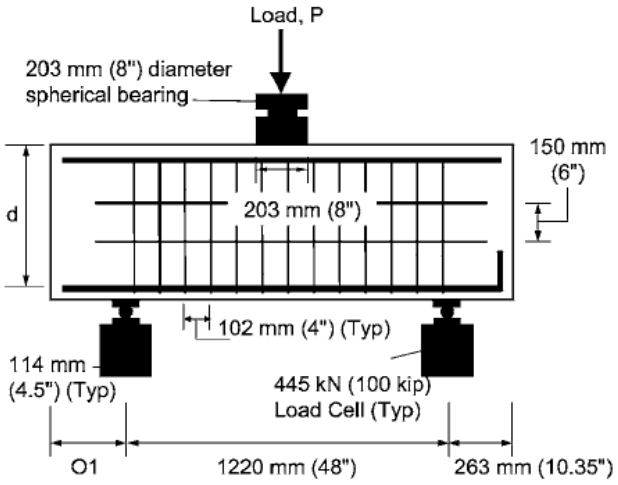
2. Experimental study

To model a RC deep behavior numerically, the experimental study of Roy and Brena [11] are taken into

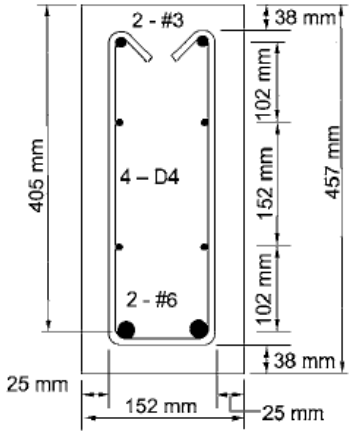
© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

account. One of the specimens named as DB1.0-0.75L in their study is selected as reference verification model. The ratio of shear zone to effective depth of the section (a/d) is 1.0. The specimen geometry, reinforcement, and experimental test setup are displayed in Fig. 2.

The compressive strength of concrete is determined as 29.9 MPa. Yield stresses of No. 5 (19 mm in diameter) reinforcing steel at bottom and No. 3 (10 mm in diameter) at top of the section are 469 MPa and 414 MPa respectively. Additionally diameter of web reinforcement consisting of vertical stirrups and horizontal bars are given as deformed D4 (5.5 mm in diameter) wire. The yield stress of the web reinforcement is 605 MPa.



a) Side view



b) Cross Section

Figure 2. Specimen geometry, reinforcement, and experimental test setup [11].

The specimen were subjected to a single concentrated force at mid-span. In order to distribute stresses over a wider area on the top and bottom surfaces of the deep beam steel plates are placed at point load and reaction point locations. The beam supports consist of a pin and a roller in the test.

3. Numerical Finite Element Modelling

In the study, the numerical simulation is performed by using the FE-code ABAQUS/Standard v.6.12 which is a general-purpose analysis software that can solve a wide range of linear and nonlinear problems [12].

The inelastic behavior of concrete is defined by using the concrete damaged plasticity (CDP) model providing a general capability for modelling concrete and other quasi-brittle materials in all type of structures. It considers isotropic damaged elasticity concept with isotropic tensile and compressive plasticity [12].

Uniaxial compressive and tensile behavior of concrete is required to define the CDP model. The uniaxial compressive behavior of concrete is defined for both pre and post peak stresses. The behavior prior the peak strength is defined by using unconfined concrete model of CEB-FIB 2010 [13] model code. It is however known that the post-peak behavior of concrete both in compression and tension is mesh sensitive [14-15]. Because of this reason, the post-peak compression models of Vonk [16] and Van Mier [17] which takes into consideration the mesh size effect on the post-peak behavior of concrete is used. The stress-strain relation (f_c-ε_c) of uniaxial compressive behavior of concrete used in the study is given in Fig.3.

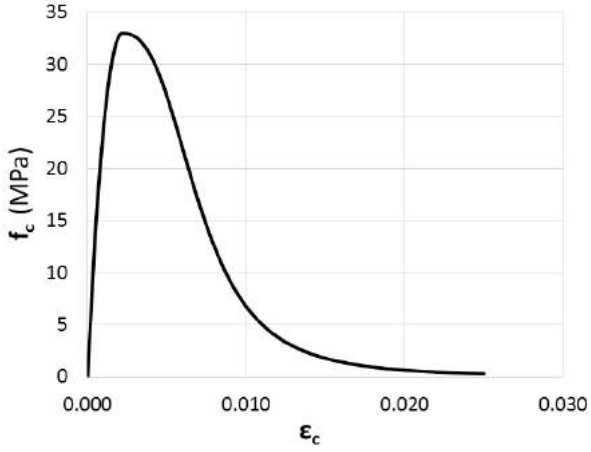


Figure 3. The stress-strain relation of uniaxial compressive behavior of concrete

The tensile behavior of concrete up to peak tensile stress is assumed linear elastic and obtained as peak tensile stress divided by initial elastic modulus. To avoid unreasonable mesh sensitivity due to reasons mentioned above, it is recommended to define the tension softening behavior as a stress-crack opening displacement curve. This brittle fracture concept is defined as the fracture energy (G_f) required to open a unit area of crack [12]. In this study the behavior of tension softening part after cracking is defined by using post-peak tension softening model of Hordijk [18] as stress-crack opening displacement behavior which is shown in Fig. 4.

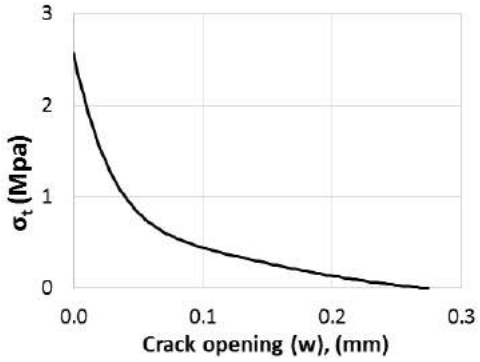


Figure 4. Stress-crack opening displacement behavior for tension

Material behavior of reinforcing steel is defined as elastic and inelastic stress-strain relationships with strain hardening effect.

In order to avoid stress concentration, steel plates with given dimensions in the test are added the model at supports and loading points. The load is applied as a linear vertical displacement on loading plate. Supports are considered as a pin and roller as in the test.

Instead of a 2D plane strain simulation, a 3D FEM is used to increase the accuracy of numerical results in the study. The element types used in FE model for either of concrete and steel plates are an 8-node linear brick (C3D8R). Moreover reinforcement steel is a 2-node linear 3-D truss (T3D2). The reinforcement is assumed fully embedded into concrete for the interaction between reinforcement steel and concrete. The general view of ABAQUS model of reinforcement is displayed in Fig. 5.

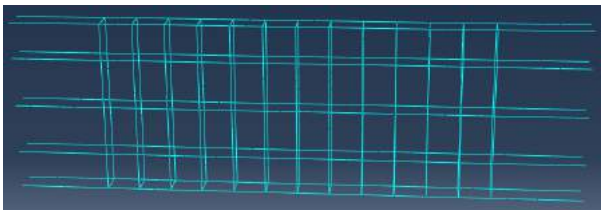


Figure 5. ABAQUS reinforcement model.

In order to determine more accurate mesh size for FE model, a parametric study is performed. As a result an optimum mesh size is determined as 50 mm with an aspect ratio of 1. The figure of meshed model is demonstrated in Fig. 6.

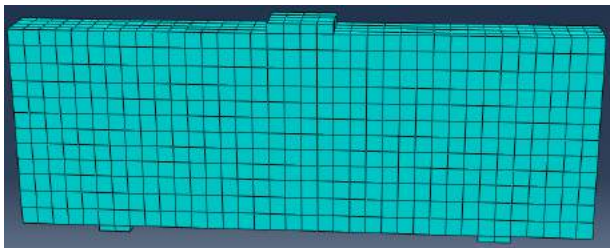


Figure 6. ABAQUS FE model.

4. Results and Discussion

The results of numerical study is plotted in Fig. 7 in terms of load vs.mid-displacement. It seems clearly on the graph that load and mid-deflection levels are caught very accurately. In other word, flexural and shear behavior of the experimental test is represented accurately by FE model.

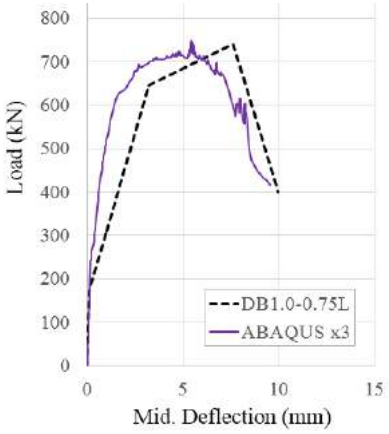


Figure 7. Verification results of FE model with test result.

Damage occurrences at the ultimate level for both experimental and numerical studies are displayed in Figs. 8 and 9. It is shown that the ABAQUS FE model demonstrates sufficiently the damage distribution of the experimental test member.

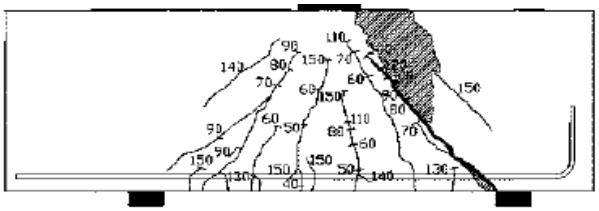


Figure 8. Ultimate damage result of the test [12].

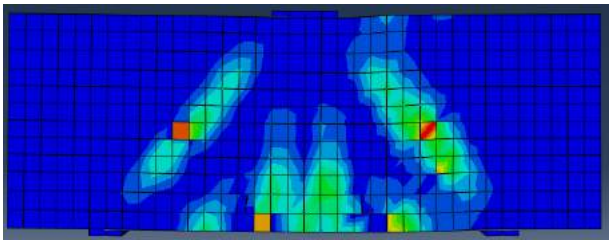


Figure 9. Ultimate damage result of the numerical model.

5. Conclusion

In the study, a numerical FE study is performed by considering an existing tested RC deep beam. For that aim the tested specimen is verified numerically until sufficient degree of accuracy.

At the end of FE modeling process the test specimen is verified sufficiently with ABAQUS in terms of load-

displacement behavior and damage distribution at ultimate failure stage. The results are demonstrated that the FE model is highly successful to represent the behavior of tested RC deep beams.

When taking into consideration the difficulties and necessary time to conduct an experimental test, parameterized finite element analysis is very reliable and preferable technique to investigate the behavior of RC deep beams.

References

[1] ACI 318-14, Building Code Requirements for Structural Concrete, American Concrete Institute. 2014.

[2] Metwally, I.M., Three-dimensional nonlinear finite element analysis of concrete deep beam reinforced with GFRP bars, HBRC Journal. 2015 (Article in press)

[3] Mihaylov, B., Five spring model for complete shear behaviour of deep beams, Structural Concrete, No. 1, 71-83, 2015.

[4] Birrcher, D. et al., Strength and Serviceability Design of Reinforced Concrete Deep Beams, Technical Report, Center for Transportation Research The University of Texas at Austin. Report No: 0-5253-1, 2009.

[5] Enem, J.I., Ezeh, J.C., Mbagiorgu, M.S.W., Onwuka, D.O., Analysis of deep beam using Finite Element Method, Int. Journal of Applied Sciences and Engineering Research. Vol. 1, No. 2, 2012.

[6] Islam, S.M.S. and Khennane, A., Experimental Verification of Automated Design of Reinforced Concrete Deep Beams, SIMULIA Customer Conference. 2012.

[7] Mohamed, A.R., Shoukry, M.S. and Saeed, J.M., Prediction of the behavior of RC deep beams with web openings using the finite element method, Alexandria Engineering Journal. 53, 329-339, 2014.

[8] Najafian, H.A.N. and Vollum, R.L., Automated nonlinear design of reinforced concrete D regions, Structural Engineering and Mechanics. Vol. 46, No. 1, 91-110, 2013.

[9] Birtel, V. and Mark, P., Parameterised Finite Element Modelling of RC Beam Shear Failure, ABAQUS Users' Conference. 95-108, 2006

[10] ABAQUS/Standard v.6.12 student edition, Dassault Systèmes Simulia Corp..

[11] Roy, N.C. and Breña, S.F., Behavior of Deep Beams with Short Longitudinal Bar Anchorages, ACI Structural Journal. V.105, No.4, 460–470, 2008.

[12] Hibbitt, H.D., Karlsson, B.I. and Sorensen, E.P., ABAQUS user's manual. Providence, RI: Dassault Systèmes Simulia Corp. 2012.

[13] CEB-FIB 2010, The fib Model Code for Concrete Structures 2010. Case Postale 88, CH-1015 Lausanne, Switzerland.

[14] Hillerborg, A., The Compression stress-strain curve for design of reinforced concrete beams, Fracture mechanics: Application to concrete. ACI-SP-118, 1989.

[15] Van Mier, J., Multiaxial Strain-Softening of Concrete, Mater. & Struc. (RILEM). 19 (111),179-200, 1986.

[16] Vonk, R.A., A micromechanical investigation of softening of concrete loaded in compression, Heron. 38 (3), 3-94, 1993.

[17] Van Mier, J.G.M., Assesment of strain softening curves for concrete, Lecture Notes. TU Delft, 1992.

[18] Hordijk, D.A., Tensile and tensile fatigue behaviour of concrete - experiments, modelling and analyses, Heron. 37(1), pp. 3-79, 1992.

Uluslararası Doğal Afet ve Afet Yönetimi Sempozyumu (DAAYS'16), 2-4 Mart 2016, Karabük, Türkiye

YEREL DÜZEYDE DEPREM RİSKİNİN BELİRLENMESİ: KAYNAŞLI İLÇESİ ÖRNEĞİ

DETERMINING THE RISK OF EARTHQUAKE IN LOCAL LEVEL: DISTRICT OF KAYNAŞLI CASE

Hanifi TOKGÖZ[a] ve Hüseyin BAYRAKTAR[b]
[a] *İnşaat Mühendisliği, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE, E-posta: hanifi@gazi.edu.tr*
[b] *Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kaynaşlı Meslek Yüksekokulu, Düzce Üniversitesi, Düzce, TÜRKİYE,* E-posta: huseyinbayraktar@duzce.edu.tr

Özet

Düzce iline bağlı Kaynaşlı ilçesi 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 Depremlerini yaşamış ve özellikle 12 Kasım Depreminde can ve ekonomik kayıp anlamında ağır hasarlar almıştır. Jeolojik yapıdan dolayı Kuzey Anadolu Fay Hattı (KAFH)'ın etkisinde kalan yerleşim yerinde deprem riski sürmektedir. Bundan dolayı depreme her an hazırlıklı olmak, önceki depremlerden ders çıkartmak zarar görebilirliği en aza indirebilecektir. Çalışmada amaç, yerel yönetimlerin kısıtlı imkanlarını bilimsel yöntem ve teknikler ile destekleyerek artırmaktır. Yerleşimin fiziksel envanter bilgisi, yapısal afet riskleri ve yerel yönetimlerin afete hazırlık bakımından mevcut durumları hakkında bilgiler çalışmanın kapsamını oluşturmaktadır. Bileşenler olarak ise, yerleşimin yönetimi ve yöneticileri, yerel nüfus, Coğrafi Bilgi Sistemleri, fiziksel envanter çalışması içerisinde riskli yapı stoku, yerel zemin koşulları, yerel deprem puanı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Deprem, Sokak Taraması Yöntemi, Riskli Binalar

Abstract

County of Düzce, Kaynaşlı experienced the earthquakes that took place in August 17, 1999 and November 12, 1999. Especially, November 12th earthquake caused loss of life and property. Since it is located in the North Anatolian fault line the settlement is still under the risk of earthquake. For this reason, being prepared for the earthquakes and learning from the former experiences of disaster will reduce the damage the earthquake brings. The aim of the study was to support the limited opportunities of the local governments by using scientific methods and techniques. Physical inventory of the settlement, which constitutes the focal point of the study, included structural disaster risk and the present condition of the local governments in terms of earthquake readiness. As the components of the study the following factors were investigated; the government of the settlement and the authorities, local population, Geographic Information System, Physical inventory, the stock of risky buildings, condition of the soil, and local earthquake number.

Keywords: Earthquake, Street Scanning Methots, Risky Buildings.

1. Giriş

Ülkemizde meydana gelen depremler yerleşimlerde can kayıpları başta olmak üzere ekonomi, çevre ve sosyal yaşamı derinden etkilemektedir. Bunun en büyük nedenlerinden biri afet öncesi hazırlıkların yeterince yapılamamasıdır. Afet öncesi hazırlıkta öncelikle tehlikenin belirlenmesi ve yerleşimin tehlikelere karşı hangi düzeyde olduğunun bilinmesi önemlidir. Tehlikenin belirlenmesinde ve yorumlanmasında bilimsel çalışmaların yürütülmesi ve teknik desteğin alınması doğru sonuca ulaşmada izlenecek yollardandır. Tehlikenin belirlenmesinden sonra afete hazırlıkta yerel yönetimler ile birlikte tüm kurum ve kuruluş yöneticileri ve toplum olarak birlikte hareket edildiği takdirde afet sonrası yerleşimin depremden etkilenebilirliği en aza indirilebilecektir. Yerleşim yerlerinde yapılaşmaya uygun alanların belirlenmesi ve bu alanlara halkın yönlendirilmesinde yerel yönetimler etkendir. Fakat yerel yönetimler özellikle kırsal alanlarda teknik kadro ve bilimsel çalışmalar yönünden yetersiz kalmaktadır. Bu durum afete hazırlıkta eksikliklere neden olabilmektedir. Yerel yönetimlerin bu yetersizliklerini gidermek için özellikle üniversitelerin, diğer ilgili kurum ve kuruluşların verecekleri teknik destekler afete hazırlıkta doğru adımların atılmasını sağlayabilecektir.

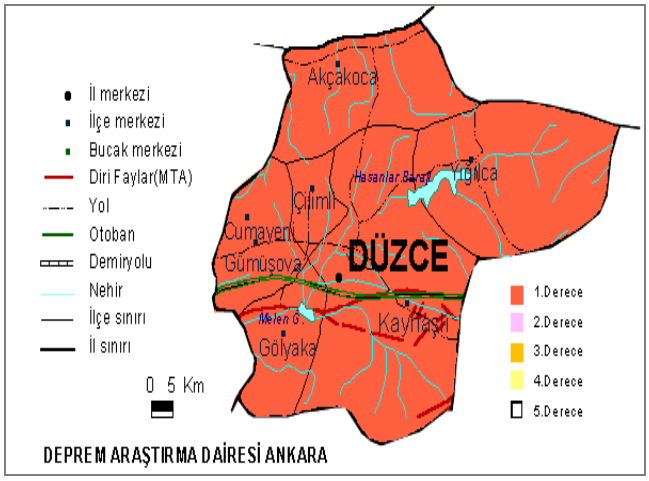
2. Çalışma Alanı: Kaynaşlı İlçesi

Düzce iline bağlı Kaynaşlı ilçesi, Bolu Dağı eteklerinde, İstanbul'dan Ankara'ya ve Anadolu'ya uzanan karayollarının en yoğun kavşağında kuruludur. Kaynaşlı, Düzce iline 15 km, Bolu iline 36 km mesafede olup, İstanbul ve Ankara'ya, yaklaşık 225'er km olmak üzere eşit uzaklıktadır. 1944 yılında Düzce ilçesine bağlı Bucak merkezi olan Kaynaşlı'da Belediye teşkilatı 1968 yılında kurulmuş; 1999 yılında ise ilçe statüsüne kavuşmuştur. İlçe, merkezdeki 7 mahalle ve yakın çevresindeki 20 köyden oluşmaktadır [1]. 12 Kasım 1999 Depreminin merkezinde yer alan ve ağır kayıplara uğrayan Kaynaşlı yerleşim alanı depremin yanında; heyelan, sel ve taşkın gibi doğa kaynaklı afet riskleri taşımaktadır. Kaynaşlı ilçesi Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre, 1.derece deprem bölgeleri (yer ivmesinin 0.40 g ve daha büyük olacağı bölgeler) içerisinde yer almaktadır. 12 Kasım 1999 Depremde; 316 vefat, 543 yaralının yanı sıra, merkezde konutların %72'si, işyerlerinin %70'i, kamu idare ve hizmet binalarının %90'ı, su, enerji, iletişim şebekeleri ve yollar tahrip olmuştur [2].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Araştırma alanı Kaynaşlı ilçesinin 2014 yılı googleearth uydu görüntüsü



Şekil2.[http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/DepremHaritalari.aspx] [3]

Düzce ili sınırlarının tamamı Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasına göre 1. Derece Deprem Bölgesinde yer almaktadır. Düzce iline bağlı 7 ilçeden biri olan Kaynaşlı ilçesi de 1. Derece Deprem Bölgesinde bulunmaktadır. Kaynaşlı ilçesi 12 Kasım 1999 Depreminin merkezi olup diğer ilçeler arasında 316 vefat ve 543 yaralı ile en çok zararın meydana geldiği ilçedir.

3. Kapsam ve Bileşen

Çalışmada uygulama “kapsam ve bileşenler” olarak ikiye ayrılmıştır. Kapsamda; yerel afet risk yönetimi çerçevesinde, deprem odaklı olarak yerleşimin fiziksel envanteri, yapısal riskler, yerel yönetim ve yöneticiler, toplum ve jeolojik özellikler ele alınmıştır. Bileşenlerde ise yerel yönetim ve yöneticiler ile yüz yüze görüşmeler, fiziksel envanter içerisinde yapısal risklerin belirlenmesinde sokak taraması yönteminin uygulanması, sokak taraması yönteminin sahada uygulanması sırasında halkla deprem öncesi ve sonrası yaşananlarla ilgili görüşmeler yapılması, Coğrafi Bilgi Sistemi ve yerel deprem puanını içermektedir.

3.1. Kapsam

Yerleşimin fiziksel envanteri yapısal risk açısından tespit edilerek öncelikli yapılması gerekenlerin yerel yönetim ve yöneticiler ile paylaşılarak çözüm önerilerinin getirilmesi kapsam içerisinde değerlendirilmiştir. Yapısal risklerin devam ettiği ve herhangi bir eylemin gerçekleştirilmediği yerleşimlerde toplumun ve kurumların afete hazırlıklı olmasından söz edilmesi olası değildir. Çünkü önceki depremlerde de görülmüştür ki en çok kayıp yapısal risklerden kaynaklanmıştır. Bir diğer kapsam alanı ise yerel yönetim ve yöneticilerin (kurum ve kuruluşların) afete hazırlıkta mevcut durumlarının tespit edilmesidir. Kurum ve kuruluşların, yerleşim yerinin fiziksel durumu ve halkın afete hazırlık konusunda bilgilendirilmesinde önemli bir rol üstlendiği göz önüne alındığında; kurum ve kuruluşların öncelikle kendi yapılarında afet bilincini geliştirmesi ve bilimsel yaklaşımlar çerçevesinde destek almalarından sonra afete hazırlık konusunda yönlendirici olmaları daha doğru bir stratejiyi oluşturabilir.

Toplum yaşadığı yerin coğrafi özelliklerini kendi geçimi ve sosyal yaşamı açısından değerlendirebilir. Fakat faylanma, zemin özelliklerini, yapısal riskleri, afet konusunda yapılması gerekenleri vb teknik bilgileri bilmesi beklenemez. Bu çerçevede toplumun afete hazırlıkta bilgi sahibi olması ve gerektiğinde tatbikatlar ile aktive edilmesi faydalı olacaktır. Burada yine kurum ve kuruluşlara, STK’lara büyük görevler düşerken, halkın da kendisine afet hakkında verilecek bilgilere açık olması ve çevresiyle bir bütünlük içerisinde afete hazırlıkta görev alması afet kapsamında işleyişi hızlandırabilir. Yerleşim yerinin jeolojik özelliklerinin bilinmesi ve buna göre fiziksel gelişime yön verilmesi afete hazırlıkta en önemli özelliklerin başında gelmektedir. Jeolojik veriler yerleşimin fiziksel karakteristiklerini belirlediği gibi yapısal sistem özelliklerini de belirlemektedir. Uygun zemine göre yapılan ve bu zemine göre proje, materyal, kat yüksekliklerinin vb özelliklerin belirlenmesi sayesinde binalar insanların güvenle sığınacakları bir yer halini alacaktır.



Şekil 3. Çalışma kapsamının dört özelliği

Yapısal riskler depremlerde can kaybına neden olan en önemli etkenlerden biridir. Bu bağlamda yerel yönetimler binaların denetiminde ve yerleşimin yönlendirilmesinde söz sahibi olduğu için kapsam içerisinde yer almaktadır. Toplumun ise depreme göre hayatına yön vermesi ve yerel yönetimden de bunu istemesi önemlidir. Ayrıca bir yerleşimin sadece üst yapı olgusu ile değil zemin özelliklerini bilerek planlamalara yön verilmesi ve teknik

olarak yerel yönetimlerin bunu dikkate almaları kapsam içerisinde sayılabilir.

3.2. Bileşen

Kurum ve kuruluş yöneticileri ile yüz yüze görüşülerek afete hazırlıkla ilgili olarak farklı sorulara cevaplar aranmıştır. Kaynaşlı Kaymakamlığı, Kaynaşlı Belediyesi, İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü, İlçe Sağlık Grup Başkanlığı, İlçe Müftülüğü, STK'lar yüz yüze görüşme yapılan kurum ve kuruluşlar arasındadır. Görüşülen kurum ve kuruluş yöneticilerinin afete hazırlık hakkında sorulan sorulara verdikleri cevaplar afete hazırlık düzeyinin belirlenmesinde bir fikir vermektedir. Analizler sonrasında kurum ve kuruluş yöneticileri ile görüşülerek yapılması gerekenler tartışılabilecektir.

Yerleşim yerinin fiziksel envanterinin yapısal riskler açısından değerlendirilmesinde İstanbul Deprem Master Planı Zeytinburnu (İDMP2003) Pilot Proje çalışmasında ODTÜ tarafından geliştirilen sokak taraması (birinci kademe değerlendirme) yöntemi kullanılmıştır [4]. Sokak taraması yönteminde binalar dışarıdan gözlemlenerek olumsuzluk parametrelerine göre ve zemin özelliklerine göre puanlama yapılarak riskli binalar göreceli olarak tespit edilmektedir. Yerel yönetim ve yöneticiler ile sonuçlar paylaşılarak riskli binalar ile ilgili detaylı incelemelerin yapılması sağlanabilecektir [5].

Çalışmada bileşen olarak kullanılan Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) yöntemi yerleşim yerinde yapılan saha uygulamalarında elde edilen verilerin sayısal ortama aktarılması karar aşamasında büyük fayda sağlamaktadır. Çalışmada binalar ile ilgili elde edilen bilgiler CBS yazılımı olan ArcGIS programına aktarılarak riskli bina sayısı ve riskli binalarda yaşayan yaklaşık riskli nüfusun adreslerine göre belirlenmesi sağlanmıştır. Ayrıca yerel afet risk analizinde zemin, uygunluk haritası, doğal gaz hattı ve diğer sayısallaştırılabilen veriler, saha uygulamasında elde edilen bilgiler ile çakıştırılarak afete hazırlıkta mevcut durum değerlendirilmiştir.

Son olarak teknik ve sosyal veriler ışığında yerleşim yerinin yerel deprem puanı (YDP) yeni bir yöntem olarak geliştirilmiştir. Yöntemde yerleşimin depremselliği, zemin özelliği, yapı stoku riski, halkın bilgisi, yerelde afet ile ilgili eğitim, proje vb çalışmalar, yerel yönetimlerin, STK'ların, toplumun deprem konusunda işbirliği, yerel yönetimlerin afete hazırlık çalışmaları, planları ve ilgili diğer parametreler değerlendirilerek yerleşimin YDP hesaplanmıştır. Hesaplanan puanlama sonucunda yerleşimin depreme hazırlık düzey açıklaması bulunmaktadır.

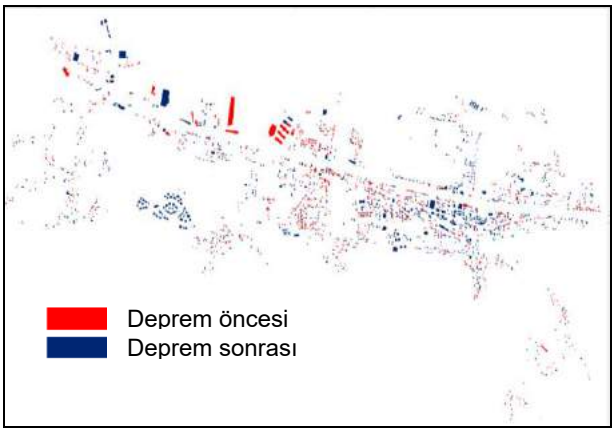
Bileşenler çalışmanın sonuçlarının şekillenmesinde ve analizlerin yapılmasında kullanılan özelliklerdir. Her biri birer veri sağlayıcı olarak sonuca katkı sağlamış ve depreme hazırlık anlamında karar verme mekanizmasını güçlendiren bileşenlerdir.

4. Tartışma ve Öneriler

Bu çalışmada konunun çok uzun olmaması için sadece yapısal riskler ile ilgili kapsam bölümüne giren uygulamadan bahsedilecektir. Yapısal risklerin göreceli olarak belirlenmesinde sokak taraması yöntemi (ODTÜ yöntemi) kullanılmıştır. Yöntemde Kaynaşlı ilçesine ait 7 mahallenin halihazır haritaları Kaynaşlı Belediyesi'nden alınarak çalışma planı hazırlanmıştır. Kaynaşlı'da 7 mahallede yapılan saha uygulamasında 2112 bina sokak taraması yöntemi ile incelenmiştir. Çalışmada sahadan elde edilen binalar ile ilgili veriler ArcGIS veri tabanına girilerek belirlenen eşik değer puan parametresi baz alınarak riskli binalar göreceli olarak belirlenmiştir. Riskli binalar adres bilgilerine ve kat adedine göre belirlenerek hem adres bilgileri elde edilmiş hem de riskli binalarda yaşayan yaklaşık nüfus tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonuçları yerelde bulunan kurum ve kuruluşlar ile paylaşılarak gerekli farkındalığın ve çalışmanın geliştirilmesi hedeflenmiştir.



Şekil 4. Çalışma bileşenlerinin beş özelliği



Şekil 5. Kaynaşlı yerleşim yeri deprem öncesi ve sonrası bina dağılımları

Yapılan saha uygulamasında elde edilen bina bilgileri ArcGIS veri tabanına girilerek analizler yapılmıştır. Programda yapılan analizler sonucunda Kaynaşlı'da çalışma yapılan 7 mahallede binalar deprem öncesi ve deprem sonrası yapılış tarihlerine göre sınıflandırdığımızda 1304 bina deprem sonrası yapılmış, 808 bina ise deprem öncesi yapıldığı sonucu elde edilmiştir. Neredeyse toplam binaların %40 deprem öncesi binalardan oluştuğu anlaşılmıştır.

4.1. Sokak Taraması Yöntemi Risk Skoruna Göre Riskli Binalar

Sokak taraması yöntemi kullanılarak incelenen binalar ArcGIS ortamında belirlenen risk skoruna göre yüksek riskli ve düşük riskli olarak ikiye ayrılmıştır. Risk skorunda 70 puan ve altı puan alan binalar yüksek riskli olarak değerlendirilmiştir. Risk skoru sınır değerinin belirlenmesinde karar vericilerin değerlendirilmesine de bırakılabilmektedir. (Sucuoğlu, 2007) çalışmasında bir yapı stoğunda bulunan binalar geçirdikleri depremden sonra gözlenen hasar durumlarına göre "Düşük Riskli" ve "Yüksek Riskli" olarak sınıflandırılabileceğini, sokaktan tarama yönteminin esas amacının binaları risklerine göre sıralamak ve yüksek riskli binaları daha kapsamlı bir inceleme için ayırmak olduğundan sınır değerinin seçimi karar vericilere de bırakılabileceğini belirtmektedir [6]. Risk skoruna göre 76 bina yüksek riskli olarak değerlendirilmiştir. Yüksek riskli binalar ile ilgili ikinci kademe değerlendirme yöntemi ve gerekirse üçüncü kademe değerlendirme yöntemi kullanılarak detaylı bir çalışmanın yerel yönetimlerin desteği ile yapılması riskli binalar hakkında net sonuçların elde edilmesini sağlayabilecektir.

4.2. Yüksek Riskli Binalarda Yaşayan Risk Altındaki Yaklaşık Nüfus

Risk skoruna eşit ve altında kalan binaların kat adetlerine göre dağılımları incelendiğinde; 12 bina 1 katlı, 16 bina 2 katlı, 35 bina 3 katlı, 11 bina 4 katlı ve 2 bina 5 katlıdır. Yüksek riskli yapılar olarak önerilen binalar arasında 3 katlı binaların daha yoğun bulunduğu anlaşılmaktadır. Saha uygulamasında gözlem sonucunda genelde 3 kata kadar binaların tek daire üzerine yapıldığı, 3 kat üzeri ise genelde katta 2 daire olarak yapıldığı anlaşılmıştır. Bu yüzden 3 kata kadar her katta 1 daire, 3 kat üzeri ise her katta 2 daire olduğu düşünülerek riskli nüfus belirlenmiştir. Nüfus hesaplanırken TUİK'in verilerinde yer alan Türkiye nüfus ortalamasında kullandığı bir ailenin 4 kişiden oluştuğu bilgisi kullanılmıştır. Yüksek riskli olarak tespit edilen binaların tamamında 4 kişiden oluşmuş ailelerin yaşadığı kabul edilmiştir. Buna göre toplam bina sayısına göre yüksek riskli binalarda 257 kişinin risk altında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Olası bir depremde riskli binaların ve bu binalarda yaşayanların göreceli olarak tespit edilerek detaylı çalışmaların önü açılabilecektir. Ayrıca yaklaşık riskli nüfusa göre hastane kapasitesi, müdahale planı gibi deprem öncesi senaryoların yapılması sağlanmış olacaktır. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi afet öncesinde yapılacak çalışmalar deprem sonrası oluşabilecek zararları minimuma indirmemize olanak verebilecektir.

5. Sonuçlar

Yerel yönetim ve yöneticiler yerleşimlerde afet risklerinin azaltılmasında, afete hazırlık ve halkı bilgilendirmede önemli rol oynamaktadırlar. Çalışmada yerel yöneticiler ile görüşülerek afete hazırlık bakımından mevcut durum tespit edilmiştir. Görüşme sonuçlarında yerel yönetim ve yöneticilerin geçmiş afetlerden ders alarak çalışmalar yaptığı fakat bilimsel çalışmalar ve teknik eleman yönünden yeteri kadar donanımlı olmadıkları görülmüştür. Örneğin afet yönetimi alanında CBS yöntemi kullanılmamaktadır. Günümüzde CBS yönteminin afetlere dönük kullanımı oldukça yaygındır. Fakat ülkemizde özellikle kırsal alanlarda bulunan kurum ve kuruluşlarda CBS yöntemi, ArcGIS vb yazılımları teknik ve uzman kadro ve yeterli donanım olmadığından kullanılamamaktadır. Ayrıca görüşmelerde kurum ve kuruluşların internet sayfalarında afet ile ilgili bilgilendirmelerin eksik olduğu görülmüştür. Bunun dışında afete hazırlıkta önemli çalışmalarda yapılmaktadır. Örneğin Kaymakamlık bünyesinde Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi çalışmaları, İl Afet ve Acil Yardım Müdürlüğü (İl AFAD) ile ortak çalışmalar yapılması, kurumların personeli ve halkın bilgilendirilmesi vb. önemli çalışmalar arasında yer almaktadır. İlçe Milli Eğitim Müdürlüğü, İl AFAD işbirliğiyle öğretmenler ve öğrenciler afete hazırlık konularında bilgilendirilmekte, okullarda deprem tatbikatları yapılmaktadır. Kaynaşlı Belediyesi'nin uygulama imar planında 3 kat sınırlamasına uygun inşaatlara izin vermesi, kaçak yapıların denetimi amacıyla teknik kadronun artırılması, her yıl 12 Kasım'da Deprem Anma programları düzenlenmesi gibi teknik ve bilgilendirme çalışmaları vardır. Bu çerçevede TOKİ'nin Kaynaşlı'da 2012'de başlayarak inşa ettiği 7'şer katlı 5 blok bina yerel imar planıyla ve yöresel yapı düzeniyle bir tezat oluşturmaktadır.

Kırsal alanlarda afet açısından riskli bölgelerde yer alan yerleşimlerin bilimsel çalışmalar ile desteklenmesi afete hazırlıkta yerel yönetimlerin karar mekanizmasını güçlendireceği gibi farkındalığın da artmasını sağlayacaktır. Yerelde bilimsel alanda çalışmaların yürütülmesinde üniversitelerin destek sağlaması teknik ve bilimsel yetersizliklerin giderilmesinde önemli bir katkı sağlıyacaktır. Üniversitelerin yerleşim yerlerinde projeler geliştirmesi, yüksek lisans ve doktora çalışmalarının yerele yönlendirilmesi gibi bilimsel çalışmalar yerel yönetimlerin afet konusunda doğru adımlar atmasını destekleyeceği gibi yerelden genele tüm detaylar ele alınarak ülke genelinde afet çalışmalarının bilimsel dayanağını geliştirilebilecektir.

Yerleşim yerlerinde bulunan binaların risk açısından mevcut durumlarının tespit edilerek değerlendirilmesi, karar vericilerin afete hazırlıkta planlamalarını buna göre yapması özellikle deprem gibi, önlem alınmadığında büyük kayıp ve zararlara neden olabilen doğa olayının afete dönüşmeden en az zararla atlatılmasında önemli bir basamağı oluşturacaktır. Aynı zamanda yerel yönetim ve yöneticilerin afete hazırlıkta toplumla birlikteliği diğer bir önemli basamağı oluşturabilecektir.

Kaynaklar

[1] Kaynaşlı Kaymakamlığı resmi internet sitesi: http://www.kaynasli.gov.tr/default_B0.aspx?content=105
[2] Kaynaşlı Kaymakamlığı Kriz Yönetim Merkezi Arşivi.
[3] Deprem araştırma dairesi resmi internet sitesi: http://www.deprem.gov.tr/sarbis/Shared/DepremHaritalari.aspx

[4] İDMP-2003 ve Zeytinburnu Pilot Projesi 2004, İTÜ, BÜ, YTÜ, ODTÜ, İstanbul.
[5] T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2004. Deprem Şurası Afet Bilgi Sistemi Komisyonu Raporu, Ankara.
[6] Sucuoğlu, H., Kentsel Yapı Stoklarında Deprem Risklerinin Sokaktan Tarama Yöntemi İle Belirlenmesi. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim, 274, 2007.

DESIGN ISSUES OF BURIED PIPELINES AT PERMANENT GROUND DEFORMATION ZONES

Eren UÇKAN[a], Bülent AKBAŞ[b], Ercan Şerif KAYAÇ[c], Ferit ÇAKIR[d], Cengiz İPEK[e], Murat MAKARACI[f], Şenol ATAOĞLU[g]

[a] Bogazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Istanbul, Turkey, E-mail: eren.uckan@boun.edu.tr

[b] Gebze Technical University, Department of Earthquake and Structural Engineering, Kocaeli, Turkey, E-mail: akbasb@gtu.edu.tr

[c] Alanya Alaaddin Keykubet University, Department of Civil Engineering, Antalya, Turkey, E-mail: ercanky@gmail.com [d] Yildiz Technical University, Department of Architecture, Istanbul, Turkey, E-mail: cakirf@yildiz.edu.tr

[e] Koto, Member of 2nd committee of Kocaeli Chamber of Commerce Kocaeli, Turkey, E-mail: ipekceng@gmail.com
[f] Kocaeli University, Mechanical Engineering Department, Kocaeli, Turkey, E-mail: murat.makaraci@tubitak.gov.tr
[g]Istanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering, Istanbul, Turkey :E-mail ataoglu@itu.edu.tr

Abstract

This paper provides an overview of earthquake response of buried pipes subjected to permanent ground deformation hazards. Observed damage at segmented and continuous buried pipes, typical failure modes for segmented and continuous pipes, numerical modeling and provisions for design and analysis of welded steel pipelines are covered. Both simplified and 3D continuum finite element models are presented to estimate the response of soil-pipe interaction models to fault offsets. Effects of soil and pipe properties, fault crossing angles and possible measures for the earthquake risk mitigation in pipelines are summarized.

Keywords: Oil, gas and water pipelines, earthquake damage, numerical modeling.

1. Introduction

Buried pipelines are considered as lifelines since damage to such critical infrastructures may cause disruption of power and water systems which are vital for people in aftermath of earthquakes. They are considered massless and non-inertial elements. In contrast to buildings, the earthquake response analyses of pipes are based on deformation analysis rather than inertial one. Pipelines differ in relation to fluids they transport such as gas, liquid fuels, potable water, sewage, etc. and their material such as steel, cast iron, concrete, etc. They also differ in relation to geometric properties such as diameter, wall thickness, burial depth, etc. However, in terms of seismic behavior and design, the most important difference is in relation to their connnection type.

Buried pipelines consist of segmented and continuous pipes. For a segmented pipeline, stiffness of the joints is significantly lower than that for the portion away from the joint. Cast iron pipe with lead-caulked joints, ductile iron pipe with push-on rubber gasketed joints, concrete cylinder pipe with rubber gasketed joints are examples of the segmented pipelines. Due to their comparatively low stiffness, segmented pipelines subject, for example, to axial tension will pull-apart at the joints before experiencing material failure in the pipe section between the joints [1].

For continuous pipeline, the axial and rotational stiffness of the pipeline joint is comparable to that for the pipe section away from the joint. Steel pipe with butt welded joints, steel pipe with bolted flanges, and HDPE pipe with fused joints are examples of a continuous pipeline. They all generally perform better than a segmented pipeline when subject to earthquake hazards. Past earthquakes demonstrated that behavior and damage forms of these pipes could be quite different. Specifically, it is not unusual for continuous pipelines to be damaged by the permanent ground deformation (PGD) hazard, but it is unusual when they are damaged by the wave propagation (WP) hazard. In this study, design issues related to buried continuous steel pipes due to abrupt permanent ground deformation (PGD) is discussed.

2. PGD Hazard

There exist two main sources of ground-induced seismic deformations on buried pipelines, namely the transient actions and the permanent deformations. Transient actions are caused by WP within the soil. WP is usually effective in large areas typically in distribution networks. The induced ground strains in WP hazard as well as the pipe damage rates are low. PGDs are due to fault movements, landslide activation and liquefaction-induced lateral spreading. PGD is a significant hazard for water oil and gas pipelines. Effective areas are more localized, but the ground strains as well as damage rates can be very high compared to WP hazard. Herein only PGD hazards are considered.

2.1 Spatially varying PGD (Landslide-Liquefaction)

Spatial distribution of ground hazard in a liquefaction zone is shown in Fig.1. A damaged pipeline subjected to likely ground hazard in the Van is shown in the next section.

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

2.2. Abrupt PGD (Faults)

Fault crossing is an abrupt PGD type of hazard in which soil deformation is immediate, such as the step function. As such, high axial and rotational deformation demands usually occur in the pipe. Schematic representation of steel pipes crossing different types of faults (reverse normal and strike slip) is shown in Figure 2.

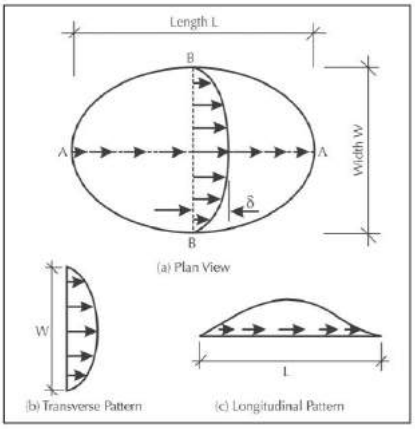


Figure 1. Characteristics of Spatially varying ground hazard representaton [1]

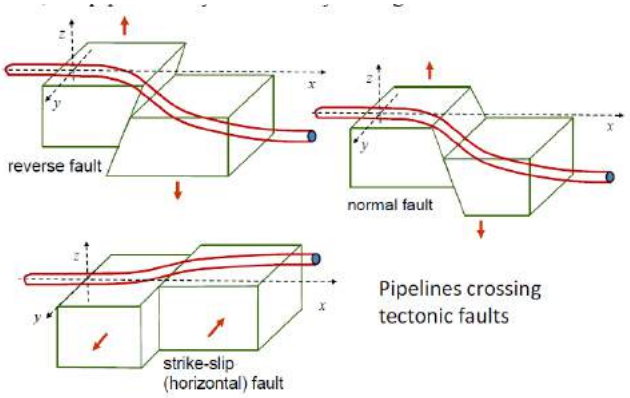


Figure 2. Schematic representation of pipelines crossing tectonic faults (abrupt PGD) [11]

3. Earthquake damage to buried pipes

In PGD zones, pipes are subject to bending as well as axial tension or axial compression. Strain limits are well above yielding state. Therefore, small changes in stress are associated with large changes in strain, particularly for steel. As such, strain is a better measure of pipe behavior and it is the most important engineering demand parameter for pipes. Recent empirical and analytical fragility expressions are based on pipe axial strains.

Fragility relations for pipelines are defined as the number of pipe breaks (repair rates - RR) per km. Most commonly these empirical relations are for various type of segmented pipes. This is due to two factors. Firstly, segmented pipelines are more common than continuous pipelines. Secondly, segmented pipelines are much more susceptible to seismic damage than continuous pipelines.

3.1. Damage to segmented pipes

Water and waste water pipes usually consist of segmented pipes. Failure modes for segmented pipelines are axial pull-out at joints, crushing at the joints and round flexural cracks in pipe segments away from the joints.

The seismic performance of segmented pipeline is not as good as that for continuous pipelines. Specifically, it is common that segmented pipelines are damaged by the WP as well as the PGD hazards. In the 2011 Van, Turkey earthquake, pipe damage was observed at 5 locations along a water transmission pipeline in northern Van. Damage was due to liquefaction induced lateral spreading [2]. The damaged and repaired pipes are shown in Fig.4.

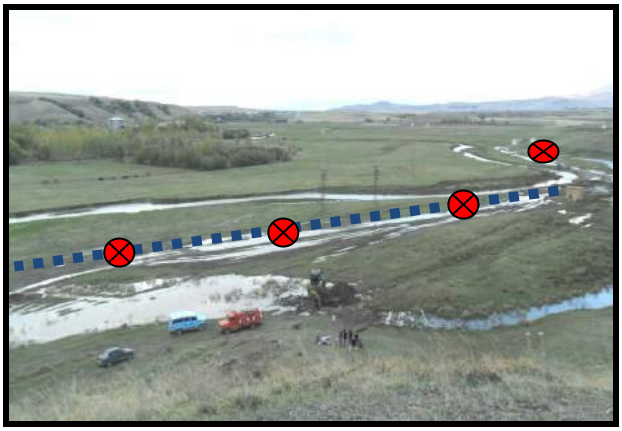


Figure 3. Damage locations of water transmission pipe due to liquefaction induced lateral spreading and settlement in 2011 Van, Turkey earthquake (spatially varying PGD



Figure 4. Damaged and repaired joints of segmented A/C water pipes (2011, Van earthquake) [2]

3.2 Damage to continuous pipes

Oil and gas pipelines usually consist of high quality, high strength welded steel pipelines which are not likely be damaged due to WP hazards. Damage at such high quality pipes usually happen in PGD zones in the form of local

buckling (wrinkling) or global (beam) buckling (Fig. 5). Possibly one of the best documented damage case study was the one in Kullar region of Kocaeli province in which a 2.0 m diameter steel pipeline was wrinkled at three locations due to strike slip fault crossing in the 1999 Kocaeli earthquake.



Figure 5. Wrinkling of the main water transmission pipe due to strike slip fault offset (abrupt PGD) in the 1999 Kocaeli earthquake [7, 12]



Figure 6. Failure of ductile welded steel water pipe due to excessive compression strain (abrupt PGD) (fault crossing) in Kullar [5, 12]

The outer and inner views of the wrinkled 2.0 m diameter water pipe in the 1999 Kocaeli is shown in Fig. 6. The pipe was crossing the fault with an angle of 55^0 and the right lateral fault movement imposed net compression and consequently shortening in the pipe. As a result, pipe wrinkling's with up to finger width cracks were observed at three locations along the pipe at both sides of the faults.

3.3. Failure criterion for continuous steel pipes

The principal limit states or failure modes for continuous pipelines (e.g., steel pipe with welded joints) are rupture due to axial tension and/or bending, and local buckling due to axial compression and/or bending. If the burial depth is shallow, continuous pipelines in compression can also exhibit beam-buckling behavior.

4. Design Philosophy of Continuous Pipe at Fault Crossings

The main novelty in the design of buried pipelines is to determine accurately pipeline behavior subjected to permanent fault offsets. The overall goal is to reduce the risk of damage to buried pipelines from fault displacements by minimizing the pipe strains. The potential for damage to a continuous pipe subject to PGD is reduced as the line is oriented perpendicular to the direction of the ground movement. Similarly, a pipe subject to the fault crossing hazard should be oriented such that the fault movement places the line in tension.

Theoretically, the optimum situation corresponds to the right angles to the fault. However due to uncertainty in the ground motion an angle of about 60^0 is recommended.

It should be emphasized that the design philosophy is to promote tension failure in the pipe. The schematic representation of a typical fault crossing problem is shown in Fig. 7. The axial and lateral nonlinear soil springs are used to represent the soil resistance to pipe.

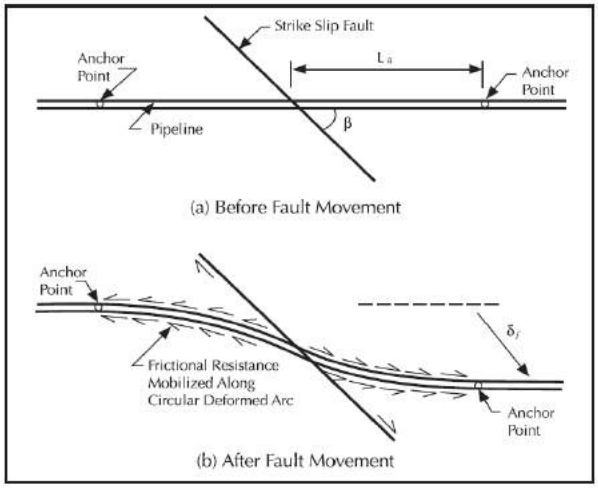


Figure 7. Plan view of a pipeline crossing a right lateral strike slip fault offset [1]

The distance between the anchor points represent the Critical Length of the S shaped deformation for a tension controlled deformation. Critical length for 90^0 of a crossing angle can be calculated as a function of the soil and pipe properties (D/t ratio) as shown in Fig.8.

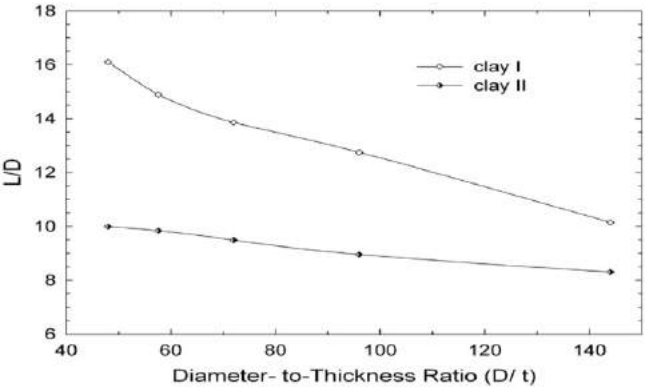


Figure 8. Variation of normalized effective length, L (with respect to diameter) vs. pipe slenderness ratio (D/t) for soft and stiff clays (Clay I and Clay II) [9]

It is clear that pipes with lower D/t ratio embedded in soft soils have longer critical length than a softer pipe buried in

stiff soil. This is an expected and desirable case as lower soil resistance will reduce the interaction forces. As a result pipe strain decrease and allowable fault displacements increase. Three stages are identified for the response of buried pipes at fault crossings. In small offsets, both axial and bending strains are important and both increase with respect to fault offset. There is net compression in the pipe in this case. In intermediate offsets, the axial strain is beyond yield, the bending strains are decreasing and net compressive strains approach zero. In large offsets, the bending strain remains constant while axial strains increase with respect to fault offsets. Pipe strain vs. fault offset for 90^0 intersection angle and given pipe and soil properties are shown in Figure9.

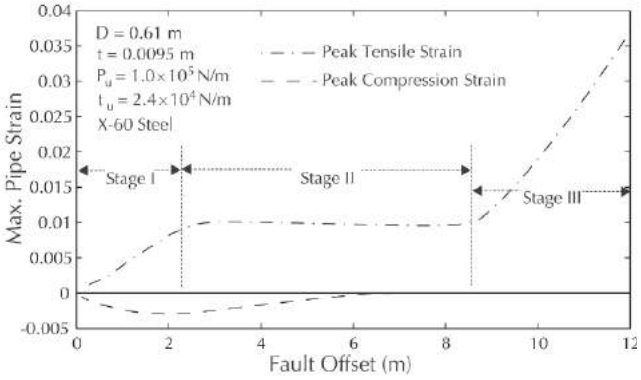


Figure 9. Pipe strain vs. fault offset for 90^0 intersection angle, [1]

4.1. Methods for calculating pipe axial strains due to strike-slip fault offsets

The pipe-soil interaction of buried pipes at fault crossings is a complex problem. Therefore, both simplified and detailed 3D numerical modeling techniques need to be employed. Analysis of pipes crossing PGD zones is performed by incrementally applied PGD hazard in which a nonlinear static analysis is performed.

4.2. Analysis methods

A simple numerical model is needed to determine the seismic demand of buried steel pipes at fault crossings. A practical nonlinear analysis model is presented in Fig. 10 to compute the critical response parameters. The soil springs acting in the transverse, vertical and axial directions to the pipe can be computed from ALA 2005 [3] and ASCE 1984 [4].

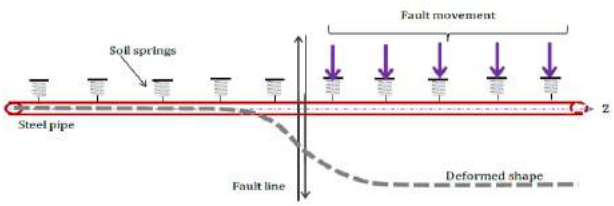


Figure10. Simplified nonlinear model [5]

The suggested model in Fig. 10 permits plastic hinge formation in the pipe due to incrementally applied fault movements, allows determining the critical length of the pipeline and calculate strains developed on the tension and compression sides in the pipe. The effect of bending as well as axial strains due to stretching are also considered.

Another simplified model which is an elastic-plastic model proposed by Karamitros (Fig. 11). The beam segment consists of two sections, beam on elastic foundation and the transition zone. The model in Fig. 11 allows determining the pipe strain for various angles of intersection in tension controlled deformations.

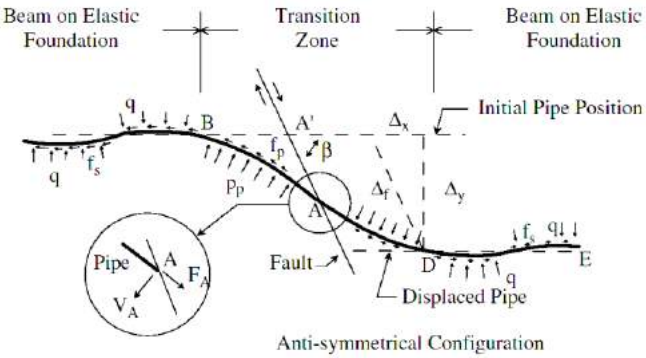


Figure 11. Simplified elastic plastic model, [6]

A hybrid model which consists of beam and shell elements has been proposed by Takada [7]. The model can predict the local buckling in the pipe.

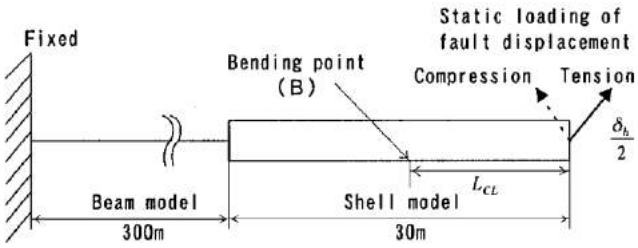


Figure.12 The hybrid model [7]

The most detailed model is a 3D continuum models which can be used to identify local buckling and wrinkling effects in the post elastic phase [8, 9]. Moreover, the use of three-dimensional finite element model offers a rigorous numerical tool to simulate buried pipeline behavior under PGD, but requires computational expertise. Such a model can describe the nonlinear geometry of the deforming soil-pipe system (including distortions of the pipeline cross-section), the inelastic material behavior for both the pipe and the soil, as well as the interaction between the pipe and the soil.

4.3. Design criteria: ASCE-ALA (2005)

The design guidelines do not propose a method to verify that the pipeline movement will not be affected by the native soil; it is up to the pipeline designer to estimate the geometry of the developing failure surface, and the necessary trench dimensions to contain it within the sand backfill. The lateral soil restraint on buried pipelines are provided in ASCE 1984 and ALA 2005 [3, 4].

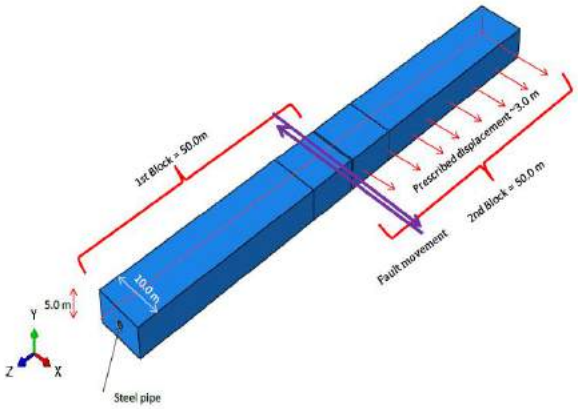


Figure 13. 3D continuum FE model [8, 9]

Factors effecting the pipe response depend on some factors such as fault type, orientation angle soil properties and nonlinearity, burial depth, steel grade, D/t ratio, coating (friction), backfill material as a remedial measure.

The optimal orientation of a pipeline in the horizontal plane involves selection of the best pipe crossing angle. Allowable axial tension strains are larger than those for axial compression. Therefore, any angle that results in net axial compression should be avoided if possible. For a north-south fault with right lateral offset a pipeline orientation North-West to South-West is recommended [1].

Normalized allowable fault displacements with respect to crossing angle for a given soil and pipe property is shown in Fig.14.

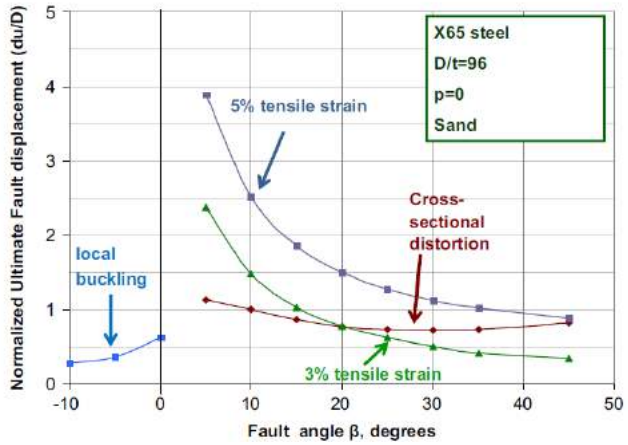


Figure 14. Normalized ultimate fault displacement for various performance limits for different crossing angles, [9]

5. Mitigation Remedy at fault crossings

Buried pipelines are commonly installed in trenches, and subsequently backfilled with loose sand in areas at fault crossings. The dimensions of the trench must be adequate so as the pipeline response will not be affected by the properties of the possibly much stiffer surrounding soil. The spring forces should be estimated while considering the native soil properties, an approach that could lead to over-design of the pipeline. An example of fault crossing trench is shown in Fig. 15



Figure 15. Fault Crossing Design of 66-inch Pipeline San Francisco Hetchy Hetchy Water System in special trench [10]

Several measures can be employed to mitigate seismic damage to pipelines. Possibly, the first criteria is to consider the rerouting of the pipeline and adjust the pipe fault intersection angle so as to provide lowest pipe strain for a given fault displacement. . However, in several cases, this may not be possible. For example, if natural gas service is needed along a given street, alternate locations may be severely limited; therefore, other mitigation measures should be adopted.

6. Conclusions

Response of buried steel pipes at fault crossings is based on fault type, orientation angle, soil properties and nonlinearity, burial depth, steel grade, D/t ratio, coating (friction) and backfill material as a remedial measure. Seismic data, such as time-frequency and magnitude of wave accelaration are also important parameters for this cause.

Effects of soil and pipe properties, fault crossing angles and possible measures for the earthquake disasters mitigation in pipelines are summarized in this study. More specifically, the increase of pipeline wall thickness increases pipeline strength against seismic action. Design related issues such as the use of higher grade pipe material, burial depth and orientation of crossing angle is also presented.

Performance-based design methodology should be adopted in the design of buried pipelines. Fragility expressions for buried pipelines at fault crossings are also needed for simplified methods to be developed.

References

[1] O 'Rourke, M.J. and Liu, X. Seismic Design of Buried and Offshore Pipelines, MCEER- 12-MN04; 2011.

[2] Uckan,, E. Lifeline damage caused in the 23 October (Mw=7.2) 2011and 9 November (M=5.6) 2011,Van Earthquakes in Eastern Turkey. International efforts in lifeline earthquake engineering, technical council on lifeline earthquake engineering, monograph no: 38, ASCE Edited by: Davis C, Miyajima M., Yan L; 2013.

[3] ALA 2005. ALA American lifelines alliance guidelines for the design of buried steel pipes; 2005.

[4] ASCE.Guidelines for the seismic design of oil and pipeline systems. Committee on gas and liquid fuel lifelines, technical council on lifeline engineering, American society of civil engineers ASCE, NewYork; 1984.

[5] Uckan, E., Akbas, B., Shen, J., Rou, W., Paolacci, F., O'Rourke, M.J. A simplified Analysis model determining the seismic response of buried pipes at strike-slip fault crossings. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 75: 55–65, 2015.

[6] Karamitros, D.K.,Bouckovalas, G.D., Kouretzis, G.P., Gkesoui V. An analytical method for strength verification of buried steel pipelines at normal crossings. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 31:1452–64, 2011.

[7] Takada, S., Hassani, N., Fukuda, K. A new for simplified design of buried steel pipes active faults. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 30:1243–57, 2001.

[8] Akbas B, O'Rourke M.J., Uckan, E., Shen, J., Caglar M. Performance-based design of buried steel at fault crossıngs. In: Proceedings of the pressure and vessels & piping conference PVP2015-July 19–23, 2015.Boston,MA, USA.

[9] Vazouras, P., Karamanos, S.A., Dakoulas, P.D. Finite element analysis of buried steel pipelines under strike-slip fault displacements. Soil Dynamics Earthquake Engineering, 30:1361–76, 2010.

[10] Nisar, A., Nervik, A., and Li, A. Fault Crossing Design of 66-Inch Pipeline: San Francisco Hetch Water System. Structures Congress 2015: pp. 1798 1809, 2015.

[11] Karamanos S. Brent Keil, Robert J. Seismic design of buried steel water pipelines Pipelines 2014: From Underground to the Forefront of Innovation and Sustainability, ASCE 2014.

[12] Makaracı M., Ipek C., Analysis of Stresses of Buried Pipeline As Results of Earthquake Effect, 5th International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey, pp.201-213, 2015.

INVESTIGATION OF DISPLACEMENT DEMANDS OBTAINED BY EARTHQUAKE CODE COMPATIBLE LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS

DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE UYUMLU ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZ İLE ELDE EDİLEN ÖTELENME TALEPLERİNİN İNCELENMESİ

Ahmet DEMİR[a] ve Ali Haydar KAYHAN[b]
[a] Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, E-posta: ademir@pau.edu.tr
[b] Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, E-posta: hkayhan@pau.edu.tr

Özet

Mevcut yapıların değerlendirilmesi ya da yeni yapıların tasarımı için dikkate alınan önemli parametrelerden birisi de maksimum ötelenme talebidir. Deprem Yönetmeliği'ne göre bina ve bina türü yapıların deprem hesabı için zaman tanım alanında doğrusal ya da doğrusal olmayan analizler kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, Deprem Yönetmeliği ile uyumlu zaman tanım alanında doğrusal analiz ile elde edilen maksimum ötelenme talepleri incelenmiştir. Bu amaçla farklı periyoda sahip 9 tek serbestlik dereceli sistem dikkate alınmıştır. Analizlerde, Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfları için tanımlanmış tasarım spektrumlarının her biri ile uyumlu 5 farklı ivme kaydı seti kullanılmıştır. Sonuçlar, herhangi bir tek serbestlik dereceli sistem için aynı tasarım spektrumu ile uyumlu farklı ivme kaydı setleri ile birbirinden farklı ötelenme talepleri elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca, bir ivme seti içerisindeki kayıtlardan elde edilen ötelenme taleplerinin, o set için hesaplanan ortalama talep etrafındaki saçılımının yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Maksimum Ötelenme Talebi, Tek Serbestlik Dereceli Sistemler, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz.

Abstract

Maximum displacement demand is one of the important parameters considered for design of the new buildings or seismic assessment of existing buildings. According to Turkish Earthquake Code, linear or nonlinear time history analysis of buildings or buildings-like structures can be performed. In this study, maximum displacement demands obtained by Turkish Earthquake Code compatible linear time history analysis were investigated. For this purpose, 9 single degree of freedom systems with different period were considered. Five different ground motion record sets compatible with each design spectrum defined for Z1, Z2 and Z3 local soil class were used for the analyses. Results show that different displacement demands can be obtained for any single degree of freedom system using different ground motion record sets although the sets are compatible with the same design spectrum. Results also show that dispersion of the displacement demands obtained for the records in a set about the mean of the displacement demands for that set are remarkably high.

Keywords*:* Maximum Displacement Demands, Single Degree of Freedom Systems, Linear Time History Analysis.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

1. Giriş

Deprem Yönetmeliği'ne [1] göre, bina ve bina türü yapıların deprem hesabı için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi kullanılabilmektedir. Zaman tanım alanında analiz, yapıların deprem etkisi altında göstereceği davranışı en iyi tahmin edebilmeye olanak sağlayan yöntemdir. Yakın zamana kadar, deprem hesabı için genel olarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmakta idi. Ancak son dönemde zaman tanım alanında analiz giderek yaygınlaşan şekilde kullanılmaya başlamıştır.

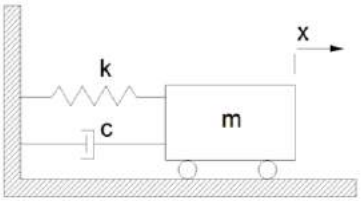
Yapıların zaman tanım alanında analiz için doğrusal ya da doğrusal olmayan davranış dikkate alınabilmektedir. Analiz sonucu elde edilen kesit tesirleri, ötelenme talepleri ve eleman deformasyonları analiz ya da tasarım amacına yönelik olarak dikkate alınmaktadır. Mevcut yapıların değerlendirilmesi ve/veya yeni yapıların tasarımı için dikkate alınan önemli parametrelerden birisi de maksimum ötelenme talebidir. Çok serbestlik dereceli ya da tek serbestlik dereceli sistemlerde ötelenme taleplerinin dikkate alındığı birçok çalışma bulunmaktadır [2-6].

Zaman tanım alanında analiz için kullanılacak ivme kayıtları, analiz sonucunu etkilemektedir. Bu sebeple, ele alınan herhangi bir yapının bulunduğu bölgenin depremselliği ile uyumlu ivme kayıtlarının seçimi önemlidir [7-9]. Deprem Yönetmeliği'nde, analiz için kullanılacak deprem yükleri bölgesel deprem tehlikesi ve yerel zemin koşulları ile uyumlu tasarım spektrumları ya da zaman tanım alanında analiz için seçilen ivme kayıtları ile temsil edilmektedir. Tasarım spektrumları ile uyumlu olmak koşulu ile sentetik, yapay ya da gerçek ivme kayıtlarının kullanılabileceği ifade edilmektedir.

Bu çalışmada, zaman tanım alanında analiz için farklı titreşim periyodu değerine (0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2) sahip 9 tek serbestlik dereceli sistem dikkate alınmıştır. Deprem etkisinin dikkate alınmasında, tek serbestlik dereceli sistemlerin birinci derece deprem bölgesinde ve sırası ile Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminlerde yer aldığı kabul edilmiştir. Dikkate alınan her bir zemin sınıfı için Deprem Yönetmeliği ile uyumlu ve her birinde yedi adet ivme kaydı bulunan beş ayrı ivme seti, zaman tanım alanında analizler için kullanılmıştır. İvme setlerinden elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin set içerisindeki saçılımı ve sete ait ortalama ötelenme talepleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

2. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Eğer bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum tek bir parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa bu tür sistemlere tek serbestlik dereceli sistemler denilmektedir. Tek serbestlik dereceli sistemlerin davranışını mesnet şartları ve hareket denkleminin başlangıç şartları dikkate alınarak elde edilen çözümü belirlemektedir [10]. Şekil 1'de tek serbestlik dereceli sistemin titreşiminin matematiksel modeli verilmiştir. Şekilde, x sistemin zamana bağlı ötelenmesini ifade etmektedir.



Şekil 1. Tek serbestlik dereceli sistemin matematik modeli

Tek serbestlik dereceli sistemlerin titreşiminde temel bileşenler rijitlik (*k*), kütle (*m*), sönüm katsayısı (*c*) ve dış kuvvettir (yer hareketi). Burada sönüm enerji tüketim mekanizmasını, dış kuvvet ise hareketin kaynağını temsil etmektedir. Dinamik davranışın belirlenebilmesi için sistemin hareket denklemine ihtiyaç vardır. Yer hareketi etkisindeki tek serbestlik dereceli sistemin dinamik davranışı Denklem 1 ile verilmiştir. Denklemde $-m\ddot{x}_g(t)$ terimi, yapının kütlesine etkiyerek titreşime sebep olan dış kuvveti temsil etmektedir.

$$m\ddot{x}(t)+c\dot{x}(t)+kx(t)=-m\ddot{x}_g(t) \quad (1)$$

3. Doğrusal Dinamik Analiz

3.1. Deprem Yönetmeliği Zaman Tanım Alanında Analiz Koşulları

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için Deprem Yönetmeliği'ne göre, kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşullarının da dikkate alınması gerekmektedir. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar aşağıda verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

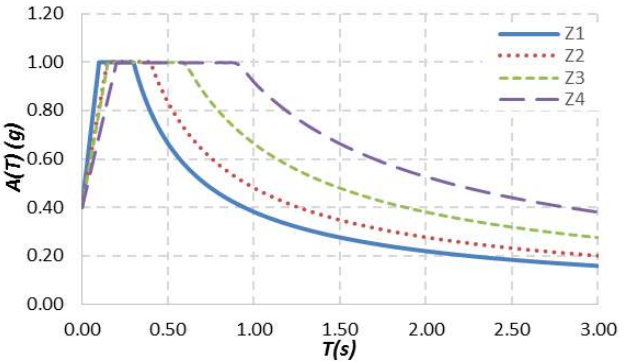
a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
b) Deprem yer hareketlerinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g'den daha küçük olmayacaktır.
c) Her bir ivme kaydı için %5 sönüm oranı ile bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyot *T*'ye göre 0.2*T* ile *2.0T* arasındaki periyotlar için $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.
d) Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların ortalaması, aksi takdirde sonuçların maksimumu esas alınacaktır.

3.2. Deprem Yönetmeliğinde Belirtilen Tasarım İvme Spektrumları

Deprem bölgelerinde ve herhangi bir zemin üzerinde yapılacak yeni binalar için tasarım depreminin, bina önem katsayısı *I*=1 olan binalar için 50 yıllık bir süre içerisinde aşılma olasılığı %10'dur. Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak spektral ivme katsayısı, *A(T)*, Denklem 2'de verilmiştir [1].

$$A(T)=A_0IS(T) \quad (2)$$

Şekil 2'de, bu çalışmada kullanılan ve Deprem Yönetmeliği'ne göre, birinci derece deprem bölgesinde yer alan ve bina önem katsayısı *I*=1 olan bir konut binası için kullanılacak elastik spektral ivme katsayısı *A(T)*'nin, yerel zemin sınıflarına (Z1, Z2, Z3 ve Z4) bağlı olarak değişimi verilmiştir.



Şekil 2. Zemin sınıfları için elastik spektral ivme katsayısı

3.3. Analiz İçin Seçilen İvme Kayıtları

Bilindiği gibi, gerçek depremlere ait kayıtların bulunduğu sayısal veri tabanlarında elde edilen ivme kayıtlarının özelliklerinden, deprem büyüklüğü, fay tipi, deprem kaynağına olan mesafe, kayıt süresi gibi özellikler değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada ivme kayıtlarının tasarım ivme spektrumuna uygun olarak seçilmesi ve ölçeklendirilmesinde, kayıt istasyonlarının faya olan mesafeleri, deprem büyüklüğü ve maksimum yer ivmesi ile ilgili ilave kriterler dikkate alınmıştır. Avrupa Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı'ndan [11] aşağıda belirtilen ilave koşullar da dikkate alınarak toplam 542 ivme kaydı bileşeni seçilmiştir.

a) İvme kayıtlarının kaydedildiği depremlerin büyüklüğü $M \geq 5.5$ alınmıştır.
b) Depremin kaydedildiği istasyonların faya olan mesafeleri 10-50 km arasındadır.
c) İvme kaydının maksimum yer ivmesi en az 0.1*g* kabul edilmiştir.

Seçilen 542 ivme kaydının, Eurocode-8'e [12] göre 190'ı A sınıfı zemin grubunda, 236'sı B sınıfı zemin grubunda ve 116'sı C sınıfı zemin grubunda kaydedilmiştir. Yukarıda verilen koşullar dikkate alındığında D ve E sınıfı zeminler için yeterli sayıda kayıt bulunamadığı görülmüş ve bu zemin sınıfları dikkate alınmamıştır. Eurocode-8 göre A, B ve C sınıfı zeminler, sırası ile Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminler ile uyumludur. Bu sebeple çalışmada Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminler dikkate

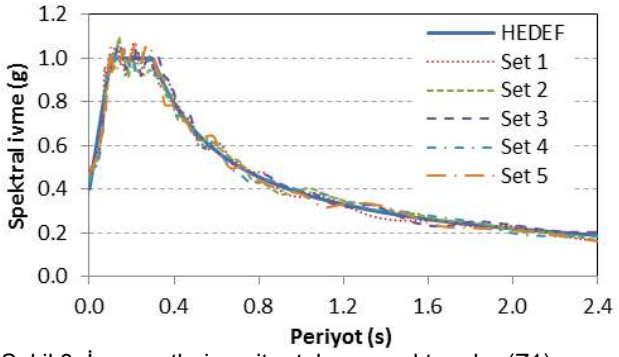
alınmıştır. Her bir zemin sınıfı için, zemin sınıfı ile uyumlu ivme kayıtları arasından seçim yapılarak ivme kaydı setleri oluşturulmuştur.

İvme kayıtlarının ölçeklendirilmesi için kullanılan ölçeklendirme katsayısının 0.50-2.00 arasında olması sağlanmıştır. Dikkate alınan her bir zemin sınıfı için 5 farklı ivme seti, toplamda 15 farklı ivme seti kullanılmıştır. Her bir ivme setinde 7 ivme kaydı bulunmaktadır.

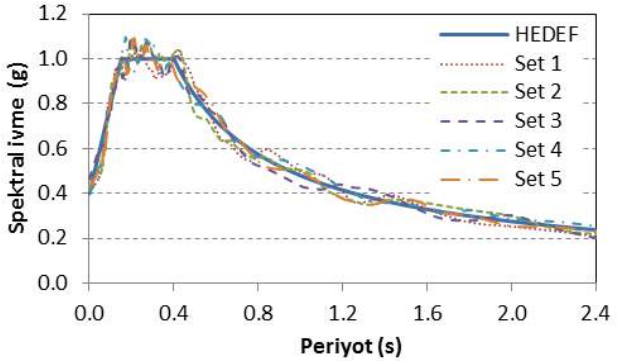
Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminler için elde edilen ivme kaydı setlerindeki kayıtlara ait bilgiler Ek 1'de verilmiştir. Ek 1'de, setlerde yer alan ivme kayıtlarının kodu, yatay bileşen etiketi, ölçeklendirme katsayısı, kayıt tarihi ve kayıt istasyonu kodları bulunmaktadır.

Deprem Yönetmeliği'ne göre bir sette yer alan ivme kayıtlarının spektral ivme değerlerinin ortalamasının hedef spektruma oranı için dikkate alınacak periyot aralığında alt sınır olarak 0.90 tanımlanmış, ancak herhangi bir üst sınır tanımlanmamıştır. Bu çalışmada, hedef spektrum ile ivme setlerine ait ortalama spektrum arasındaki uyumun artırılması amacı ile 1.10 olarak bir üst sınır tanımlanmıştır. Çalışmada ele alınan tek serbestlik dereceli sistemlerin periyotları 0.40s-1.2s arasında değiştiği için uyum için kullanılacak periyot aralığı 0.08s-2.40s seçilmiştir.

Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfları dikkate alınarak elde edilen ivme setlerine ait ortalama spektrumlar ile hedef spektrum, sırası ile Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



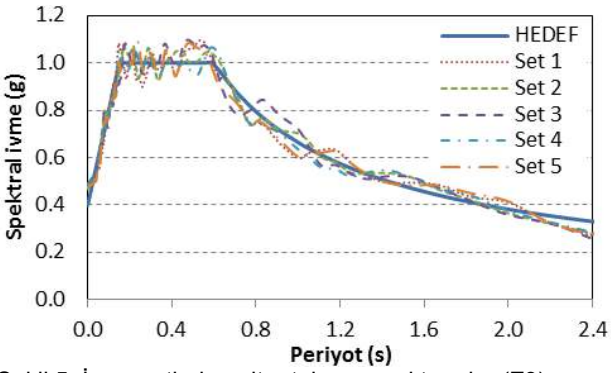
Şekil 3. İvme setlerine ait ortalama spektrumlar (Z1)



Şekil 4. İvme setlerine ait ortalama spektrumlar (Z2)

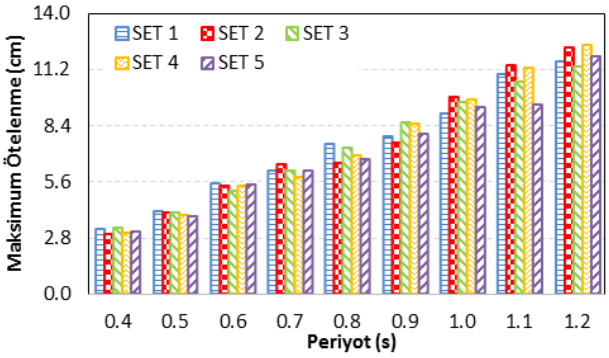
4. Dinamik Analiz Sonuçları

Tek serbestlik dereceli sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal analizleri gerçekleştirilmiş ve maksimum ötelenme talepleri elde edilmiştir. Deprem Yönetmeliği'ne göre zaman tanım alanında analiz için en az 7 ivme kaydı kullanılırsa yapısal tepkilerin ortalaması dikkate alınmaktadır. İvme setlerinde 7 ivme kaydı vardır. Bu sebeple, ivme setinde yer alan kayıtlardan elde edilen 7 adet maksimum ötelenme talebinin ortalaması, o set için dinamik analizle elde edilen maksimum ötelenme değeri olarak kabul edilmiştir.



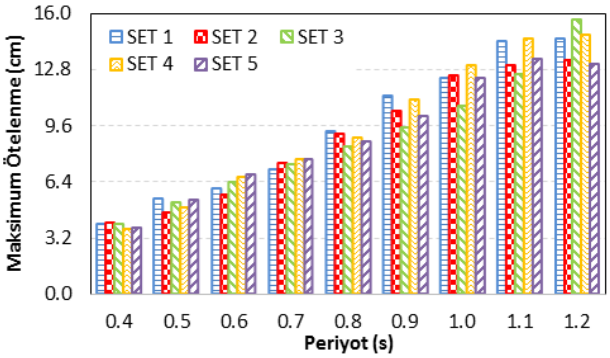
Şekil 5. İvme setlerine ait ortalama spektrumlar (Z3)

Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfları için elde edilen maksimum ötelenme değerleri sırası ile Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. 3 şekilde de periyot arttıkça maksimum ötelenme talebinin arttığı görülmektedir ki, bu durum deprem mühendisliğinde iyi bilinen bir gerçektir.

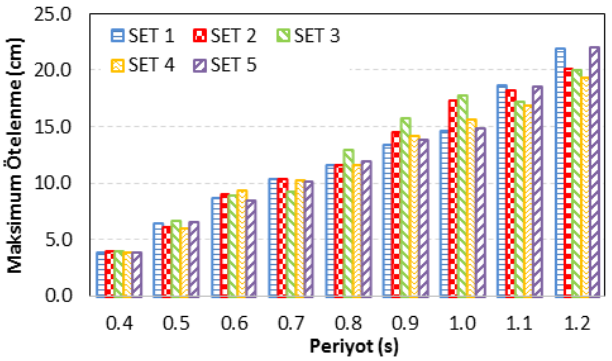


Şekil 6. İvme setlerine ait ötelenme talepleri (Z1)

Şekil 6-8 incelendiğinde, her bir periyot değeri için, aynı spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin birbirine yakın ancak farklı olduğu görülmektedir. Her üç zemin sınıfı için de, ötelenme talepleri arasındaki farklılık periyodun artması ile beraber daha da belirginleşmektedir.



Şekil 7. İvme setlerine ait ötelenme talepleri (Z2)



Şekil 8. İvme setlerine ait ötelenme talepleri (Z3)

Sette yer alan kayıtlardan elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, set için hesaplanan maksimum ötelenme talebi (kayıtlardan elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin ortalaması) etrafındaki saçılımı değerlendirilmiştir. Bu amaçla, maksimum ötelenme taleplerine ait varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır.

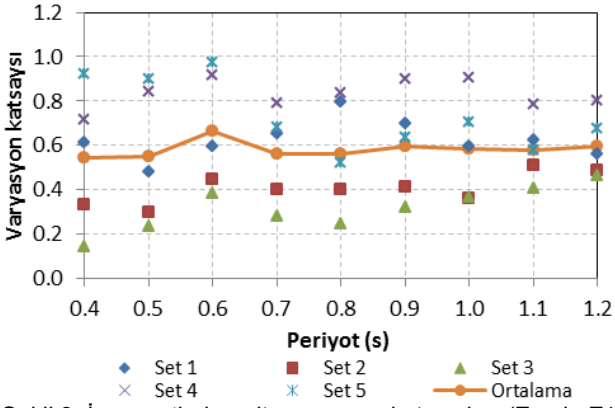
Çizelge 1'de, Z1 sınıfı zeminle uyumlu her bir set için hesaplanan varyasyon katsayısı değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi, herhangi bir periyoda sahip tek serbestlik dereceli sistem için, ivme setlerinden elde edilen varyasyon katsayısı değerleri rastgele olarak değişmektedir. Örneğin T=0.4s için 0.14-0.92, T=0.5s için 0.23-0.90 arasında değişen değerler elde edilmiştir.

Çizelge 1. Z1 sınıfı zemin için elde edilen ivme setleri için hesaplanan varyasyon katsayısı değerleri

T(s)	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5
0.4	0.61	0.33	0.14	0.71	0.92
0.5	0.48	0.30	0.23	0.84	0.90
0.6	0.60	0.45	0.38	0.91	0.98
0.7	0.66	0.40	0.28	0.79	0.68
0.8	0.80	0.40	0.24	0.84	0.52
0.9	0.70	0.41	0.32	0.90	0.64
1.0	0.60	0.36	0.37	0.90	0.70
1.1	0.63	0.51	0.41	0.78	0.58
1.2	0.56	0.49	0.46	0.80	0.68

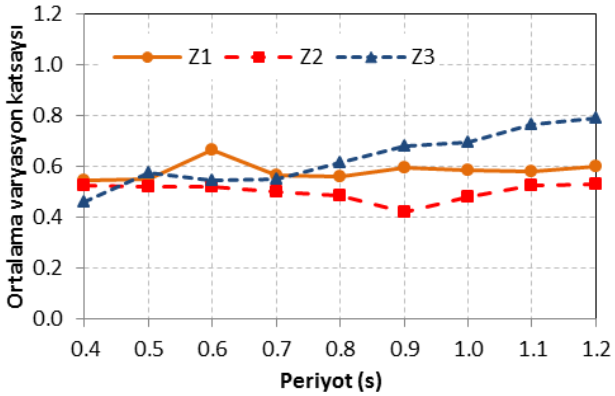
Çizelge 1'de verilen ve rastgele değiştiği gözlenen 5 farklı sete ait varyasyon katsayısı değerlerinin, her bir periyot değeri için ortalaması (beklenen değeri) hesaplanabilir. Örneğin Çizelge 1'e göre, T=0.4s için 5 farklı sete ait varyasyon katsayısı değerlerinin ortalaması 0.54'tür.

Şekil 9'da, Z1 sınıfı zemin dikkate alındığında, her bir tek serbestlik dereceli sistem için hesaplanan 5 farklı varyasyon katsayısı değeri ve bu değerlerin ortalamaları gösterilmiştir. Çizelge 1 ve Şekil 9 incelendiğinde, bir set için hesaplanan varyasyon katsayısının en az 0.14 olduğu (T=0.4s için), diğer periyot değerleri için ise 0.20'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca, tüm periyot değerleri için 0.80 ve üzerinde varyasyon katsayısına sahip setler olduğu da görülmektedir. Z1 sınıfı zemin için, dikkate alınan tek serbestlik dereceli sistemler için geçerli olmak üzere varyasyon katsayısının beklenen değerinin 0.60 civarında olduğu söylenebilir.



Şekil 9. İvme setlerine ait varyasyon katsayıları (Zemin Z1)

Çalışmada ele alınan diğer zemin sınıfları için de, farklı periyoda sahip her bir tek serbestlik dereceli sistem için 5 farkı sete ait varyasyon katsayılarının ortalaması hesaplanmıştır. Şekil 10'da ivme setlerine ait varyasyon katsayılarının ortalaması (beklenen değerleri) Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zemin için ayrı ayrı verilmiştir

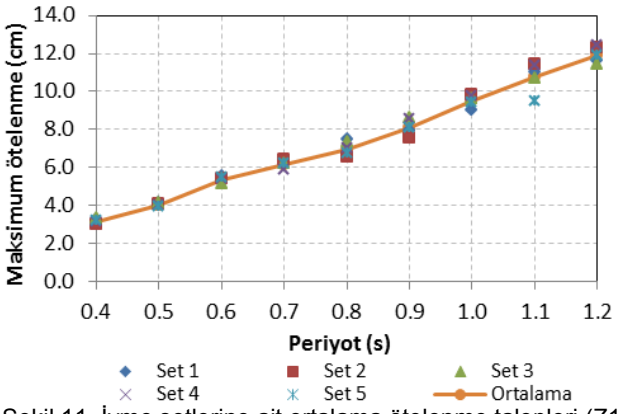


Şekil 10. İvme setlerine ait varyasyon katsayılarının ortalaması

Şekil 10'a göre, Z2 sınıfı zemin için, varyasyon katsayısının beklenen değerinin 0.40-0.60 arasında değiştiği görülmektedir. Z3 sınıfı zemin için ise beklenen değer 0.40-0.80 arasında değişmektedir.

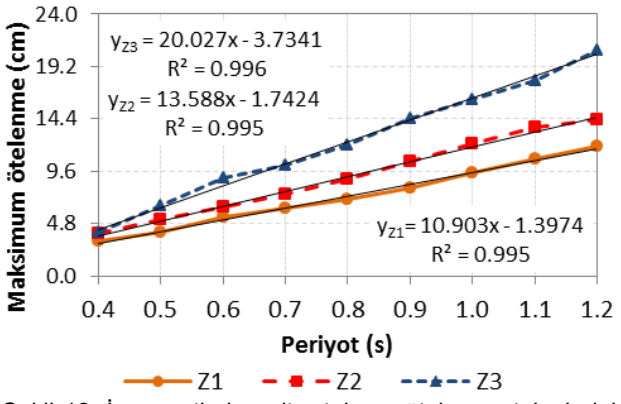
Varyasyon katsayısı değerleri için elde edilen bilgilere göre, Deprem Yönetmeliği ile uyumlu ivme setleri kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında doğrusal analiz sonucu ivme kayıtları için elde edilecek maksimum ötelenme taleplerinin, ivme setine ait ortalama ötelenme talebi etrafındaki saçılımının yüksek olması beklenir.

Aynı zemin sınıfı ile uyumlu ivme kaydı setlerine ait ortalama ötelenme taleplerinin değişimi de incelenmiştir. Şekil 11'de, Z1 sınıfı zemin dikkate alındığında, farklı periyoda sahip her bir tek serbestlik dereceli sistem için 5 farklı sete ait ortalama ötelenme talebi değerleri ve farklı setlere ait ortalama ötelenme taleplerinin ortalaması (beklenen değeri) görülmektedir. Görüldüğü gibi, herhangi bir periyot değeri için farklı ivme kaydı setlerinden elde edilen ortalama ötelenme talepleri arasındaki farklılık, set içerisindeki ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme talepleri arasındaki farklılığa göre daha düşüktür.



Şekil 11. İvme setlerine ait ortalama ötelenme talepleri (Z1)

Şekil 12'de, Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminler için elde edilen ivme kaydı setleri için hesaplanan ortalama ötelenme taleplerine ait beklenen değerlerin periyoda bağlı olarak değişimi verilmiştir. Üç zemin sınıfı için de doğrusal eğilim çizgilerine ait denklemler görülmektedir.



Şekil 12. İvme setlerine ait ortalama ötelenme taleplerinin beklenen değeri ile periyot arasındaki ilişki

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, farklı periyoda sahip tek serbestlik dereceli sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal analizi ile elde edilen maksimum ötelenme talepleri incelenmiştir. Analizler için Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminlere ait ivme spektrumları ile uyumlu gerçek ivme kaydı setleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Herhangi bir periyoda sahip tek serbestlik dereceli sistem için, aynı hedef spektrumla uyumlu olacak şekilde elde edilen farklı ivme kaydı setleri için, setteki ivme kayıtlarından elde maksimum ötelenme taleplerinin ortalaması rastgele olarak değişmektedir. Periyot düşük olduğunda ivme setlerine ait ortalama ötelenme talepleri aralarındaki fark daha düşük iken, periyot yükseldiğinde talepler arasındaki fark artmaktadır.

Herhangi bir set içerisindeki ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, o set için hesaplanan ortalama ötelenme talebi etrafındaki saçılımı oldukça yüksektir. Set içerisindeki ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme talepleri dikkate alınarak hesaplanan varyasyon katsayısı değerleri bu durumu ifade etmektedir.

Herhangi bir tek serbestlik dereceli sistem için, farklı ivme setleri kullanılarak elde edilen ortalama ötelenme talepleri arasındaki farklılık, set içerisindeki ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme talepleri arasındaki farklılığa göre daha düşüktür.

Çalışmada dikkate alınan tek serbestlik dereceli sistemler için geçerli olmak üzere, tek serbestlik dereceli sistemlerin periyodu ile Deprem Yönetmeliği ile uyumlu farklı ivme kaydı setleri kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında doğrusal analiz sonucu elde edilecek ötelenme taleplerinin beklenen değeri arasında doğrusal kabul edilebilecek bir ilişki bulunmaktadır.

Kaynaklar

[1] DBYBHY-2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2007.

[2] Fahjan, M.Y., Vatansever, S. ve Özdemir, Z., Ölçeklenmiş gerçek deprem kayıtları ile yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizleri, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği Konferansı, Ankara, 2011.

[3] Merter, O., Uçar, T., Bozdağ, Ö., Düzgün, M. ve Korkmaz, A., Betonarme çerçeve yapıların gerçek depremlere ait ivme kayıtları ile doğrusal olmayan dinamik analizi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, 2013.

[4] Gupta, A. ve Krawinkler, H., Estimation of seismic drift demands for frame structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 29, 1287-1305, 2000.

[5] İnel, M., Meral, E. ve Özmen, H.B., Betonarme binalarda eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem ve 3-B doğrusal elastik olmayan dinamik analiz deplasman taleplerinin karşılaştırılması, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, 2013.

[6] Önür Ö., Düşük ve orta yükseklikteki binaların deplasman taleplerinin doğrusal elastik zaman tanım alanında analizle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Denizli, 2011.

[7] Kayhan, A.H., Armoni araştırması ile ivme kaydı seçimi ve ölçeklendirme, Teknik Dergi, 23, 5751-5775, 2012.

[8] Fahjan, Y.M., Türkiye Deprem Yönetmeliği tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi, 4423-4444, 2008.

[9] Iervolino, I., Maddaloni, G. ve Cosenza, E., Eurocode 8 compliant real record sets for seismic analysis of structures, Journal of Earthquake Engineering, 12, 54 -90, 2008.

[10] Celep, Z. ve Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.

[11] Ambraseys, N.N., Douglas, J., Rinaldis, D., Berge, T.C., Suhadolc, P., Costa, G., Sigbjornsson, R. ve Smit, P., Dissemination of european strong-motion data, vol. 2, Cd-Rom collection. UK: Engineering and Physical Sciences Research Council, 2004.

[12] Eurocode-8, Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, EN1998-1-2004, European Committee for Standardization, Brussels, 2004.

Ek 1. Zaman tanım analizinde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Z1 Sınıfı Zemin						Z2 Sınıfı Zemin						Z3 Sınıfı Zemin					
Set	**Kayıt**	**Ölçek**	**Deprem**	**Tarih**	**İst. Kod**	**Set**	**Kayıt**	**Ölçek**	**Deprem**	**Tarih**	**İst. Kod**	**Set**	**Kayıt**	**Ölçek**	**Deprem**	**Tarih**	**İst. Kod**
Set 1	6331-X	0.671	South Iceland*	21.06.00	ST2486	**Set 1**	572-Y	1.626	Patras	14.07.93	ST178	**Set 1**	7010-Y	1.084	Izmit*	11.11.99	ST772
	467-X	1.317	Chenoua	29.10.89	ST181		759-Y	0.673	Umbria Marche	26.09.97	ST265		1230-Y	0.617	Izmit	17.08.99	ST576
	410-X	2.000	Golbasi	05.05.86	ST161		1859-X	0.630	Kefallinia island	27.02.87	ST1303		141-Y	1.161	Friuli*	15.09.76	ST12
	243-X	1.834	Valnerina	19.09.79	ST82		645-Y	1.592	Umbria Marche*	14.10.97	ST83		6975-Y	0.917	Izmit*	13.09.99	ST3272
	6278-X	0.511	South Iceland	17.06.00	ST2552		352-Y	1.239	Biga	05.07.83	ST131		151-X	0.597	Friuli*	15.09.76	ST33
	960-X	1.104	Sicilia-Orientale	13.12.90	ST296		7161-X	0.925	Firuzabad	20.06.94	ST3296		602-X	0.717	Umbria Marche	26.09.97	ST224
	5272-Y	0.669	Mt. Vatnafjoll	25.05.87	ST2487		6144-X	1.093	Aigion	15.06.95	ST1332		643-X	1.340	Umbria Marche*	14.10.97	ST224
Set 2	6272-X	1.961	South Iceland	17.06.00	ST2568	**Set 2**	352-Y	1.167	Biga	05.07.83	ST131	**Set 2**	6962-Y	1.998	Izmit*	13.09.99	ST3271
	6262-Y	0.778	South Iceland	17.06.00	ST2496		7155-Y	1.219	Firuzabad	20.06.94	ST3290		360-X	0.591	Umbria	29.04.84	ST41
	603-Y	1.967	Umbria Marche	26.09.97	ST225		645-Y	0.861	Umbria Marche*	14.10.97	ST83		141-X	1.993	Friuli*	15.09.76	ST12
	6269-Y	0.621	South Iceland	17.06.00	ST2497		630-Y	0.775	Umbria Marche*	06.10.97	ST228		6978-Y	0.700	Izmit*	13.09.99	ST3273
	6267-X	1.818	South Iceland	17.06.00	ST2565		946-Y	0.764	Potenza	05.05.90	ST103		6606-Y	1.463	Izmit*	11.11.99	ST2571
	598-Y	1.965	Umbria Marche	26.09.97	ST222		572-X	1.514	Patras	14.07.93	ST178		1230-X	0.546	Izmit	17.08.99	ST576
	6100-X	1.565	Kozani	13.05.95	ST1315		6138-Y	1.103	Aigion	15.06.95	ST1330		151-X	0.916	Friuli*	15.09.76	ST33
Set 3	6269-Y	0.576	South Iceland	17.06.00	ST2497	**Set 3**	1984-X	0.715	Kefallinia island	23.01.92	ST1353	**Set 3**	6606-Y	0.664	Izmit*	11.11.99	ST2571
	368-Y	0.878	Lazio Abruzzo	07.05.84	ST143		1881-Y	0.963	South Aegean	23.05.94	ST1310		439-Y	0.553	Spitak	07.12.88	ST173
	6337-X	1.772	South Iceland*	21.06.00	ST2494		1735-Y	0.606	Adana	27.06.98	ST581		6975-Y	0.779	Izmit*	13.09.99	ST3272
	6272-Y	1.399	South Iceland	17.06.00	ST2568		6447-Y	1.995	Izmit*	11.11.99	ST3140		1230-X	0.660	Izmit	17.08.99	ST576
	604-X	1.829	Umbria Marche	26.09.97	ST225		612-X	0.614	Umbria Marche	26.09.97	ST228		633-X	1.468	Umbria Marche*	14.10.97	ST227
	6331-Y	1.732	South Iceland*	21.06.00	ST14		129-X	1.221	Friuli*	15.09.76	ST14		360-X	0.669	Umbria	29.04.84	ST41
	6262-X	0.781	South Iceland	17.06.00	ST2496		572-X	1.378	Patras	14.07.93	ST178		141-X	1.190	Friuli*	15.09.76	ST12
Set 4	6331-Y	1.493	South Iceland*	21.06.00	ST2486	**Set 4**	6138-X	1.125	Aigion	15.06.95	ST1330	**Set 4**	375-Y	0.604	Lazio Abruzzo	07.05.84	ST149
	646-Y	0.891	Umbria Marche*	14.10.97	ST234		760-X	0.826	Umbria Marche	26.09.97	ST265		6962-Y	0.932	Izmit*	13.09.99	ST3271
	1891-Y	0.545	Kranidia	25.10.84	ST1320		352-Y	1.333	Biga	05.07.83	ST131		602-X	0.834	Umbria Marche	26.09.97	ST224
	4557-X	1.413	Bovec	12.04.98	ST750		620-X	0.787	Umbria Marche*	06.10.97	ST83		360-X	0.839	Umbria	29.04.84	ST41
	292-Y	1.361	Campano Lucano	23.11.80	ST98		232-X	0.736	Montenegro*	24.05.79	ST77		1230-X	0.799	Izmit	17.08.99	ST576
	6269-Y	1.492	South Iceland	17.06.00	ST2497		548-X	0.992	Izmir	06.11.92	ST43		6606-Y	0.692	Izmit*	11.11.99	ST2571
	6262-X	0.545	South Iceland	17.06.00	ST2496		549-Y	0.807	Izmir	06.11.92	ST162		6978-Y	0.769	Izmit*	13.09.99	ST3273
Set 5	369-X	1.058	Lazio Abruzzo	07.05.84	ST109	**Set 5**	1711-X	0.745	Ano Liosia	07.09.99	ST1255	**Set 5**	1959-Y	1.914	Kyllini	16.10.88	ST214
	292-X	1.751	Campano Lucano	23.11.80	ST98		532-Y	0.975	Racha*	15.06.91	ST202		6975-Y	0.867	Izmit*	13.09.99	ST3272
	410-Y	0.604	Golbasi	05.05.86	ST161		142-Y	1.196	Friuli*	15.09.76	ST14		360-X	0.658	Umbria	29.04.84	ST41
	1891-Y	1.517	Kranidia	25.10.84	ST1320		352-Y	0.884	Biga	05.07.83	ST131		7010-Y	1.083	Izmit*	11.11.99	ST772
	140-Y	0.590	Friuli*	15.09.76	ST36		548-X	0.511	Izmir	06.11.92	ST43		601-Y	1.185	Umbria Marche	26.09.97	ST224
	6267-Y	1.261	South Iceland	17.06.00	ST2565		6138-X	1.136	Aigion	15.06.95	ST1330		1230-Y	0.618	Izmit	17.08.99	ST576
	4679-Y	0.553	South Iceland	17.06.00	ST2563		946-X	1.770	Potenza	05.05.90	ST103		375-Y	0.625	Lazio Abruzzo	07.05.84	ST149

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

BETON GERİLME DAĞILIM MODELİNİN KESİT HASAR SINIRLARI ÜZERİNDE ETKİSİ

THE EFFECT OF CONCRETE STRESS-STRAIN MODEL ON CROSS SECTIONAL DAMAGE BOUND LEVELS

Hakan ULUTAŞ[a], Hamide TEKELİ[b], Mustafa GENÇOĞLU[c] ve Fuat DEMİR[d]

[a] Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik- Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye, hulutas@mehmetakif.edu.tr

[b] Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, hamidetekeli@gmail.com

[c] İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, gencoglumu@itu.edu.tr

[d] Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, fuatdemir@sdu.edu.tr

Özet

Son yıllara kadar yürürlükte olan yönetmelikler incelendiğinde genellikle betonun gerilme şekil değiştirme dağılımı ile ilgili belirgin bir öneri bulunmamaktadır. TS-500-2000, beton basınç bölgesindeki gerilme dağılımı için, geçerliliği deneysel verilerle kanıtlanmış herhangi bir dağılımın kullanılmasına imkan tanımaktadır. Normal kuvvet ve eğilme momenti karşılıklı etki diyagramının belirlenmesi genellikle basınç bölgesindeki gerilme bloğu dağılımının eşdeğer dikdörtgen ve betonun en büyük birim kısalması (ε_{cu}) 0.003 olarak alınması ile yapılmaktadır. Günümüzde yürürlükte bulunan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY'07) de, sargılı ve sargısız beton için gerilme şekil değiştirme bağıntıları verilmektedir. Bu çalışmada, iki farklı yaklaşım için beton basınç bölgesindeki beton gerilme dağılımının kesit hasar sınırları üzerindeki etkileri incelenmiştir. Burada ilk yaklaşım olarak beton basınç bloğunun dağılımı dikdörtgen olarak dikkate alınmıştır. İkinci yaklaşımda ise yönetmelikte verilen gerilme şekil değiştirme ilişkisi kullanılmıştır. Bu iki yaklaşım için elde edilen normal kuvvet- moment, moment-eğrilik, moment-dönme ilişkisi sonuçları değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda bu amaç için hazırlanan bir bilgisayar yazılımı kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Beton gerilme dağılımı, Kesit hasar sınırları

Abstract

It can be seen that there was no limitation about stress strain relationship in the codes until the last decade. In TS-500-2000 code, it is assumed that any stress distribution shape based on experimental research results can be used in the analyses. Generally, maximum strain of concrete is assumed as 0.003 and stress distribution was taken as rectangular block shape in many studies. In the revised Turkish Earthquake Code 2007 (TEC), the equations related the stress strain relationship are given for confined and unconfined concrete models. In this study, it is investigated that effect of concrete stress strain model on the cross sectional damage levels for two modeling approach. Concrete compression blocks were taken into account as a rectangular block in first approach and stress-strain relationship given in the code in second approach. The effects of two approaches were investigated for normal force -moment, moment -curvature and moment- rotation relationships. A computer program written for this purpose is used in the analyses.

Keywords: Concrete stress-strain model, Cross sectional damage level

1. Giriş

Betonarme elemanların taşıma kapasitelerinin ve tasarım değerlerinin elde edilmesinde bazı kabullerin yapıldığı bilinmektedir. Bu kabullerden biri basınç bölgesindeki betonun gerilme dağılımı ile ilgilidir. Taşıma gücü yönteminde bu değer kırılma anındaki dağılımdır. Normal kuvvet ve eğilme etkisi altındaki elemanların davranışlarının incelenmesinde bu dağılım dikdörtgen blok olarak kabul edilmektedir. Halbuki bu dağılımın eksenel basınç deneylerinden elde edilen σ-ε eğrisi gibi olduğu varsayımı son derece mantıklı gözükmektedir [1-4]. Günümüzde, normal kuvvet ve eğilme momenti karşılıklı etki diyagramı, genellikle betonun en büyük birim kısalması ε_{cu} değeri 0.003 ve basınç bölgesindeki gerilme bloğunun dağılımı ise eşdeğer dikdörtgen dağılım kabul edilerek elde edilmektedir. Bu dağılım ile ilgili olarak TS-500-2000' de "Beton basınç bölgesindeki gerilme dağılımı için, geçerliliği deneysel verilerle kanıtlanmış herhangi bir dağılım kullanılabilir" ifadesi yer almaktadır. Son zamanlara kadar bu tanımın haricinde bir açıklama bulunmamaktaydı. Ancak, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007 (DBYBHY'07) 'de sargılı ve sargısız beton için gerilme şekil değiştirme bağıntıları yanında sargılı betonun en büyük basınç birim şekil değiştirmesi ile ilgili bağıntılar verilmektedir. [5].

Bu çalışmada, seçilen bir kesitin basınç bölgesindeki beton gerilme dağılımı, eşdeğer dikdörtgen blok modeli (DM) ve yönetmelikte verilen gerilme –şekil değiştirme (σ-ε) eğrisine ait model (YM) kullanılarak dikkate alınmıştır. Her iki beton gerilme dağılım modelinin kesit kapasitesi, karşılıklı etkileşim diyagramı ve kesit hasar sınırları

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bunun yanı sıra kesite ait farklı eksenel yük seviyeleri için moment eğrilik ilişkileri elde edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Yapılan incelemelerde bu amaç için hazırlanmış bir program kullanılmıştır. Programın sonuçları literatürdeki program sonuçları ile kıyaslanmıştır.

2. Gerilme şekil değiştirme bağıntıları

2.1. Beton gerilme şekil değiştirme bağıntıları

DBYBHY 2007' de sargılı ve sargısız beton için gerilme şekil değiştirme ilişkisi, sargılı betonun basınç gerilmesi f_c, basınç birim şekil değiştirmesi ε_c 'nin fonksiyonu olarak aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$f_c = \frac{f_{cc}\, x\, r}{r - 1 + x^r} \tag{1}$$

Burada normalize edilmiş beton birim şekil değiştirmesi, x ile r değişkenine ilişkin bağıntılar aşağıda verilmiştir.

$$x = \frac{\varepsilon_c}{\varepsilon_{cc}} \quad ; \quad \varepsilon_{cc} = \varepsilon_{co}[1 + 5(\lambda_c - 1)] \quad ; \quad \varepsilon_{co} \cong 0.002 \tag{2}$$

$$r = \frac{E_c}{E_c - E_{sec}} \quad ; \quad E_c \cong 5000\sqrt{f_{co}}\ \ [MPa] \quad ; \quad E_{sec} = \frac{f_{cc}}{\varepsilon_{cc}} \tag{3}$$

Sargılı betondaki maksimum basınç birim şekil değiştirmesi ε_{cu} ise aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır.

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\, \rho_s\, f_{yw}\, \varepsilon_{su}}{f_{cc}} \tag{4}$$

Burada ρ_s toplam enine donatının hacimsel oranını (dikdörtgen kesitlerde $\rho_s = \rho_x + \rho_y$), ε_{su} enine donatı çeliğinde maksimum gerilme altındaki birim şekil değiştirmesini göstermek üzere sargılı beton dayanımı f_{cc} ile sargısız beton dayanımı f_{co} arasındaki ilişki denklem (5)'teki gibi elde edilebilir.

$$f_{cc} = \lambda_c f_{co} \quad ; \quad \lambda_c = 2.254\sqrt{1 + 7.94\frac{f_e}{f_{co}}} - 2\frac{f_e}{f_{co}} - 1.254 \tag{5}$$

Yapılan hesaplamalarda, f_e etkili sargılama basıncı, olmak üzere ve dikdörtgen kesitlerde birbirine dik iki doğrultu için aşağıda verilen değerlerin ortalaması şeklinde kullanılarak

$$f_{ex} = k_e\, \rho_x\, f_{yw} \quad ; \quad f_{ey} = k_e\, \rho_y\, f_{yw} \tag{6}$$

göz önüne alınmıştır. Bu bağıntılarda f_{yw} enine donatının akma dayanımını, ρ_x ve ρ_y ilgili doğrultulardaki enine donatıların hacimsel oranlarını, k_e ise aşağıda tanımlanan sargılama etkinlik katsayısı'nı göstermektedir.

$$k_e = \left(1 - \frac{\sum a_i^2}{6 b_o h_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2b_o}\right)\left(1 - \frac{s}{2h_o}\right)\left(1 - \frac{A_s}{b_o h_o}\right)^{-1} \tag{7}$$

Bu denklemde verilen a_i kesit çevresindeki düşey donatıların eksenleri arasındaki uzaklığı, b_o ve h_o göbek betonunu sargılayan etriyelerin eksenleri arasında kalan kesit boyutlarını, s düşey doğrultuda etriyelerin eksenleri arasındaki aralığı, A_s ise boyuna donatı alanını göstermektedir.

2.2. Donatı çeliği gerilme şekil değiştirme bağıntıları

DBYBHY 2007'de, donatı çeliği için gerilme-şekil değiştirme bağıntıları aşağıda verildiği şekilde göz önüne alınmıştır.

$$\begin{aligned} f_s &= E_s\, \varepsilon_s && (\varepsilon_s \le \varepsilon_{sy}) \\ f_s &= f_{sy} && (\varepsilon_{sy} < \varepsilon_s \le \varepsilon_{sh}) \\ f_s &= f_{su} - (f_{su} - f_{sy})\,\frac{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_s)^2}{(\varepsilon_{su} - \varepsilon_{sh})^2} && (\varepsilon_{sh} < \varepsilon_s \le \varepsilon_{su}) \end{aligned} \tag{8}$$

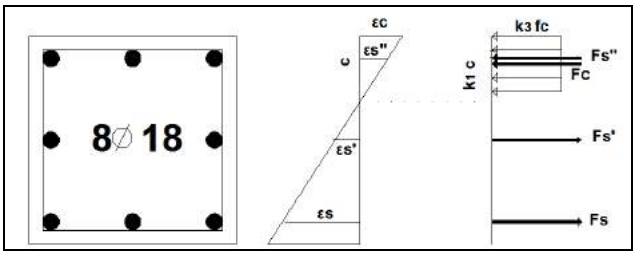
Donatı çeliğinin elastisite modülü $E_s = 2\text{x}10^5$ MPa olarak alınmış olup, S220 ve S420 kalitesindeki donatı çeliklerine ait diğer bilgiler Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Donatı için kullanılan malzeme özellikleri

Kalite	f_{sy} (MPa)	ε_{sy}	ε_{sh}	ε_{su}	f_{su} (MPa)
S220	220	0.0011	0.011	0.16	275
S420	420	0.0021	0.008	0.10	550

3. Beton gerilme dağılım modelleri

Normal kuvvet ve eğilme momenti etkisi altındaki elemanların davranışlarının incelenmesinde basınç bölgesindeki betonun gerilme dağılımı eşdeğer dikdörtgen blok (DM) olarak kabul edilmesi durumunda hesaplar açısından dağılımın şeklinden çok bileşke kuvvetinin değeri ve etkime yeri önemlidir. Çünkü kesitin taşıma gücü momenti bileşke kuvvetinin etkime yeri ve değeri ile hesaplanır (Şekil 1). Burada beton şekil değiştirmesi ezilme anındaki birim şekil değiştirmesi (ε_{cu}) 0.003 alınır.



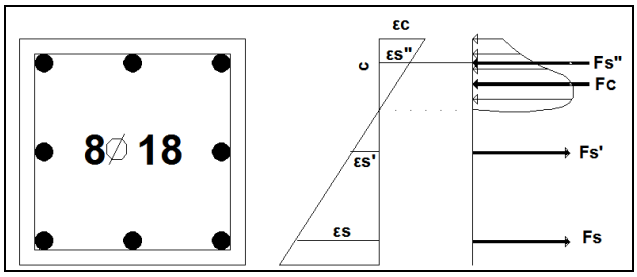
Şekil 1. DM için kesitteki kuvvet dengesi

Beton basınç bölgesindeki dağılımının DM olarak kabul edilmesi durumunda beton basınç kuvveti (F_c) bileşkesi Denklem (9)'de verildiği gibi hesaplanabilir.

$$F_c = (k_3.\, f_c).(k_1.c).b \tag{9}$$

Burada f_c beton basınç dayanımını, k3 eşdeğer basınç bloğu gerilme katsayısını, k1 eşdeğer basınç bloğu derinliği katsayısını, b kesit genişliğini temsil etmektedir.
Beton gerilme dağılımının DBYBHY'07 7. Bölümde verilen gerilme –şekil değiştirme (σ-ε) eğrisi (YM) gibi davrandığı

varsayılarak hesaplaması durumunda, kesitte oluşan şekil değiştirme ve gerilme dağılımı ise Şekil 2' deki gibi ortaya çıkmaktadır.



Şekil 2. YM için kesitteki kuvvet dengesi

Beton basınç bölgesindeki dağılımın YM olarak kabul edilmesi durumunda ise beton basınç kuvveti Denklem (10) ile elde edilebilir.

$$F_c = \int \sigma \, dA \tag{10}$$

Her iki yaklaşım (YM ve DM) içinde kesite ait normal kuvvet (N_r) ve moment (M_r) kapasite değerleri aşağıda verilen bağıntılar ile hesaplanmaktadır.

$$N_r = F_c + \sum_{i=1}^{n} A_{si}\ \sigma_{si} \tag{11}$$

$$M_r = F_c \times (x_p - x_i) + \sum_{i=1}^{n} A_{si}\ \sigma_{si}\ x_i \tag{12}$$

$$\varepsilon_{si} = \varepsilon_{cu}\ \frac{(x_p - c) - x_i}{c} \tag{13}$$

$$\sigma_{si} \le f_{yd}\ ; \tag{14}$$

$$\sigma_{si} = \varepsilon_{si}\ E_s \tag{15}$$

$$\sigma_{si} = E_s\ \varepsilon_{cu} \left(1 + \frac{x_i - x_p}{c}\right) \tag{16}$$

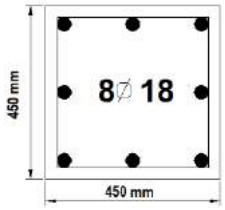
$$\sigma_{si} > f_{yd}\ ;\ \sigma_{si} = f_{yd} \tag{17}$$

Burada F_c beton basınç kuvvetini, A_{si} donatı alanını, σ_{si} donatının gerilmesini, ε_{si} donatı şekil değiştirmesini ve c tarafsız eksen yüksekliğini ifade etmektedir. ε_{cu} değeri farklı sargı durumları için Denklem (18) ile hesaplanabilmektedir.

$$\varepsilon_{cu} = 0.004 + \frac{1.4\ \rho_s\ f_{yw}\ \varepsilon_{su}}{f_{cc}} \tag{18}$$

4. Sayısal Örnek

Bu çalışmada, Şekil 3'te verilen kesit üzerinde, Ersoy (2004) tarafından hazırlanan program ve Betonarme Elemanlarda Sargı ve Modelleme (BESAM) programları kullanılarak kesite ait normal kuvvet -eğilme momenti ilişkisi (karşılıklı etki diyagramı) elde edilmiştir. Bu kolon kesitine ait malzeme özellikleri Tablo 2' de verilmiştir.

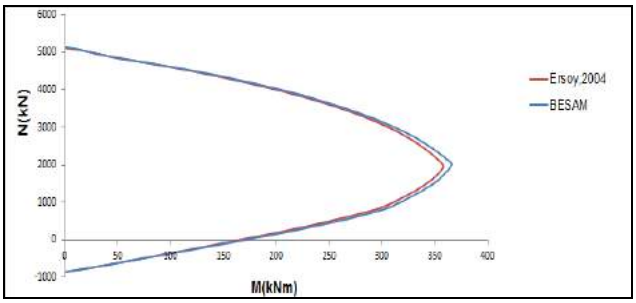


Şekil 3. Kolon kesiti

Tablo 2. Kolon kesitine malzeme özellikleri

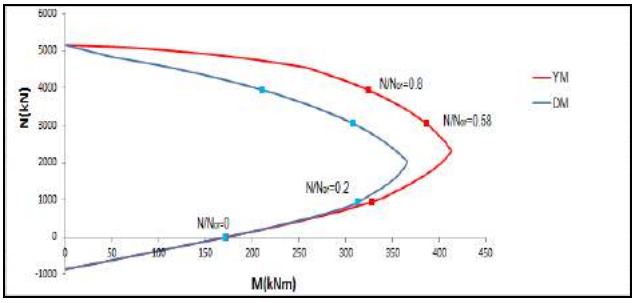
Beton sınıfı	Çelik sınıfı	Etriye çapı(mm)	Etriye aralığı(mm)
C25	S420	8	100 mm

Her iki program ile kesite ait elde edilen karşılıklı etki diyagramı sonuçları karşılaştırmalı olarak Şekil 4'te verilmiştir. Bu çözümler basınç bölgesindeki beton gerilme dağılımının eşdeğer dikdörtgen blok (DM) olarak davrandığı kabul edilerek yapılmıştır. Elde edilen sonuçlardan BESAM programı sonuçlarının Ersoy (2004) programı sonuçları ile oldukça uyumlu olduğu görülebilir.



Şekil 4. Farklı programlar ile elde edilen N-M ilişkisi

Kesite ait basınç bölgesindeki beton gerilme dağılımının, YM ve DM olarak kabul edilmesi durumunda BESAM programı ile çözümlemeler yapılmıştır. Her iki model ile elde edilen karşılıklı etkileşim diyagramı sonuçları Şekil 5'te verilmiştir.

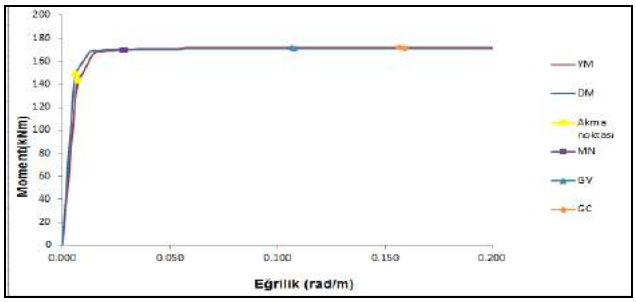


Şekil 5. Farklı basınç bloğu modelleri için elde edilen N-M ilişkisi

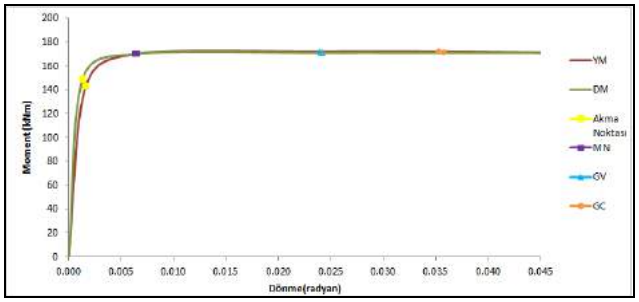
Beton basınç bloğunun YM eğrisi olarak kabul edilmesi durumunda kolon kesitine ait kapasite değerlerinin normal

kuvvet seviyesine bağlı olarak artış gösterdiği görülmektedir.

İncelenen kesitte farklı eksenel yük seviye oranları (N/N_{or}=0, 0.2, 0.58, 0.8) ve beton basınç bloğu modelleri (YM ve DM) için elde edilen moment –eğrilik ve moment –dönme ilişkileri Şekil 6 ile Şekil 13 arasında verilmiştir. Bu grafikler üzerinde kesite ait hasar sınır seviyeleri de gösterilmiştir.

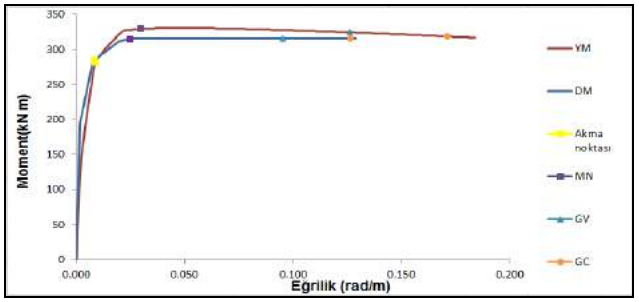


Şekil 6. N/N_{or}=0 için YM ve DM için elde edilen moment –eğrilik ilişkisi ve hasar sınır seviyeleri

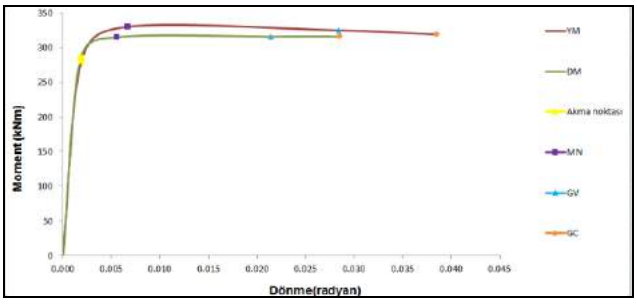


Şekil 7. N/N_{or}=0 için YM ve DM için elde edilen moment –dönme ilişkisi ve hasar sınır seviyeleri

Eksenel yük seviye oranının sıfır olması durumunda YM ve DM için elde edilen moment eğrilik ve moment dönme ilişkilerinde elde edilen hasar sınır seviyeleri hemen hemen üst üste düşmektedir. Bu durum Şekil 6 ve 7'da görülmektedir.

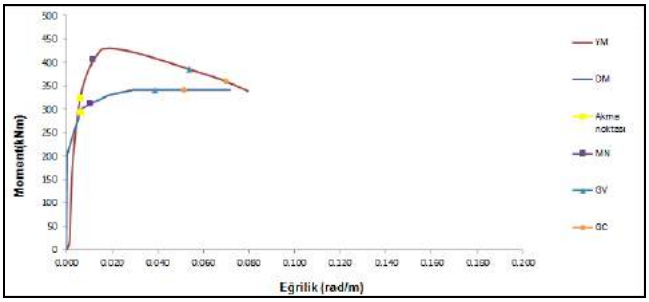


Şekil 8. N/N_{or}=0.2 için YM ve DM için elde edilen moment –eğrilik ilişkisi ve hasar sınır seviyeleri

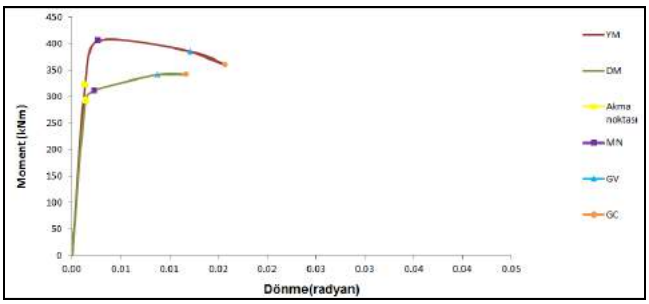


Şekil 9. N/N_{or}=0.2 için YM ve DM için elde edilen moment –dönme ilişkisi ve hasar sınır seviyeleri

Eksenel yük seviye oranının 0.2 olması durumunda YM ve DM için elde edilen moment eğrilik ilişkilerinde gösterilen hasar sınır seviyeleri az miktarda değişiklik göstermektedir (Şekil 8-9). Kesite ait dönme değeri, eğrilik değerinin plastik mafsal boyunun çarpılması ile elde edilmektedir. Bu nedenle moment eğrilik ilişkisindeki bu değişim moment dönme ilişkisine aynı oranda yansımaktadır.

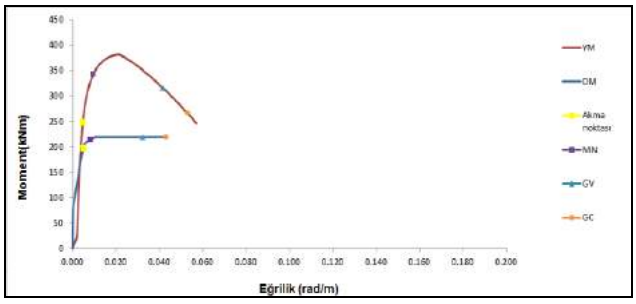


Şekil 10. N/N_{or}=0.58 için YM ve DM için elde edilen moment –eğrilik ilişkisi ve hasar sınır seviyeleri

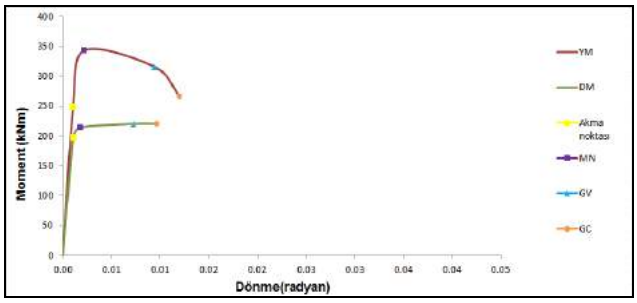


Şekil 11. N/N_{or}=0.58 için YM ve DM için elde edilen moment –dönme ilişkisi ve hasar sınır seviyeleri

Eksenel yük seviyesi oranı arttığında modeller arasındaki farklılık belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır (Şekil 10-11). Bu fark hasar sınır değerlerini daha belirgin şekilde değiştirmektedir. Mevcut binaların deprem güvenliğinin incelenmesinde, kesit hasar seviyelerinin ve buna bağlı olarak bina performans seviyesinin değiştireceğide açıktır.



Şekil 12. N/N_{or}=0.8 için YM ve DM için elde edilen moment –eğrilik ilişkisi ve hasar sınır seviyeleri



Şekil 13. N/N_{or}=0.8 için YM ve DM için elde edilen moment –dönme ilişkisi ve hasar sınır seviyeleri

Benzer durum eksenel yük seviyesi oranının 0.8 olması durumunda da ortaya çıkmaktadır (Şekil 12-13).

5. Sonuçlar

Çalışma kapsamında betonarme bir kolon kesiti üzerindeki beton basınç bölgesindeki gerilme dağılımının modeli değiştirilerek incelemeler yapılmıştır. Gerilme modeli olarak, eşdeğer **d**ikdörtgen blok **m**odeli (DM) ve **Y**önetmelikte verilen gerilme –şekil değiştirme (σ-ε) eğrisine ait **m**odel (YM) kullanılmıştır. Seçilen kesite ait etkileşim diyagramı, moment eğrilik ve moment dönme ilişkileri elde edilerek sonuçlar kıyaslanmıştır. Yapılan çözümlemelerde bu amaç için hazırlanmış bir yazılım kullanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Hazırlanan yazılımın doğruluğu literatürdeki programla kıyaslanmış ve elde edilen sonuçların oldukça uyumlu olduğu görülmüştür.
2. Beton basınç bloğunun YM eğrisi olarak kabul edilmesi durumunda kolon kesitine ait kapasite değerlerinin normal kuvvet seviyesine bağlı olarak DM'ye göre artış gösterdiği görülmüştür.
3. Eksenel yük seviyesi oranının sıfır olması durumunda YM ve DM için elde edilen moment eğrilik ve moment dönme ilişkilerinde belirlenen hasar sınır seviyeleri oldukça yakın çıkmıştır.
4. Eksenel yük seviyesinin küçük oranlarında YM ve DM için elde edilen moment eğrilik ve moment dönme ilişkileri ve bunlara bağlı olarak hesaplanan hasar sınır seviyeleri az miktarda değişiklik göstermiştir.
5. Eksenel yük seviyesinin artmasıyla birlikte YM ve DM modelleri için elde edilen moment eğrilik ve moment dönme ilişkileri ve bunlara bağlı olarak hesaplanan hasar sınır seviyeleri arasındaki farklılık belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır.
6. Kesit hasar sınır değerlerinin değişiminin mevcut binaların deprem güvenliğinin incelenmesinde etkili olacağı bilinmektedir. Sınır değerlerin değişmesiyle elemana ait hasar seviyesinin ve buna bağlı olarak bina performans seviyesinin değiştireceği açıktır.

Kaynaklar

[1] TS 500: Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
[2] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik 2007, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.
[3] Celep, Z. Betonarme Yapılar, Beta Dağıtım, İstanbul,2013.
[4] Ersoy, U., Özcebe, G. Betonarme, Sistem Matbaacılık, İstanbul, 2004.
[5] Demir, F., Dilmaç, H., Tekeli, H., Gençoğlu, M., Normal kuvvet ve eğilme momenti etkisi altındaki elemanlarda sargı donatısının etkisi, XIX. Ulusal mekanik kongresi, Trabzon, 2015.
[6] BESAM 2013, **B**etonarme **E**lemanlarda **SA**rgı ve **M**odelleme Programı, Tübitak 111M119.

ÇEVRESEL TİTREŞİM VERİLERİ KULLANILARAK YAPILARIN DİNAMİK KARAKTERİSTİKLERİNİN BELİRLENMESİ VE SONLU ELEMAN MODELLERİNİN GÜNCELLEŞTİRİLMESİ

DETERMINING DYNAMIC CHARACTERISTICS OF STRUCTURES AND UPDATING OF THEIR FINITE ELEMENT MODELS USING ENVIRONMENTAL VIBRATION DATA

Musa YETKİN[a], Yusuf CALAYIR[b] ve Hakan ERKEK[c]
[a] Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, E-posta: musayetkin@firat.edu.tr
[b] Fırat Üniversitesi, Elazığ, Türkiye, E-posta: ycalayir@firat.edu.tr
[c] Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, Osmaniye, Türkiye, E-posta: hakanerkek@osmaniye.edu.tr

Özet

Binalar, köprüler ve barajlar gibi birçok mühendislik yapıları işlevleri gereği bulundukları bölgedeki toplumların sosyal ve iktisadi hayatlarında büyük bir öneme sahiptirler. Bu yapıların uzun süreli hizmet verebilmeleri, bunların dinamik davranışlarının iyi bilinmesine, gerektiğinde onarım ve güçlendirilmelerinin yapılmasına bağlıdır. Yapıların dinamik karakteristikleri ya da modal parametreleri (doğal frekansları, mod şekilleri ve sönüm oranları), dinamik davranışlarını belirlemede/tahmin etmede önemli araçlardır. Günümüzde teorik ve deneysel yöntemler kullanılarak yapıların dinamik karakteristikleri belirlenebilmektedir.

Bu çalışmada; Elazığ ili Doğukent mahallesinde betonarme olarak inşa edilen Karabulut Sitesi A bloğunun çevresel titreşim verileri kullanılarak dinamik karakteristikleri (doğal frekansları, mod şekilleri ve sönüm oranları) belirlenmiş ve yapının sonlu eleman modeli güncelleştirmesi yapılmıştır. Önce proje verileri kullanılarak başlangıç analitik modeli oluşturulmuş ve buna bağlı olarak yapının dinamik karakteristikleri belirlenmiştir. Daha sonra Operasyonel Modal Analiz yöntemi ile yapının gerçek dinamik karakteristikleri elde edilmiştir. Sayısal ve deneysel yöntem çözümleri karşılaştırılarak, yapının sonlu eleman modeli güncelleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Betonarme Yapı, Dinamik Karakteristikler, Çevresel Titreşim Verileri ve Sonlu Eleman Modeli Güncellenmesi

Abstract

Many engineering structures such as buildings, bridges and dams have a great importance for social and economical lives of the societies living nearby due to their functionalities. The long-term usage of these structures depends on knowing dynamic behaviours of these structures sufficiently well, and their repair & retrofit when needed. Dynamic characteristics or modal parameters of structures (natural frequencies, mode shapes and damping ratios) are important means to determine/estimate their dynamic behaviors. Currently, theoretical and experimental methods are used to determine such dynamic characteristics of structures.

In this study, the dynamic characteristics of Karabulut Apartments A Block, built as reinforced concrete in the Doğukent neighborhood in Elazığ, are determined by use of environmental vibration data. Then, finite element model of this building is updated. Initial analytical model of the building is first created by using project data and dynamic characteristics of the building are determined based on it. Next, real dynamic characteristics of the building are experimentally obtained by using Operational Modal Analysis Method. The analytical model of the building is updated by comparing the results of numerical and experimental methods.

Keywords: Reinforced Concrete Structure, Dynamic Characteristics, Environmental Vibration Data and Updated Finite Element Model.

1. Giriş

Teknolojinin hızlı ilerleyişi, gelişen bilgi ve bu sayede üretilen elektronik cihazlar canlı varlıkların davranışlarının kolayca gözlenmesine imkân sağladığı gibi, yapıların davranışlarının da gözlenmesine imkân sağlamaktadır [1]. Sismik düzeydeki titreşimleri ölçme yeteneğine sahip olan ivmeölçerler yardımıyla alınan ivme sinyallerinin analiz edilmesi ve elde edilen sonuçların farklı durumlar için karşılaştırılması ile yapının davranışında herhangi bir değişiklik olup olmadığı belirlenebilmektedir. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan yöntem Deneysel Modal Analiz yöntemidir [2]. Birçok mühendislik dalında uygulama alanı olan deneysel modal analiz çalışmalarının temelleri 1940'lı yıllara dayanmaktadır. Bu yıllarda demiryolu raylarındaki hasarları belirleyebilmek amacıyla balyozlarla raylara vurularak oluşturulan titreşimlerin gözlemlenmesi, uçaklardaki titreşimin doğru olarak belirlenmesi gibi çalışmalarla dinamik karakteristiklerin deneysel olarak belirlenmesi metodunun temelleri atılmıştır. O zamanlar, dinamik kuvvetleri ölçen dönüştürücüler basit seviyelerde olduğundan, çoğunlukla pratik olmayan ve zaman alan analog yaklaşımlar kullanılırken, 1960'lı yıllarda sayısal bilgisayarların ve Hızlı Fourier Dönüşümlerinin

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

geliştirilmesi ile deneysel modal analizin modern çağı başlamıştır [3].

2. Yapıların Dinamik Karakteristiklerinin Belirlenmesi

Yapılar deprem, rüzgâr, trafik yükü gibi çeşitli dinamik etkilere maruz kalmaktadır. Yapıların dinamik yükler etkisi altında ayakta kalabilmeleri için çeşitli tedbirlerin alınması gerekmektedir. Uygun tedbirlerin alınması mevcut yapıların dinamik davranışlarının iyi bilinmesine bağlıdır. Yapının dinamik karakteristikleri (doğal frekansları, mod şekilleri ve sönüm oranları) mod birleştirme yöntemi ile dinamik davranışı belirlemede kullanılırken, aynı zamanda analitik modelin doğruluğunun kontrolünde de yardımcı olmaktadır. Yapıların projelerinden elde edilen bilgilerin yanı sıra arazi üzerinde yapılan ölçümler dikkate alınarak; malzeme özellikleri, sınır şartları ve eleman boyutları belirlenip; bu bilgiler yardımıyla oluşturulan sonlu eleman modellerinin modal analizleri neticesinde dinamik karakteristikler analitik olarak bulunmaktadır. Dikkate alınan bu karakteristikler, yapıdaki çatlama, yorulma, mesnet çökmesi ve inşa sırasındaki işçilik hataları gibi nedenlerden dolayı beklenen değerlerinden uzaklaşmış olabilmektedir [4]. Analitik yöntemler yardımıyla bulunan dinamik karakteristikler, yapıların deprem davranışlarını belirlerken doğru olmayan analiz sonuçları vereceği düşünülmektedir. Deneysel yöntemler ise yapının mevcut durumu üzerine uygulandığından, elde edilen dinamik karakteristikler yapının o andaki mevcut durumunu yansıtmaktadır. Analitik çözümlerin deneysel yöntemler kullanılarak doğrulanması ile daha gerçekçi sonuçlar elde edilecektir [5].

Yapıların dinamik karakteristiklerinin deneysel ölçümlere dayanarak belirlenmesi konusunda birçok çalışma mevcuttur. Bu çalışmalarda, betonarme ve yığma olarak inşa edilen konut, cami, minare, köprü, kilise, kule vb. birçok yapının dinamik karakteristikleri belirlenmiştir [6-12].

3. Deneysel Yöntem

Titreşim, yapıların başlangıç şartları veya uygulanan dış yükler altındaki davranışlarıdır. Temel olarak, serbest ve zorlanmış titreşim olmak üzere iki tür titreşim bulunmaktadır [13]. Serbest titreşim, yapıdaki başlangıç şartları altında oluşurken, bu titreşim yapıdaki sönümün etkisiyle bir süre sonra sonlanır. Bu tür titreşimde, temel frekans en küçük frekans olup, genellikle yapıdaki en etkili frekanstır. Eğer yapıya dışardan bir yük uygulanırsa bu titreşimin adı zorlanmış titreşim olur. Dış yükün sürekli etkimesi durumunda yapıda titreşim olmaya devam eder. [14]. Burada titreşimin bilinip bilinmemesine göre kullanılacak yöntem değişmektedir. Yapıya uygulanan titreşimin sayısal değeri biliniyorsa Geleneksel Modal Analiz yöntemi, titreşimin sayısal değeri bilinmiyor ve yapı çevresel etkilerin (deprem, rüzgâr, trafik, yaya yükü, vs.) altında titreşiyorsa Operasyonel Modal Analiz (OMA) yöntemi kullanılmaktadır. Genel olarak deneysel modal analiz yönteminin avantajı yapıya yıkıcı etki bırakmamasıdır. Büyük hacimli yapılar için OMA yönteminin geleneksel modal analiz yöntemine göre avantajı ise, yapay tahrik için pahalı cihazlar gerektirmeyişidir [15].

4. Ölçüm Araçları

Gerçekleştirilen deneysel ölçümlerde OROS-OR36 Çok Kanallı Gürültü ve Titreşim Analizörü kullanılmıştır (Şekil 1). Bu cihazın veri toplama ünitesi 16 kanallı ivmeölçer giriş devresine, ayrıca zorlanmış titreşim testlerinde darbe çekicinden gelen etki sinyallerini belirlemek için kuvvet sensörü girişine sahiptir. OROS-OR36 Çok Kanallı Gürültü ve Titreşim Analizörüne ait bazı teknik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. OROS-OR36 Çok Kanallı Gürültü ve Titreşim Analizörü

Tablo 1. OROS-OR36 Çok Kanallı Gürültü ve Titreşim Analizörü'nün Bazı Özellikleri [16]

Giriş Sayısı	16
DC Kanallar	4 Blok
Filtreleme	Mevcut
Çıkış	DC 40 kHz- ±10V aralığı
Harici hard disk	60 Gb
Ağırlık	5.2 kg
Boyutlar (w,h,d)	114 x 280 x 350 mm

Ölçümlerde KB12VD tipi tek eksenli ivmeölçerler kullanılmış olup, bu ivmeölçerlerin dış görünüşü Şekil 2'de, teknik özellikleri ise Tablo 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. KB12VD tipi tek eksenli ivmeölçer [17]

Tablo 2. KB12VD tipi tek eksenli ivmeölçere ait bazı özellikler [18]

Model	KB12VD
Frekans Aralığı (Hz)	0.08-260
Hassasiyet (mV/g)	10000
Maksimum İvme (g)	± 0.6
Çalışma Sıcaklığı (°C)	-20 ile +80 arası
Ağırlık (gram)	150
Yükseklik (mm)	37
Çap (mm)	48

Tablo 2'deki özellikler, kullanılan ivmeölçerlerin ölçebileceği maksimum ve minimum frekans aralığını, yerçekimi ivmesiyle orantılı olarak üretebileceği elektrik gücünü, elektrik sinyali bozulmadan veya kaybolmadan ölçebileceği ivme genliği aralığını, sağlıklı sinyal

üretebileceği maksimum ve minimum ortam sıcaklığını göstermektedir.

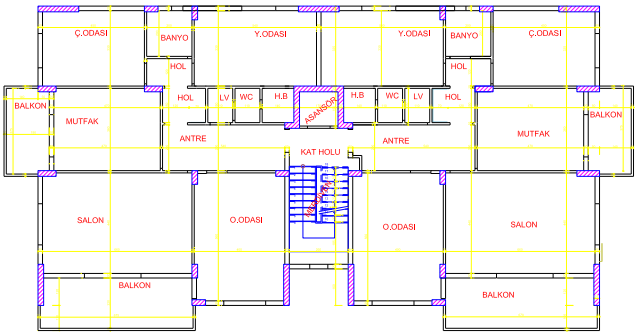
Ölçüm işleminde önemli olan diğer bir husus ivmeölçerin bağlandığı yer ve bağlanma şeklidir. İvmeölçeri ölçülecek sisteme tuttururken vidalı, yapışkanlı vb. birkaç farklı yöntem kullanılmaktadır. Her bir tutturma yönteminin avantaj ve dezavantajları vardır. Bu yüzden, ölçülecek yapı ve kullanılacak ivmeölçer türüne göre uygun bağlantı düzeni oluşturulmalıdır [14].

5. Sayısal Uygulama

Bu çalışma kapsamında, Elazığ ili Doğukent Mahallesi Ada:1771 Parsel: 17 üzerine Bodrum+5 kat ve her katta 2 daire olarak iki blok halinde inşa edilen, Karabulut sitesinin A bloğunun (Şekil 3-4) teorik ve deneysel analizleri yapılmıştır.



Şekil 3. Karabulut Sitesi A Blok



Şekil 4. Karabulut Sitesi A Blok Normal kat mimari planı

5.1. Teorik Analizler

5.1.1. Başlangıç Analitik Modelin Oluşturulması

Seçilen betonarme yapının analitik modeli SAP2000 sonlu eleman paket programı ile oluşturulmuştur. Sistemdeki kolonlar ve kirişler çubuk (frame) elemanlarla, perdeler kabuk (shell) elemanlarla modellenmiştir. Döşemeler rijit diyafram olarak kabul edilmiştir. Başlangıç analitik modelde beton sınıfı, proje beton sınıfı ile aynı olarak C20 alınmıştır. Duvarların yapı davranışını etkilediği düşünülerek, bu elemanların etkisi eşdeğer diyagonal basınç çubuklarıyla yapının sonlu eleman modelinde dikkate alınmıştır. Doğrusal titreşim analizinde yapının simetrisine uygun olarak bu eşdeğer diyagonal çubuklar yerleştirilmiştir (Şekil 5).

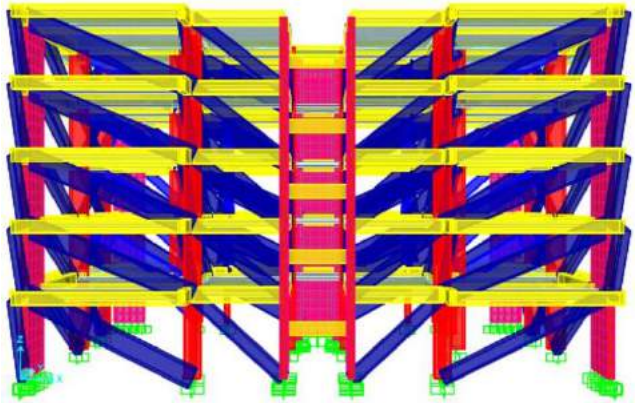
Eşdeğer diyagonal basınç çubuklarının modellemesiyle ilgili pek çok çalışma yapılmıştır [19-24]. Bu çalışmada diyagonal basınç çubukları 2007 Deprem Yönetmeliğinin öngördüğü şekilde modellenmiştir. Söz konusu çubukların elastisite modülü 5000 MPa ve birim hacim ağırlığı$1{,}5\text{x}10^{-5}$ MPa olarak kabul edilmiştir. Duvar kalınlığı projedeki haliyle dış ve iç duvarlar için sırasıyla 25 ile 15 cm alınmıştır. Çubuk genişliği 2007 Deprem Yönetmeliğinin [25] önerisi doğrultusunda

$$a_{duvar} = 0.175\left(\lambda_{duvar} h_k\right)^{-0.4} r_{duvar} \quad (1)$$

denklemiyle elde edilmiştir. Burada a_{duvar} çubuk genişliğini (mm) , h_k kolon boyunu (mm), r_{duvar} dolgu duvar köşegen uzunluğunu (mm) temsil etmektedir. λ_{duvar} katsayısı ise

$$\lambda_{duvar} = \left[\frac{E_{duvar} t_{duvar} \sin 2\theta}{E_c I_c h_{duvar}}\right]^{\frac{1}{4}} \quad (2)$$

eşitliği ile verilmektedir [25]. Burada E_{duvar} ve E_c dolgu duvar ve çerçeve betonu elastisite modüllerini, t_{duvar} ve h_{duvar} dolgu duvar kalınlığı ve yüksekliğini (mm), I_c kolon atalet momentini (mm^4) ve θ ise ilgili köşegenin yatay ile yaptığı açıyı göstermektedir.



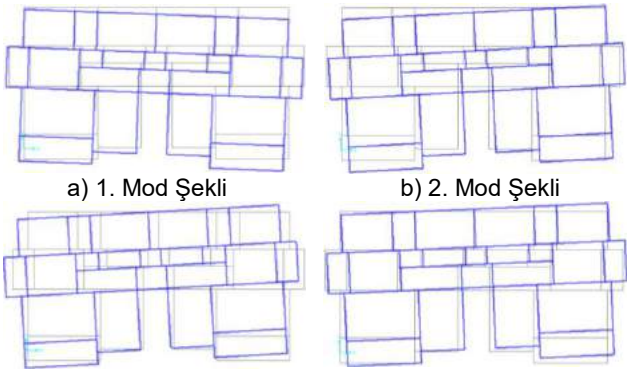
Şekil 5. Yapının sonlu eleman modeli

5.1.2. Modal Parametrelerin Belirlenmesi

Başlangıç analitik modeli kullanılarak yapılan modal analizden elde edilen ilk dört frekans ve bu frekanslara ait mod şekilleri sırasıyla Tablo 3 ve Şekil 6'da sunulmuştur.

Tablo 3. Başlangıç analitik modele ait ilk dört frekans

Frekans Numarası	Frekans Değeri (Hz)
1	2,9
2	3,01
3	3,71
4	8,93



a) 1. Mod Şekli b) 2. Mod Şekli

c) 3. Mod Şekli d) 4. Mod Şekli

Şekil 6. Başlangıç analitik modeli kullanılarak elde edilen ilk dört mod şekli

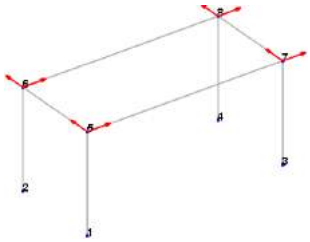
5.2. Deneysel Analizler

5.2.1. Deneysel Modelin Oluşturulması

Yapının deneysel ölçümlerinde OMA yöntemi uygulanmıştır. Ölçümler yapının sadece 4. katında yapılmıştır. Bu katta ölçüm yerleri döşeme üzerinde binanın dört köşesine yakın noktalar olarak seçilmiştir. Her bir noktaya "x" ve "y" yönlerinde olmak üzere iki ivmeölçer yerleştirilerek, toplamda 8 adet ivmeölçer kullanılarak referanssız ölçüm gerçekleştirilmiştir. KB12VD tipi ivmeölçerler çelik bir levhaya, levha da yapıya dübeller yardımıyla tutturularak ölçümler yapılmıştır (Şekil 7). Referanssız ölçümdeki ivmeölçer düzeni Şekil 8'de sunulmuştur.



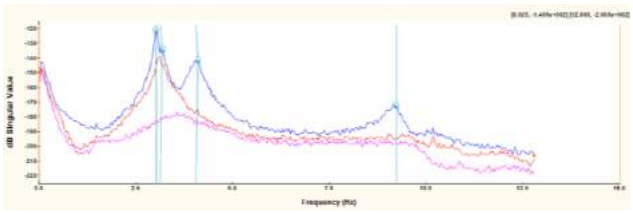
Şekil 7. Levha yardımıyla yapıya tutturulan KB12VD tipi ivmeölçerler



Şekil 8. Referanssız ölçümdeki ivmeölçer düzeni

5.2.2. Ölçümün Gerçekleştirilmesi

Yapının ön testleri (sonlu eleman modeli çözümleri ve yerinde geniş frekans aralığına bağlı ölçümler) yapıldıktan sonra, ölçüm frekans aralığı ve süresi vs. parametreleri belirlenmiştir. Ölçümlerden bulunan ham sinyaller işlenerek Modal Gösterge Fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu fonksiyon yardımıyla frekanslar seçilmiş ve mod şekilleri elde edilmiştir (Şekil 9-10).



Şekil 9. Modal gösterge fonksiyonundan seçilen frekanslar



a) 1. Mod Şekli b) 2. Mod Şekli

c) 3. Mod Şekli d) 4. Mod Şekli

Şekil 10. Seçilen frekanslara ait mod şekilleri

Analitik ve deneysel modların birbiri ile uygunluğu Modal Güvence Kriteri (MGK) olarak adlandırılan bir kriterle kontrol edilmektedir. Bu kriter [14],

$$\mathrm{MGK}\left(\psi_a,\psi_d\right)=\frac{\left|\psi_a{}^T\psi_d\right|^2}{\left(\psi_a{}^T\psi_a\right)\left(\psi_d{}^T\psi_d\right)} \tag{3}$$

denklemi ile tanımlanmaktadır. Burada ψ_a analitik ve ψ_d deneysel mod şeklini ifade etmektedir. Analitik ve deneysel mod şekilleri birebir aynı ise MGK değeri 1 olmalı, farklı ise bu değer 1'den küçük olmalıdır.

Başlangıç analitik model çözümleri ile deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında (Tablo 4); frekans değerleri arasında büyük oranda yaklaşıklık olmasına rağmen, mod şekillerinin birbiriyle uyuşmadığı MGK değerlerinden görülmektedir. Bu sebeple başlangıç analitik modelin güncellenmesi gerekmektedir. Tablo 4'de frekansa bağlı deneysel sönüm oranları da verilmiştir.

Tablo 4. Başlangıç analitik model çözümleri ve deneysel sonuçların karşılaştırılması

Frekans Numarası	Teorik Frekanslar (Hz)	Deneysel Frekanslar (Hz)	Deneysel Sönüm Oranları (%)	Yaklaşıklık (%)	MGK (%)
1	2,9	3,03	1,42	95,710	36,740
2	3,01	3,13	2,41	96,166	11,740
3	3,71	4,05	3,10	91,605	77,740
4	8,93	9,22	2,52	96,855	71,360

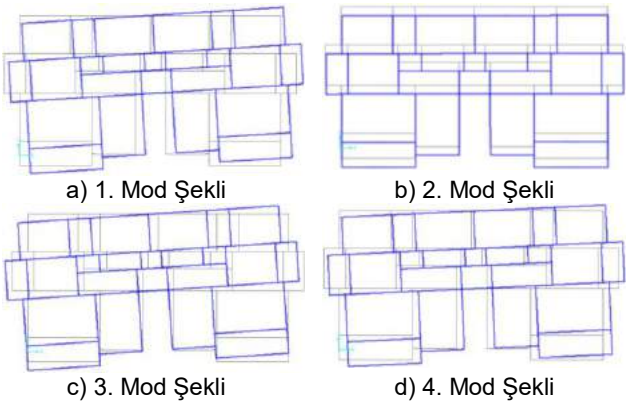
5.3. Analitik Modelin Güncelleştirilmesi

Bir önceki kısımda başlangıç analitik modele ait frekans değerlerinin deneysel sonuçlara yakın olmasına rağmen, mod şekillerinin farklı çıkması özellikle 1. ve 2. modların

çok farklı olması yapı başlangıç modelinin güncelleştirilme gerekliliğini ortaya koymuştur. Henüz kullanımda olmayan yapının kütlesi büyük ölçüde bellidir. Yapının rijitliğinde belirsizlik daha çok söz konusudur. Rijitliği etkileyen faktörler; beton sınıfı, eleman boyutları ve sınır şartları olarak sıralanabilir. Burada beton malzemesi sınıfının güncelleştirilmesi yapılmıştır.

Yapıdan imalat sırasında alınan küp numuneler üzerinde yapılan deneyler, dökülen beton sınıfının C25 olduğunu göstermiştir. Bu yüzden başlangıç analitik modeldeki beton malzeme özelliği C25 olarak değiştirilerek model güncellenmiştir.

Güncellenmiş analitik modelin modal analizi gerçekleştirilmiş, elde edilen ilk dört frekansa ait mod şekilleri Şekil 11'de sunulmuştur.



a) 1. Mod Şekli b) 2. Mod Şekli

c) 3. Mod Şekli d) 4. Mod Şekli

Şekil 11. Güncellenmiş analitik modeli kullanılarak elde edilen ilk dört mod şekli

Güncellenmiş analitik model çözümleri ile deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında (Tablo 5); frekans değerleri başlangıç analitik model çözümlerine göre deneysel sonuçlara daha fazla yaklaşmıştır. Analitik ve deneysel mod şekillerinin birbiriyle uyuştuğu modların MGK değerlerinden açıkça görülmektedir.

Tablo 5. Güncellenmiş analitik model çözümleri ile deneysel sonuçların karşılaştırılması

Frekans Numarası	Teorik Frekanslar (Hz)	Deneysel Frekanslar (Hz)	Yaklaşıklık (%)	MGK (%)
1	2,95	3,03	97,360	94,339
2	3,05	3,13	97,444	96,498
3	3,76	4,05	92,840	93,405
4	9,07	9,22	98,373	91,130

6. SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında betonarme bir yapının Operasyonal Modal Analiz (OMA) yöntemi kullanılarak dinamik karakteristikleri belirlenmiş ve sonlu eleman modelinin iyileştirilmesi işlemi gerçekleştirilmiştir. Yapının analitik modeli SAP2000 sonlu eleman paket programı ile oluşturulup, malzeme parametrelerinin belirlenmesinde proje verileri baz alınmıştır. Analitik modelin modal analizi yapılarak dinamik karakteristikler bulunmuş, ilk dört frekans 2,9-8,93Hz aralığında elde edilmiştir.

Deneysel ölçümler için OROS-OR36 Çok Kanallı Gürültü ve Titreşim Analizörü kullanılmıştır. İlk dört frekans 3,03-9,22Hz aralığında ve bu frekanslara ait sönüm oranları %1,42-3,10 aralığında bulunmuştur.

Başlangıç analitik model çözümleri ile deneysel sonuçlar karşılaştırıldığında; frekans değerleri arasında büyük oranda yaklaşıklık olmasına rağmen, mod şekillerinin birbiriyle uyuşmadığı modların MGK değerlerinden görülmüştür.

Yapının kütlesi büyük ölçüde belli olduğundan, rijitliğinde belirsizlik daha çok söz konusudur. Rijitliği etkileyen faktörler; beton sınıfı, eleman boyutları ve sınır şartları olarak sıralanabilir. Yapıdan imalat sırasında alınan küp numunelerin deney sonuçlarına bağlı olarak, beton malzemesi sınıfının C25 olduğu görülerek beton sınıfı güncelleştirilmesi yapılmıştır. Güncellenmiş modelin modal analiz çözümlerinden ilk dört frekans 2,95-9,07Hz aralığında elde edilmiştir.

Güncellenmiş analitik model ile deneysel ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ilk dört frekansa ait değerler ile mod şekilleri arasında büyük bir uyum olduğu görülmüştür. Frekans değerleri arasındaki yaklaşıklık %92,840-98,373 arasında belirlenmiştir. Mod şekillerine ait MGK değerleri %91,130-96,498 arasında hesaplanmıştır.

Gerçekleştirilen OMA yöntemiyle çeşitli yapılarda olduğu gibi betonarme yapılarda da deneysel dinamik karakteristiklerin elde edilebileceği ve gerçek yapıları en iyi şekilde temsil edecek sonlu eleman modellerinin oluşturulabileceği uygulamalı olarak gösterilmiştir.

KAYNAKLAR

[1] Rainieri, C., and Fabbrocino, G., Operational modal analysis for the characterization of heritage structures, Geofizika, 28.1: 109-126, 2011.

[2] Türker, T., Çevresel Titreşim Verileri Kullanılarak Yapıların Hasar Durumlarının Tespiti Ve Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2011.

[3] Şahin, A., Yapıların Deneysel ve Operasyonel Modal Analizleri İçin Sayısal Sinyal İşleme, Dinamik Karakteristik Belirleme ve Sonlu Eleman Model İyileştirme Yazılımları: SignalCAD - ModalCAD – FemUP, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2009.

[4] Turan, F.N., Dengeli Konsol Betonarme Köprülerin Dinamik Karakteristiklerinin Çevresel Titreşim Verileri Kullanılarak Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2012.

[5] Bayraktar, A., Altunışık, A.C., Sevim, B., Türker, T., ve Birinci F., Tarihi Yapıların Deprem Güvenliklerinin Tahribatsız Deneysel Yöntemlerle Belirlenmesi, İMO İstanbul, cilt.98, ss.10-20, 2010.

[6] Ventura, C., Brinker, R., Dascotte, E., and Anderson, P., FEM Updating of the Heritage Court Building Structure, Proceedings of the 19th International Modal Analysis Conference, pp. 324-330, Kissimmee, 2001.

[7] Boru, E.O., ve Kutanis, M., Çevrel titreşim kayıtları kullanılarak yapı dinamik parametrelerinin belirlenmesi, SAÜ Fen Bil Dergisi, ISSN:1301-4048, Cilt. 19, pp. 59-66, 2015.

[8] Cunha, A., Caetano, E., Brincker, R., and Andersen, P., Identification from the Natural Response of Vasco da Gama Bridge, Proc. 22nd Int. Modal Analysis Conference, Deaborn, USA, 2004.

[9] Azenha, M., Magalhaes, F., Faria, R., and Cunha, A., Measurement of concrete E-modulus evolution since casting: A novel method based on ambient vibration, Cement and Concrete Research, 40, pp. 1096-1105, 2010.

[10] Soyoz, S., Taciroglu, E., Orakcal, K., Nigbor, R., Skolnik, D., Lus, H., and Safak, E., Ambient and Forced Vibration Testing of a Reinforced Concrete Building before and after Its Seismic Retrofitting, J. Struct. Eng. 139, SPECIAL ISSUE: Real-World Applications for Structural Identification and Health Monitoring Methodologies, 1741–1752, 2013.

[11] Hashim, H., Ibrahim, Z., and Abdul Razak, H., Dynamic characteristics and model updating of damaged slab from ambient vibration measurements, Measurement, Volume 46, Issue 4, pp. 1371-1378, 2013.

[12] Ramos, J.L.F., Damage Identification on Masonry Structures Based on Vibration Signatures, PhD Dissertation, Minho University, Portugal, 2007.

[13] Heerah, A.R.P., Field Investigatıon of Fundamental Frequency of Bridges Using Ambient Vibration Measurements, Master of Engineering, McGill University Montreal, Canada, 2009.

[14] Ewins, D.J., Modal Testing: Theory and Practice, John Wiley & Sons, New York, 1995.

[15] Mendes, P., Baptista, M.A., Agostinho, L., Lagomarsino, S., and Costav, J.P., Structural and dynamic analysis of N. Sra. do Carmo church, Proceedings EURODYN2005, Structural Dynamics, 311-318, Lagos Portugal, 2005.

[16] URL-1, http://marmatek.com/urunler/oros_or36_analizor/. 17 Aralık 2015.

[17] URL-2, http://marmatek.com/wp-content/uploads/2014/03/MMF_KB12-KB12VD-KS48C_Datasheet.pdf. 17 Aralık 2015.

[18] URL-3, http://marmatek.com/urunler/mmf_kb12vd-sismik-ivme_sensoru/. 17 Aralık 2015.

[19] Akyürek, O., Tekeli, H., ve Demir, F., Betonarme Bina Performansına Dolgu Duvarların Etkisi, Sekizinci Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 11-15 Mayıs 2015.

[20] Köse, M.M, ve Karslıoğlu, Ö., Dolgu Duvarların Bina Doğal Modal Periyot Ve Mod Şekline Olan Etkileri, Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim 2007.

[21] Aldemir, A., Erberik, M.A., ve Sucuoğlu, H., Tuğla Yığma Duvarlar İçin Performansa Dayalı Bir Değerlendirme Yöntemi, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Ankara, Türkiye, 11-14 Ekim 2011.

[22] Yakut, A., Binici, B., Demirel, O.İ., ve Özcebe, G., Dolgu Duvarların Deprem Davranışına Etkisi, Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, Türkiye, 25-27 Eylül 2013.

[23] Beklen, C., Binalarda Dolgu Duvar Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2009.

[24] Öktem, O., Betonarme Çerçeve Sistemlerin Lineer Olmayan Hesabı Ve Dolgu Duvarların Modellenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2003.

[25] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Ankara, 2007.

TEMEL-ZEMİN ETKİLEŞİM PROBLEMİNİN MODELLENMESİNDE EMPEDANS FONKSİYONLARI

IMPEDANCE FUNCTIONS FOR MODELING OF FOUNDATION-SOIL INTERACTION PROBLEM

Mustafa Yavuz ÇETİNKAYA[a], Erkan ÇELEBİ[b] ve Osman KIRTEL[c]

[a]İnşaat Mühendisi, University of Colarado, USA, mustafayavuzcetinkaya@yandex.com
[b]Mühendislik Fakültesi-Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, ecelebi@sakarya.edu.tr
[c]Teknoloji Fakültesi-Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, okirtel@sakarya.edu.tr

Özet

Bu çalışmada yapı-zemin etkileşimiyle temel ortamında oluşan sönümün ve üstyapı periyodunun değişimi temel empedans fonksiyonları yardımıyla incelenmiştir. Sayısal analizlerde kullanılan köprü ayağı modelinin temel ortamı için Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'de tanımlanan zemin gruplarının mekanik ve dinamik özellikleri dikkate alınmıştır. Örnek modelin esnek taban ortamı ve bu ortamda tüketilen enerji, temel-zemin arakesitinde tanımlanan titreşim frekansına bağlı yaylar ve söndürücüler ile temsil edilmiştir. Zemin koşullarının üst yapının dinamik davranışına etkisi gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Empedans fonksiyonları, yapı-zemin etkileşimi, temel ortamının sönümü, periyot uzaması, Türkiye Deprem Yönetmeliği.

Abstract

In this study, the foundation damping factor and period lengthening occurring by considering the soil-structure interaction are investigated by means of impedance functions. For the numerical analysis, the mechanical and dynamic properties of the underlying soil of the bridge pier are taken into account from the soil groups defined in the Turkish Earthquake Code. The flexible base of the sample model and the energy dissipating in this medium is simulated by frequency dependent springs and dashpots at the foundation-soil interface. The effect of the soil conditions on the seismic response of the structure is pointed out.

Keywords: Impedance functions, soil-structure interaction, foundation damping, period lengthening, Turkish Earthquake Code.

1. Giriş

17 Ağustos 1999 Gölcük depremi sonrası önemli can ve mal kaybına yol açan yapısal hasarların zeminin geoteknik özelliklerine bağlı dağılımı incelendiğinde, kalın alüvyon tabakalardan oluşan yumuşak zeminler üzerinde kurulmuş kentlerde yoğunlaştığı görülmektedir. Deprem yüklerine karşı dinamik davranışlarının gerçeğe daha yakın olarak izlenmek istenmesi durumundaki önemli masif ve rijit yapıların yumuşak zemin koşullarında inşa edilmesi, zemin ortamının şekil değiştirebilme özelliğinin hesap sürecine katılması, yapıların titreşim davranışının birbirine bağlı üç ortak sistemin dinamik etkileşimi altında değerlendirilmesini gerektirir. Bunlar üstyapı, yapı temeli ve temelin altındaki jeolojik zemin ortamıdır.

Yapı-zemin birlikteliğinin sayısal araçlarla idealleştirilmesinde, doğrudan çözüm yöntemi [1-3] ve altsistem yaklaşımı [4-6] kullanılarak, sismik yüke bağlı olarak zemin şartlarının yapının dinamik tepkisi üzerindeki etkileri yönetici anahtar parametrelere bağlı incelenmektedir. Yapıların sismik performansının analizinde yerel zemin koşullarının etkisinin hesap ilkelerinde doğrudan yer alması hususunda yakın zamanda önemli birçok araştırma raporu ve tavsiye kararları yayınlamıştır [7,8].

Bu çalışmanın amacı, yapı-zemin ortak sisteminin karşılıklı etkileşimini ve zeminin üstyapıların dinamik davranışı üzerindeki etkilerini altsistem yaklaşımıyla yapı temeli-zemin arakesitinde tanımlanan titreşim frekansına bağlı empedans fonksiyonlarını kullanarak analiz etmek, değerlendirmek ve sonuçlarını tartışmaktır. Sayısal araştırmalar için, sonuçların sağlıklı ve doğru yorumlanabilmesi açısından üstyapı olarak belirlenen bir köprü ayağı modelinde üst yapının sismik yüke karşı davranışına hangi koşulların daha etkili ve kritik olduğunu göstermek için örnek modelin analizlerinde 2007 Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan zemin gruplarına ait mekanik ve dinamik özellikler dikkate alınmıştır [9]. Zemin etkileşimli yapı sisteminin periyodu ile temel ortamının sönümü titreşim frekansına bağlı olarak incelenmiştir.

2. Çözüm Yöntemi

2.1. Dikdörtgen Yüzeysel Rijit Temellerin Empedans Analizi

Yapı-zemin etkileşim problemlerinin çözümünde, temel-zemin ortak sisteminin karmaşık dinamik rijitliklerini ifade eden empedans fonksiyonları kullanılmaktadır. Klasik çözümler kompleks değerli empedans fonksiyonları için şu şekilde yazılabilir [10,11]:

$$\bar{k}_j = k_j + i\omega c_j \qquad (1)$$

Burada $\bar{k}_j$ empedans fonksiyonunu, *j* ise ötelenme (*x, y, z*) ve dönme (*xx, yy, zz*) modlarını belirtir. k_j ve c_j sırasıyla temel dinamik rijitliğini ve sönüm katsayısını ifade eder. Denklem (1) için alternatif bir form;

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

$$\bar{k}_j = k_j\left(1+2i\beta_j\right) \tag{2}$$

ifadesi ile verilir. Denklemde, zeminin birim şekil değiştirmesine bağlı olarak meydana gelen histeresiz sönüm ve zemin ortamının sınırsızlığı nedeniyle enerji kaybına eşdeğer anlamda karşı gelen geometrik sönümün toplamını tanımlayan β_j;

$$\beta_j = \frac{\omega c_j}{2k_j} \tag{3}$$

formülü ile elde edilir.
Dinamik rijitlik (k_j); temel boyutları (B ve L), zemin kayma modülü (G), zemin poisson oranı (ν) ve dinamik düzeltme katsayısının (α_j) bir fonksiyonudur.

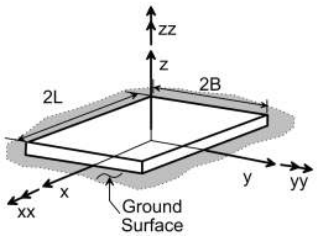
$$k_j = K_j\alpha_j \tag{4}$$

$$K_j = GB^m f(B/L,\nu),\ \alpha_j = \alpha_j\left(B/L,a_0\right) \tag{5}$$

Denklem (5)'de K_j, j modu için frekanstan bağımsız temel statik rijitliğidir. B ve L sırasıyla temel yarı genişliği ve temel yarı uzunluğudur. Ötelenme ve dönme modu için sırasıyla m değerleri 1 ve 3 alınmaktadır [6]. Dinamik düzeltme katsayısı (α_j) boyutsuz frekans parametresi a_0 'a bağlıdır.

$$a_0 = \frac{\omega B}{V_s} \tag{6}$$

Elastik bir yarı-uzaya oturan dikdörtgen rijit temellerin empedans fonksiyonlarının hesabı için ampirik bağıntılar literatürde mevcuttur [6]. Yüzeysel dikdörtgen temel geometrisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Dikdörtgen yüzeysel temel geometrisi [7]

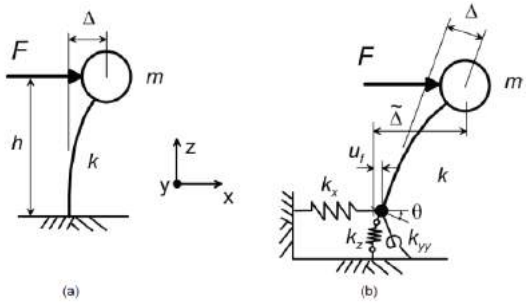
2.2. Yazarların Yapı-Zemin Etkileşiminin Üstyapının Periyoduna Etkisi

Yapı temelinin, oturduğu zemine bağlanma şekli ve davranışı ile ilgili iki farklı yaklaşım mevcuttur:

- *Rijit Taban Yaklaşımı*: Temelin oturduğu zemin ortamının sonsuz rijit kabul edilmesi durumunda üstyapının dış yük etkisi altında sadece ötelenme yaptığı gözlemlenir (Şekil 2a).
- *Esnek Taban Yaklaşımı*: Zemin ortamının şekil değiştirmesi söz konusu olduğunda temelin dönmesi ve ötelenmesi sonucunda üstyapının toplam yerdeğiştirmesinin değiştiği gözlemlenir (Şekil 2b).

Şekil 2. Üstyapının kuvvet etkisinde yaptığı deformasyonlar: (a) zemine rijit bağlı durumda ötelenme (b) esnek temel ortamından kaynaklanan dönme ve ötelenmeler [7]

Şekil 2 a'da verilen rijit tabanlı yapı sisteminin periyodu:



$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \tag{7}$$

Şekil 2 b'de verilen esnek tabanlı yapı sisteminin periyodu:

$$\tilde{T} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}+\frac{m}{k_x}+\frac{mh^2}{k_{yy}}} \tag{8}$$

Esnek tabanlı ve rijit tabanlı yapı sistemlerinin periyotlarının oranı:

$$\frac{\tilde{T}}{T} = \sqrt{1+\frac{k}{k_x}+\frac{kh^2}{k_{yy}}} \tag{9}$$

ifadesi ile elde edilir [12]. Yapı-zemin etkileşimini dolayısıyla $\tilde{T}/T$ 'yi kontrol eden anahtar parametreler aşağıda verilmiştir [13,14]:

$$\frac{h}{V_sT},\ \frac{h}{B},\ \frac{L}{B},\ \frac{m}{\rho_s 4BLh}\quad \text{ve}\quad \nu \tag{10}$$

Burada tanımlanmış ifadelere ek olarak; h modal yapı yüksekliği, ρ_S zeminin birim hacim kütlesidir. L/B temel yarı uzunluğunun temel yarı genişliğine oranı, h/B yapı modal yüksekliğinin temel yarı genişliğine oranı, $m/(\rho_S 4BLh)$ üstyapı kütlesinin yapı modal yüksekliğine eşit bir derinlikteki zemin kütlesine oranıdır. Kütle oranının etkisi küçüktür ve bu değer 0.1-0.2 arasında alınır [15]. $h/(V_ST)$ oranı yapının zemine rijitlik oranı olarak tanımlanır [7]. Çerçeve yapılar için 0.1'den daha azdır, perde duvar ve çaprazlı yapılar için yaklaşık olarak 0.1 ve 0.5 arasında değişmektedir [16].

2.3. Yapı-Temel-Zemin Sisteminde Sönüm

Dış yük etkisi altında esnek tabanlı bir yapıda, periyodun artmasına ek olarak temel-zemin etkileşimiyle birlikte ilave bir sönüm ortaya çıkar ve bu sönüme temel sönümü (β_f) adı verilir. Periyodun değişmesiyle meydana gelen temel sönümü dikkate alınması gereken sistem sönümünü

değiştirir. Yapı-temel-zemin sisteminin sönümü olarak da ifade edilen bu değer (β_0);

$$\beta_0 = \beta_f + \frac{1}{\left(\tilde{T}/T\right)^n}\beta_i \qquad (11)$$

denklemi ile elde edilir. Burada β_i tipik yapısal sistemler için genellikle %5 alınan rijit taban yapı sönümüdür. Denklem (11)'de $\left(\tilde{T}/T\right)^n$ ifadesinde *n,* doğrusal viskoz yapı sönümü için 3 aksi durumlar için 2 alınması önerilir [17].

Bu çalışmada literatürde bulunan fonksiyonlar içerisinden, temel sönümünün tanımlanmasında Veletsos ve Nair (1975) tarafından geliştirilen formülasyon kullanılmıştır. İçeriğinde karmaşık değerli empedans fonksiyonlarını barındıran ve;

$$\beta_f = \frac{1}{\left(\tilde{T}/\bar{T}\right)^2}\left(\frac{k}{\bar{k}_x}\left(\beta_x+\beta_s\right)+\frac{kh^2}{\bar{k}_{yy}}\left(\beta_{yy}+\beta_s\right)\right) \qquad (12)$$

ifadesi ile elde edilen bu sönüm formülasyonunda; β_s zemin histeresiz sönümünü, β_x ve β_{yy} ise ötelenme ve dönme titreşim modları için geometrik sönümü belirtir [13].

3. Zemin Gruplarının Belirlenmesi

Temel-zemin arakesitinde tanımlanan dinamik rijitlik fonksiyonlarında zemin ortamı dört parametre ile ele alınmaktadır. Bu parametreler zemin ortamının; kayma modülü (*G)*, birim hacim kütlesi (ρ), kayma dalga hızı (V_s) ve Poisson oranıdır (*v)*. Bu çalışmada zemin türü olarak seçilen kum zeminler, TDY (2007)'de tanımlanan dört farklı zemin grubu (*A*, *B*, *C, D*) için kayma dalga hızı aralıklarında belirlenmiştir [9]. Belirlenen bu zemin gruplarının kayma modülleri, birim hacim kütleleri ve poisson oranları Bowles [18] tarafından önerilen değer aralıklarında seçilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1 Belirlenen dört farklı zemin grubunun özellikleri

Zemin Grubu	Zemin Türü	$V_s\left[m/s\right]$	$\rho_s\left[t/m^3\right]$	$G\left[kN/m^2\right]$	v
A	Çok sıkı kum	850	2.1	1517250	0.40
B	Sıkı kum	500	1.9	475000	0.30
C	Orta sıkı kum	300	1.8	162000	0.25
D	Gevşek kum	150	1.6	36000	0.20

4. Sayısal Uygulama

Bu bölümde, belirlenen dört farklı zemin grubuna oturan yüzeysel kare temele sahip bir köprü ayağı modelinin ilgili doğrultuda yapı-temel-zemin sistem davranışıyla meydana gelen dinamik rijitliklerini (k_x ve k_{yy}), sönüm katsayılarını (c_x ve c_{yy}), periyot oranını ($\tilde{T}/T$) ve temel sönümünü (β_f), boyutsuz frekans parametresinin $0 \le a_0 \le 5$ aralığındaki değişimi için hesap edilmiştir. Köprü ayağı modeli ve oturduğu zeminlerin grupları Şekil 3'de verilmiştir. Periyot oranı ve temel sönümü denklemleri içerisinde yer alan değişkenlerin hesabı için literatürde dikdörtgen yüzeysel temeller için tanımlanmış bağıntılar kullanılmış ve bu bağıntılar Çizelge 2'de verilmiştir [6]. Sayısal uygulamanın çözüm sürecinde üstyapı-temel ve zeminin doğrusal davranış gösterdiği kabul edilmiş, zeminin histeresiz sönümü β_s=0 alınmıştır. Bu çalışmada $\tilde{T}/T$'yi kontrol eden anahtar parametreler; *h/B*=1.75, *L/B*=1, tüm zemin gruplarında $0.1 \le m/(\rho_s 4BLh) \le 0.2$ aralığında ve h/V_sT her bir zemin grubunun kayma dalga hızı değerinde dikkate alınmıştır.

Sayısal uygulama için çözüm aşamaları kısaca özetlenecek olursa:

- TDY (2007)'de tanımlanan her bir zemin grubunda ötelenme ve dönme titreşim modları için dinamik rijitliklerin (k_x ve k_{yy}) boyutsuz frekans parametresine (a_0) bağlı olarak hesaplanması.
- Dinamik rijitliklere bağlı $\tilde{T}/T$ 'nin elde edilmesi.
- Dış yükün açısal frekansına bağlı olarak temel-zemin arakesitindeki sönüm katsayılarının (c_x ve c_{yy}) ötelenme ve titreşim modları için bulunması.
- Yapı-zemin etkileşiminden kaynaklı temel sönümünün (β_f) a_0'a bağlı hesabı.

Deprem yönetmeliğinde tanımlanan zemin grupları dikkate alınarak temel-zemin arakesitinde tanımlanan rijitlik ve sönüm değerleri Şekil 4'de titreşim frekansına bağlı olarak verilmiştir.

Elde edilen sayısal sonuçlar aşağıdaki şekilde yorumlanmıştır:

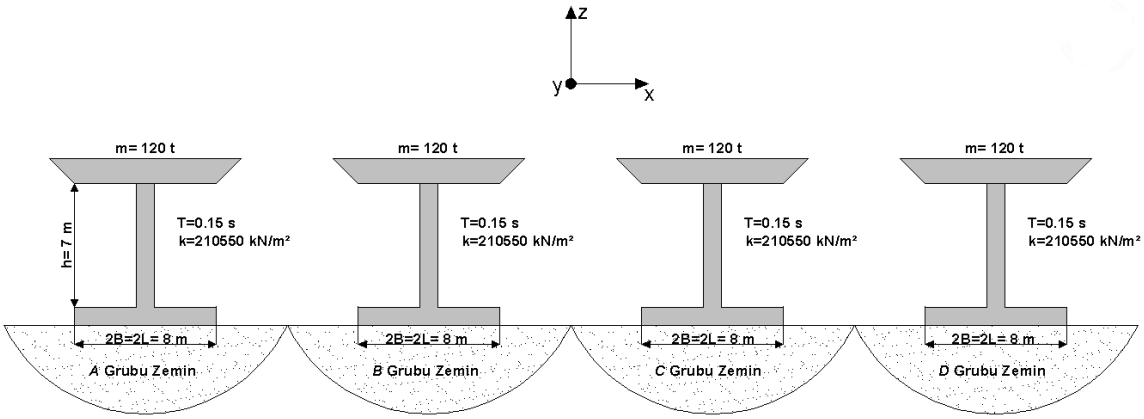
- Ötelenme titreşim moduna ait elde edilen grafikler incelendiğinde dinamik rijitlik (k_x) ve sönüm katsayısının (c_x) tüm zemin gruplarında titreşim frekansından etkilenmediği görülmüştür. Ayrıca bu katsayılara ait büyük değerler beklenildiği gibi *A* grubu zeminde ortaya çıkmıştır (Şekil 4a).
- Dönme titreşim moduyla ilgili hesap edilen dinamik rijitlik (k_{yy}) ve sönüm katsayısı (c_{yy}) değerleri boyutsuz frekansın $0 \le a_0 \le 3$ aralığında tüm zemin grupları için ani ve hızlı değişimler göstermektedir. Bu aralıktaki k_{yy} değerlerinde her bir zemin grubu için %45'e varan azalmalar ortaya çıkmıştır. Titreşim frekansının daha büyük değerleri için ($a_0 \ge 3$) elde edilen eğrilerin eğimi sıfıra yaklaşmaktadır. Tüm zemin grupları için hesaplanan c_{yy} değerlerinde ise $0 \le a_0 \le 3$ aralığında çok hızlı bir büyüme meydana gelmektedir. $a_0 \ge 3$ değerleri için, her bir zemin grubu için hesap edilen dönme moduna ait sönüm eğrilerinin eğimlerinde önemli azalmalar görülmektedir (Şekil 4b).

Belirlenen zemin gruplarında periyot oranı ($\tilde{T}/T$) ve temel sönümü (β_f) ifadeleri boyutsuz frekansa bağlı olarak elde edilmiş ve Şekil 5'de sunulmuştur.

- Öncelikle görülmüştür ki statik durumda (a_0=0), *D* grubuna ait zemin özellikleri örnek modelin periyodunu rijit bağlı duruma göre yaklaşık olarak %50 büyütmüştür. Boyutsuz frekans değerlerinin artmasıyla birlikte her bir zemin grubunda periyot oranı artmış ve en çok değişim %20 oranında *D* grubu zeminde ortaya çıkmıştır (Şekil 5a).

- Temel ortamının sönüm değerleri titreşim frekansına bağlı değişimi incelendiğinde tüm zemin grupları için, temel

sönümünün titreşim frekansının büyümesiyle arttığı gözlemlenmiştir. *D* grubu zeminde temel ortamının sönümü tüm sistemin sönümüne katkısı %33 civarında olmuştur (Şekil 5b).



Şekil 3. Üstyapı, temel geometrisi ve köprü ayağının oturduğu zemin grupları

Çizelge 2. Dikdörtgen yüzeysel bir temelin statik rijitlik, dinamik düzeltme katsayıları ve geometrik sönüm denklemleri [6]

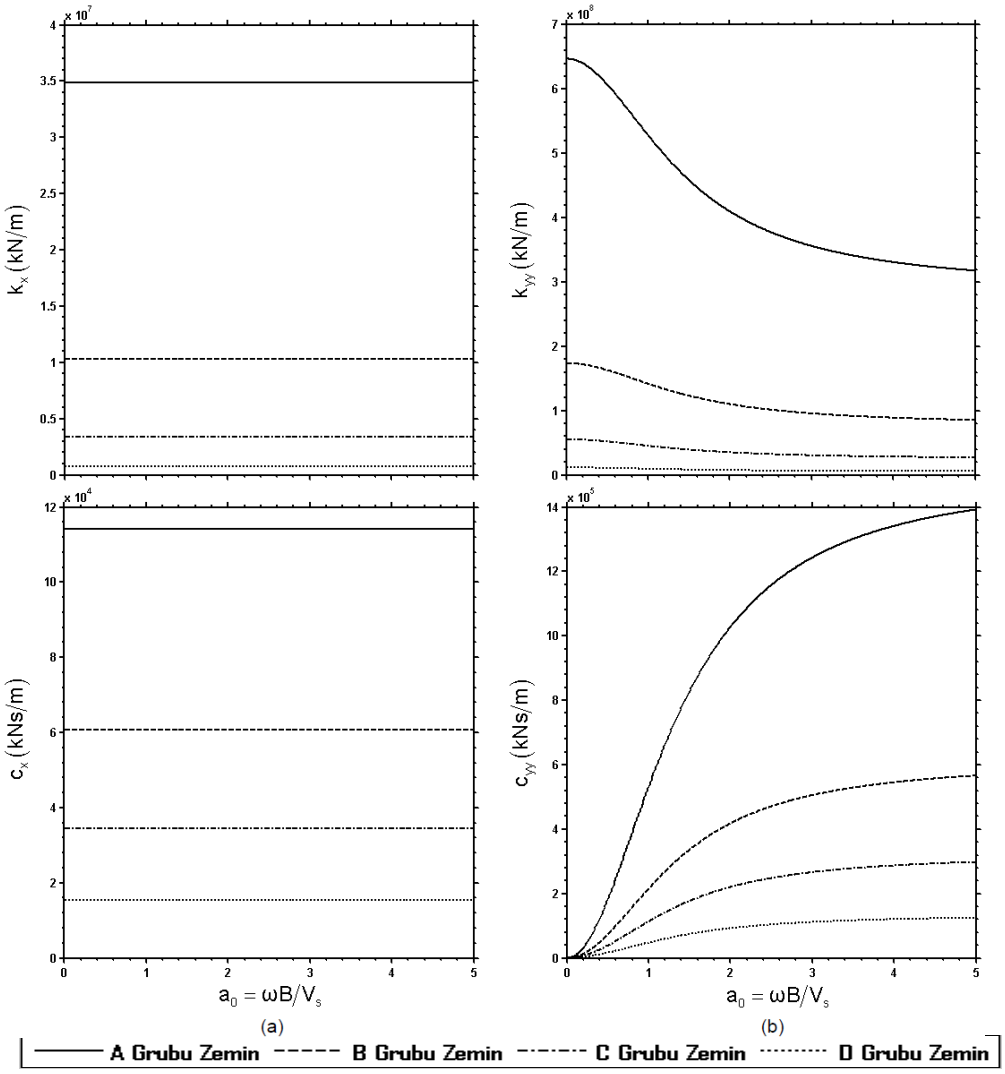
	***x* ekseni boyunca ötelenme**	***y* ekseni etrafında dönme**
Statik Rijitlik	$K_x = \frac{GB}{2-\nu}\left[6.8\left(\frac{L}{B}\right)^{0.65} + 2.4\right]$	$K_{yy} = \frac{GB^3}{1-\nu}\left[3.73\left(\frac{L}{B}\right)^{2.4} + 0.27\right]$
Dinamik Düzeltme Katsayısı	$\alpha_x = 1$	$\alpha_{yy} = 1.0 - \left[\frac{0.55a_0{}^2}{\left(0.6 + \frac{1.4}{(L/B)^3}\right) + a_0{}^2}\right]$
Geometrik Sönüm	$\beta_x = \left[\frac{4(L/B)}{(K_x/GB)}\right]\left[\frac{a_0}{2\alpha_x}\right]$	$\beta_{yy} = \left[\frac{(4\Psi/3)(L/B)^3 a_0{}^2}{\left(\frac{K_{yy}}{GB^3}\right)\left[\left(\frac{1.8}{1+1.75(L/B-1)}\right) + a_0{}^2\right]}\right]\left[\frac{a_0}{2\alpha_{yy}}\right]$
Not: $\psi = \sqrt{2(1-\nu)/(1-2\nu)}$; $\psi \le 2.5$, *L*= temel yarı uzunluğu, *B*= temel yarı genişliği		

5. Sonuçlar

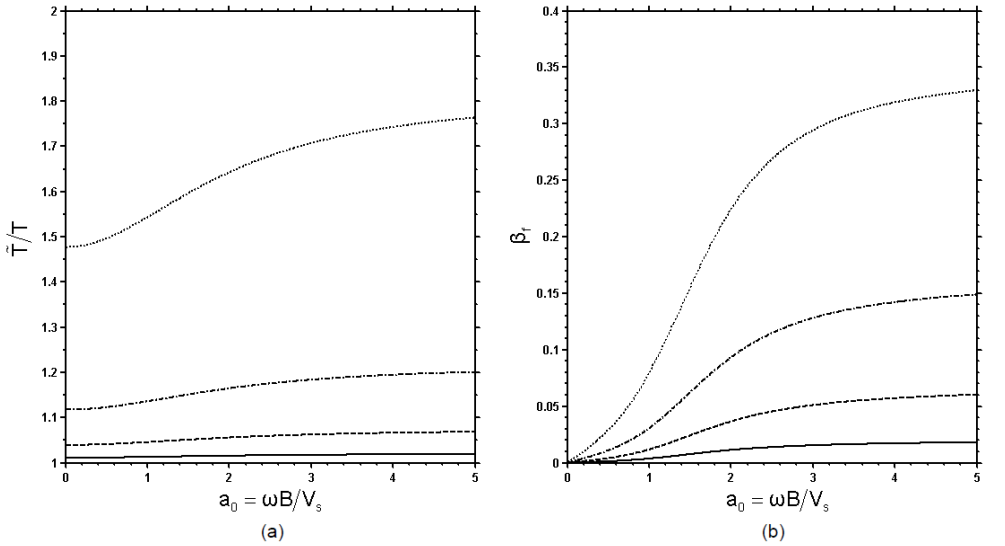
Yapının zemine mesnetlendiği ortamının rijitliği azaldıkça temelde tüketilen sismik enerjiye bağlı olarak etkili sönüm değeri artmaktadır. Temel sönüm değerinin artmasıyla sistemin periyodu uzayarak yapının dinamik davranışı değişmektedir. Yapı-zemin etkileşimi özellikle zayıf zemin koşullarında etkisini göstererek üstyapının sismik davranışını önemli derecede değiştirmektedir. İncelenen titreşim frekans aralığında ($0 \le a_0 \le 5$) temel-zemin arakesitinin dinamik rijitliğini ve sönümünü gösteren empedans fonksiyonları en küçük değerlerini köprü ayağı örneğinde deprem yönetmeliğinde *D* grubu ile tanımlanan zayıf zemin koşullarında almıştır.

Yapı-zemin etkileşiminin üstyapıya katkısını belirleyen en önemli anahtar parametre, h/V_sT oranıdır. Bu oranın 0.1'den büyük olduğu durumlarda güçlü yapı-zemin etkileri ortaya çıkmamaktadır. Bu çalışmada h/V_sT oranı örnek modelin oturduğu *A* ve *B* grubu zemin gruplarında 0.1'den az, *C* ve *D* zemin gruplarında 0.1'den büyüktür. Buna bağlı olarak güçlü yapı-zemin etkileşimi C ve *D* zemin gruplarında ortaya çıkmıştır.

Yapıların sismik analizinde yerel zemin koşullarının etkisinin hesap ilkelerinde doğrudan yer alması, özellikle yumuşak zemin koşullarında konumlanan önemli rijit yapı türleri için önem kazanmaktadır.



Şekil 4. Zemin gruplarına bağlı dinamik rijitlik ve sönümün değişimi: (a) ötelenme modu (b) dönme modu



Şekil 5. Zemin gruplarına göre periyot oranı ve temel sönümünün titreşim frekansına (a_0) bağlı değişimi

Kaynaklar

[1] Celebi E., Goktepe F. ve Karahan N., Non-Linear Finite Element Analysis for Prediction of Seismic Response of Buildings Considering Soil-Structure İnteraction, *Natural Hazards and Earth System Scıences* (2012) Vol. 12 pp. 3495-3505.

[2] Halabian A.M. and Naggar M.H.E., Effect of Non Linear Soil-Structure İnteraction on Seiscmic Response of Tall Slender Structures, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* 22 (2002) 639-658.

[3] Lida M., Three Dimensional Non-Linear Soil Buding İnteraction Analysis in Lakebed Zone of Mexico City During the Hypothetical Guerro Earthquake, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* (1998) Vol. 27 pp.1483-1502.

[4] Çelebi E., Fırat S., Çankaya İ., Dikdörtgen Rijit Temellerin Dinamik Empedans Fonksiyonları, *İmo Teknik Dergi*, 3827-3849 (2006) Yazı 252, Ankara.

[5] Mylonakis G., Nikolaou S. and Gazetas G., Footings under seismic loading:Analysis and design issues with emphasis on bridge foundations, *SoilDynamics and Earthquake Engineering* (2006) Vol. 26, pp. 824-853.

[6] Pais A. and Kausel E., Approximate Formulas for Dynamic Stiffnesses of Rigid Foundations, *Soil Dynamics and Earthquake Engineering* (1988) Vol. 7 No. 4 pp. 213-227.

[7] NIST GCR 12-917-21, Consultants Joint Venture; *Soil-Structure Interaction for Building Structures*, U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology, 2012.

[8] FEMA, *Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures*, prepared by the Building Seismic Safety Council of the National Institute of Building Sciences for the Federal Emergency Management Agency, Washington, The United States, 2009.

[9] DBYBHY, *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik,* Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara , 2007.

[10] Luco J.E. and Westmann R.A., Dynamic response of circular footings, *Journal of Engineering Mechanics* (1971) Vol. 97, No. 5, pp. 1381-1395.

[11] Veletsos A.S. and Wei Y.T., Lateral and rocking vibrations of footings, *Journal of Soil Mechanics and Foundations Division* (1971) Vol. 97, No. 9, pp. 1227-1248.

[12] Veletsos A.S. and Meek J.W., Dynamic Behavior of Building-Foundation Systems, *Earthquake Engineering and Structural Dynamics* (1974) Vol. 3, pp. 121-138.

[13] Veletsos A.S. and Nair V.V., Seismic Interaction of Structures on Hysteretic Foundations, Journal of Structural Engineering (1975) Vol. 101 pp. 109-129.

[14] V. Bielak J., Dynamic behavior of structures with embedded foundations, *J. Earthquake Engng. Strıct. Dyn* (1975) 3 259-274.

[15] Veletsos A.S., Dynamics of Soil-Foundation Systems, in W.J. Hall (ed.), *Structural and Geotechnical Mechanics* (1977) Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, pp 333-361.

[16] Stewart J.P., Fenves G.L. and Seed R.B., Seismic Soil-Structure İnteraction in Buildings II: Empirical Findings, *Journal Geotechnical and Geoenvironmental Engineering* (1999) Vol. 125, pp. 38-48.

[17] Givens M.J., *Dynamic Soil-Structure Interaction of Instrumented Buildings and Test Structures*, Ph.D. Thesis, University of California, Los Angeles, The United States Dissertation, 2013.

[18] Bowles J.E, *Foundation Analyses and Design* 5th Ed., McGraw-Hill Book Company, New York 1997.

BAŞLANGIÇ YERDEĞİŞTİRMESİNİN YAPI SÖNÜMÜNE ETKİSİ

EFFECT OF INITIAL DISPLACEMENT ON STRUCTURAL DAMPING

Muharrem AKTAŞ[a] ve Serdar KÜYÜK[b,c]

[a] Sakarya Üniversitesi, Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., Sakarya, Türkiye E-posta muharrema@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: serdarkuyuk@gmail.com
[c] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr

Özet

Afet tehlikesi yüksek olan bölgelerde inşa edilecek yapıların dinamik analizlerinin sonuçlarını etkileyecek en önemli yapı parametrelerinden birisi, sönüm oranıdır. Titreşmekte olan sistemlerde sönüm kuvveti birden fazla mekanizma tarafından tüketilen enerji ile sağlandığından dolayı, gerçek yapılarda sönüm değerinin hesaplanması oldukça zordur. Teorik olarak serbest titreşim etkisindeki yapılarda azalım ilişkileri kullanılarak sönüm oranı tespit edilebilir. Ancak gerçek yapılarda serbest titreşim oluşturacak başlangıç yer değiştirmesi ve başlangıç hızı uygulamak neredeyse imkânsızdır. Ölçekli yapı modellerine serbest titreşim deneyi yaparak bir kısım kabuller yapılabilir. Nitekim ölçekli de olsa deney numunelerine uygulanması gereken başlangıç yer değiştirmesi ile ilgili literatürde bilgiye rastlanılmamıştır. Bu çalışmada, farklı başlangıç yer değiştirmelerinin sönüm oranı değeri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla farklı açısal frekansa sahip iki adet tek serbestlik dereceli sistem (TSDS) hazırlanmıştır. TSDS'ler 40-100 mm arasında onar milimetre arayla başlangıç yer değiştirmesine tabi tutularak serbest salınım deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucu elde edilen filtrelenmiş ivme kayıtları kullanılarak sönüm oranı hesaplanmıştır. Her bir TSDS sistem için elde edilen sönüm oranı değerleri başlangıç koşuluna göre %100'e varan değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Sönüm oranı, serbest titreşim deneyi, başlangıç koşulu, tek serbestlik dereceli sistem

Abstract

Damping ratio of structures is one of the most important factors that effects the dynamic analysis results of structures to be built in earthquake prone zone. It is difficult to calculate the damping ratio in real civil structures since damping force is provided by dissipation of energy from various mechanism in structures. In theory, damping ratio can be determined by using rate of decay of the recorded motion of free vibration. However, it is almost impossible to initiate free vibration by applying either initial displacement or initial velocity to civil structures. This problem can be solved by using scaled structures in free vibration tests. There is a lack of information in literature for the amount of initial displacement that should be applied to initiate the free vibration of the structure. This study investigates the effects of initial displacements on determining the damping ratio of structures. Two experimental specimens with different natural frequency are constructed to be tested as a single degree system (SDS). Free vibration tests are repeated by applying initial displacement between 40 mm and 100 mm with 10 mm increment. Filtered tests records are used to calculate damping ratio for each test. Damping ratio with a variation up to 100% is found for each model when different initial displacement is applied.

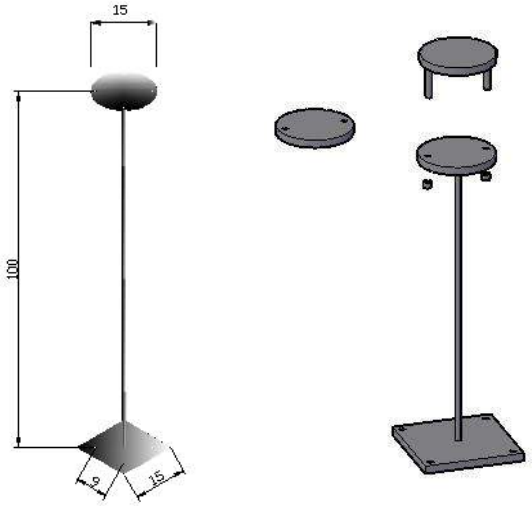
Keywords: damping ratio, free vibration test, initial condition, single degree of freedom system

1. Giriş

Titreşen yapı elemanlarında titreşim genliğinin sürekli biçimde azalması sönüm kuvveti gerçeğini ortaya çıkarmaktadır. Titreşmekte olan yapılarda sönüm kuvveti birden fazla mekanizma tarafından tüketilen enerji ile sağlanır. Titreşmekte olan binalarda; betondaki mikro-çatlakların açılıp kapanması, yapının taşıyıcı sistemiyle birlikte taşıyıcı olmayan elemanlar arasındaki sürtünmeler ve özellikle çelik yapıların birleşim noktalarındaki sürtünmeler bu farklı etki mekanizmalarına örnek olarak verilebilirler. Tüm bu sönüm mekanizmalarının ayrı ayrı matematiksel olarak tanımlanması ve belirlenmesi neredeyse imkânsızdır. Bunun yerine, enerji tüketiminin büyük bir kısmının, malzemenin şekil değişimi sırasında etkimekte olan içsel sürtünme ve tekrarlı elastik şekil değişimi esnasında oluşan ısıl etkiler nedeniyle oluştuğu düşünülen laboratuvar deneyleri kullanılabilir. Ancak böyle bir deneyle gerçek bir yapının sönümü oldukça idealleştirilmiş bir şekilde temsil edilebilecektir. Deneylerle yapıların sönüm katsayıları belirlenirken, elde edilen sönüm kuvveti, yapıdaki tüm sönüm mekanizmalarının tükettiği enerjinin toplamı olarak değerlendirilecektir. Vizkoz sönüm oranının tespitinde kullanılan etkili metotlardan birisi serbest titreşim deneyi kayıtlarının kullanılmasıdır [1-6].

Denge konumundan uzaklaştırılan bir yapının dış zorlama olmaksızın yaptığı salınım serbest titreşim olarak adlandırılır. Serbest titreşimde hareket genliğinin azalma hızı sönüm oranına bağlıdır. Bu ilkeden yola çıkarak sönüm oranı dolayısıyla viskoz sönüm katsayısı tespit edilebilir. Bir yapının denge konumundan uzaklaştırılıp serbest titreşime bırakılması için ya başlangıç yer değiştirmesi ya da başlangıç hızına ihtiyaç vardır. Gerçek bir inşaat yapısına serbest titreşimi başlatacak başlangıç konum ve hızı vermek oldukça zordur. Bundan dolayı ölçekli model yapılarda serbest titreşim deneyleri yapılarak viskoz sönüm oranlarını hesaplamak makul bir yaklaşım olarak karşımıza çıkmaktadır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Tek serbestlik dereceli deney numunesi

Bu çalışmanın amacı, serbest titreşime neden olacak olan başlangıç konumunun viskoz sönüm oranı hesabında sonuçları etkileyip etkilemediğini araştırmaktır. Serbest titreşim genliklerinde oluşan azalımı dikkate alarak oluşturulan sönüm oranı denklemi ivme kayıtları bağlı olarak alındığında denklem 1'deki gibidir [7,8].

$$\xi = \frac{1}{2\pi j}\ln\left(\frac{\ddot{u}_i}{\ddot{u}_{i+j}}\right) \quad (1)$$

Bu denklemden görüleceği üzere serbest titreşime neden olan başlangıç koşulları dikkate alınmamaktadır. Bu çalışmada farklı başlangıç koşulları ile sönüm oranı hesaplanarak başlangıç koşullarının etkisi incelenmiştir.

2. Deney Düzeneği

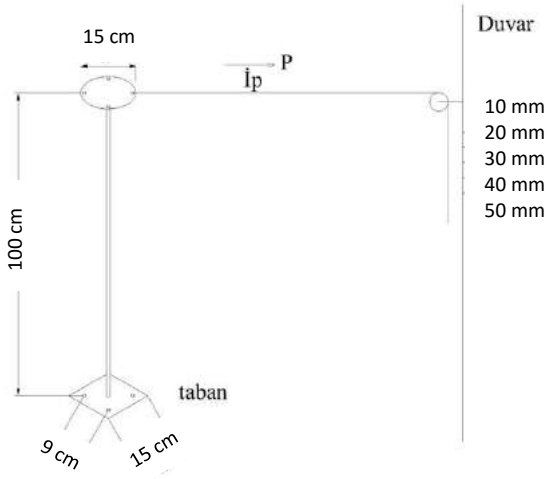
2.1. TSDS Hazırlanması

Model 1 m uzunluğunda 1 cm çapında çelik transmisyon çubuğun, alt ucundan 15x15 cm kare plakaya ve üst ucundan 15 cm çapında 5 mm kalınlığında daire plakaya gaz altı kaynağı ile birleştirilmesinden oluşturulmuştur. Oluşturulan bu sistemin en üst noktasına sırasıyla 9625 gr ve 7615 gr ek ağırlıklar eklenerek farklı periyodlara sahip tek serbestlik dereceli iki deney numunesi oluşturuldu. Deneyler sonucunda yapılan Hızlı Fourier Dönüşümü (FFT) analizleriyle Numune 1'in açısal frekansı 1.64 rad/s ve Numune 2'nin açısal frekansı 1.32 rad/s olarak belirlenmiştir (Şekil 1).

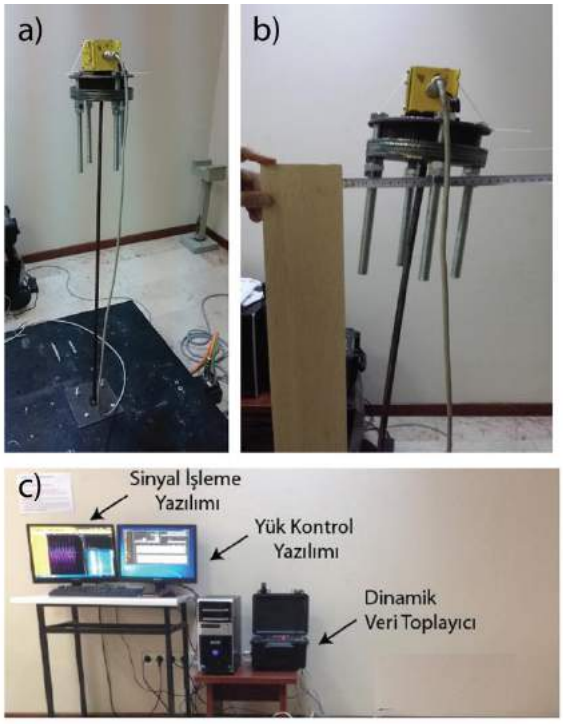
2.2. Deney Düzeneğinin Hazırlanması

Deney numuneleri Sakarya Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği, Deprem Araştırmaları Laboratuvarında (DEPAR) gerçekleştirilmiştir. Serbest titreşime sebep olacak başlangıç konumunun verilmesi için Şekil 2'de gösterilen deney düzeneği oluşturulmuştur. Deney düzeneğine ankastre olarak yerleştirilen TSDS tepe noktasına ivmeölçer yerleştirilmiştir (Şekil 3a).

Ardından, düzenekteki ip, önce hedeflenen başlangıç koşuluna ulaşıncaya kadar çekilmiş sonrasında ip serbest bırakılmıştır (Şekil 3b). Oluşan serbest titreşimler kayıt altına alınmıştır (Şekil 3c). Salınım sırasında elde edilen ivmeler analog-dijital çevirici sayesinde bilgisayar yazılımı ile işlenebilir veri haline dönüştürülmüştür.



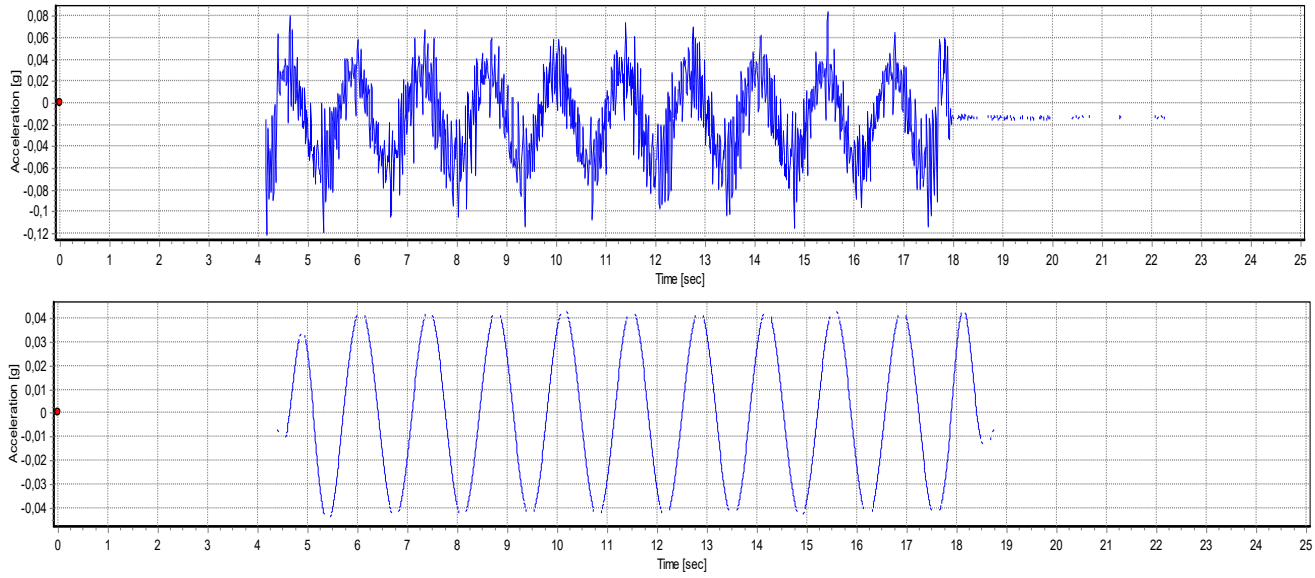
Şekil 2. Deney düzeneği



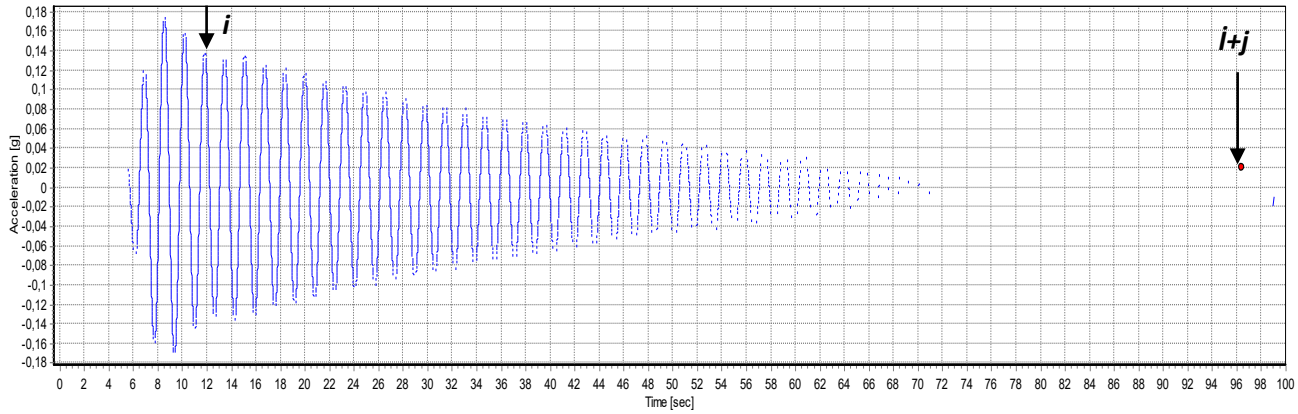
Şekil 3. a) İvmeölçer yerleşimi, b) başlangıç yerdeğiştirmesinin verilmesi c) kayıtların alınması

2.3. Deneylerin Gerçekleştirilmesi ve Verilerin İşlenmesi

Hazırlanan iki TSD sistem sırasıyla, 40-100 mm arasında 10 mm artışla ön yer değiştirmeye maruz bırakılarak toplam 14 adet deney gerçekleştirilmiştir. Her bir deneyde yapı üst noktasında ivmeler kayıt altına alınmıştır. Kayıtlarda, ortam şartlarında bulunan gürültülünün giderilmesi amacıyla filtreleme işlemi uygulanmaktadır. Kayıtlarda oluşan gürültüleri temizlemek ve ivme kayıtlarından nümerik integrasyonla yerdeğiştirme değerlerini elde etmek için Seismosignal programı kullanılmıştır ([9]). Programda önce base-line düzeltmesi yapılmıştır. Böylece verilerdeki ortalama değerlerin ve lineer hataların ayıklanması gerçekleştirilmiştir. İkinci aşamada ise Band Pass Filtre uygulanarak frekans değeri f1 - f2 arasındaki hareketler, gürültü sayılarak ayıklanmıştır. Her bir titreşim kaydı için f1 ve f2 değerleri Fourier genlik spektrumu incelenerek belirlenmiştir. Filtrelenmemiş ve filtrelenmiş kayıtlara ait bir örnek Şekil 4'de verilmiştir.



Şekil 4. Filtrelenmiş ve filtrelenmemiş ivme kayıtları



Şekil 5. Sönümlü serbest titreşim ivme kaydı

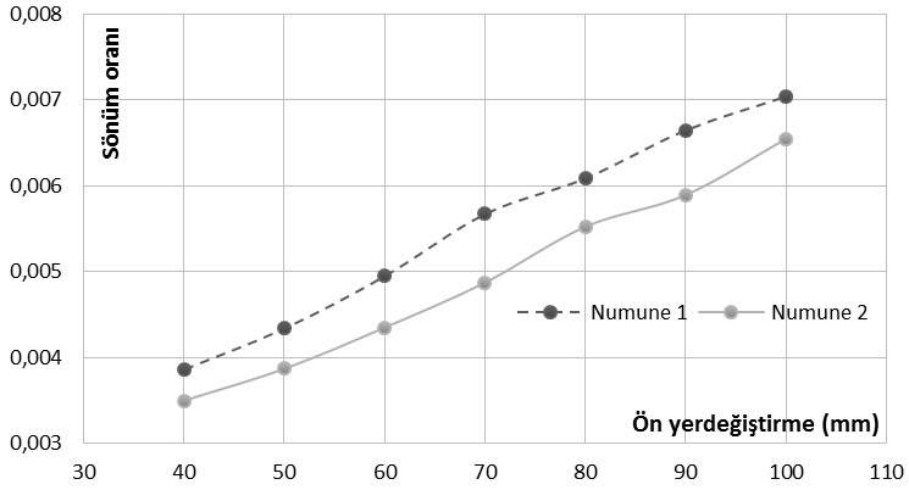
3. Deney Sonuçları

Filtreleme işlemi sonucunda elde edilen ivme-zaman grafiğinde titreşim başlangıcına yakın bir bölgeden alınan ivme değeri ile 49 salınım sonraki ivme değerleri kullanılarak sönüm oranı hesabı yapılmıştır. Bu işlem bütün kayıtlara uygulanmıştır. Örneğin, TSDS 1' e ait başlangıç yer değiştirmesi 80 mm olan deneyin filtrelenmiş ivme kaydından elde edilen i ve j değerleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Bu değerler kullanılarak hesaplanan sönüm oranı da denklem 2'deki gibi hesaplanmıştır.

$$\left.\begin{matrix} \ddot{u}_i = 0.13346 \\ \ddot{u}_{i+j} = 0.02049 \\ j = 49 \end{matrix}\right\} \xi = \frac{1}{2\pi j}\ln\left(\frac{\ddot{u}_i}{\ddot{u}_{i+j}}\right) \quad (2a)$$

$$\xi = \frac{1}{2\,\pi\,49}\ln\left(\frac{0.13346}{0.02049}\right) = 0.006086 \Rightarrow \xi = \%\ 0.609 \quad (2b)$$

Toplam 14 kayıttan hesaplanan sönüm oranları TSDS 1 ve TSDS 2 için farklı başlangıç koşullarına bağlı olarak Şekil 6'da gösterilmiştir. Hesaplanan sönüm oranı değerlerinin her bir numune için sabit olmadığı, başlangıç koşuluna bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Her iki numunede de uygulanan ön yer değiştirme arttığında sönüm oranı da artmaktadır. Sönüm oranı değeri %0.35 ila %0.70 arasında değişmektedir.



Şekil 6. Sönüm oranın başlangıç koşuluna bağlı olarak değişimi

Uygulanan ön yer değiştirme miktarının artmasıyla şekil değişimi sırasında ortaya çıkacak içsel sürtünme ve ısıl etkiler de artmıştır. Dolayısıyla aynı yapıda farklı sönüm değerleri elde edilmiştir. Örneğin 40 mm ön yer değiştirme kullanılarak elde edilen serbest titreşim kayıtlarıyla hesaplanan sönüm oranı ile 100 mm ön yer değiştirme kullanarak elde edilen sönüm oranı arasında yaklaşık 2 kat fark vardır. Numune 1 ve Numune 2'ye ait sönüm oranları farklılığı her iki numenin farklı kütlesi ile açıklanabilir. Aynı rijitliklere sahip bu iki numunede oluşacak atalet kuvvetlerini dengeleyecek tek kuvvet sönüm kuvveti olmaktadır. Numune 1'e fazla kütlesinden dolayı daha fazla atalet kuvveti geleceğinden dolayı, dengeleyecek olan sönüm kuvveti de daha büyük olmalıdır. Bütün başlangıç koşulları için iki numune arasındaki sönüm oranları farkları sabit olmalıdır. Şekil 6'daki paralellik bu şekilde açıklanabilir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, farklı açısal frekanslara sahip TSDS üzerinde deneysel çalışmalar yapılmış ve başlangıç şartlarının sönüm oranına etkisi incelenmiştir. Sönüm oranının belirlenmesi için serbest titreşim kayıtlarındaki genlik azalım ilişkilerinin kullanıldığı bu çalışmada, serbest titreşimi

başlatacak başlangıç konum ve hızı vermek kolay olmasından dolayı ölçekli model kullanılmıştır. Serbest titreşime neden olacak farklı başlangıç yer değiştirmelerine göre sönüm oranı değerinde %100'e varan farklılıklar elde edilmiştir. Literatürde var olan azalım ilişkilerine başlangıç koşulları bir parametre olarak eklenmelidir.

Teşekkür

Bu çalışmada yapı modelinin kurulmasında yardımcı olan Hacı Mahmut Çal, Erdem Aktaş, Koray Aras, Mehmet Karabacak, Muhammet Atıf Yılmaz'a teşekkür ederiz. Ayrıca 2013-01-04-027 proje numarası ve "Sarsma Tablası Deney Düzeneği ile Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi" isimli araştırma projelerini destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkalığına teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

[1] Cho, Y. H., Pisano, A. P., & Howe, R. T. (1994). Viscous damping model for laterally oscillating microstructures. Microelectromechanical Systems, Journal of, 3(2), 81-87.

[2] Levitan, E. S. (1960). Forced Oscillation of a Spring-Mass System having Combined Coulomb and Viscous Damping. the Journal of the Acoustical Society of America, 32(10), 1265-1269.

[3] Priestley, M. J. N., & Grant, D. N. (2005). Viscous damping in seismic design and analysis. Journal of Earthquake Engineering, 9(spec02), 229-255.

[4] Lu, X., Zou, Y., Lu, W., & Zhao, B. (2007). Shaking table model test on shanghai world financial center tower. Earthquake engineering ve structural dynamics, 36(4), 439-457.

[5] Hashemi, A., ve Mosalam, K. M. (2006). Shake-table experiment on reinforced concrete structure containing masonry infill wall. Earthquake engineering & structural dynamics, 35(14), 1827-1852.

[6] Filiatrault, A., Isoda, H., ve Folz, B. (2003). Hysteretic damping of wood framed buildings. Engineering Structures, 25(4), 461-471.

[7] Celep, Z., ve Kumbasar, N. (2000). Deprem mühendisliğine giriş ve depreme dayanıklı yapı tasarımı. İhlas Matbaacılık.

[8] Chopra, A. K. (1995). Dynamics of structures (Vol. 3). New Jersey: Prentice Hall.

[9] Antoniou, S., ve Pinho, R. (2004). Software Seismosignal.

YÜZEYSEL TEMELLERDE DEPREMDEN KAYNAKLANAN TAŞIMA GÜCÜ KAYIPLARI

EARTHQUAKE INDUCED BEARİNG CAPACİTY LOSSES OF SHALLOW FOUNDATİONS

Osman ÇELİK [a], Soner UZUNDURUKAN[b], S. Nilay KESKİN[c] ve Kenan ÜLKER[d]

[a]Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Burdur, Türkiye, E-Posta: osman.celik@afad.gov.tr
[b],[c]Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, E-Posta: soneruzundurukan@sdu.edu.tr; nilaykeskin@sdu.edu.tr;
[d]Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Karaman,Türkiye, E-Posta: kenan.ulker@afad.gov.tr

Özet

Zeminlerin dinamik yükler altındaki davranışı özellikle 1960'lı yıllardan sonra daha detaylı olarak incelenmeye başlanmıştır. Statik yükleme koşulları altında yüzeysel temellerin taşıma gücü geoteknik mühendisliğinde kapsamlı olarak ele alınmış konulardan biridir. Temel geometrisinin ve derinliğinin, yüklemenin eksantrisitesi ve eğiminin dikkate alındığı birçok teori geliştirilmiştir. Bir takım sınırlamalara sahip oldukları bilinmekte birlikte, bu teoriler uzun yıllardan bu yana geoteknik mühendisleri tarafından başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Bununla birlikte, dinamik yükleme koşullarındaki taşım gücü problemini inceleyen çalışmalar oldukça sınırlıdır. Temel sisteminin tasarımında, tasarım depremi için sahadaki zemin profilinin dinamik karakteristiklerine bağlı olarak taşıma gücü kaybının oluşup oluşmayacağının, taşıma gücü kayıplarının hangi mertebelerde olabileceğinin ve etki alanı içerisindeki zemin tabakalarının ne şekilde davranacağının irdelenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada yüzeysel temellerin statik taşıma güçlerinin belirlenmesinde Terzahgi (1943), Meyerhof (1963), Hansen (1970) ve Vesic (1970) tarafından önerilen yöntemler, dinamik koşullardaki taşıma gücünün belirlenmesinde ise Richards vd. (1993) yöntemi kullanılmıştır. Statik ve dinamik taşıma güçleri, zemin özellikleri ve temel boyutlarını girdi olarak kullanan elektronik hesap tabloları yardımıyla belirlendi. Zemin parametrelerinin, dinamik koşulların, temel boyutları ve derinliğinin, sismik taşıma gücündeki etkisi incelenerek ve statik taşıma gücü ile karşılaştırıldı. Böylelikle deprem yönetmeliğinde yer alan dinamik analizlerde statik zemin emniyet gerilmesinin 1.5 katına kadar artırılması yaklaşımının hangi koşullarda geçerli olabileceği tartışıldı.

Anahtar Kelimeler: Yüzeysel Temeller, Deprem, Taşıma Gücü Kayıpları, Sismik Taşıma Gücü.

Abstract

Detailed investigations on behavior of soils under the dynamic loading have been started especially after 1960s. Observed damages in the recent earthquakes revealed the importance of dynamic response of soil-foundation system. Bearing capacity of shallow foundations under static loading is one of the extensively investigated issues in geotechnical engineering. However, in the literature studies examining the bearing capacity problems under dynamic loading conditions is quite limited. In this study, methods proposed by Terzahgi (1943), Meyerhof (1963), Hansen (1970) and Vesic (1970) were used in determining static bearing capacity of shallow foundations and Richards et al. (1993) method was used in calculating seismic bearing capacity of shallow foundations. Static and seismic bearing capacities of shallow foundations were determined by electronic spreadsheet which uses soil properties and foundation dimensions as inputs. Effects of soil properties, dynamic conditions, foundation dimensions and foundation depth on the seismic bearing capacity were investigated and results were compared with results obtained for the static bearing capacity.

Keywords: Shallow Foundations, Earthquake, Bearing Capacity Losses, Seismic Bearing Capacity.

1. Giriş

Zemin dinamiği ve geoteknik deprem mühendisliği, son yıllarda giderek önem kazanan bilim dalları haline gelmiştir. Özellikle nüfusunun yoğunlaştığı sanayileşmiş bölgelerdeki mühendislik yapılarına gelecek deprem yüklerinin hesaplanması ve bu yapıların temel sistemlerinin zeminle olan etkileşimini, zeminlerin dinamik etkiler altındaki davranışlarının belirlenmesini gerekli kılar. Bir yapı sistemi genel olarak iki kısımda tanımlanır. Üst kısım üst yapı olarak adlandırılır. Zeminle üst yapı arasındaki ara bölge de temel adıyla tanımlanır. Bir yapı sistemi üst yapı, temel ve zemin bileşiminden oluşur. Temel, zeminle doğrudan temas halinde olan ve üst yapı yüklerini zemine aktaran aracı yapı kısmıdır. Bir başka deyişle, temel, yapı yüklerini ve yükün dağılımını altta bu yükü taşıyacak zeminin taşıyabileceği şekle dönüştürerek aktaran sistemdir. Bu niteliği ile de hem yapıdan hem de zeminden etkilenir. Buna göre, temel tasarımı bir yapı-zemin etkileşimi problemidir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Depremin neden olduğu tekrarlı kayma gerilmeleri zeminlerin farklı mertebelerde şekil değiştirmelere uğramasına sebep olmaktadır. Zemin dinamiği ve geoteknik deprem mühendisliğinin temel amacı, zeminlerin tekrarlı yükler altında uğrayacakları deformasyonları belirlemek, yapılacak mühendislik yapıları için zeminden kaynaklanan dinamik etkilerin derecesini saptamak, beklenen dinamik etkilere uygun tasarın kriterlerinin seçilmesini ve güvenli bir tasarım yapılmasını sağlamaktır. Bu çalışma kapsamında, dinamik yükleme koşulları altında yüzeysel temellerde meydana gelebilen taşıma gücü kayıpları incelendi. Bu amaçla yüzeysel temellerin dinamik ve statik koşullarda taşıma güçlerinin belirlenmesi için literatürde verilen bağıntılardan yararlanılmıştır. Farklı temel tipleri ve boyutları kullanılarak bu temellerin farklı zemin koşullarındaki performansları nümerik örnekler üzerinde araştırıldı ve elde edilen sonuçlar yorumlandı.

Literatürde temellerin taşıma gücü hesaplamalarının yapılmasında kullanılabilen birçok taşıma gücü hesap yönteminden söz etmek mümkündür. Bu çalışmada en çok kullanılan ve geçerliliği kuvvetli başlıca yöntemler ele alınmıştır. Bu yöntemler sırasıyla Terzaghi Taşıma Gücü Hesabı (1943), Meyerhof Taşıma Gücü Hesabı, Hansen Taşıma Gücü Hesabı, Vesic Taşıma Gücü Hesabıdır. Temellerin taşıma gücü hesaplamaları ile ilgili ilk çalışmalardan olan ve günümüzde yaygın olarak kabul edilen formüller, Terzaghi (1943) tarafından geliştirilmiştir. Terzaghi, ilk hesaplamalarını sürekli temeller için gerçekleştirmiştir. Devam eden süreçte, deneysel olarak elde ettiği sonuçları kullanarak, kare ve dikdörtgen temeller için de geometrik katsayılar geliştirmiştir.(Yıldırım ve Tonyalı, 2011) Meyerhof (1951, 1963), Terzaghi'nin hesaplamalarına benzer bir yaklaşımla, temellerin şekil ve derinlik faktörlerini de dikkate alarak bir taşıma gücü formülü geliştirmiştir. Ayrıca, temelin düşey yüklerin yanı sıra yatay yüklerin de etkisinde olduğu durumlar için yük eğim faktörlerini içeren bir yaklaşımı da mevcuttur. Hansen (1970), Meyerhof'un taşıma gücü hesabına paralellik gösteren ve ona ek olarak, yük eğim açısı faktörlerini, zemin eğim faktörlerini ve temel sapma faktörlerini dikkate alan bir formül geliştirmiştir. Statik taşıma gücünün belirlenmesinde yukarıda kısaca bilgi verilen bu 4 yönteme göre hesaplamalar yapılmıştır. Dinamik koşullardaki taşıma gücünün belirlenmesinde Richards vd. (1993) yöntemi kullanılmıştır. Richards ve diğ. (1993) ve Budhu ve El-Karni (1993) tarafından yapılan çalışmalarda dinamik yükler altında gerçekleşen akışkanlaşma davranışının temellerin taşıma gücüne olan etkisi limit denge analizi ile incelenmiş ve sismik yükleme ile temel altındaki aktif ve pasif kamaların geometrilerinin değiştiği ve buna bağlı olarak taşıma gücü değerinde azalmalar olduğu gösterilmiştir. Richards ve diğ. (1993).

2. Sayısal Örnekler

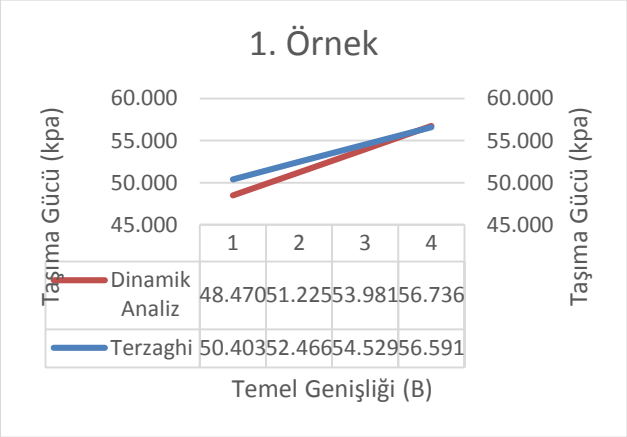
Sayısal örneklemelerde Φ (içsel sürtünme açısı) 20 derece olarak sabit tutularak, temel genişliği, temel derinliği, yatay ve düşey deprem ivmelerinin zeminin taşıma gücüne etkisi araştırılmıştır.

2.1. Sayısal Örnek 1

1 numaralı sayısal örnekte; içsel sürtünme açısı (Φ) tüm örneklerimizde olacağı gibi 20 derece olarak ele alınmıştır. İlk 3 örneğimizde temel genişliği ve deprem ivmeleri değişiklikleri ile zeminin taşıma gücünün değişimlere irdelenmiştir. Yatay ve düşey deprem ivmeleri sonraki örneklerde arttırılarak zemin taşıma gücü değerleri hesaplanmıştır. Temel derinliği (Df) 1 m olarak sabit tutulmuştur. Bu örneğimizde Yatay Deprem İvmesi (Kh); 0,10 ve Düşey Deprem İvmesi (Kv) 0,05 olarak alınmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Sayısal Örnek 1'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçları

Φ	Temel Genişliği (B)	Temel Derinliği (Df)	Yatay Deprem İvmesi (Kh)	Düşey Deprem İvmesi (Kv)	GS	Terzaghi (qe) kpa	Dinamik (qd) kpa (GS=2)	qd/qe
20	0,8	1	0,1	0,05	3	50,403	48,470	0,962
20	1	1	0,1	0,05	3	52,466	51,225	0,976
20	1,2	1	0,1	0,05	3	54,529	53,981	0,990
20	1,4	1	0,1	0,05	3	56,591	56,736	1,003



Grafik 1. Sayısal Örnek 1'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması

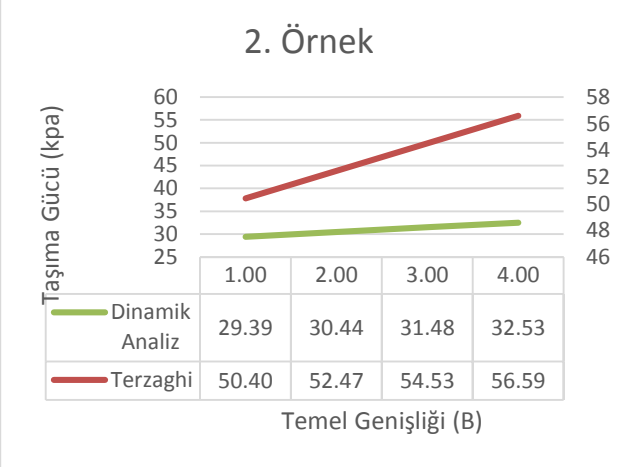
Grafik 1. ve Tablo 1. de görüleceği üzere temel genişliği arttıkça dinamik analiz sonuçları Terzaghi sonuçlarına yaklaşmıştır. Bu sonuçlara bakıldığında ilk örneğimizde taşıma gücü değerleri temel genişliğinin 1,4 m olduğu durumda yaklaşık olarak aynı çıkmaktadır. Temel genişliğinin arttırılması ile dinamik hesap ile Terzaghi arasındaki fark yaklaşık olarak kapatılmıştır.

2.2. Sayısal Örnek 2

Sayısal Örnek 2'de içsel sürtünme açısı 20 derece olarak ele alınmıştır. Temel genişliği ilk örneğimizde olduğu gibi 0,80 m ile 1,40 m arasında değişecektir. Temel derinliği Df ise 1 m olarak sabit tutulmuştur. Yatay ve düşey deprem ivmeleri bir önceki örnekteki değerlerin 2 katına çıkarılarak hesaplamalar yapılmıştır. Böylece Yatay Deprem İvmesi (Kh); 0,20 ve Düşey Deprem İvmesi (Kv) 0,10 olarak alınmıştır. Bu örneğimizde yatay ve düşey deprem ivmelerinin yani sismik hareketliğin iki katına çıkarılması durumunda ortaya çıkan sonuçlar irdelenmiştir (Tablo 2).

Tablo 2. Sayısal Örnek 2'ye Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçları

Φ	Temel Genişliği (B)	Temel Derinliği (Df)	Yatay Deprem İvmesi (Kh)	Düşey Deprem İvmesi (Kv)	GS	Terzaghi (qe) kpa	Dinamik (qd) kpa (GS=2)	qd/qe
20,00	0,80	1,00	0,20	0,10	3,00	50,40	29,39	0,583
20,00	1,00	1,00	0,20	0,10	3,00	52,47	30,44	0,580
20,00	1,20	1,00	0,20	0,10	3,00	54,53	31,48	0,577
20,00	1,40	1,00	0,20	0,10	3,00	56,59	32,53	0,575

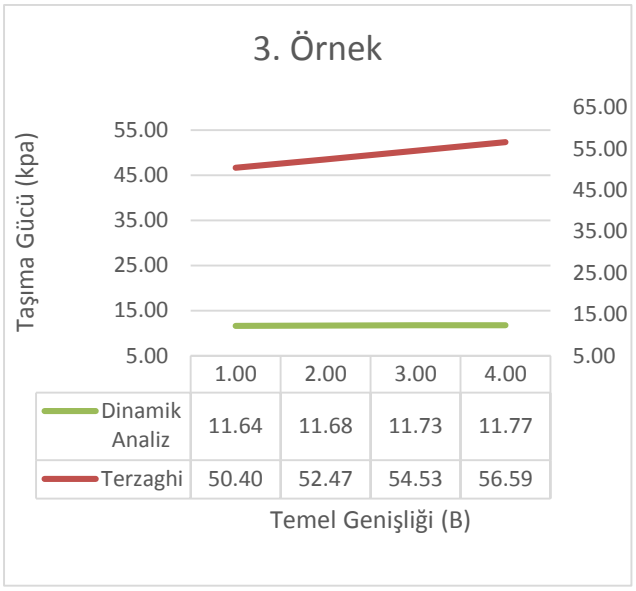


Grafik 2. Sayısal Örnek 2'ye Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması

Deprem ivmelerini 2. Örneğimizin yarısı olarak hesaba katmış olduğumuz 1. Örneğimizde temel genişliği arttıkça Terzaghi Yöntemi ile dinamik analiz sonuçları yakın değer vermişti. Deprem ivmesini 2 katına çıkardığımızda temel genişliği arttırılmasına rağmen (qd/qe) oranı yüzde 57'lerde kalmıştır. Deprem ivmesinin 2 katına çıkarılması dinamik analize göre zemin taşıma gücünü % 40 oranında azaltmıştır. Sayısal örnek 3'te diğer örneklerimizde olduğu gibi içsel sürtünme açısı 20 derece olarak ele alınmıştır. Temel genişliği ise 0,80 m ile 1,40 m arasında değişmektedir. Temel derinliği Df diğer örneklerde olduğu gibi 1 m olarak sabit tutulmuştur. Yatay Deprem İvmesi (Kh); 0,30 ve Düşey Deprem İvmesi (Kv) 0,15 olarak alınmıştır. Bu örneğimizle irdelemek istediğimiz konu; deprem ivmelerinin Sayısal Örnek 2'ye göre % 50 oranında bir artış yapılması durumunda ortaya çıkan sonuçlardır (Tablo 3).

Tablo 3. Sayısal Örnek 3'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçları

Φ	Temel Genişliği (B)	Temel Derinliği (Df)	Yatay Deprem İvmesi (Kh)	Düşey Deprem İvmesi (Kv)	GS	Terzaghi (qe) kpa	Dinamik (qd) kpa (GS=2)	qd/qe
20,00	0,80	1,00	0,30	0,15	3,00	50,40	11,64	0,231
20,00	1,00	1,00	0,30	0,15	3,00	52,47	11,68	0,223
20,00	1,20	1,00	0,30	0,15	3,00	54,53	11,73	0,215
20,00	1,40	1,00	0,30	0,15	3,00	56,59	11,77	0,208



Grafik 3. Sayısal Örnek 3'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması

2.3. Sayısal Örnek 3

Yukarıdaki tablo ve grafiklerden görüleceği üzere deprem ivmelerinin kademeli olarak arttırılması dinamik analizler sonucu ortaya çıkan zemin taşıma gücü değerlerinde düşüşe neden olmaktadır. İlk örnekte (qd/qe) oranı yaklaşık olarak 1 çıkmasına karşın, deprem ivmelerinin arttırılması ile bu oran 0,20'lere kadar düşmektedir. Dinamik analiz yapıldığında DBYBHY deprem durumunda en fazla % 50 artırım yapılabilir denilmektedir. Yüzde 50 artırım yapmak buradan da görüleceği üzere sakıncalıdır. Çünkü dinamik analiz sonuçlarına göre taşıma gücü Terzaghi vb. gibi hesaplama yönetmelerinin % 20'sine kadar düşmektedir.

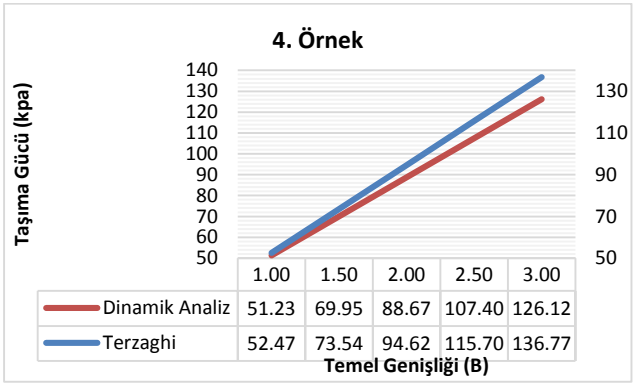
İlk sayısal örneklerimizde temel genişliği ve deprem ivmelerinin kademeli olarak artırılması ile dinamik analiz ve Terzaghi sonuçlarını karşılaştırdık. Bundan sonra yapmış olduğumuz 3 örnekte ise temel genişliğimizi 1 m olarak sabit tutup, temel derinliğinin kademeli olarak arttırılması ile meydana gelecek olan değişimleri inceleyeceğiz.

2.4. Sayısal Örnek 4

Sayısal Örnek 4'te diğer örneklerimizde olduğu gibi içsel sürtünme açısı 20 derece olarak ele alınmıştır. Temel genişliği 1 m olarak sabit tutulmuştur. Temel derinliği (Df) ise; 1 m ile 3 m arasında 0,50 m kademlerle arttırılmıştır. Bu örneğimizde deprem ivmeleri Sayısal Örnek 1'deki gibi ele alınmıştır. Diğer 2 örneğimizde deprem ivmesi kademeli olarak arttırılarak sonuçlara olan etkisi irdelenecektir. Bu örneğimizde Yatay Deprem İvmesi (Kh); 0,10 ve Düşey Deprem İvmesi (Kv) 0,05 olarak alınmıştır (Tablo 4).

Tablo 4. Sayısal Örnek 4'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçları

Φ	Temel Genişliği (B)	Temel Derinliği (Df)	Yatay Deprem İvmesi (Kh)	Düşey Deprem İvmesi (Kv)	GS	Terzaghi (qe) kpa	Dinamik (qd) kpa (GS=2)	qd/qe
20,00	1,00	1,00	0,10	0,05	3,00	52,47	51,23	0,976
20,00	1,00	1,50	0,10	0,05	3,00	73,54	69,95	0,951
20,00	1,00	2,00	0,10	0,05	3,00	94,62	88,67	0,937
20,00	1,00	2,50	0,10	0,05	3,00	115,70	107,40	0,928
20,00	1,00	3,00	0,10	0,05	3,00	136,77	126,12	0,922



Grafik 4. Sayısal Örnek 4'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması

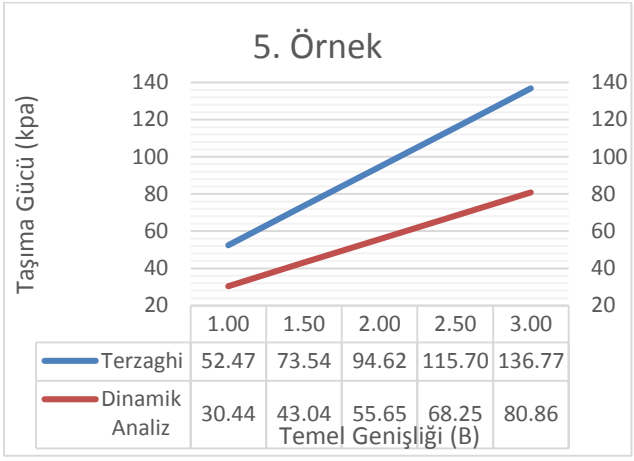
Sayısal Örnek 4'te temel genişliği sabit tutularak temel derinliği arttırılmıştır. Temel derinliğinin arttırılması Terzaghi ve Dinamik Hesap Yöntemine göre yapılan hesaplarda zemin taşıma gücü değerini arttırmıştır. Sayısal Örnek 1'de qd/qe oranı 1'e yaklaşmıştı. Ancak bu örneğimizde temel derinliği arttırılmasına rağmen dinamik analiz sonuçlarının Terzaghi sonuçlarına oranı 0,92'de kalmıştır. Diğer örneklerimizde deprem ivmelerinin arttırılmasının bu sonuca nasıl bir etkisi olacağı irdelenmiştir.

2.5. Sayısal Örnek 5

Sayısal Örnek 5'te diğer örneklerimizde olduğu gibi içsel sürtünme açısı 20 derece olarak ele alınmıştır. Temel genişliği 1 m olarak sabit tutulmuştur. Temel derinliği (Df) ise; 1 m ile 3 m arasında 0,50 m kademlerle arttırılmıştır. Bu örneğimizde deprem ivmeleri Sayısal Örnek 2'deki gibi ele alınmıştır. Bu örnekte Yatay Deprem İvmesi (Kh); 0,20 ve Düşey Deprem İvmesi (Kv) 0,10 olarak alınmıştır (Tablo 5).

Φ	Temel Genişliği (B)	Temel Derinliği (Df)	Yatay Deprem İvmesi (Kh)	Düşey Deprem İvmesi (Kv)	GS	Terzaghi (qe) kpa	Dinamik (qd) kpa (GS=2)	qd/qe
20,00	1,00	1,00	0,20	0,10	3,00	52,47	30,44	0,580
20,00	1,00	1,50	0,20	0,10	3,00	73,54	43,04	0,585
20,00	1,00	2,00	0,20	0,10	3,00	94,62	55,65	0,588
20,00	1,00	2,50	0,20	0,10	3,00	115,70	68,25	0,590
20,00	1,00	3,00	0,20	0,10	3,00	136,77	80,86	0,591

Tablo 5. Sayısal Örnek 5'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçları



Grafik 5. Sayısal Örnek 5'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması

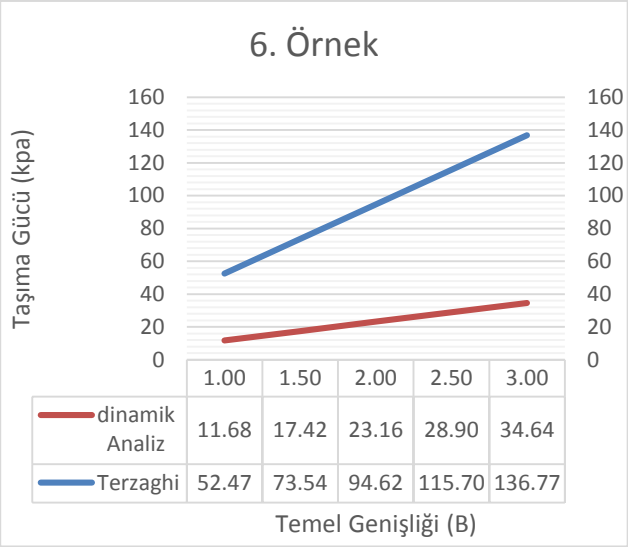
Bu örnekte deprem ivmesi 2 katına arttırıldığında qd/qe oranı 0,58'lere kadar düşmüştür. Sayısal Örnek 2'deki sonuçlar ile bu örneğimizdeki sonuçlar yaklaşık olarak aynıdır. Temel derinliğini arttırmak da dinamik analiz sonuçlarında artışa neden olmaktadır. Ancak bu artış Terzaghi yönetimindeki artışa göre sınırlı kalmaktadır. Dinamik analiz yapıldığında qd/qe oranı % 50'ler düzeyine düşmektedir. Taşıma gücü hesaplarında dinamik analizin önemi bir kez daha ortaya çıkmaktadır.

2.6. Sayısal Örnek 6

Sayısal Örnek 6'da diğer örneklerde olduğu gibi içsel sürtünme açısı 20 derece olarak ele alınmıştır. Temel genişliği 1 m olarak sabit tutulmuştur. Temel derinliği (Df) ise; 1 m ile 3 m arasında 0,50 m kademlerle arttırılmıştır. Bu örnekte deprem ivmeleri Sayısal Örnek 3'deki gibi ele alınmıştır. Bu örneğimizde Yatay Deprem İvmesi (Kh); 0,30 ve Düşey Deprem İvmesi (Kv) 0,15 olarak alınmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Sayısal Örnek 6'ya Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçları

Φ	Temel Genişliği (B)	Temel Derinliği (Df)	Yatay Deprem İvmesi (Kh)	Düşey Deprem İvmesi (Kv)	GS	Terzaghi (qe) kpa	Dinamik (qd) kpa (GS=2)	qd/qe
20,00	1,00	1,00	0,30	0,15	3,00	52,47	11,68	0,223
20,00	1,00	1,50	0,30	0,15	3,00	73,54	17,42	0,237
20,00	1,00	2,00	0,30	0,15	3,00	94,62	23,16	0,245
20,00	1,00	2,50	0,30	0,15	3,00	115,70	28,90	0,250
20,00	1,00	3,00	0,30	0,15	3,00	136,77	34,64	0,253



Grafik.6. Sayısal Örnek 6'e Ait Terzaghi ve Dinamik Hesap Sonuçlarının Karşılaştırılması

Bu örnekte deprem ivmesi arttırıldığında qd/qe oranı 0,25'lere kadar düşmüştür. Sayısal Örnek 3'deki sonuçlar ile bu örneğimizdeki sonuçlar yaklaşık olarak aynıdır. Temel derinliğini arttırmak da dinamik analiz sonuçlarında artışa neden olmaktadır. Ancak bu artış Terzaghi yönetimindeki artışa göre sınırlı kalmaktadır. Dinamik analiz yapıldığında qd/qe oranı % 20'ler düzeyine düşmektedir. Temel derinliğinin arttırılması qd/qe oranına Sayısal Örnek 5'ten biraz daha fazla katkı sağlamıştır. Ancak bu katkı yine sınırlı kalmış ve Terzaghi yöntemindeki değerinin % 25'ini dahi geçememiştir.

Sonuç

Sonuç olarak son 20 yıl içinde olan depremlerde (1995 Kobe, 1999 Kocaeli, 2011 Van depremleri vb.) gözlenen taşıma gücü kayıplarından kaynaklanan hasarlar, zemin temel sisteminin dinamik davranışının önemini gözler önüne sermiştir. Herhangi bir yapıya ait temel sisteminin güvenliğinden bahsedebilmek için statik yükleme koşullarındaki performansının yanında olası dinamik yüklemelerin etkisi de belirlenmelidir. Temel sisteminin tasarımında, tasarım depremi için sahadaki zemin profilinin dinamik karakteristiklerine bağlı olarak taşıma gücü kaybının oluşup oluşmayacağının, taşıma gücü kayıplarının hangi mertebelerde olabileceğinin ve etki alanı içerisindeki zemin tabakalarının ne şekilde davranacağının mutlaka irdelenmelidir.

Bu çalışmada yüzeysel temellerin statik taşıma güçlerinin belirlenmesinde Terzahgi (1943), Meyerhof (1963), Hansen (1970) ve Vesic (1970) tarafından önerilen yöntemler, dinamik koşullardaki taşıma gücünün belirlenmesinde ise Richards vd. (1993) yöntemi kullanılmıştır. Statik ve dinamik taşıma güçleri, zemin özellikleri ve temel boyutlarını girdi olarak kullanan elektronik hesap tabloları yardımıyla belirlenmiştir. Zemin parametrelerinin, dinamik koşulların, temel boyutları ve derinliğinin, sismik taşıma gücündeki etkisi incelenmiş ve statik taşıma gücü ile karşılaştırılmıştır. Böylelikle deprem yönetmeliğinde yer alan dinamik analizlerde statik zemin emniyet gerilmesinin 1.5 katına kadar artırılması yaklaşımının hangi koşullarda geçerli olabileceği veya tamamen bu yaklaşımın ortadan kaldırılarak ilgili yönetmeliğin düzenlenmesi gerekmektedir.

Teknolojik afetler, doğal afetler ile karşılaştırıldığında göreceli olarak öngörülebilirlik rasyonalitesi açısından daha avantajlı bir konuma sahiptir. Doğal afetlerin oluşum mekanizması günümüz şartlarında, gelişen erken uyarı sistemlerine rağmen optimum seviyede tahmin şansı bulunmamakta ve doğal olarak önlem parametrelerinin yeterli düzeyde işletilememesine neden olmaktadır. Dolayısıyla, uygun yerleşim noktalarının seçimi, yapısal güçlendirmeler vb. konjonktürel yaklaşımlar dışında zengin alternatif yaklaşımlar sergilenememektedir. Oysa, teknoloji kökenli afetlerde; uygun arazi kullanımı,yönetim, planlama, gelişmiş güvenlik sistemleri, yasal çerçevenin dizaynı, fiziksel altyapıların iyileştirilmesi gibi farklı yaklaşımlar sayesinde olası riskler elemine edilebilmektedir.

Kaynaklar

[1] Alkaya, D., 2010. Geoteknik Raporda Bulunan Hesapların Spreadsheet (Ms Excel) İle Yapılması, Muğla Üniversitesi(Sunan: Burak YEŞİL), Muğla.

[2] Altun, S., 2010. Zemin İyileştirme Yöntemleri, Derin Temeller Ve Uygulama Örnekleri, Geoteknik Ders Notları, Ege Üniversitesi, İzmir.

[3] Aydınoğlu, N., 2011. Zayıf Zeminlerde Yapılan Binalarda Yapı-Kazık-Zemin Etkileşmi İçin Uygulamaya Yönelik Bir Hesap Yöntemi, Boğaziçi Üniversitesi, Rapor no: 2011/1, İstanbul.

[4] Aydınoğlu, N.,1994, Yapı Analizi ve Tasarımı Sürecinde Statik ve Dinamik Yapı-Zemin Etkileşimi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 5. Ulusal Kongresi, Od,rtadoğu Teknik Üniversitesi, Ankara.

[5] Berilgen, A., 2014. Temel Tasarımı ve Geoteknik Parametreler, Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

[6] Berilgen, A., 2014. Yüzeysel ve Derin Temeller, Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul

[7] Bozkurt, A., Kurtuluş, C., 2009: Jeofizik ve Geoteknik Metotlarla Mühendislik Uygulamaları: Yalova'da Arazi Uygulaması, Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi, 8. Cilt, 2. Sayı, s. 1-14.

[8] Civelek, S., 2011. Tabakalı Zeminlere Oturan Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü Analizi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, YL. Tezi, s.121, Adana.

[9] Çinicioğlu, S. F., 2005. Zeminlerde Statik ve Dinamik Yükler Altında Taşıma Gücü Anlayışı ve Hesabı, Seminer, İMO, İstanbul.

[10] Çinicioğlu, S. F., Bozbey, İ., Keleşoğlu, M.K., Toğrol, E., 2004. Dinamik Yükler Altında Meydana Gelen

Taşıma Gücü Kaybı: Akışkanlaşma ve Sıvılaşma, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.

[11] DLH, 2007. Geoteknik Tasarım EsaslarıJeofizikten Bulunması, Uygun Yapı Temeli Tasarımı, Jeofizik Bülteni 28. Sayı, Kardelen Ofset, İstanbul.

[12] Karabörk, T., Doğuş, S., 2005. Zemin Özelliklerinin Çok Katlı Yapıların Dinamik Davranışı Üzerine Etkisi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli Üniversitesi Yayınları, Kocaeli.

[13] Kayabaşı, A., Gökçeoğlu, C., 2012. Taşıma Kapasitesi ve Oturma Miktarının Hesaplanmasında Yaygın Kullanılan Yöntemlerin Mersin Arıtma Tesisi Temeli Örneğinde Uygulanması, TMMOB Jeoloji Mühendisliği Dergisi 36. Sayı s.1-22.

[14] Keçeli, A.,1990. Sismik Yöntemlerin Müsaade Edilebilir Dinamik Zemin Taşıma Kapasitesi ve Oturmasının Saptanması, Jeofizik Dergisi 4. Sayı, s. 83-92.

[15] Özcan, Z., 1996. Zeminlerin Dinamik Davranışı ve Dinar Örneği, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Altıncı Ulusal Kongresi, 24-25 Ekim 1996, İzmir, s1 542-552

[16] Özcan, Z., Celep, Z., -. Deprem Yükleri Altında Toprak Barajların Elasto-Plastik Davranışı,

[17] Öztoprak, S., Bozbey, İ., Çinicioğlu, S. F., 2008. Dinamik Yükler Altında Yüzeysel Temellerde Oluşan Taşıma Gücü Kaybı ve Oturmaların Hesaplanması, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onikinci Ulusal Kongresi, Selçuk Üniversitesi Yayınları, Konya.

[18] Siyahi, B., Çetin, K. Ö., Bilge, H. T., 2013. Geoteknik Deprem Mühendisliği Açısından Zemin-Temel-Yapı Etkileşimine Kritik Bakış, 5. Geoteknik Sempozyumu, 5-7 Aralık 2013, Adana, s.7-22

[19] Soygür, Ü. 1991. Zemin Emniyet Gerilmesi Nedir? Ne Değildir?, İnşaat Mühendisliği 'Zemin' Sempozyumu, 15-16 Kasım 1991, İzmir, s. 193-203

SÜLEYMANİYE CAMİİ'NİN FARKLI DEPREM KAYITLARI ALTINDA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF SULEYMANIYE MOSQUE BEHAVIOR UNDER DIFFERENT EARTHQUAKE RECORDS

Ayhan ASLAN[a], Abdurrahman ŞAHİN[b]

[a] Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, ayhan-aslan@yandex.com
[b] Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, abdsahin@yildiz.edu.tr

Özet

Mimar Sinan'ın 1550 yılında yapımına başladığı ve 7 senede yapımını bitirdiği Süleymaniye Camii, bu çalışmada 3 boyutlu olarak modellenmiş ve farklı depremlerin etkisi altında davranışı incelenmiştir. Modellemede sonlu elemanlar yöntemi kullanılmış, depremler ise geçmişte yaşanan gerçek deprem kayıtları kullanılarak yapıya etki ettirilmiştir. Analiz sonucunda yapının deprem etkileri altında yapacağı davranışlar elde edilmiş ve yapının depremlerden en çok etkilenen bölgeleri tespit edilmiştir. Sonuçlar neticesinde yapı hakkında değerlendirmeler yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Süleymaniye Camii, Deprem Analizi, Yığma Yapılar, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Sap2000

Abstract

In this study, 3D models of Suleymaniye Mosque which Mimar Sinan began the construction in 1550 and finished in 7 years is developed and the behavior is examined under the influence of different earthquakes. Finite Element Method is used in modeling and earthquakes have been applied to the structure using actual earthquake records of the past. The structural behavior under the earthquake effects is obtained at the end of the analyses and the most affected areas of the structure have been determined. The results are evaluated and comments are made about the structure.

Keywords: Suleymaniye Mosque, Earthquake Analysis, Masonry Structures, Finite Element Method, Sap2000

1. Giriş

Süleymaniye Camii gibi karmaşık bir yapının modellenmesi son derece zordur. Modelleme bazı kabuller ve idealleştirmeler yapılarak yapılmalıdır. Kabuller, edinilemeyecek veya edinilmesi zor veriler için geçmiş çalışmalar kullanılarak yapılır. İdealleştirme yapmak ise modelleme aşamasında bazı kolaylıklar sağlar.

Hiçbir model yüzde yüz gerçeği yansıtamayacağı için amaç gerçekçiliğe en yakın sonucu elde etmek olmalıdır. Bunun için önce yapının projesini almak ve yapı hakkında bilgi toplamak gerekir. Yeterli veriye sahip olduktan sonra yöntem seçilerek modelleme işlemine başlanır. Bu çalışmada sonlu elemanlar yöntemi tercih edilmiştir. Yapının zorluğuna bağlı olarak modelleme işlemi uzun sürebilir.

2. Yapı Hakkında Bilgiler

Süleymaniye Camii her biri yaklaşık 30'ar ton olarak hesaplanan dört fil ayağı üzerine kurulmuştur. Fil ayakları üzerine oturan caminin kubbesi tepede bulunan alem kısmı hariç 50,5 metre yüksekliğinde, çapı ise 27,5 metredir. Kubbe kasnağında 32 pencere bulunmaktadır. İki adet yarım kubbe ana kubbeyi yanlardan desteklemektedir [1].

Camide dört adet minare vardır. Avlunun dört köşesinde minareler konumlanmıştır. Avlunun cami ile bitişik kısmındaki minareler (doğu ve güney minareleri) 76 metre yüksekliğinde olup üçer adet şerefesi vardır. Camiye bitişik olmayan minareler (kuzey ve batı minareleri) 55,5 metre yüksekliğinde olup ikişer adet şerefesi vardır (Şekil 1).



Şekil 1. Süleymaniye Camii [2]

3. Yapısal Modelleme ve Analiz

Sonlu elemanlar yöntemi ile modelleme yapılır iken doğru şekilde yapıyı parçalara ayırarak modellemek önem arz eder. Yapının hassas veya geometrik olarak zor olan bölgelerinde yapı daha küçük parçalara ayrılarak modelleme yapılabilir. Modelleme yaparken parçaların bağlantı noktalarının düzgün yapılması önemlidir. Bu sayede yük aktarımları düzgün olur ve analiz sonuçlarında gerçeğe en yakın sonuçlar elde edilir.

Yapısal modelde kullanılan elemanlara ait model tipleri ve malzeme özellikleri Çizelge 1 de görüldüğü gibidir. Burada

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

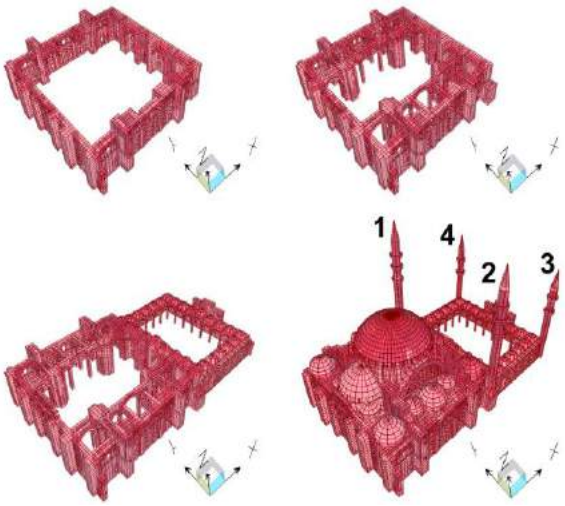
verilen malzeme özellikleri Dabanlı [3] tarafından kullanılan malzeme özellikleri referans alınarak tespit edilmiş daha sonra Selahiye vd. [4] tarafından sunulan deneysel ölçüm sonuçları referans alınarak Çizelge 1'de görüldüğü gibi güncellenmiştir.

Çizelge 1. Modelde kullanılan malzeme parametreleri.

Yapı elemanı	Eleman tipi	Model tipi	Elastisite modülü (MPa)	Öz kütle (kg/m^3)	Poisson oranı
Duvarlar	Taş	Katı	9500	2200	0,2
Minareler	Taş	Katı	9500	2200	0,2
Kubbeler	Tuğla	Kabuk	3000	1800	0,18

3.1. Sonlu Elemanlar Modeli

Süleymaniye Camii bilgisayar ortamında Sap2000 [5] uygulaması ile sonlu elemanlar yöntemine uygun olarak modellenmiştir. Modellemenin tamamı Sap2000 uygulaması üzerinde yapılmıştır. Sadece modelleme aşamasında Autocad uygulaması üzerinden yardımcı çizgiler içeri aktarılmıştır. Şekil 2'de yapının modellenme aşamaları gösterilmiştir.



Şekil 2. Süleymaniye Cami modelleme aşamaları

Modelde 48172 bağlantı noktası (point), 2658 kabuk (shell) eleman, 23500 katı (solid) eleman mevcuttur. Model X ekseninde 114,08 metre, Y ekseninde 69,13 metre, Z ekseninde 73,25 metrelik alan içerisinde yer almaktadır. Minare tepelerindeki alem kısmı statik açıdan fazla etkili olmayacağından dolayı modelde ihmal edilmiştir.

3.2. Dinamik Analiz

Yapının serbest titreşim periyotları, frekansları ve mod şekillerini belirlemek için modal analiz yapılır. Çıkan modlardan eksen yönlerindeki ve Z ekseni etrafındaki burulma modunda en fazla kütle katılım oranına sahip olanlar belirlenir. Bu modların frekansı gerçek yapının ölçülen serbest titreşim frekanslarına yakın çıkmış ise oluşturulan model yeteri kadar gerçekçi sonuç veriyor denilebilir. Yapının deneysel frekansları Selahiye vd. [4] tarafından sunulan çalışmadan alınmıştır.

Çizelge 2. Modların frekansları ve kütle katılım oranları.

Mod No	Deneysel Frekans (Hz)	Model Frekans (Hz)	UX (%)	UY (%)	UZ (%)	RZ (%)
Mod 14	3,38	3,366	**54,17**	0,526	5,2 E-7	0,003
Mod 15	3,44	3,486	0,749	**40,912**	1,4 E-4	4,559
Mod 16	4,26	4,247	0,052	0,154	8,4 E-4	**12,09**
Mod 66	9,60	9,013	0,032	0,051	**5,026**	0,083

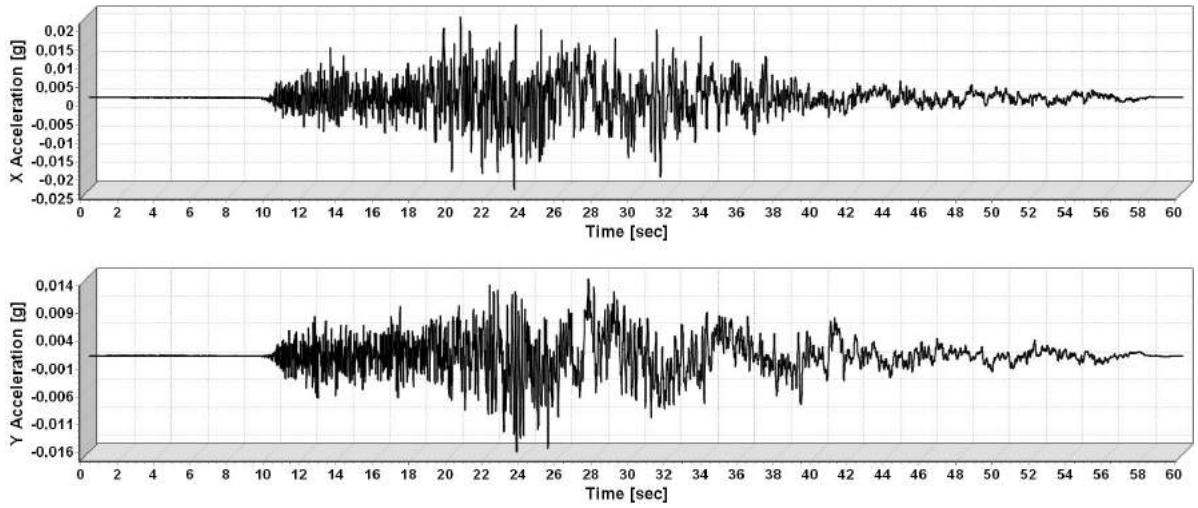
Yapının modal analiz sonuçları neticesinde, ilk 100 modda (X) yönünde toplam kütle katılım oranının yapı kütlesinin %77,12'si ve (Y) yönünde toplam kütle katılım oranının da yapı kütlesinin %77,16'sı olduğu hesaplanmıştır. (X) yönünde en fazla kütle katılım oranına sahip olan modun %54,17 kütle katılım oranı ile 14. mod olduğu tespit edilmiştir. (Y) yönünde ise en fazla kütle katılım oranına sahip olan modun ise %40,91 kütle katılım oranı ile 15. mod olduğu tespit edilmiştir. Kütle katılım oranı en fazla olan modlar Çizelge 2'de gösterilmiştir. Mod 68'den itibaren toplam kütle katılım oranları çok düşük miktarda artmaya başladığı için çalışmaya 100 mod ile devam edilmiştir.

Zaman tanım alanında dinamik analiz, herhangi bir deprem sırasında zeminde oluşan ivme değerlerinin yapı modeline doğrudan etki ettirilmesi ile yapı davranışının elde edildiği bir analiz yöntemidir.

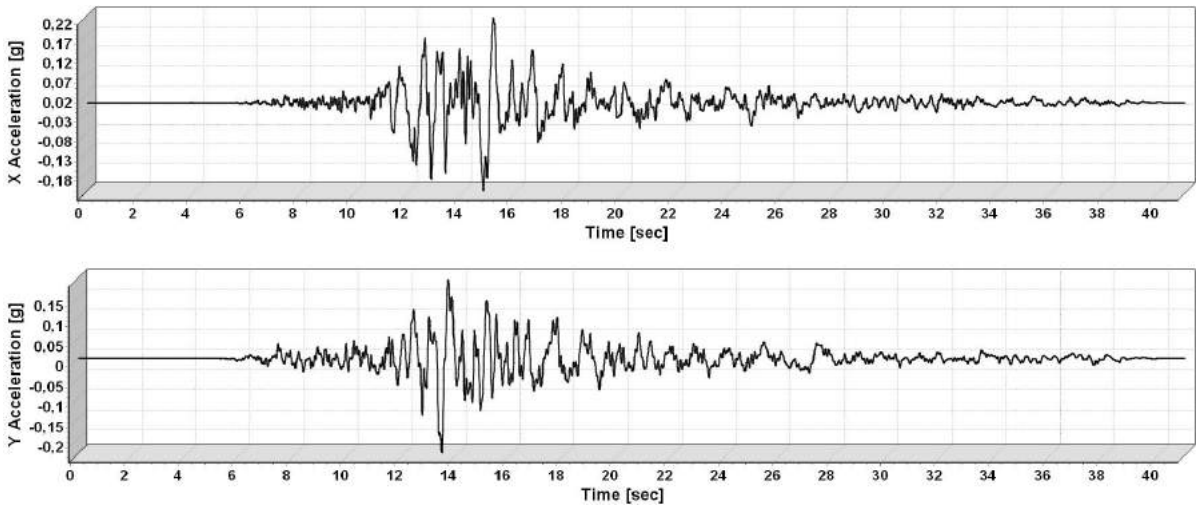
Şekil 3, 4 ve 5'de yapıya etki ettirilen ivmelerin zamana bağlı değişimi, Şekil 6,7 ve 8'de ise yer değiştirmelerin zamana bağlı değişimleri verilmiştir. Şekillerde verilen ivmeler teker teker yapıya etki ettirilmiş ve yapının kendi ağırlığı da dikkate alınarak zaman tanım alanında analiz yapılmıştır. Deprem kayıtlarının doğu-batı bileşenleri x doğrultusunda, kuzey-güney bileşenleri de y doğrultusunda yapıya etki ettirilmiştir. Yapının kritik bazı noktalarında oluşan yer değiştirmeler Çizelge 3'te verilmiştir. Bunun yanında yapıda oluşan maksimum gerilmeler MPa cinsinden Çizelge 4 ve 5'te verilmiştir.

Çizelge 3. Analiz sonucunda yapının tepe noktalarında tespit edilen en büyük yer değiştirme miktarları

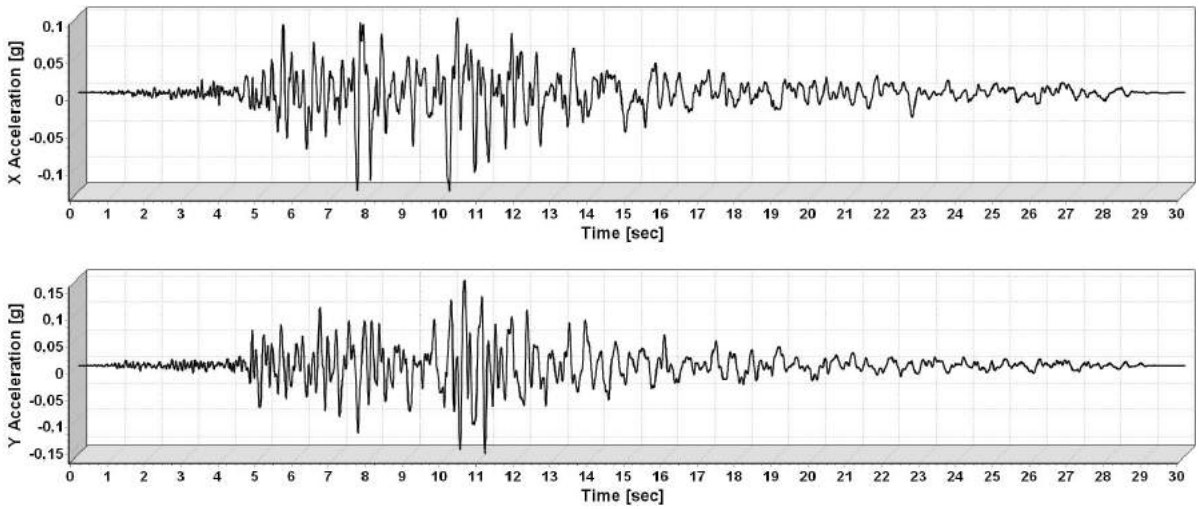
Tepe Noktası	Düzce Depremi (mm)				Kobe Depremi (mm)				Northridge Depremi (mm)			
	Maks (x)	Min (x)	Maks (y)	Min (y)	Maks (x)	Min (x)	Maks (y)	Min (y)	Maks (x)	Min (x)	Maks (y)	Min (y)
Büyük Kubbe	1,87	-1,97	1,03	-0,99	9,53	-13,83	9,97	-9,64	7,13	-9,64	8,38	-9,12
(1) Güney Minaresi	9,48	-20,1	14,23	-22,9	251,6	-217,7	146,4	-182,8	46,79	-88,3	46,57	-106,9
(2) Doğu Minaresi	9,25	-19,6	14,11	-23	251,2	-226,5	147,7	-178,9	45,33	-87,8	45,61	-104
(3) Kuzey Minaresi	15,79	-16,1	15,34	-19,6	203,1	-188,4	178,2	-189,2	74,78	-81,9	39,36	-43,84
(4) Batı Minaresi	15,83	-16,2	15,39	-19,6	202,5	-187,1	178,5	-190,1	74,69	-81,6	39,3	-43,99



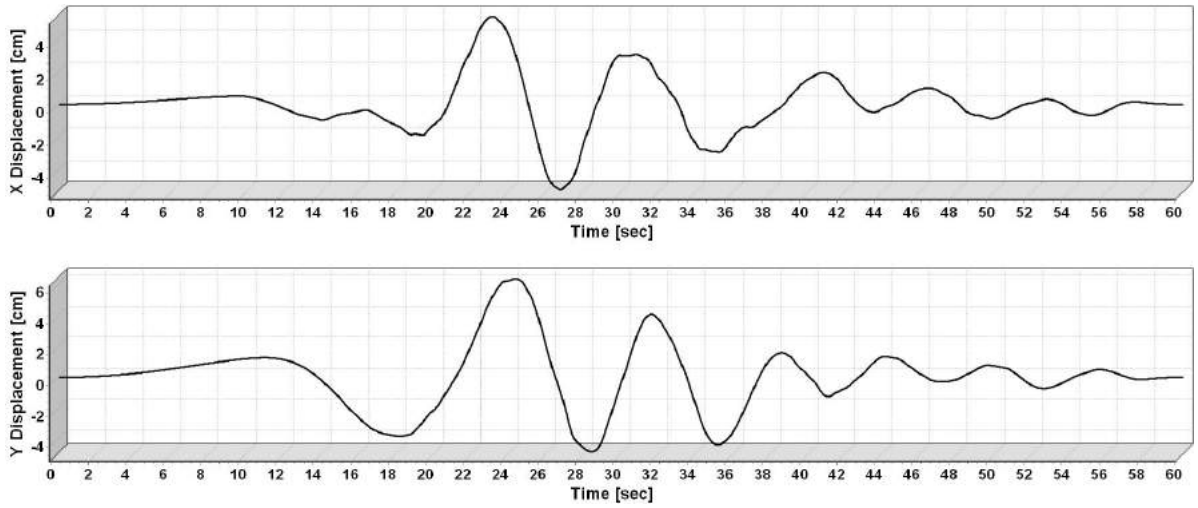
Şekil 3. Düzce depremi(1999) ivme-zaman grafiği, (Mag: 7,14 M_W, kırılma bölgesinin 45 km uzağı Sakarya istasyonu kaydı, mekanizma: strike slip) [6] [7]



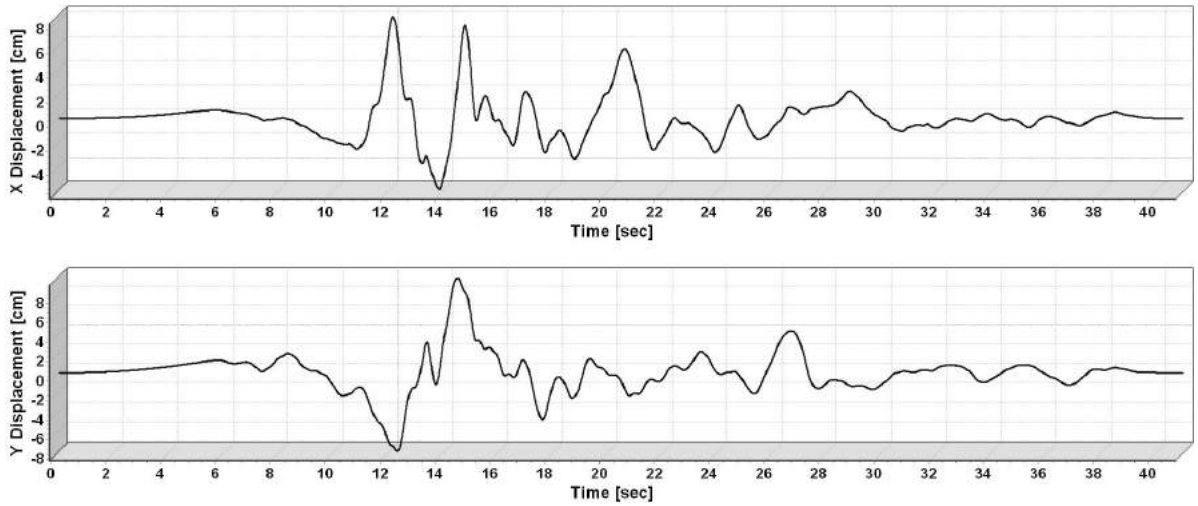
Şekil 4. Kobe depremi(1995) ivme-zaman grafiği, (Mag: 6,9 M_W, kırılma bölgesinin 19 km uzağı Shin-Osaka istasyonu kaydı, mekanizma: strike slip) [6] [7]



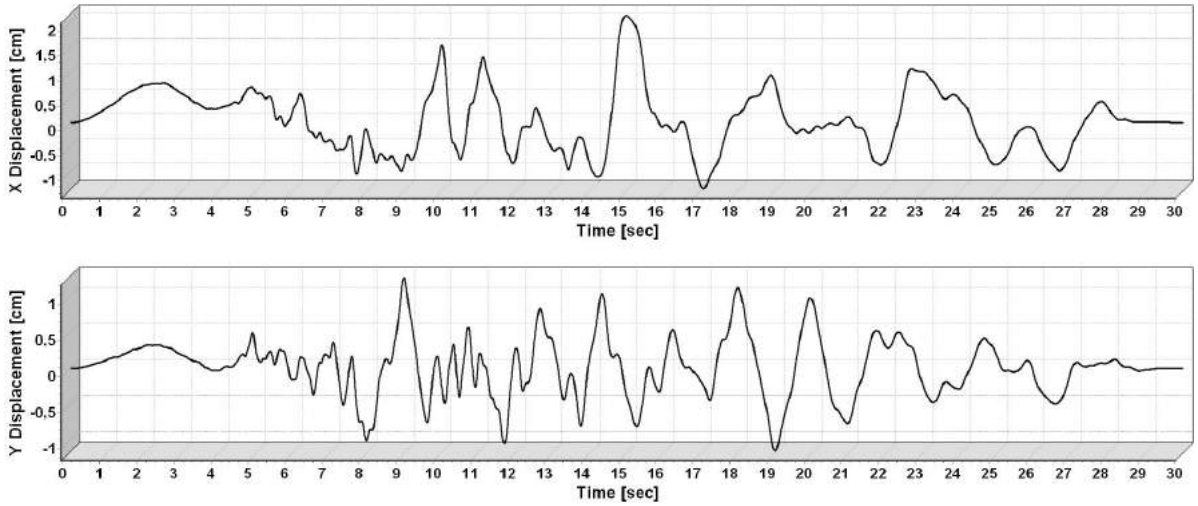
Şekil 5. Northridge depremi(1994) ivme-zaman grafiği, (Mag: 6,69 M_W, kırılma bölgesinin 30 km uzağı LA - N Figueroa St istasyonu kaydı, mekanizma: reverse) [6] [7]



Şekil 6. Düzce depremi(1999) yer değiştirme-zaman grafiği, (Mag: 7,14 M_W, kırılma bölgesinin 45 km uzağı Sakarya istasyonu kaydı, mekanizma: strike slip) [6] [7]



Şekil 7. Kobe depremi(1995) yer değiştirme-zaman grafiği, (Mag: 6,9 M_W, kırılma bölgesinin 19 km uzağı Shin-Osaka istasyonu kaydı, mekanizma: strike slip) [6] [7]



Şekil 8. Northridge depremi(1994) yer değiştirme-zaman grafiği, (Mag: 6,69 M_W, kırılma bölgesinin 30 km uzağı LA – N Figueroa St istasyonu kaydı, mekanizma: reverse) [6] [7]

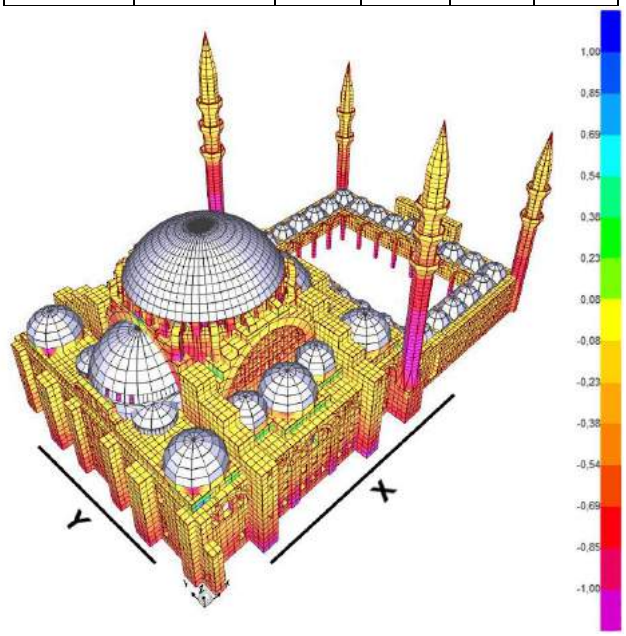
4. Sonuçlar

Yapı hiçbir etki altında olmadan yapılan analiz sonucunda meydana gelen çekme ve basınç gerilmeleri Çizelge 4'te verilmiştir. Yapının dikey yönde (S33) oluşturduğu maksimum basınç 2,35 MPa'dır (Şekil 9). Sonuçlara bakıldığında yapının ağır olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca yapının ölü ağırlığının yapı içinde çekme gerilmeleri oluşturduğu görülmektedir. Y ekseni (S22) doğrultusunda ölü yük nedeni ile oluşan maksimum gerilme 1,31 MPa'dır.

Yapıda deprem analizleri sonucu meydana gelen en büyük çekme ve basınç gerilmeleri Çizelge 5 ve 6'da görüldüğü gibidir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde, en büyük çekme gerilmelerinin Kobe depreminin X yönünde etki ettirilen bileşeni sonucunda elde edildiği anlaşılmaktadır. Bu deprem sonucu oluşan gerilme dağılımları Şekil 10'da gösterilmektedir. Grafik skalası 1 MPa ve -1 MPa arasında ölçeklendirilerek sunulmuştur. Yapının geneli (sarı-mavi arası bölgeler) Şekil 10'da görüldüğü gibi 1 MPa altında çekme gerilmesine maruz kalmıştır. Minare duvarlarında 3 MPa civarlarında, pencere boşluklarının yakın olduğu yerlerde ise 1,5 MPa civarı çekme gerilmeleri oluşmuştur. Şekil 11'de görüldüğü gibi yapının temel ile birleştiği yerlerin bazı kenar kısımlarında 1 ile 2 MPa arasında gerilmeler oluşmuştur.

Çizelge 4. Ölü yükler altında en büyük gerilmeler (MPa)

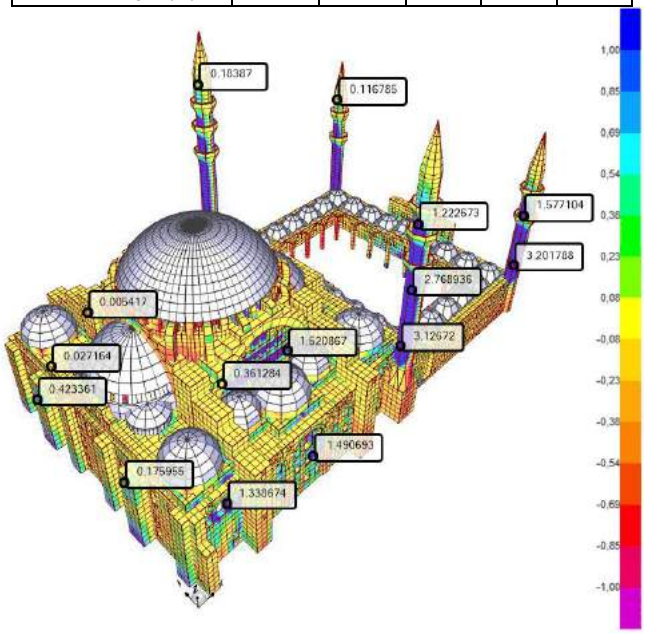
	SHELL (KUBBELER)		SOLID		
	S11	S22	S11	S22	S33
Çekme Gerilmesi	0,68	0,69	1,06	1,31	1,22
Basınç Gerilmesi	1,22	1,52	1,25	2,03	2,35



Şekil 9. Yapının ağırlığı nedeni ile z ekseninde oluşan basınç gerilmeleri (Çizelge 4, S33).

Çizelge 5. Deprem etkisi altında yapıda oluşan en büyük çekme gerilmeleri (MPa)

MAKS. ÇEKME	SHELL (KUBBELER)		SOLID		
	S11	S22	S11	S22	S33
Düzce (X)	0,75	0,89	1,3	**1,91**	1,37
Düzce (Y)	0,72	0,73	1,24	**1,62**	1,35
Kobe (X)	1,34	1,85	4,09	3,18	**5,76**
Kobe (Y)	2,18	2,07	2,56	3,25	**5,34**
Northridge (X)	1,13	1,53	3,26	2,58	**3,87**
Northridge (Y)	1,79	1,22	1,96	**3,52**	3,14



Şekil 10. Kobe depreminin (X) yapıda oluşturduğu en büyük çekme gerilmeleri (Çizelge 5, S11).

Kobe gibi Northridge ve Düzce depremlerinde de en büyük çekme gerilmeleri X ekseninde etki ettirilen depremlerden dolayı oluşmuştur.

Y Ekseninde ise yine en büyük gerilme Şekil 12'de görüldüğü gibi Kobe depreminde oluşmuştur. Bunun nedeni tercih edilen deprem kayıtlarından kırılma noktasına en yakın olanının Kobe depremi kaydının olmasıdır. Bu nedenle Kobe depremi ivme kayıtları Düzce ve Northridge depremi ivmelerine göre daha büyük değerdedirler. Kobe depreminin X bileşeninin güney minaresi yüzeyinde oluşturduğu çekme gerilmeleri detayı Şekil 13'te, Y bileşeninin kuzey minaresi yüzeyinde oluşturduğu basınç gerilmeleri detayı ise Şekil 14'te gösterilmektedir.

Yapıda oluşan çekme gerilmeleri arttıkça çatlak oluşumu ihtimali artacaktır. Bu nedenle en fazla çatlak oluşumu Kobe depreminde, ardından Northridge depreminde, en son olarak ta Düzce depreminde beklenebilir.

Yapının ağır olması nedeni ile en büyük basınçlar depremlerin hepsinde doğal olarak düşey eksende (S33)

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Çizelge 6. Deprem etkisi altında yapıda oluşan en büyük basınç gerilmeleri (MPa)

MAKS. BASINÇ	SHELL (KUBBELER)		SOLID		
	S11	S22	S11	S22	S33
Düzce (X)	1,4	1,65	1,79	2,15	**2,94**
Düzce (Y)	1,43	1,59	1,37	2,09	**2,99**
Kobe (X)	2,32	2,44	4,16	3,35	**6,97**
Kobe (Y)	2,49	2,53	2,29	3,64	**6,45**
Northridge (X)	2,1	2,13	4,19	2,93	**4,84**
Northridge (Y)	2,06	2,22	2,17	3,78	**4,45**

oluşmuştur. Basınç gerilmelerinin önemli bir kısmı yapının kendi ağırlığı nedeni ile oluşmuştur denilebilir. Kubbelerde (Shell kısmında) basınç gerilmelerin hepsi çekme gerilmelerinden daha fazla olmuştur. Yapının geri kalanında ise sadece Kobe depreminde (Y) S11 çekme değeri basınç değerinden az miktarda fazla çıkmıştır. Kubbelerde en fazla basınç Şekil 15'te görüldüğü gibi yapı ile veya başka bir kubbe ile bağlandığı yerlerde oluşmuştur. En fazla çekme gerilmeleri de basıncın büyük olduğu yerler ile aynı yerlerde meydana gelmiştir. Şekil 16'da Northridge depreminin (Y) etkisi altındaki kubbelerin çekme gerilemeleri detayı verilmiştir. Yapıya kıyasla kubbelerde oluşan basınç ve çekme gerilmelerinin çok daha düşük seviyelerde kaldığı söylenebilir.

Çizelge 3'teki yapının yer değiştirme miktarlarına bakıldığında yapının Düzce depreminden pek fazla etkilenmediği ve yer değiştirme miktarlarının düşük miktarda kaldığı görülmüştür. Düzce deprem kaydının diğerlerine göre kırılma noktasına en uzak mesafede olan istasyon kayıtlarının kullanılmasının da bu sonuç üzerinde etkisi vardır. Ana taşıyıcı sistem bütün depremlerde rijit davranarak düşük miktarda yer değiştirme göstermiştir. Yapının en fazla yer değiştirme gösteren yerleri ise 1 ve 2 nolu güney ve doğu minarelerinin tepe noktaları olmuştur.

Minare tepeleri, Kobe depremi (X) etkisi altında 251 mm yer değiştirme yapmıştır.

Kaynaklar

[1] T.C. Vakıflar Genel Müdürlüğü Süleymaniye Camii Röleveleri (Ocak 2007)

[2] https://youtu.be/9H-AGb2U27A, Kubbe-i Mina (Aralık 2015)

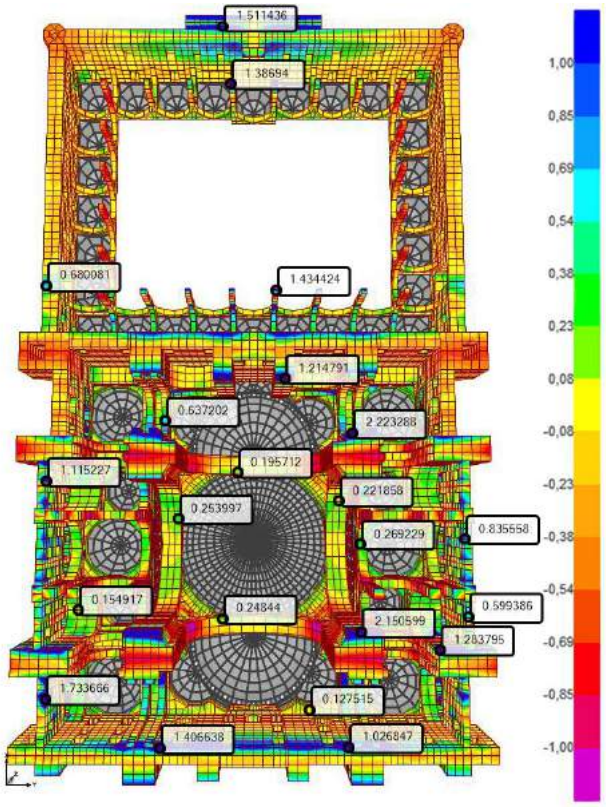
[3] Dabanlı Ö., Tarihi Yığma Yapıların Deprem Performansının Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi , Haziran 2008.

[4] Selahiye A., Aydınoğlu M.N. ve Erdik M., Süleymaniye Camii'nin dinamik özelliklerinin deneysel ve analitik yöntemler ile belirlenmesi, Üçüncü Ulusal deprem Mühendisliği Konferansı, Mart 1995, İstanbul

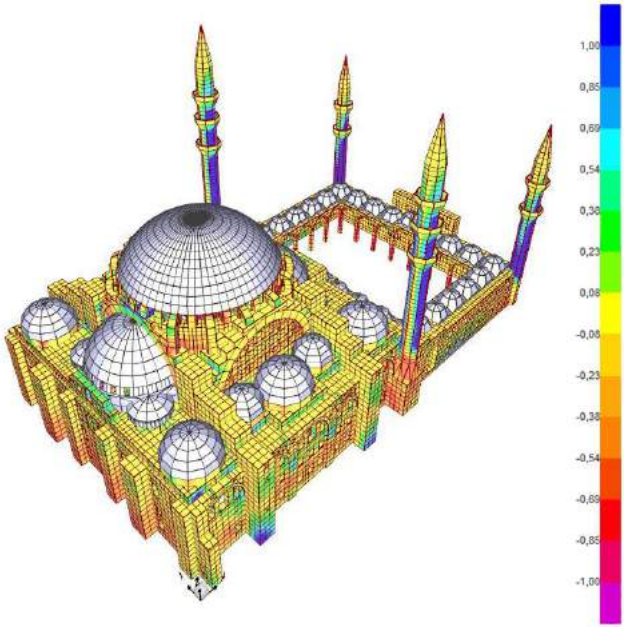
[5] SAP2000 (2015). Structural Analysis Program, Computer and Structures Inc., Berkeley, California.

[6] PEER Ground Motion Database, University of California, ngawest2.berkeley.edu,

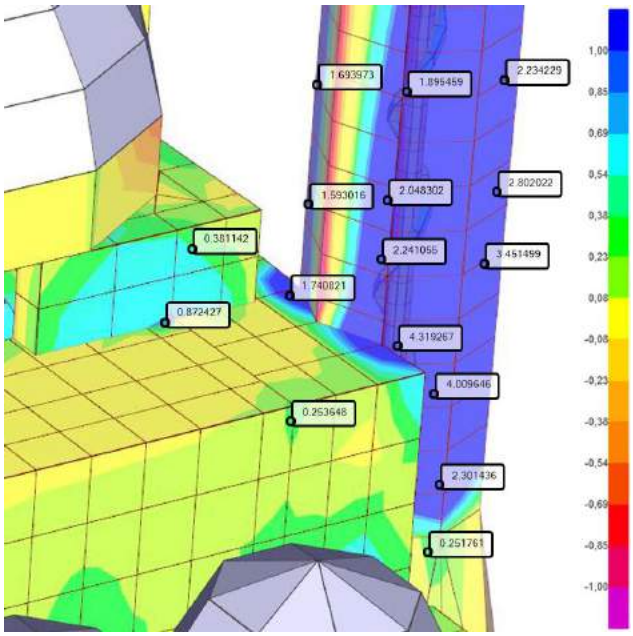
[7] SeismoSignal (2013). Seismosoft Ltd., Pavia, Italy.



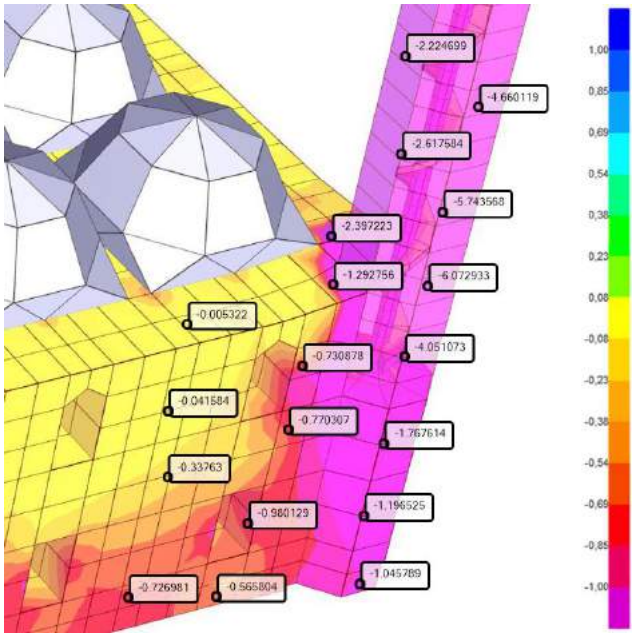
Şekil 11. Kobe depreminin (X) etkisi altında oluşan düşey yöndeki çekme gerilmeleri ve bazı noktalardaki değerleri (Pozitif değer çekme, negatif basınçtır. Çizelge 5, S33).



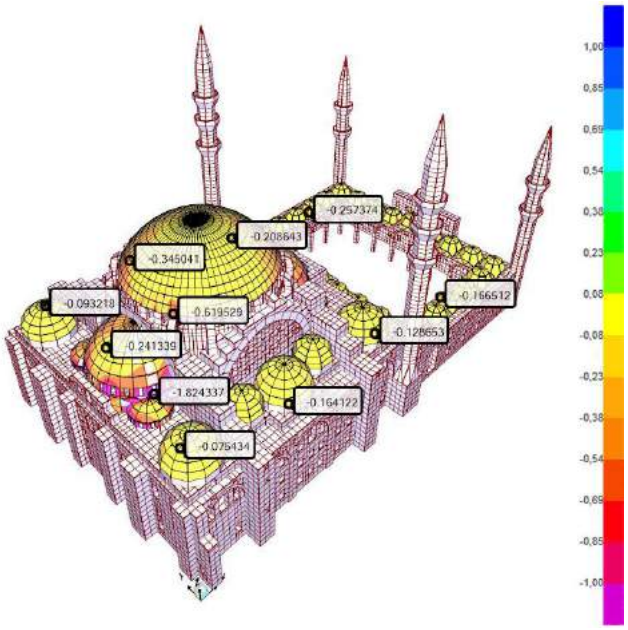
Şekil 12. Kobe depremi (Y) yapıda oluşturduğu en büyük çekme gerilmeleri (Çizelge 5, S22).



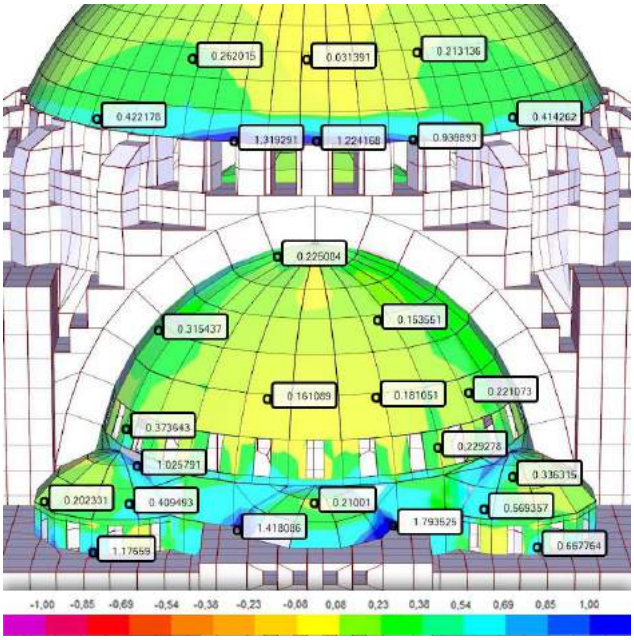
Şekil 13. Kobe depreminin (X) güney minaresi yüzeyinde oluşturduğu çekme gerilmeleri detayı (Çizelge 5, S33).



Şekil 14. Kobe depreminin (Y) kuzey minaresi yüzeyinde oluşturduğu basınç gerilmeleri detayı (Çizelge 6, S33).



Şekil 15. Northridge depremi (Y) kubbelerde (Shell) oluşan en büyük basınç gerilmeleri (Çizelge 6, S11).



Şekil 16. Northridge depreminin (Y) ana kubbe yüzeyinde ve cami avlusu tarafındaki kubbe yüzeyinde oluşturduğu çekme gerilmeleri detayı (Çizelge 5, S11).

IN SITU SITE INVESTIGATION OF DYNAMIC SOIL-STRUCTURE INTERACTION

YAPI-ZEMİN DİNAMİK ETKİLEŞİMİNİN SAHA KOŞULLARINDA DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

Erkan Çelebi[a], Hüseyin Serdar Küyük[b,c] ve Fatih Göktepe[d]
[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: ecelebi@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: skuyuk@sakarya.edu.tr
[c] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr
[d] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: fgoktepe@sakarya.edu.tr

Özet

Günümüzde deprem hesabında kullanılan geleneksel yöntemlerde, yapının oturduğu zemin ortamının şekil değiştirmediği varsayımı altında yapı temelinden zemine ankastre bağlı bir sistem olarak ele alınır. Deprem verisi olan yer hareketi de yapı varlığından etkilenmeyen yatay bir ötelenme hareketi olarak kabul edilir. Yapı-zemin dinamik etkileşim probleminin sismik analizi ise üstyapı, yapı temeli ve temelin çevresini saran zemin olmak üzere ayrı karakterdeki üç sistemin ortak titreşimine dayalı yapısal tepkiyi ortaya çıkarmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada bina varlığının titreşim dalgasının yayılımına, dolayısıyla yer hareketi üzerindeki etkisi yapı-zemin etkileşimi açısından deneysel olarak incelenmiştir. Yapay dinamik yük kaynağı ile titreşime zorlanan iki katlı betonarme çerçeveli bir binanın temeline yerleştirilen ivmeölçerlerden alınan titreşim kayıtları, söz konusu bina yapısına yakın serbest zemin yüzeyi titreşim kayıtları ile karşılaştırarak, yapı-zemin ortak davranışında kinematik etkileşimin temel titreşim hareketindeki etkin rolü gösterilmeğe çalışılmıştır. Bu özel saha çalışması ile seçilmiş ölçüm noktalarından elde edilen titreşim verilerinden yararlanarak ivme, yerdeğiştirme zaman geçmişi ve Fourier spektrumlarındaki farklılıklar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Kompaktör, serbest zemin hareketi, bina titreşimleri, yapı-zemin etkileşimi, dalga yayılımı

Abstract

The traditional methods used in today's seismic design of structure considers foundation as a fixed base under the assumption that ground does not deforms. Earthquake ground motion is also considered as a horizontal movement that is not being affected by the structure. The seismic analysis of dynamic soil-structure interaction which considers superstructure, foundation and surrounding ground around building, aim to assess structural response based on the interaction of these three components.

In this study, presence of building, which is effecting on wave propagation, is experimentally investigated considering soil-structure interaction. Acceleration records from the foundation of a two-story reinforced concrete, that is forced to vibrate by artificial dynamic load, are compared with the free ground surface vibration records around the building to show soil-structure kinematic interaction's effect on vibration of foundation. With this specific field study, differences in acceleration, displacements time histories and Fourier spectrums are comparatively presented using recorded vibrations from selected locations of interest.

Keywords: Compactor, free field motion, building vibration, soil-structure interaction, wave propagation

1. Giriş

Deprem yer hareketine veya insan yapısı titreşimlere (makine temelleri, demiryolu ve karayolu trafik yükleri, kazık çakmak veya patlatma aktiviteleri) maruz yapıların dinamik davranışı birbirine bağlı üç ortak sistemin etkileşimi altındadır. Bunlar üstyapı, yapı temeli ile temelin altını ve çevresini saran jeolojik zemin ortamıdır. Depreme dayanıklı sistemlerinin tasarımında kuramsal hesaplama altyapısı hazırlanırken, yapı ile zeminin karşılıklı dinamik etkileşiminin çözüme dâhil edilmesi önem kazanmaktadır.

Günümüzde yapı-zemin dinamik etkileşim problemlerinin sayısal araçlarla modellenmesinde, doğrudan çözüm yöntemi [1,2] ve alt-sistem yaklaşımı [3-5] kullanılarak, zemin koşullarının yapısal davranış üzerindeki etkileri yapısal ve geoteknik parametrelere bağlı incelenmektedir. Depremselliği yüksek bölgelerde inşa edilecek önemli yapıların dinamik analizinde yerel zemin koşullarının hesap yöntemine katılması konusunda tavsiye niteliğinde önemli raporlar yayınlanmıştır [6,7].

Yapı-zemin ortak sisteminin dinamik davranışı, kinematik ve eylemsizlik etkileşimi etkileri altında değerlendirilmektedir. Kinematik etkileşim sonucunda, sismik analizde yapı temelinde tanımlanacak olan yer hareketi, serbest zemin deprem verisine göre farklılık gösterecektir. Serbest zemin hareketi, yapı varlığından etkilenmeyen, dolayısıyla yapısal titreşimlerin, temel ve temel çevresindeki dalga saçılmalarının etkisini gözardı eden bir yaklaşımdır. Sahada gerçekleştirilen bu deneysel çalışmada dinamik yapay yük kaynağı ile üretilen titreşim hareketi serbest zemin yüzeyinde ve bina temelinde kayıt altına alınarak, kinematik etkileşimin yer hareketi üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

2. Yöntem

Bu çalışmada, serbest yüzey yer hareketiyle titreşime zorlanan yapı-temel-zemin ortak sisteminin karşılıklı

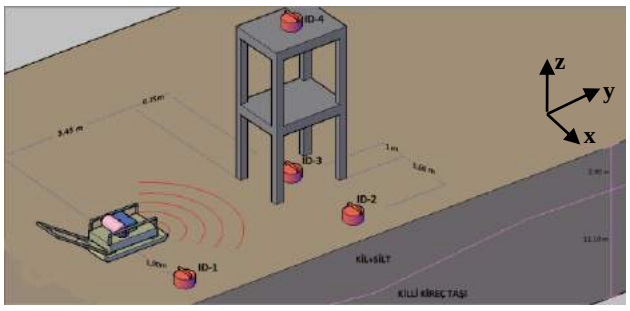
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

etkileşimi ve zeminin üst yapıların dinamik davranışı üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Dinamik davranışı incelenen yapı modeli 0.50 m temel derinliğinde iki katlı tek açıklıklı betonarme bir çerçeve olup Sakarya Üniversitesi Esentepe kampüsü içersinde yer almaktadır. Binanın yüksekliği 4 m ve her iki doğrultudaki genişlikleri sırasıyla 2 m ve 1.5 m'dir (Şekil 1). Üstyapının konumlandığı zemin ortamının mekanik özellikleri sismik deneylerle araştırılmış ve 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre bu zemin sınıfı Z2 olarak ifade edilebilir.



Şekil 1. Çalışma sahasının genel yapısı.

Binanın zemin katı, tepe noktası ve etrafına belirli mesafelerde ivmeölçer cihazlar konularak serbest yüzey yer hareketinin oluşturacağı titreşimler ölçülmüştür. İvmeölçerlerin tamamı üç eksenli ölçüm yapabilmektedir. Deneysel çalışmada kullanılan toplam dört adet ivmeölçerin biri dinamik yük kaynağının yakınında, diğeri serbest zemin yüzeyinde olup iki adet ivmeölçer ise binanın zemin ve üst katına yerleştirilmiştir (Şekil 2). Böylece, serbest zemin yüzey kayıtları ile bina zemin katı ve tepe noktasına ait titreşimler karşılaştırılarak yapı varlığının temel hareketi üzerindeki etkisi yapı-zemin dinamik etkileşimi açısından, deneysel olarak araştırılmıştır.



Şekil 2. Çalışma sahasının genel şematik yapısı.

2.1. Deney Setinin Özellikleri

Deneysel çalışmalarda kullanılan ivmeölçerler çok düşük gürültü seviyelerine sahip zayıf titreşim hareketlerini üç eksenli ve DAC-3HDG tipi 32 bit yüksek çözünürlüklü ivmeölçerlerdir. Bunlara ait teknik özellikler Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 1. Teknik ve Donatımsal özellikler

Donanım	Özellikleri
İvmeölçer	3 Eksen a-) Capacitive Force Micromachined Sensor b-) 300ng/√Hz. noise c-) ±2g Full calibration d-) ±5 V Differential output e-) Resolution over 200 Hz. bandwidth f-) Self test input (Kendi kendini test edebilme girişi)
Güç Kaynağı	12 VDC
Çalışma Sıcaklığı	-20 +80
Haberleşme Portu	1 Ethernet / TCP-IP
GPS	50 Kanal Super Sense Dahili
Çalışma Frekansı	50/100/200 Hz. (5mS)
Hafıza Kartı	2 Gb Dahili, (140 saat kayıt alabilme yeteneği.) Kutu
ADC	32 Bit yüksek çözünürlük.
Filtre	2 Kanal FIR/Antialiasing

Saha koşullarında GPS anteni ve enerji kabloları ivmeölçere iki kablo yardımı ile bağlanmıştır. MEMS sensörü, ADC sayısallaştırıcı ve ivmelerin kayıt altına alındığı belleği içeren ivmeölçer ana kutusu yardımıyla bina ve serbest zemin yüzeyine ait titreşim kayıtları elde edilmiştir (Şekil 3).



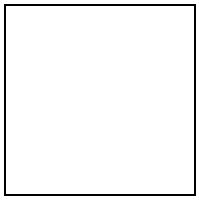
Şekil 3. DAC-3HDG GPS senkronizasyonlu sayısallaştırıcı ve veri kaydedici ivmeölçer

2.2. Dinamik Yük Kaynağı

Deprem yer hareketi dışındaki insan yapısı titreşimlere maruz kalan yapıların dinamik davranışının belirlenmesi amacıyla yapılan deneysel araştırmalar özellikle son yıllarda inşaat mühendisliğinde önemli bir uğraş alanı olmuştur. Dinamik dış yükler altındaki önemli yapı sistemlerinin davranışını daha iyi değerlendirebilmek ve bunun sonucunda tam güvenliğini sağlayabilmek için kullanılan sayısal çözüm yaklaşımlarının yeterli bulunmadığı durumlarda üstyapıların dinamik davranışının deneysel olarak irdelenmesi önemini artırmıştır.

Bu yöntemde, araştırma sahasında kullanılan üç eksenli ivmeölçerler yardımıyla bina varlığının titreşim dalgasının yayılımına, dolayısıyla yer hareketine etkisi değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmalarda, dinamik yük

kaynağı olarak 73-75 Hz frekans aralığında çalışan 46 KN düşey yük kapasiteli kompaktör kullanılmıştır (Şekil 4). Bu makina 225 kg ağırlığında olup genellikle toprak, sıcak asfalt gibi, küçük çaplı zemin ve yol kaplama malzemelerini sıkıştırma işlemlerinde kullanılmaktadır.

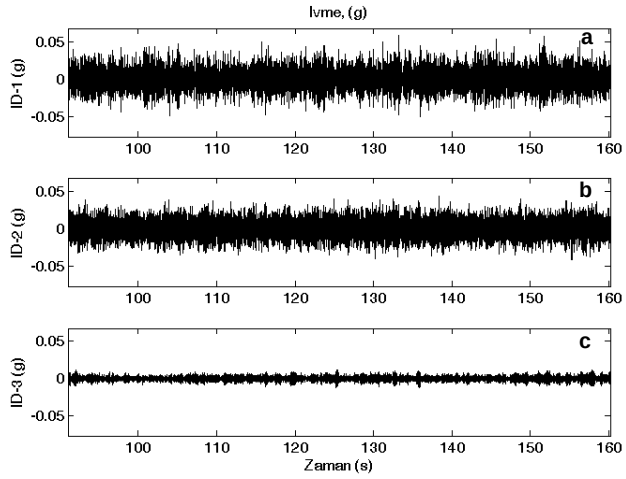


Şekil 4. Dinamik yük kaynağı

3. Bina ve Serbest Zemin Titreşim Kayıtlarının Değerlendirilmesi

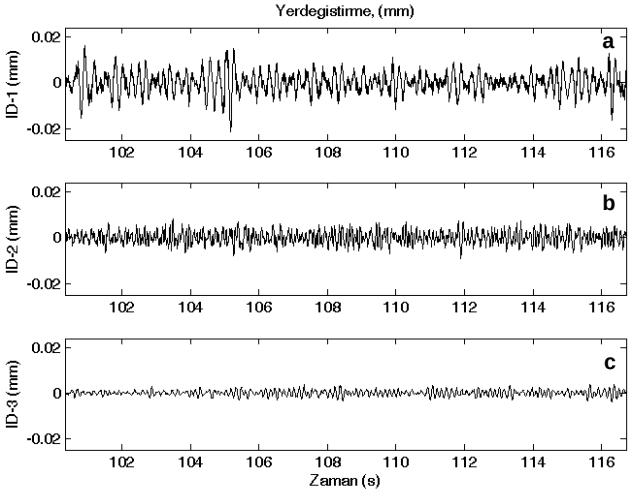
Dinamik yük kaynağı olarak kullanılan kompaktörün 1.9 m yakınındaki ID-1 olarak tanımlanan ivme ölçerden y doğrultusu için alınan kayıtlar, serbest zemin yüzeyi yani yapısız alanda yerleştirilen, yük kaynağından 6.2 m uzaklıkta ve ID-2 olarak isimlendirilen ivme ölçerden alınan verilerle karşılaştırıldığında, beklenildiği gibi dinamik yük kaynağından yayılan titreşim enerjisi mesafeyle birlikte azalmıştır.

Yayılan dalgaların ölçüm noktasındaki genlikleri çıkış noktasına göre yaklaşık olarak %20-25 oranında azalma göstermiştir (Şekil 5a-b). Bina zemin katında ölçülen ivme değerleri (ID-3), serbest zemin titreşim kayıtlarından %70-80 oranında farklılık göstermektedir. Burada yapının varlığı serbest zemin hareketini kinematik etkileşimden dolayı önemli derecede değiştirmiştir (Şekil 5b-c).



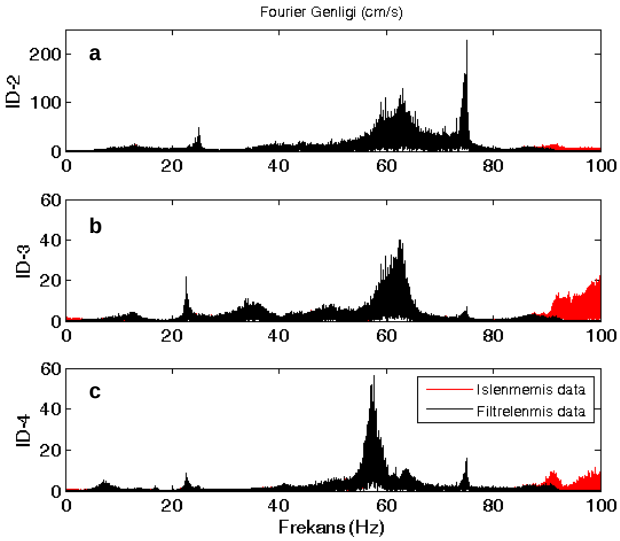
Şekil 5. a) Dinamik yük kaynağı yakınında b) yapısız alandaki serbest zeminde c) bina zemin katında elde edilen ivme değerleri

Serbest zemin ve bina zemin katından elde edilen yatay yer değiştirmelerde de aynı eğilimde büyük farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 6a-c). Yerdeğiştirme genlikleri dinamik yük kaynağı yakınında en yüksek, bina zemin katında en küçük değerleri almaktadır. Yerdeğiştirmedeki azalma ivme genliklerindeki azalmadan daha fazla olması dikkat çekmektedir.



Şekil 6. a) Dinamik yük kaynağı yakınında b) yapısız alandaki serbest zeminde c) bina zemin katında elde edilen yerdeğiştirme değerleri

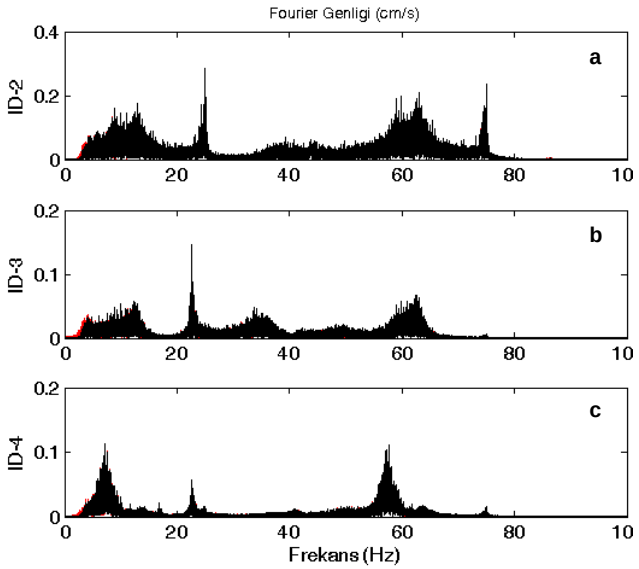
İvme kayıtlarından elde edilen verilerin Hızlı Fourier dönüşümü sonucu hesaplanan frekans içerikleri incelenmiştir (Şekil 7). Seçilen üç gözlem noktasında görünen frekans içerikleri benzerlikler göstermektedir. Şekilde kırmızı renkteki çizgiler filtrelenmemiş veriyi içermektedir. Tüm kayıtlarda, dinamik yük kaynağının hakim frekansı 60 Hz bandında göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, kaynaktan uzaklaştıkça pik frekans değerleri küçülmekte, bina temelinde 60 Hz'in altına düşmektedir.



Şekil 7. a) Yapısız alandaki serbest zeminde b) bina zemin katında c) bina tepe noktasında elde edilen ivme değerlerine ait Fourier genlik spektrumu

ID-4'ten elde edilen kayıt binanın birinci ve ikinci hakim periyotlarının yaklaşık olarak 8-9 Hz ile 22-23 Hz bandında olduğunu göstermektedir. Kaynağa yakın olan ID-2'den beklenildiği gibi benzer sonuçlar elde edilmemiştir. 75 Hz civarında ortaya çıkan pik değerlerin anlamı tam olarak yorumlanamamıştır. Fakat tabakalı zeminden yansıyan, veya dinamik kaynağın etkidiği taş parkelerin etkisi olma olasılığı düşünülmüştür (Şekil 7a-b-c).

İvme kayıtlarının integrasyonu sonucu hesaplanan hız zaman değerlerinin Fourier dönüşümleri ayrıca hesaplanmıştır. Frekans içerikleri ivmelerden elde edilen frekans içerikleriyle benzerlikler göstermektedir (Şekil 8). Fakat ID-4'te binanın birinci hakim periyodunun daha baskın olduğu gözlenmektedir (Şekil 8c). Binanın bu frekansta titremesi, etrafındaki (ID-2 ve ID-3) ivmeölçerlerini de etkilemiş olduğu görülmektedir. Bu iki ivmeölçerde 5 Hz ile 17 Hz bandına göreceli olarak enerji olduğu izlenmiştir (Şekil 8a-b).



Şekil 8. a) Yapısız alandaki serbest zeminde b) bina zemin katında c) bina tepe noktasında elde edilen hız değerlerine ait Fourier genlik spektrumu

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, yapay bir dinamik yükün meydana getirdiği titreşimle zorlanan yapı-temel-zemin ortak sisteminin karşılıklı etkileşimi ve zeminin üst yapıların dinamik davranışı üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Özel saha çalışması ile seçilen ölçüm noktalarından elde edilen ivme, yerdeğiştirme zaman geçmişi ve Fourier spektrumlarındaki farklılıklar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Genel anlamda dinamik yük kaynağından yayılan titreşim enerjisinin mesafeye bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca binanın yüksek frekansta yapmış olduğu titreşimler, yapının etrafındaki ivmeölçerlerde gözlenmiştir. Burada yapının varlığı serbest zemin hareketini kinematik etkileşimden dolayı önemli derecede değiştirmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan ivmeölçerlerin alımı, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından Merkezi Araştırma Laboratuvarı kapsamındaki DPT 2011K120350 proje no ile desteklenmiştir. Yazarlar bu destekten dolayı teşekkürlerini sunarlar. Ayrıca saha çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Mustafa Esin, Aziz Ahmad Noor Ahmad, Halil Kılıçaslan, Emrah Balıkçı'ya teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

[1] Celebi, E., Goktepe F., Karahan N., Non-Linear Finite Element Analysis for Prediction of Seismic Response of Buildings Considering Soil-Structure İnteraction, Natural Hazards and Earth System Scıences, 12:3495-3505, 2012.

[2] Halabian, A.M., Naggar M.H.E., Effect of Non Linear Soil-Structure İnteraction on Seiscmic Response of Tall Slender Structures, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22:639-658, 2002.

[3] Çelebi E., Fırat S., Çankaya İ., Dikdörtgen Rijit Temellerin Dinamik Empedans Fonksiyonları, İmo Teknik Dergi,17/2:3827-3849, 2006.

[4] Mylonakis G., Nikolaou S., Gazetas G., Footings under seismic loading:Analysis and design issues with emphasis on bridge foundations, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 26:824-853, 2006.

[5] Pais A., Kausel E., Approximate Formulas for Dynamic Stiffnesses of Rigid Foundations, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 7/4:213-227, 1988.

[6] NIST GCR 12-917-21, Consultants Joint Venture; Soil-Structure Interaction for Building Structures, U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology, 2012.

[7] FEMA, Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures, prepared by the Building Seismic Safety Council of the National Institute of Building Sciences for the Federal Emergency Management Agency, Washington, The United States, 2009.

BETONARME KONSOL İSTİNAT DUVARLARININ ARMONİ ARAŞTIRMASI ALGORİTMASI İLE OPTİMUM TASARIMI

OPTIMUM DESIGN OF RC CANTILEVER RETAINING WALLS USING HARMONY SEARCH ALGORITHM

Ahmet DEMİR[a] ve Ali Haydar KAYHAN[b]
[a] Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, E-posta: ademir@pau.edu.tr
[b] Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, E-posta: hkayhan@pau.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, sezgisel armoni araştırması tekniği kullanılarak betonarme konsol istinat duvarlarının optimum maliyetle tasarımı yapılmıştır. Amaç fonksiyonu olarak istinat duvarının bir metre uzunluğunun beton ve donatı maliyeti kullanılmıştır. Düşey yüklerle beraber statik yatay zemin itkileri de analizlerde dikkate alınmıştır. İstinat duvarının devrilme, kayma ve zemin gerilmesi kontrolleri ile betonarme tasarımı ile ilgili koşullar optimizasyon probleminin kısıtları olarak tanımlanmıştır. Önerilen algoritmanın performansını göstermek amacıyla sayısal örnekler çözülmüştür. Armoni algoritması çözüm parametrelerinin optimum çözüm üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi amacıyla bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Çalışma sonuçları, armoni araştırması algoritmasının, betonarme konsol istinat duvarlarının optimum tasarımında etkili bir araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar kelimeler: Armoni Araştırması, Betonarme, İstinat Duvarı, Optimizasyon

Abstract

In this study, a solution algorithm based on meta-heuristic harmony search algorithm is used for cost optimization of reinforced concrete cantilever retaining walls. The concrete and reinforcement cost per unit length of the wall is used as the objective function of optimization problem. Besides vertical loads, horizontal soil loads are considered for analysis. The objective function is minimized satisfying constraints on the basis of overturning, slipping, soil bearing and requirements about reinforced concrete design. Some numerical examples are performed in order to illustrate the performance of the presented solution algorithm. A sensitivity analysis is also performed in order to evaluate the effect of harmony search solution parameters on optimum design results. Results show that harmony search algorithm can be used as an effective tool to optimum design of reinforced concrete cantilever retaining walls.

Keywords: Harmony search, Reinforced concrete, Retaining wall, Optimization

1. Giriş

İstinat duvarları, zeminden dolayı oluşan yanal toprak basıncını istenilen bir güvenlikle karşılayan, zeminin içsel sürtünme açısından daha büyük bir eğimle geçişi sağlayarak dengede tutan yapı elemanlarıdır [1].
Eğimli arazilerde araziden yararlanmak üzere zemini doğal şev açısından daha dik açı ile tutmak için, büyük dolgu ve yarma gerektiren yollarda, köprü ayaklarında, kıyıların erozyondan korunmasında vb. kullanılmaktadır [2-3]. İstinat duvarları geçmişte ve günümüzde kullanılan önemli yapılardır ve herhangi bir tasarımda ve/veya uygulamada yapılacak hatalardan dolayı ciddi can ve mal kayıpları oluşabilmektedir. Bu nedenle istinat duvarlarının minimum maliyetle ve dikkate alınan geoteknik ve yapısal koşullar sağlanacak şekilde tasarımı önem taşımaktadır.

Son yıllarda mühendislik optimizasyon problemlerinin çözümünde, sezgisel optimizasyon algoritmaları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Genetik algoritmalar [4], yapay arı kolonisi [5], armoni araştırması [6], diferansiyel gelişim algoritması [7] ve tavlama benzetimi [8] sezgisel optimizasyon algoritmalarının örneklerindendir.

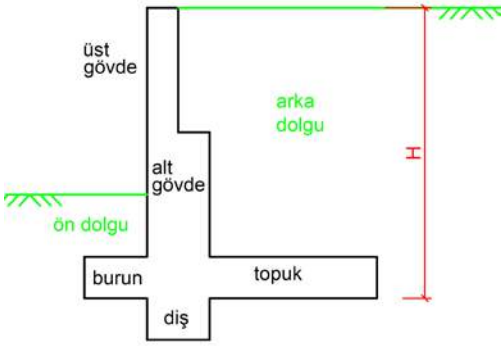
Bu çalışmada, betonarme konsol istinat duvarlarının, dikkate alınan tüm yapısal ve geoteknik koşullar sağlanacak şekilde ve minimum maliyetle tasarımı için armoni araştırma optimizasyon algoritması kullanılmıştır. İstinat duvarlarının tasarımında düşey yükler ile beraber statik yatay zemin itkileri de hesaba katılmıştır. TS-7994'te [1] yer alan devrilme, kayma ve zemin taşıma gücü ile ilgili güvenlik koşulları ve TS-500'de [9] yer alan betonarme tasarımı ile ilgili koşullar optimizasyon probleminin kısıtları olarak dikkate alınmıştır. Arkasında tek tabakalı ve kumlu zemin bulunan 8 farklı betonarme istinat duvarının optimum tasarımı, kullanılan yönteme örnek olarak yapılmıştır. Ayrıca, armoni araştırması algoritmasının çözüm parametrelerinin, optimum çözüm üzerindeki etkisini değerlendirmek amacı ile bir duyarlılık analizi yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar, armoni araştırması tabanlı çözüm algoritmasının, Türkiye'de inşa edilecek betonarme konsol istinat duvarlarının optimum tasarımında etkin bir araç olarak kullanılabileceğini göstermiştir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Betonarme Konsol İstinat Duvarları

2.1. Genel Bilgiler ve Dikkate Alınan Yükler

Bu çalışmada dikkate alınan istinat duvarlarının gövdesi Şekil 1'de görüldüğü gibi iki kademelidir. Temelin arka dolguya doğru uzanan kısmına topuk, öne doğru uzanan kısmına ise burun denilmektedir. Gerektiğinde, gövdenin altında ya da topuk kısmının ucunda diş yapılarak pasif toprak direnci arttırılabilmektedir. Konsol istinat duvarları, duvarın ağırlığı, zemin üzerindeki dış yük ve duvarın önündeki ve arkasındaki zemin kütlesinden kaynaklanan düşey yüklerin yanı sıra, yine dış yük ile zeminin kütlesinden kaynaklanan yatay kuvvetlerin etkisi altındadır.

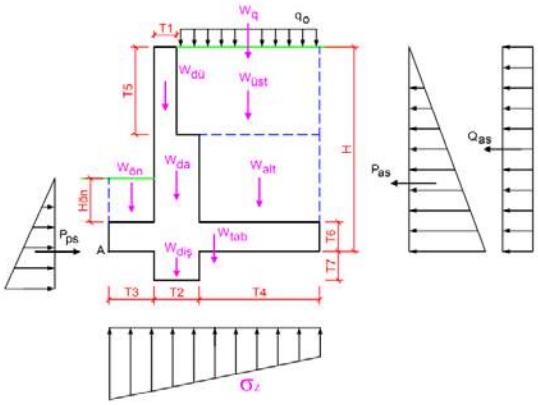


Şekil 1. Betonarme konsol istinat duvarı kesiti.

TS-7994'te, zemin, çevre şartları ve mimari dikkate alınarak duvar tipi ve yüksekliği belirlendikten sonra gelen yüklere bağlı olarak güvenlik kontrollerinin yapılması öngörülmektedir. Güvenlik koşullarının gerektirdiği duvar boyutları ile beraber donatıların da belirlenmesi ile duvar tasarımı tamamlanmaktadır. Bu çalışmada, TS-7994'te öngörülen güvenlik koşullarından devrilme, kayma ve zemin taşıma gücü dikkate alınmış, toptan göçme ve oturma ile ilgili güvenlik koşulları dikkate alınmamıştır.

Betonarme konsol istinat duvarlarının hesabında göz önüne alınan düşey yükler: betonarme duvarın ağırlığı, duvarın arka ve ön tarafında bulunan zeminin ağırlığı ve yüzeydeki dış yüklerden oluşmaktadır. Yatay yükler ise dış yükler ile duvarın ön ve arka tarafında bulunan zeminden kaynaklanan aktif ve pasif zemin itkileridir. Bu çalışmada dinamik zemin itkileri kapsam dışı bırakılmış, sadece statik zemin itkileri dikkate alınmıştır.

Çalışmada dikkate alınan betonarme konsol istinat duvarının kesiti, hesapta kullanılacak yükler ve temel altındaki gerilme dağılımı Şekil 2'de verilmiştir. Duvarın arkasında *H* ve önünde $H_{ön}$ yüksekliğinde zemin, arka kısımdaki zemin üzerinde ise q_0 ile gösterilen dış yük bulunmaktadır. Duvarın kesit boyutları *T1-T7* ile gösterilmiştir.



Şekil 2. Betonarme konsol istinat duvarına etkiyen yükler.

Şekil 2'de, dış yükten kaynaklanan toplam ağırlık W_q, duvar arkasında bulunan zemin ağırlıkları $W_{üst}$ ve W_{alt}, duvar gövdesinin üst ve alt kısmı ile taban ve diş kısımlarının ağırlıkları sırasıyla $W_{dü}$, W_{da}, W_{tab} ve $W_{diş}$ ile gösterilmiştir. Duvar arkasındaki zeminden ve dış yükten oluşan aktif statik yük sırası ile P_{as} ve Q_{as} ile duvarın ön kısmında bulunan zeminden kaynaklanan pasif statik yük ise P_{ps} ile gösterilmiştir.

2.2. Güvenlik Kontrolleri ve Betonarme Hesabı

Betonarme kesit tasarımı için 1.4G+1.6Q kombinasyonu kullanılmıştır. Beton gövdesinden oluşan yükler sabit yük olarak, zeminden kaynaklanan yükler ve dış yük ise hareketli yük olarak dikkate alınmıştır.

Kayma, devrilme ve zemin taşıma gücü kontrollerinin yapılması için aşağıda belirtilen kabuller yapılmıştır.

Duvarın burun kısmında bulunan zeminin zaman içerisinde yüksekliğinde azalmalar meydana gelebilmektedir. Bu yüzden devrilme güvenliği kontrolünde $W_{ön}$ ve P_{ps} ihmal edilmiştir. Taşıma gücü kontrolünde P_{ps} ihmal edilmiştir. Kayma güvenliği kontrolünde $W_{ön}$ ihmal edilmiş ve P_{ps} kuvvetinin sadece diş yüksekliğine kadar olan kısmı dikkate alınmıştır. Devrilme güvenliği için, duvarın devrilmesine karşı koyan kuvvetlerin Şekil 2'de görülen A noktasına göre toplam momentinin, duvarı devirmeye çalışan kuvvetlerin aynı noktaya göre toplam momentine oranının GS_{dev}=1.50'den büyük olması gerekmektedir (1).

$$\sum M_{karşı} / \sum M_{devirici} \geq GS_{dev} \qquad (1)$$

Kayma güvenliği için, duvarı itmeye çalışan kuvvetlerin (P_{as} ve Q_{as}) toplamı ile bu etkiye karşı gelen kuvvetlerin (düşey yüklerin toplamının temel tabanında oluşturduğu sürtünme kuvveti ve pasif statik yük) toplamı karşılaştırılır. Kayma güvenliğinin sağlanması için itmeye karşı gelen kuvvetlerin, itmeye çalışan kuvvetlere oranının GS_{kay}=1.50' den büyük olması gerekmektedir (2).

$$\sum F_{karşı} / \sum F_{itici} \geq GS_{kay} \quad (2)$$

Konsol istinat duvarı altında oluşacak maksimum zemin gerilmesi, zemin emniyet gerilmesinden daha küçük olmalı ve duvarın temelinin altında herhangi bir yerde oluşacak zemin gerilmesi sıfırdan büyük olmalıdır (3).

$$0 \leq \sigma_z \leq \sigma_{zem} \quad (3)$$

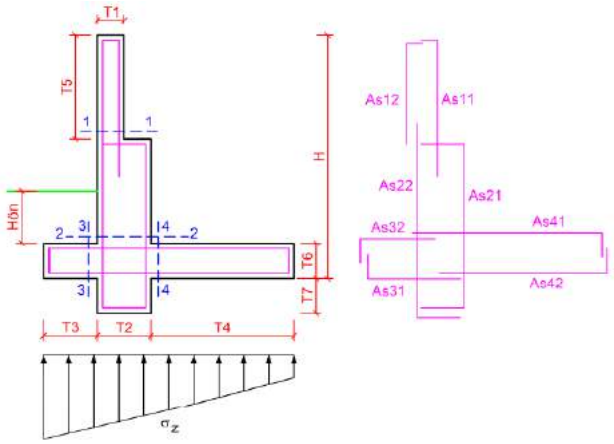
Betonarme plakların donatı hesabında TS-500'de öngörülen koşullar dikkate alınmıştır. Duvarın gövde ve temelinde asal çekme donatısı, tek doğrultuda çalışan dikdörtgen kesitli plaklardaki gibi hesaplanmıştır. Şekil 3'te 1-1, 2-2, 3-3 ve 4-4 ile gösterilen kritik kesitlerde kesme kuvveti V_d ve eğilme momenti M_d değerleri hesaplanıp, hem gerekli kontroller için hem de donatı hesabı için kullanılmıştır. TS-500'e göre, kritik kesitlerde, eğilme (4) ve kesme (5) ile ilgili koşulların sağlanması gerekmektedir. Eğilme donatısı hesabı için (6) kullanılabilir.

$$K \geq K_l \quad \text{ve} \quad K = \frac{bd^2}{M_d} \quad (4)$$

$$V_d \leq V_{cr} \quad \text{ve} \quad V_{cr} = 0.65 f_{ctd} \; b \; d \quad (5)$$

$$A_s = \frac{M_d}{0.86 \; d \; f_{yd}} \quad (6)$$

Denklem (4)-(6)'da b ve d ele alınan betonarme kesitin genişliği ve faydalı yüksekliğidir. K_l eğilme etkisindeki betonarme elemanlarda sehim kontrolü gerektirmeyen sınırı ifade etmektedir. f_{ctd} betonun eğik çekme dayanımını, f_{yd} donatının hesap akma dayanımını ve V_{cr} betonun kesmede çatlama dayanımını belirtmektedir.



Şekil 3. Kesit ve donatıların gösterimi.

Duvarın *T1*-*T7* ile gösterilen kesit boyutları bu çalışmada optimum tasarım probleminin karar değişkenleridir. *T1* ve *T2* sırası ile duvarın alt ve üst kısmının kalınlığı, *T6* ve *T7* sırası ile diş yüksekliği ve temel plağı kalınlığıdır. Topuk uzunluğu *T4*, burun uzunluğu *T3* ile gösterilmiştir. Duvarın üst kısmının yüksekliği *T5*'tir. Duvar boyutları belirlenmeden önce *H* ve $H_{ön}$ belli olduğundan duvarın alt kısmının yüksekliği *H*-*T5*-*T6* ile hesaplanmaktadır. Kritik kesitler, duvarın üst kısmı için 1-1, alt kısmı için 2-2, burun kısmı için 3-3 ve topuk kısmı için 4-4 ile gösterilmiştir.

Kritik kesitlerde çekme bölgesinde momente bağlı olarak hesaplanacak donatı alanları ile basınç bölgesinde teşkil edilecek donatılar da Şekil 3'te verilmiştir. Gövdenin basınç bölgesi donatıları rötre ve sıcaklık ile ilgili koşullara bağlı olarak, temelin basınç bölgesi donatıları ise konstrüktif kurallara bağlı olarak belirlenmektedir. Şekil 3'te donatı alanları iki indisle gösterilmiştir. İlk indis donatının hangi kısımda olduğunu (üst gövde, alt gövde, burun, topuk) ikinci indis ise çekme ya da basınç bölgesinde olduğunu belirtmektedir. Örneğin, As_{12} gövdenin üst kısmında basınç bölgesindeki donatıyı, As_{41} ise temelin topuk kısmında çekme bölgesindeki donatıyı temsil etmektedir.

TS-500'e göre, çekme bölgesinde minimum donatı oranı S220 için 0.003 ve S420 için 0.002 olmalıdır. Çekme bölgesinde dağıtma donatısı, asal donatının 1/5'inden az olmamalıdır. Gövde kısmında, rötre ve sıcaklık donatılarının toplam oranı yatay donatılar için 0.0025 ve düşey donatılar için 0.0015 olmalıdır. Yatay rötre ve sıcaklık donatılarının 1/3'ü çekme bölgesine, 2/3'ü basınç bölgesine konulmalıdır. Temelde, çekme bölgesinde duvar kesitine dik yönde dağıtma donatısı, basınç bölgesinde ise her iki yönde konstrüktif Φ8/20cm donatı kullanılmıştır.

3. Optimizasyon Probleminin Formülasyonu

İstinat duvarının optimum tasarımı problemi, amaç fonksiyonunun minimum edilmesi olarak formülize edilmiştir (7).

$$F(\mathbf{x}) = V_b(\mathbf{x}) \; C_b + W_s(\mathbf{x}) \; C_s + \sum_{k=1}^{15} g_k(\mathbf{x}) \quad (7)$$

(7)'deki **x**, istinat duvarının kesit boyutlarının, yani optimizasyon probleminin karar değişkenlerinin saklandığı vektördür. $V_b(\mathbf{x})$ istinat duvarının toplam hacmini, C_b betonun birim hacminin fiyatını, $W_s(\mathbf{x})$ donatının toplam ağırlığını, C_s donatının birim ağırlığının fiyatını ifade etmektedir. Amaç fonksiyonunun değeri bir metre uzunluğundaki istinat duvarının maliyetini ifade etmektedir. $g_k(\mathbf{x})$ tasarım ve güvenlik kontrolleri ile ilgili kısıtların problemin çözümünde ele alınabilmesi için kullanılan ceza fonksiyonlarını temsil etmektedir.

TS-7994'te yer alan kayma, devrilme ve zemin taşıma gücü ile ilgili güvenlik koşullarına bağlı ceza fonksiyonları sırası ile (8), (9) ve (10)'da verilmiştir. Öngörülen güvenlik koşulları sağlandığında ceza fonksiyonları sıfır değerini almakta, aksi durumda hesaplanan ceza değeri amaç fonksiyonuna eklenmektedir. Ceza fonksiyonlarında yer alan *PK* katsayısının farklı değerleri için algoritma çalıştırılmış ve tasarım sonuçları kontrol edilmiştir. Tüm ceza fonksiyonları için sabit *PK*=1000 katsayısı kullanılmasının, tasarımın tüm kısıtları sağlayacak şekilde elde edilmesi için yeterli olacağı belirlenmiştir.

$$g_1(\mathbf{x}) = \left(GS_{kay} - \sum F_{direnen} / \sum F_{itici} \right) * PK \geq 0 \quad (8)$$

$$g_2(\mathbf{x}) = \left(GS_{dev} - \sum M_{karşı} / \sum M_{devirici} \right) * PK \geq 0 \quad (9)$$

$$g_3(\mathbf{x}) = \begin{cases} (\sigma_z - \sigma_{zem}) * PK \geq 0 \\ -\sigma_z * PK \geq 0 \end{cases} \quad (10)$$

(11) ve (12)'de sırası ile (4) ve (5)'te ifade edilen eğilme ve kesme ile ilgili koşulların ele alınabilmesi için kullanılan ceza fonksiyonları verilmiştir. Koşullar dört kritik kesitte de sağlanmalıdır. Bu sebeple, eğilme ve kesme koşullarının her biri için dört fonksiyon kullanılmıştır. Benzer durum betonarme elemanlarda minimum donatı ile ilgili $\rho \geq \rho_{min}$ koşulu için de geçerlidir (13).

$$g_{4-7}(\mathbf{x}) = (K_l - K) * PK \geq 0 \quad (11)$$

$$g_{8-11}(\mathbf{x}) = (V_d - V_{cr}) * PK \geq 0 \quad (12)$$

$$g_{12-15}(\mathbf{x}) = (\rho - \rho_{\min}) * PK \geq 0 \quad (13)$$

TS-7994'te optimizasyon probleminin karar değişkenleri olan duvar kesit boyutları için, sınır değerler önerilmemiştir. Bu çalışmada, karar değişkenleri kullanılan alt ve üst sınırlar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Karar değişkenlerinin alt ve üst sınırları (m).

Değişkenler	Alt Sınır	Üst Sınır
T1	0.30	0.50
T2	0.40	0.80
T3	0.50	1.00
T4	0.50	3H/4
T5	1.00	3H/4
T6	0.30	1.00
T7	0.20	0.80

4. Armoni Araştırması Optimizasyon Tekniği

Armoni araştırması optimizasyon tekniği ilk olarak Geem ve diğ. [6] tarafından geliştirilmiş ve birçok mühendislik probleminin çözümünde kullanılmıştır [10-11]. Bu teknik, bir orkestrada yer alan müzisyenlerin çaldıkları notalar ile armonik açıdan en iyi melodiyi elde etmesi prensibine dayanmaktadır. Armoni araştırması tekniği hem sürekli hem de ayrık değişkenler için kullanılabilmektedir. Armoni araştırması tekniği ile bir optimizasyon probleminin çözümü aşağıda verilen beş hesap adımına göre yapılmaktadır.

4.1. Problemin Tanımlanması ve Çözüm Parametrelerinin Ayarlanması

İlk adımda, optimizasyon problemi tanımlanmaktadır. (14)'te optimizasyon problemine ait tanımlama verilmiştir.

$$\min F(\mathbf{x}) \;\; x_i \in \left[x_{i,\min} ... x_{i,mak} \right] \;\; i = 1,2,3,...,N \quad (14)$$

Burada *F(***x***)* minimize edilecek amaç fonksiyonunu, x_i karar değişkenlerini, $x_{i,min}$ ve $x_{i,maks}$ sırasıyla karar değişkenlerinin alt ve üst sınırlarını, *N* ise karar değişkeni sayısını göstermektedir. Armoni araştırması tekniğinde çözüm sürecini kontrol eden parametreler: armoni belleği kapasitesi (*HMS*), armoni belleğini dikkate alma oranı (*HMCR*) ve ton ayarlama oranıdır (*PAR*). Bu parametreler ve çözümde kullanılacak maksimum iterasyon sayısı da bu adımda tanımlanmaktadır.

4.2. Armoni Belliğinin Oluşturulması

Bu adımda, verilen çözüm uzayı içerisinden tamamı rastgele olarak üretilmiş karar değişkenleri için amaç fonksiyonu değerleri hesaplanarak armoni belleği (15)'te verildiği gibi doldurulmaktadır. **HM** matrisinin satır sayısı armoni belleği kapasitesi (*HMS*) ile belirlenmektedir.

$$\mathbf{HM} = \left[\begin{array}{cccc|c} x_1^1 & x_2^1 & \cdots & x_N^1 & F(\mathbf{x}^1) \\ x_1^2 & x_2^2 & \cdots & x_N^2 & F(\mathbf{x}^2) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_1^{HMS-1} & x_2^{HMS-1} & \cdots & x_N^{HMS-1} & F(\mathbf{x}^{HMS-1}) \\ x_1^{HMS} & x_2^{HMS} & \cdots & x_N^{HMS} & F(\mathbf{x}^{HMS}) \end{array} \right] \quad (15)$$

4.3. Yeni Armoninin Oluşturulması

Bu adımda, yeni armonide yer alacak olan her bir değişken üç kurala göre elde edilmektedir: (a) armoni belleğinin kullanılması, (b) ton ayarlama, (c) rastgele seçim.

Değişkenlerin **HM** içerisinden seçilip seçilmeyeceği, değeri 0 ile 1 arasında değişen *HMCR* olasılığına göre belirlenmektedir. *HMCR*, bir karar değişkeninin **HM** içerisinden seçilme olasılığını gösterirken, (1-*HMCR*) ise karar değişkeninin çözüm uzayı içerisinden rastgele seçilme olasılığını ifade etmektedir (16).

$$x_i' = \begin{cases} x_i' \in \left[x_i^1 ... x_i^{HMS} \right] & \text{HMCR olasılığı ile} \\ x_i' \in \left[x_{i,\min} ... x_{i,mak} \right] & \text{(1-HMCR) olasılığı ile} \end{cases} \quad (16)$$

HM içerisinden seçilen her bir karar değişkeni için ton ayarlama işlemine gerek olup olmadığı, *PAR* değişkenin 0 ile 1 arasında değişen değeriyle kontrol edilir (17).

$$x_i' = \begin{cases} x_i' \pm Rand(0,1) * bw & \text{PAR olasılığı ile} \\ x_i' & \text{(1-PAR) olasılığı ile} \end{cases} \quad (17)$$

Burada b_w ton ayarlama için seçilen bant genişliğini, *Rand*(0,1) ise değeri 0 ile 1 arasında değişen üniform rasgele sayıyı ifade etmektedir. (16) ve (17)'de yer alan *HMCR* ve *PAR* parametreleri, algoritmanın sırasıyla global ve lokal optimum çözümleri elde edebilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Optimizasyon problemlerinin çözümünde *HMCR* ve *PAR* parametreleri için sırasıyla 0.70-0.95 ve 0.20-0.50 arasındaki değerlerin ve armoni belleği kapasitesi *HMS* için 10-50 arasındaki değerlerin seçilmesi önerilmektedir [12].

4.4. Armoni Belleğinin Güncellenmesi

Bu adımda, yeni oluşturulan armoni vektörü ile bellekteki en kötü armoni vektörü, amaç fonksiyonlarının değerleri açısından karşılaştırılır. Eğer yeni armoni, bellekte bulunan en kötü armoniden daha iyi sonuç verir ise en kötü armoni bellekten çıkarılarak yerine yeni armoni vektörü atanır. Böylece **HM** güncellenmiş olur.

4.5. Durma Koşulunun Kontrolü

Bu adımda, verilen durma koşulunun sağlanıp sağlanmadığı kontrol edilir. 3. adım ile 5. adım arasındaki işlemler durma koşulu sağlanıncaya kadar tekrar edilir. Bu çalışmada, durma koşulu olarak maksimum iterasyon sayısının 100000'e ulaşması seçilmiştir. Armoni araştırma tekniği tabanlı çözüm algoritması Visual Basic [13] programlama dili ile kodlanmıştır.

5. Sayısal Uygulamalar

Betonarme konsol istinat duvarlarının armoni araştırması algoritması ile optimum tasarımı için örnek olarak sekiz farklı istinat duvarı tasarımı problemi seçilmiştir. Duvarlara ait veriler Çizelge 2'de verilmiştir. Φ içsel sürtünme açısını, H duvar yüksekliğini, q_0 dış yükü, $\sigma_{z,em}$ zemin emniyet gerilmesini ve γ_{toprak} zeminin birim hacim ağırlığını ifade etmektedir. Duvar ile zemin arakesitinin düşeyle yaptığı açı (α), zeminle duvar arasındaki sürtünme açısı (δ) ile aktif ve pasif basınç tarafındaki zemin yüzeyinin yatayla yaptığı açı(i) sıfır kabul edilmiştir. İstinat duvarları önünde $H_{ön}$=0.8m zemin bulunduğu kabul edilmiştir.

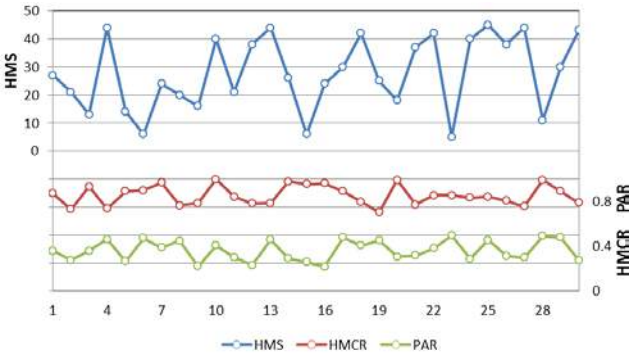
Çizelge 2. Örnek istinat duvarları için veriler.

Örnek	Φ (derece)	H (m)	q_0 (kN/m^2)	$\sigma_{z,em}$ (kN/m^2)	γ_{toprak} (kN/m^3)
1	25	6.0	0	250	22
2	25	7.5	0	250	22
3	25	6.0	0	250	18
4	35	6.0	0	250	22
5	35	7.5	0	250	22
6	35	7.5	0	250	25
7	35	7.5	10	250	22
8	25	6.0	0	150	22

Duvarın tasarımında C20 sınıfı beton ve S420 sınıfı donatı dikkate alınmıştır. Betonun birim hacminin fiyatı C_b=137.50 TL/m^3 ve donatının birim ağırlığının fiyatı C_s=1.18 TL/kg kabul edilmiştir [14]. Betonun birim hacim ağırlığı γ_b=25 kN/m^3 ve donatının birim hacim ağırlığı γ_s=78 kN/m^3 alınmıştır.Çizelge 2'de verilen her bir örnek duvar için optimum maliyet hesaplanmıştır. Armoni araştırması algoritmasının çözüm parametrelerinin (*HMS*, *PAR*, *HMCR*) optimum çözüm üzerindeki etkisini değerlendirmek için duyarlılık analizi yapılmıştır. Duyarlılık analizi için armoni araştırması çözüm parametrelerinin eş zamanlı olarak üniform dağılıma uygun şekilde değişen değerleri kullanılmıştır [15, 16]. 30 farklı çözüm parametre setinin oluşturulması için çözüm parametrelerine ait alt ve üst sınırlar $5 \le HMS \le 50$, $0.7 \le HMCR \le 1.0$, $0.2 \le PAR \le 0.5$ olarak seçilmiştir. Şekil 4'te parametre setinde yer alan çözüm parametre değerlerinin değişimi görülmektedir. Çizelge 3'te ise parametre değerlerine ait istatistiksel bilgiler verilmiştir. Sonuçta, örnek olarak ele alınan sekiz farklı duvarın her biri için, armoni algoritması çözüm parametrelerinin farklı değerleri kullanılarak 30 kez analiz yapılmış ve her bir duvar için 30 farklı tasarım sonucu elde edilmiştir.

Çizelge 3. Çözüm parametrelerine ait istatistiksel bilgiler.

	HMS	*HMCR*	*PAR*
Minimum	5	0.70	0.20
Maksimum	50	1.00	0.50
Ortalama	27.80	0.85	0.36
Ortanca	26.50	0.85	0.36
Std Sapma	12.79	0.09	0.09



Şekil 4. Duyarlılık analizi için kullanılan armoni araştırması çözüm parametrelerinin değişimi.

Çizelge 4'te, örnek olarak seçilen betonarme konsol istinat duvarlarına ait optimum tasarım sonuçları verilmiştir. Örneğin bir nolu duvar için 30 farklı çözümden elde edilen optimum maliyet 920.09 TL/m ile 937.39 TL/m arasında değişmektedir. Bir nolu duvar için elde edilen 30 farklı optimum maliyet değerinin ortalaması 929.11 TL/m'dir. Standart sapmanın 4.914 olması, 30 farklı analiz ile elde edilen optimum maliyet değerlerinin, ortalama maliyet değeri etrafındaki saçılımının düşük olduğunu ifade etmektedir.

Analiz için kullanılan ve Çizelge 2'de verilen değerlerin değişmesi, duvarın optimum maliyetini etkilemektedir. Örneğin bir nolu örnek duvar ile iki nolu örnek duvar arasındaki fark istinat duvarı yüksekliğinin 6.0m'den 7.5m'ye çıkmasıdır. Bu durumda, İki nolu duvar için optimum maliyetin ortalama olarak 1637.49 TL/m'ye çıktığı Çizelge 4'te görülmektedir. Diğer örnek duvarlar için elde edilen sonuçlar da Çizelge 4'te görülebilmektedir.

Çizelge 4. Optimum maliyet sonuçları ve sonuçlara ait istatistiksel bilgiler (TL/m).

	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	Örnek 5	Örnek 6	Örnek 7	Örnek 8
Minimum	920.09	1624.98	846.29	691.14	1128.50	1232.67	1281.74	989.06
Maksimum	937.39	1658.61	862.64	697.27	1148.07	1240.32	1286.18	989.25
Ortalama	929.11	1637.49	852.80	693.50	1134.13	1233.52	1282.13	989.11
Std. Sapma	4.914	8.486	5.734	1.673	5.157	1.691	1.020	0.000

Çizelge 5. Optimum tasarıma ait kesit boyutları (m).

Kesit	Örnek 1	Örnek 2	Örnek 3	Örnek 4	Örnek 5	Örnek 6	Örnek 7	Örnek 8
T1	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
T2	0.47	0.80	0.41	0.40	0.60	0.67	0.70	0.47
T3	0.84	1.00	0.90	0.88	1.00	1.00	1.00	1.00
T4	2.10	2.98	2.07	1.48	1.97	2.22	2.28	3.21
T5	3.45	4.10	3.50	3.59	4.24	4.34	4.28	3.45
T6	0.42	0.73	0.39	0.37	0.51	0.53	0.53	0.41
T7	0.79	0.63	0.78	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20

Çizelge 5'te örnek duvarlar için optimum tasarım sonucu elde edilen duvar boyutları verilmiştir. Duvar boyutlarının Çizelge 1'de verilen alt ve üst sınırlar arasında elde edildiği görülmektedir. Optimum tasarım sonuçlarının, çalışmada ele alınan tüm kısıtlar sağlanacak şekilde elde edildiğini belirtmek gerekir. Çizelge 5'te duvar kesit boyutlarının cm mertebesinde elde edildiği görülmektedir. Boyutların 5cm ve katı şekilde elde edilmesine yönelik ayarlamalar yapılarak sonuçlar istenen şekilde elde edilebilir.

Ayrıca tasarıma yönelik olarak ele alınacak farklı kısıtlar algoritma içerisinde tanımlanarak ilave kısıtlar da sağlanacak şekilde tasarım sonuçlarının elde edilmesi mümkündür. Örneğin, Çizelge 1'de tanımlanan sınır değerler ya da yük kabulleri çevre şartlarına göre tasarımcı tarafından değiştirilebilir.

Burada özetlenen sonuçlar, betonarme istinat duvarlarının optimum şekilde tasarlanabileceğini göstermektedir.

6. SONUÇLAR

Bu çalışmada, Türkiye'de yapılacak betonarme konsol istinat duvarlarının optimum tasarımı için armoni araştırması algoritması tabanlı bir çözüm yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasına örnek olarak sekiz farklı betonarme konsol istinat duvarın tasarımı, TS-7994 ve TS-500 dikkate alınarak yapılmıştır. Çalışmada istinat duvarını etkiyen düşey yüklerin yanında statik ve pasif zemin itkileri de dikkate alınmış, dinamik yükler hesaba katılmamıştır. Armoni araştırması algoritması çözüm parametrelerinin optimum çözüm üzerindeki etkisini incelemek için bir duyarlılık analizi yapılmıştır.

Örnek olarak seçilen sekiz farklı istinat duvarının her biri için, armoni araştırması algoritması tabanlı çözüm yöntemi kullanılarak, dikkate alınan tüm kısıtlar sağlanacak şekilde optimum maliyetli tasarımın elde edilebileceği görülmüştür. Duyarlılık analizi sonuçları, armoni araştırması algoritmasının çözüm parametrelerinin değişmesi durumunda farklı optimum maliyetlerin elde edilebileceğini, ancak çözüm parametrelerinin değerlerine bağlı olarak elde edilen optimum maliyetler arasındaki farklılığın mertebesinin düşük olduğunu göstermiştir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, dikkate alınan beton ve donatı fiyatları, karar değişkenlerinin alt ve üst sınırları, zemin özellikleri, malzeme özellikleri ve kısıtlarla ilgili kabullere bağlıdır. Çalışmada önerilen yöntem kullanılarak, tasarım amaçları doğrultusunda farklı zemin özellikleri, farklı yükleme durumları, farklı amaç fonksiyonu ve karar değişkeni kabulleri vb. ile betonarme konsol istinat duvarlarının optimum tasarımının elde edilmesi mümkündür.

Sonuç olarak, armoni araştırması algoritması tabanlı çözüm yönteminin Türkiye'de yapılacak betonarme konsol istinat duvarlarının optimum tasarımında etkili bir araç olarak kullanılabileceğini söylenebilir.

Kaynaklar

[1] Türk Standartları Enstitüsü, TS-7994, Zemin Dayanma Yapıları: Sınıflandırma, Özellikleri ve Projelendirme Esasları. Ankara, 1990.

[2] Öztürk, T., Öztürk, Z., Deprem bölgelerinde yapılacak prefabrike betonarme istinat duvarlarının tasarımı, Kocaeli Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 687-697, 2005.

[3] Özden, K., Trupia, A.L., Eren, İ., Öztürk, T., Betonarme İstinat Duvarları ve Perdeleri, İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, 1995.

[4] Goldberg DE., Genetic Algorithms in Search. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Addison Wesley Pub., 1-88, 1989.

[5] Karaboğa D, Basturk B., A powerful and efficient algorithm for numerical function optimization: artificial bee colony (ABC). Journal of Global Optimization, 39, 459–471, 2007.

[6] Geem ZW, Kim JH, Loganathan GV., A new heuristic optimization algorithm: harmony search. Simulation, 76(2), 60–68, 2001.

[7] Storn R, Price K., Differential Evolution – A simple and efficient adaptive scheme for global optimization over continuous spaces. Technical Report TR-95-012, ICSI, 1995.

[8] Kirkpatrick S, Gelatt C, Vecchi M., Optimization by simulated annealing. Science, 220(4598), 671–680, 1983.

[9] Türk Standartları Enstitüsü, TS-500 Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları. Ankara, 2000.
[10] Kayhan, A.H., Armoni araştırması ile ivme kaydı seçimi ve ölçeklendirme, İMO Teknik Dergi, 5751-5775, 2012.
[11] Saka, M.P., Optimum geometry design of geodesic domes using harmony search algorithm, Advances in Structural Engineering, Cilt 10, No 6, 595-606, 2007.
[12] Lee, K.S., Geem, Z.W., Lee, S.H. & Bae, K.W., The harmony search heuristic algorithm for discrete structural optimization, Engineering Optimization, 663-684, 2005.
[13] Microsoft Corporation, Microsoft Excel Visual Basic for Applications Reference, Microsoft Press, A.B.D., 1994.
[14] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. Birim Fiyat, Ankara 2014.
[15] Saltelli A, Annoni P., How to avoid a perfunctory sensitivity analysis. Environ. Model. Softw. 25(12), 1508–1517, 2010.
[16] Ayvaz MT., A Linked simulation-optimization model for simultaneously estimating the Manning's surface roughness values and their parameter structures in shallow water flows. Journal of Hydrology, 183-199, 2013.

DEPREME DAYANIKLI YIĞMA YAPI TASARIMI VE GÜÇLENDİRME YÖNTEMLERİ

EARTHQUAKE RESISTANT DESIGN OF MASONRY BUILDING AND STRENGTHENING METHODS

Tahir ATEŞ
Mardin Artuklu Üniversitesi Meslek Yüksekokulu İnşaat Teknolojisi Bölümü, Mardin, Türkiye
tahirates21@yahoo.com.tr

Özet

Türkiye'de inşa edilen yığma yapıların büyük bir oranı kagir malzemelerle (taş, tuğla vb.) inşa edilmekte olup yığma bina olarak adlandırılmaktadır. Malzeme temini kolaylığı, ekonomiklik ve kolay inşa edilebilmesi gibi açılardan avantajlı olmalarına karşın, çok ağır olmalar, gevrek ve deprem gibi dinamik ve yatay yüklere dayanımlarının az olması nedeniyle, genellikle depreme dayanıklı yapı olarak nitelendirilmezler. Bu çalışmada; Türkiye'de özellikle son zamanlarda yaşanılan depremler, çeşitli şiddetlerde yaşanılan bu depremlerin kagir yığma yapılar üzerinde yarattıkları genel etkiler örneklerle gösterilmiştir. Bu örnekler özellikle kırsal bölgelerde mühendislik hizmeti görmemiş kagir yığma binalar olup, bu binaların hasarlarına dikkat çekilmiştir. Yine bu çalışmada, hem söz konusu bu hasarlı binalara hem de yığma binaların depreme karşı dayanıklı tasarımında, halihazırda uygulanabilecek güçlendirme yöntemleri ortaya konulmuştur. Uygulanabilirliği hususunda adı geçen güçlendirme yöntemleri Türkiye'nin çeşitli üniversitelerinde yapılan çalışmalar sonucunda ortaya çıkan çalışmalar olup, söz konusu güçlendirme yöntemlerinin laboratuvar deneysel sonuçları ile desteklendiği bilinmektedir.

Anahtar kelimeler: Yığma, Deprem, Güçlendirme

Abstract

Most of the masonry building in Turkey constructed by masonry materials (stone, bricks etc) and called as masonry building. Even, these materials can be found easily, economically and building are constructed traditionally, these materials are very heavy, brittle, and have less strength under the dynamic and horizontal forces. Therefore, these types of buildings are not safe under earthquake forces. In this study; Earthquake that took place in recent times in Turkey, general effects of these earthquakes experienced in various violent on masonry buildings shown by examples. These examples are especially in rural areas with no engineering services constructed masonry buildings and attention is drawn to the damage of these buildings. Also in this study, as such these damaged buildings, both masonry buildings in earthquake-resistant design, strengthening methods that can be applied already been revealed. Applicability in respect of said strengthening methods, created as a result of studies in various universities of Turkey and known as supported by experimental results.

Keywords: Masonry, Earthquake, Strengthening

1. Giriş

Türkiye'de yani ülkemizde, yapı ve yapılaşma rezervleri hususunda yapılan gözlem ve çalışmaların sonuçları, kentlerden kırsala doğru yapım sistemlerinde ciddi değişkenliklere rastlandığını göstermiştir. Özellikle şehir merkezlerinde betonarme karkas, çelik ve prefabrik yapıların yoğunluğu görülürken, kırsal bölgelerde ise bu yoğunluğun, Karadeniz bölgesinde ahşap yapı, diğer bölgelerimizde de yığma yapılarda olduğu bilinmektedir. Hatta şehir merkezlerinde özellikle sosyo-ekonomik açıdan durumu düşük olan, varoş adı verilen ve kaçak yapıların yoğunlukta olduğu yerleşim yerlerinde yine yığma yapılarda önemli bir yoğunluk bulunmaktadır.

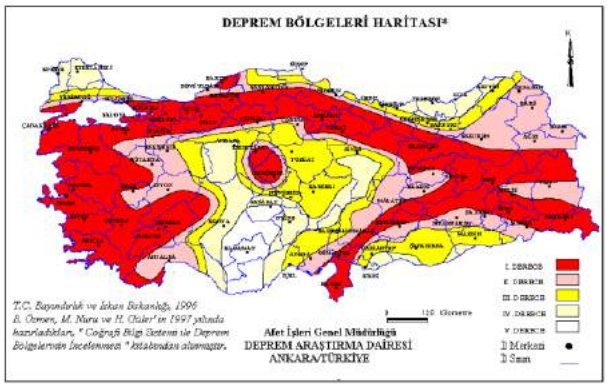
Yığma yapıların çoğunda, herhangi bir mühendislik hizmeti almadan, tamamen yöresel malzemeler kullanılarak, geleneksel bir teknikle, birçoğu da ya kötü işçilikli ustalar tarafından, ya da kişilerin, eşleri ve yakınlarının elbirliği becerisiyle inşa edildiğini görmekteyiz. Bu durumun bile ülkemizin bir deprem ülkesi olduğu gerçeği ile birlikte düşünüldüğünde, özellikle kırsal bölgelerde ortaya çıkan vahim sonuçların nedenlerini bize açıkça göstermektedir. Ülkemizde yaşadığımız depremler ve bu depremlerin şiddetleri göz önüne alındığında ve Japonya gibi ülkelerde yaşanılan şiddetli depremlerle kıyasladığımızda, hasar ve can kayıplarımızın ne denli büyük olduğunu her defasında hatırlamaktayız.

1999 Marmara depremi ve daha sonraki yıllarda yaşadığımız depremler sonucunda karşılaştığımız vahim sonuçlar, son yıllarda depreme dayanıklı yığma yapı tasarımı ve bu yapıların güçlendirilmesi hususlarında bilimsel çalışmaların sayısını artırdıysa da, hem çalışmaların hem de bu çalışmaların uygulanması hususlarını hala yeterli olmadığını söyleyebiliriz. Bu çalışmada, Türkiye' de kagir malzemeler ile inşa edilen yığma yapılar, tasarım, deprem etkileri ve bu etkilere karşı çeşitli malzemeler ile uygulanabilecek güçlendirme yöntemlerine ilişkin çalışmalar incelenmiştir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Türkiye' de Deprem

Türkiye, Alp-Himalaya deprem kuşağında yer almakta ve nüfusun % 95' i deprem bölgelerinde yaşamaktadır [1]. Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı elde edilmesi için yapılan çalışmaların büyük çoğunluğu betonarme karkas ve çelik yapım sistemleri üzerinde yapılmaktadır. Buna karşın aynı özende ahşap ve kagir yığma yapılar üzerinde çalışıldığı pek söylenemez. Ülkemizde meydana gelen depremler, şehir ve kentlerde inşa edilen betonarme karkas ve çelik yapılar ile birlikte, özellikle kırsal bölgelerde inşa edilmiş kagir yığma yapılarda daha çok hasarlara sebep olmaktadır. Aşağıda verilen Harita 1' de Türkiye'de deprem bölgeleri ve Çizelge 1'de ise, toplam nüfus, toplam yüzölçümü, toplam bina sayısı ve taşıyıcı sistemler dikkate alınarak depremlerden etkilenme oranları ortaya konulmaktadır. Bu oranlara bakıldığında; yığma yapıların miktarı, en az iskeletli yapılar kadar, yeterli deprem güvenliğine sahip tasarımların elde edilmesi için yoğun çalışmaların yapılması gerektiğini göstermektedir



Harita 1. Deprem bölgeleri haritası

Çizelge 1. Deprem bölgelerine göre; bina sayısı ve taşıyıcı yapı sistemi dağılımı [1]

Deprem Bölgeleri	Toplam Bina Sayısı	İskelet	Yığma
I.Derece Deprem Bölgesi	2.142. 402	1183 623	939 695
II. Derece Deprem Bölgesi	2.131.028	1113 141	1004825
III. Derece Deprem Bölgesi	1.265. 111	608 026	651 920
IV. Derece Deprem Bölgesi	1.686. 137	712 206	964 689
Tehlike-siz Bölge	484 458	94 337	388 206

I. Derece Deprem Bölgesi : Kocaeli, Sakarya, Bolu, Amasya, Tokat, Erzincan, Erzurum, Bursa, Manisa, İzmir, Aydın, Denizli, Isparta, Burdur, Hatay, Yalova, Düzce.

II. Derece Deprem Bölgesi : Afyon, Tekirdağ, İstanbul, Bilecik, Çankırı, Çorum, Bingöl, Muş, Uşak, Van, Elazığ, Malatya, Karabük, Kahramanmaraş, Kars, Kayseri, Çanakkale, Muğla, Osmaniye, Bayburt, Ardahan, Bartın, Kırıkkale, Iğdır.

III. Derece Deprem Bölgesi: Edirne, Balıkesir, Batman, Kütahya, Eskişehir, Kırşehir, Yozgat, Tunceli, Adana, Bitlis, Siirt, Ağrı, Gümüşhane, Samsun, Kastamonu, Zonguldak, Şanlıurfa.

IV. Derece Deprem Bölgesi: Kırklareli, Antalya, Ankara, Nevşehir, Niğde, Sivas, İçel, Gaziantep, Adıyaman, Diyarbakır, Hakkâri, Artvin, Rize, Trabzon, Giresun, Ordu, Sinop, Kilis.

Tehlikesiz Bölge : Konya, Mardin, Karaman, Aksaray, Şırnak.

Ülkemizde son 20 yılda meydana gelen depremlerde, Mart 1992 Erzincan, Ekim 1995 Afyon-Dinar, Ağustos 1999 Sakarya-Kocaeli, Kasım 1999 Düzce, Şubat 2002 Afyon-Çay, Mayıs 2003 Bingöl, Temmuz 2005 Ankara-Bala ve Ekim 2011 Van depremlerinde çok sayıda yığma ve betonarme binalarda büyük yapısal hasarlar meydana gelmiş ve ulusça derin acılar çektiğimiz, önemli sayıda can ve mal kayıplarımız olmuştur.

Yığma yapılar ülkemizde genellikle kırsal kesimlerde yoğun olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu tür yapılar yeterli mühendislik bilgisi olmadan, gelişi güzel bir biçimde inşa edildiğinden dolayı depremlerde hasar görerek ya da yıkılarak can ve mal kaybına sebep olmaktadırlar.
Bunlara örnek olarak 13 Mart 1992 tarihinde Erzincan'da meydana gelen 6,3 büyüklüğündeki bir depremde toplamı 8000 olmak üzere 6120'si tek katlı, 1700'ü çift katlı ve 180'i üç katlı donatısız yığma yapı ya ağır hasar görmüş ya da çökmüştür[2].

Yine 23 Ekim 2011 Pazar günü, Van ili, Tabanlı köyü merkezli, 7.2 büyüklüğünde yıkıcı bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremde yapıların çoğunluğunu oluşturan yığma binalar büyük hasarlar görmüştür. AFAD 2011 Van Depremi raporuna göre, Van Merkeze bağlı köylerde her 100 yapının 89' u ağır hasar görmüştür. Köylerde bulunan yapım sistemleri yığma olduğu bilinmektedir.

Gerek Erzincan ve Van depremlerinde ki bu veriler, gerekse, Resim 1 ve Resim 2' de Mayıs 2003 Bingöl depreminde ve Resim 3 ve Resim 4' de Ekim 2011 Van depreminde görülen bu fotoğraflar, Türkiye' de yığma binalarda depremlerden sonra ortaya çıkan sonuçları bizlere göstermektedir.

Yaşadığımız depremlerde hasar gören binaların çoğunun çok katlı ve betonarme karkas yapılar olduğu algısı hakimdir. Bunun sebebini bu binalarda can kayıpların sayısının fazla ve toplu olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Oysaki betonarme karkas binaların mühendislik hizmeti gördüğünü ve bu yapıların depreme

karşı dayanıklı bir şekilde üretildiği yani depremin meydana getireceği yatay yüklerin hesaba katıldığı sürece bu yapıların mevcut yaşanılan depremlere karşı dayanıklı olacağı herkesçe kabul edilir. Buradan, betonarme karkas yapıların hasar görme oranlarının çok yüksek olmadığını ancak mevzuata uygun inşa edilmeyenlerin bir başka deyişle kusurlu hatta ayıplı yapıların yıkıldığını söyleyebiliriz. Özellikle kırsalda vs. inşa edilen yığma yapıların mühendislik hizmeti almadığını ve bu yüzden hasar oranlarının çok fazla olduğu görülmektedir. Bunu yukarıda verdiğimiz Erzincan depremi sonuçlarından da görmekteyiz. Hatta rakamlardan da görüldüğü gibi yığma yapılarda bile kat sayısı azaldıkça hasar miktarı oranının arttığını görmekteyiz. Maliyet anlamında düşük bedellerle, neredeyse maliyetsiz diyebileceğimiz, insanların ''başımızı sokacağımız bir ev'' dedikleri tek katlı evlerde hasar miktarı her zaman fazla olmuştur.



Resim 1. Bingöl Depreminden[3]



Resim 2. Bingöl Depreminden[3]



Resim 3. Van Depreminden



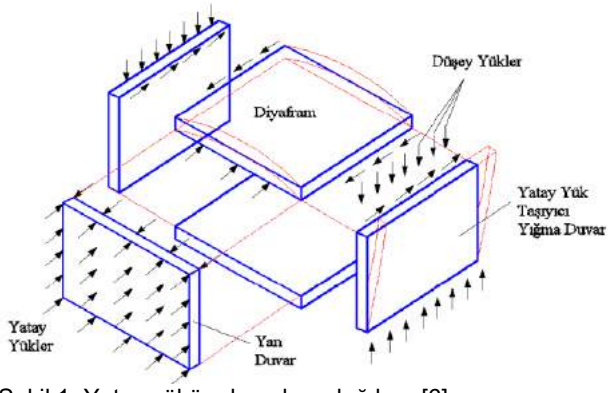
Resim 4. Van Depreminden

Deprem yerkabuğunun titreşimi ile oluşur, yapıyı mesnetlerinden yer değiştirmeye zorlar ve yapıda bir dinamik etki oluşturur. Yapı, bu etkiye karşı dayanıklı tasarlanmalı ve yapılmalıdır. Dayanıklı yapı tasarımının ana ilkesi, hafif şiddetli depremlerde sistem elemanlarının hasar görmemesi, orta şiddetli depremlerde yapısal ve yapısal olmayan hasarların onarılabilmesi, şiddetli depremlerde ise, yapının kısmen ve tamamen göçmesinin önlenmesidir [4].

3. Yığma Yapı ve Davranışı

Taş, tuğla, kerpiç, briket vb. malzemelerin, çimento, kireç, kum, toprak gibi çeşitli malzemelerin su ile karılmasıyla elde edilen bağlayıcı bir harçla örülmesiyle üretilen ve gerek kendi yükünü gerekse üzerine etkiyen yüklerin duvarlar tarafından taşınıp temele aktarılan yapım sistemi ile inşa edilen yapılardır.

Kagir yığma malzemesi bölgelere göre ve o bölgede yaşayan insanların ekonomik durumlarına göre farklılıklar göstermektedir. Kerpiç malzeme ile inşa edilen yapılar buna en iyi örnektir. Bununla birlikte tuğla, briket gibi malzemeler kullanılarak çimento harcı ile duvarlar örülmektedir. Bu duvarların bağlanması ve birlikte çalışması için ara ve son katlarda taşıyıcı duvar üzerine yatay hatıllar yapılır. Çatı, yine farklılıklar göstererek Ahşap çatı, toprak dam veya düz dam olarak inşa edilirler.
Yığma yapılara deprem sırasında gelen yatay kuvvetler duvarlar tarafından taşınmaktadır. Yığma yapılarda yan duvarlara gelen yatay kuvvet altındaki duvarın kesiti, uçlardan çatıya, ya da kat döşemesine ve zemine oturan bir kiriş gibi davranır. Bu durum aşağıdaki Şekil 1.' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Yatay yükün duvarlara dağılımı [6]

4. Depreme Dayanıklı Tasarım

Ülkemizde depreme dayanıklı yapı tasarımı ve güçlendirme yöntemlerinin performansı üzerine yapılan çalışmalar, betonarme, çelik ve kısmen de ahşap yapılar üzerine yoğunlaşmıştır. Yığma yapıların, süreklilik arz etmeyen malzemelerden yapılmış olması sebebiyle, gerçek davranışları matematiksel olarak ifade edilememektedir. Kompozit bir malzeme olan tuğla duvarın dayanımı, bileşenleri olan tuğla ve harcın dayanımları cinsinden ifade edilememektedir. Bu konuda geliştirilmiş olan ve belli kabullere dayanan formüllerinde, deney sonuçlarıyla doğrulaması yapılamamıştır [5].

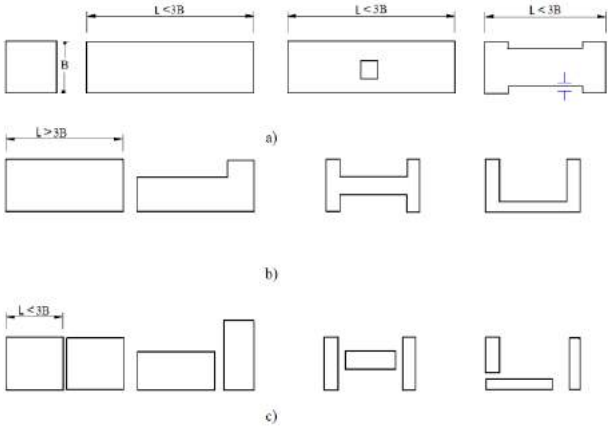
Yığma yapılar ağır, hantal ve gevrek malzemeden inşa edilirler. Deprem sırasında oluşacak olan atalet kuvvetleri, yapının ağırlığı ile doğru orantılıdır. Bir başka ifade ile yapı ne kadar ağır ise, deprem sırasında atalet kuvvetleri o kadar çok oluşur. Bu da yapı elemanlarının çok büyük iç tesirlere maruz kalacağı anlamına gelir ki; gevrek malzemeden oluşan yapı elemanları, deprem esnasında çok fazla deformasyon yapamadan aniden göçer [6].

Yığma yapıların boyutlandırılması ve donatılması, yürürlükteki standart ve yönetmeliklerle birlikte ABYYHY (Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik)' deki kurallara veya 2007 yılında güncellenmiş DBYBHY' e (Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik) göre yapılır. Depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından, arzu edilmeyen simetrik plan çeşitleri Şekil 2. a' da, simetrik ve istenmeyen plan çeşitleri Şekil 2. b' de, parçalanarak arzu edilen şekle sokulan planların çeşitleri de Şekil 2. c' de yer almaktadır [7].

5. Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirme Yöntemleri

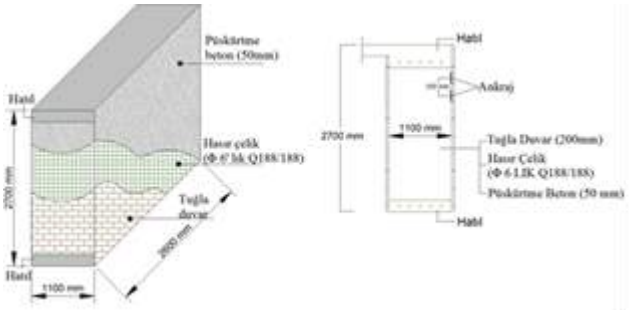
Esas anlamda yığma yapıları güçlendirmenin amacını; uzun yıllardan beri yaşadığımız ve ulusça çok muzdarip olduğumuz ve üzüldüğümüz, bizleri her an olacakmış gibi endişelendiren olası depremlere karşı can kaybı olmayacak şekilde yapı dayanıklılığının artırılması için yapılacak işlemlerin tümü şeklinde söyleyebiliriz.
Yığma yapıları güçlendirme yöntemlerini, özellikle kullanılan *malzeme yönünden* aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

- Donatılı püskürtme beton ile güçlendirme
- Elastik Ard-Germe şeritleri ile güçlendirme
- Çelik şeritler ile güçlendirme
- Hazır tamir harçları ile güçlendirme
- Perde duvar ile güçlendirme
- Dıştan perde duvar ile güçlendirme
- Çimento enjeksiyonu ile güçlendirme
- Epoksi ile güçlendirme
- Betonarme yatay ve düşey hatıllarla güçlendirme
- Gergi demirleri ile güçlendirme
- FRP ve CFRP ile güçlendirme
- Ahşap dikme, çapraz ve payandalar ile güçlendirme



Şekil 2. Depreme dayanıklı binaların önerilen planları [7]
a) Simetrik plan çeşitleri b) Simetrik ve istenmeyen plan çeşitleri c) Parçalanan blok yapılar

Yukarıda verilen güçlendirme yöntemlerinden bazılarına değinerek bu yöntemlerin uygulanabilirliği hususunda bir kanaat oluşturmak isteyecek olursak;
Bunlardan ilki Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Yapı Mekaniği Laboratuvarında yapılan deneyle desteklenmiş olan, Donatılı Püskürtme Beton ile Güçlendirme Yöntemidir. Yapılan deneysel çalışmalarda aynı koşullarda, aynı malzemelerle örülen üç tuğla duvarın düzlem dışı tekrarlanan yük karşısında dayanım değerleri ölçülmüştür. İlk duvara herhangi bir güçlendirme yapılmazken, ikinci duvar içten, üçüncü duvar içten ve dıştan donatılı püskürtme betonla güçlendirilmiştir.



Şekil 3. Hasır çelikle içten ve dıştan güçlendirilen duvar[8]



Resim 5. Hasır çelikle kaplanacak duvar[8]



Resim 6. Duvar iç yüzeyinin hasır çelikle kaplanması[8]



Resim.7. Duvar dış yüzeyinin hasır çelikle kaplanması[8]

Hasır çeliklerin ankrajlama ve bağlanması işlemi bittikten sonra, duvar yüzeyi kompresörle basınçlı hava üflenerek temizlenmiştir. Daha sonra; Resim 8' de görülen ASE VP 500 TMK püskürtme beton makinesi ile duvar yüzeyi alttan yukarıya doğru ve kademeli olarak püskürtme beton ile kaplanmıştır. Bu işlem sonunda aşağıda Resim 9' da verilen yükleme mekanizması kurularak, duvara uygulanan düzlem dışı kuvvetler uygulanarak, duvarların deprem etkisi karşısında davranışları LVDT' ler ile ölçülmüştür.

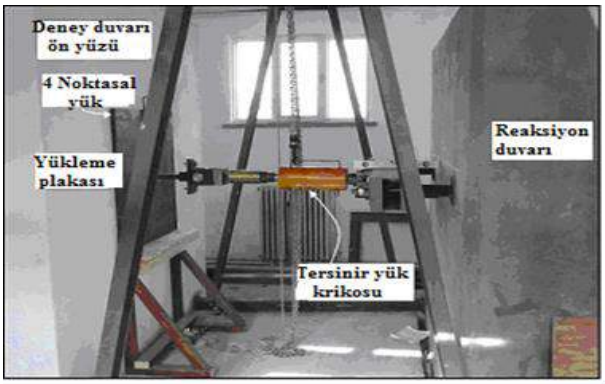


a)



b)

Resim 8. Duvarın iç yüzünün püskürtme betonla sıvanması a) ASE VP 500 TMK Püskürtme beton makinesi ile betonun hazırlanması b) Duvar iç yüzeyine püskürtme beton uygulaması[8]



Resim 9. Yükleme mekanizması [7]

Deneysel sonuçlardan bir tanesi aşağıda verilmiştir;

- D_2 (içten ve dıştan güçlendirilmiş duvar) duvarının, yıkılmadan dayanabileceği en büyük ivme a_{D2} = 1,06 g olarak hesaplanmıştır. Bu değer, D_0 (güçlendirilmemiş)duvarının değerine göre 4,56 kat ve D_1 (içten güçlendirilmiş) duvarının değerine göre de 1,46 kat daha fazladır.

İlgi çekici bir diğer güçlendirme yöntemi, Elastik Ard-Germe şeritleri ile güçlendirme yöntemidir. Kullanılmış araba lastikleriyle güçlendirilmiş olan gerek yığma duvarlar gerekse yığma yapıların davranış ve dayanımlarındaki değişiklikler incelenmiş ve yapısal davranış üzerine genel bir fikre ulaşıldığını belirtmişlerdir. Yapılan analiz sonuçlardan en önemlisi, bu güçlendirme yöntemiyle hem dayanım hem de sünekliğin arttığı ortaya konulmuştur[9].



Resim 10. Lastiklerin Hazırlanması[10]



Resim 11. Lastiklerin Takoz, Gijon ve Somun Vasıtasıyla Gerdirilmesi[10]



Resim 12. Dekoratif Çözümler[10]

Çelik şeritler ile güçlendirme ise, Hasarlı yığma yapılar için geliştirilen bu güçlendirme tekniği yeterli deprem güvenliği bulunmayan yığma yapıların güçlendirilmesi için de kullanılabilir görünmektedir [11].



Resim 13. Çelik Şerit Düzenlemeleri[11]

Betonarme karkas yapılarla birlikte yığma yapılarda da kullanılan yöntemlerden biride FRP (Fiber Reinforced Polymer) ve CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) diye adlandırılan ve aynı zamanda Lif Takviyeli Kompozitler (LTK) olarakta bilinen onarım ve güçlendirme yöntemi son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlandığı görülmektedir[12].



Resim 14. Yığma duvarın LTK ile güçlendirilmesi [12]

6. Sonuç

Bu çalışma ile, ülkemiz Türkiye'de son zamanlarda yaşadığımız depremler sonucunda özellikle ekonomik düzeyi düşük insanlarımızın, türlü zorluklarla bir göz oda ve bir dam ile inşa ettikleri, mühendislik hizmetinden yoksun barınmahaneleri olan kagir yığma evlerde yaşadıkları hasar ve yıkımlara dikkat çekerek, bu yapıların depreme karşı güçlendirilme ihtiyaçları ortaya konulmuştur. Ayrıca halihazırda uygulanabilen bazı güçlendirme yöntemlerine de değinilerek, ülkemizde bilimsel anlamda yığma yapıların güçlendirilmesine ilişkin çalışmaların yapıldığını ancak bu çalışmaların söz konusu yığma yapılarda pek uygulanmadığı da gözlenebilmektedir. En azından laboratuvarlarımızda değerli çalışmalarla bulunan bu güçlendirme yöntemlerinin olası depremlerden önce mutlaka bu yapılarımıza sahada uygulanması için gerekli destek ve çalışmaların hızlandırılması gerekmektedir.

Kaynaklar

[1] DİE., "Türkiye istatistik yıllığı, bina inşaat istatistikleri", *T.C. Başbakanlık Devlet istatistik Enstitüsü*, Ankara, 448-449 (2005).

[2] Ural, A., "Sarılmış ve geleneksel tip yığma yapıların deprem davranışlarının incelenmesi", 295 (1996). *Deprem Sempozyumu,* Kocaeli, 400-406 (23-25 Mart 2005).

[3] Karaşin, A.H., Karaesmen, E. "Bingöl Depreminde Meydana Gelen Hasarların İrdelenmesi" Deprem Sempozyumu Kocaeli, 392 (23-25 Mart 2005).

[4] Gürdil, F.A., "An Investigation of the Failure Criterion for Adobe Walls" Ph. D. Dissertation, Department of Civil Engineering, Middle East Technical University, Ankara, Turkiye, 172 (1986).

[5] Bayülke, N., "Yığma Yapılar", T.C. İmar ve İskan Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara, 1-35 (1980).

[6] Cöğürcü, M.T., "Yığma yapıların yatay derz güçlendirme yöntemiyle güçlendirilmesi", Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü",* Konya, 1-144 (2007).

[7] Kalkan, N., "Düzlem dışı tersinir yüklenen yığma yapıların donatılı püskürtme beton ile güçlendirilmesi", Doktora Tezi, *T.C.Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara, 6-147 (2008).

[8] Ateş, T. ''İçten ve Dıştan Donatılı Püskürtme Beton ile Güçlendirilen Yığma Duvarların Düzlem Dışı Tekrarlı Yük Altındaki Davranışı'', Doktora Tezi, *T.C.Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara,(2013).

[9] Özen, G.Ö., Türer, A., "Güçlendirme alternatiflerinin doğrusal olmayan analitik yöntemlerle irdelenmesi", *YDGA 2005-Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı,* T.C. Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Ankara, 1-6 (17 Şubat 2005).

[10] Türer, A., Şimşek, ÇGölalmış, ., M., Özden, B., Dilsiz, A., Özen, Ö., Korkmaz, H., Kullanılmış Araba Lastiği ile Bina Güçlendirme Antakya Pilot Uygulaması ve Dekoratif Çözümler *YDGA2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005,*

[11] Altın, S., Kuran, F., Kara, M.E., Anıl, Ö., *YDGA2005 - Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Arttırılması Çalıştayı, 17 Şubat 2005,*

[12] Coşkun, E., Betonarme Yapıların Geleneksel Yöntemlerle Depreme Karşı Güçlendirilmesi, T.C.İstanbul Kültür Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü,31.

YAPISAL GÜVENİLİRLİK DEĞERLENDİRMESİ VE BAYESYEN AĞLAR İLE GÜNCELLENMESİ

STRUCTURAL RELIABILITY ASSESSMENT AND UPDATING BY USING BAYESIAN NETWORKS

Mehmet Ozan YILMAZ[a] ve Abdurrahman ŞAHİN[b]
[a] Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: moyilmaz@yildiz.edu.tr
[b] Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: abdsahin@yildiz.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, yapısal güvenilirliğin tespiti için kullanılan klasik ve modern yöntemlerin bir incelemesi yapılmış, sonuçların güncellenmesi için gözlemlere ve yerinde incelemelere dayanan Bayesyen yaklaşım tanıtılmıştır. Yapının tasarım ömrü dahilinde maruz kalacağı her hangi bir etki tam manası ile bilinemez, ancak tahmin edilebilir. Bu tahminin yaklaşıklığı, belirsizliklerin doğru şekilde modellenmesi ile mümkündür. Yapısal güvenilirlik yöntemlerinde, yapının kendisine ve maruz kaldığı etkilere dair belirsizlikler, belirli olasılık dağılımları kullanılarak modellenir. Bayesyen yaklaşım da, burada kullanılan belirsizlik modelleme yönteminin sürekli gözlemlerle güncellenmesine olanak tanır. Elemanlara ve sisteme ait yapısal güvenilirlik güncellemesi örneği, iki boyutlu bir çerçeve sistemin statik, bir su deposunun dinamik yapısal analizi üzerinde işlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Yapısal Güvenilirlik, Bayesyen Yaklaşım, Bayesyen Ağlar, Risk Analizi, Güvenilirlik Güncellenmesi

Abstract

This paper presents a review on modern structural reliability assessment methods and a novel approach for updating structural reliability outcomes based on observations and on-site inspections. An effect (i.e. flood, earthquake) that any structure is subjected cannot be exactly known, but only be estimated. The problem in risk analysis, is to model uncertainty properly and obtain accurate predictions about the structural system. Bayesian perspective presents us genuine ways of uncertainty modelling and obtain realistic outcomes to predict consequences. Static structural analysis of a frame and dynamic analysis of a water tank examples are introduced in this paper on assessment and updating of structural reliability.

Keywords: Structural Reliability, Reliability Updating, Bayesian Statistics, Risk Analysis

1. Giriş

"Afet" terimi, insan hayatını tehlikeye sokan ya da insan yapımı yapılarda büyük hasarlar bırakan çevresel fenomeni tarif etmek için kullanılmaktadır. Afetlerin yol açtığı kayıpları ve hasarları azaltmak için, detaylı risk analizleri yapılmalıdır.

Olumsuz sistem çıktılarının mevcudiyeti, riski doğurur. Risk, bu olumsuz olayın gerçekleşmesiyle ortaya çıkacak sonuçlar olarak tanımlanabilir. Yapısal güvenilirlik de, tam olarak risk için tarif edilen olumsuz olayın gerçekleşme ihtimalleri üzerinde durmaktadır. Bu olumsuzluk, herhangi bir yapı elemanı ya da sistemi için "göçme" durumu olarak isimlendirilir. Elemanlar için göçme/hasar şartları farklı standartlar ile tanımlanmıştır [1-2]. Yapısal güvenilirlik analizinde standartlarda tanımlanan göçme durumu basitleştirilebilir ya da tamamen farklılaştırılabilir. Temel olarak yapısal güvenilirlikte göçme durumu, eleman için tanımlanan kapasitenin, analizler sonucunda hesaplanan istemden küçük olması durumunda gerçekleşir. Kapasitenin tanımı bu aşamada belirleyicidir. Aşılma olasılığı istenen kapasite değeri, herhangi bir hasar seviyesine ya da toptan göçmeye karşılık gelebilir. Kapasite ve istemin tanımları olasılıksal olarak yapılır ve sonuç da göçme olasılığını verir. Yani, literatürde güvenilirliğin temel ölçütü olarak kullanılan göçme ifadesi, elemanın ya da yapının her durumda tamamen yıkılmasını tarif etmez, belirlenen kapasitenin aşılması olayı "göçme (failure)" olarak anılır.

Göçme olasılığı, risklerin belirlenmesi ve gerekli önlemlerin alınması için oldukça önemlidir. Bu çalışmada, göçme olasılığının tespiti için klasik ve modern yöntemlerin bir incelemesi ve karşılaştırılması yapılmıştır. Bir önemli husus da, sonuçların gerçekçiliği ve güncelliğidir. Gerçekçi sonuçlar elde edebilmek, belirsizliklerin uygun modellenmesi ile mümkündür. Bu noktada, ölçümlerden ve tecrübelerden yararlanılabilir. Örnek olarak betonarme bir yapının malzeme özellikleri tespit edilirken, alınan numunelerin tamamı farklı elastisite modüllerine ya da özgül ağırlıklara sahip olabilir. Statik ve dinamik analizlerde kullanılacak bu değerler, deterministik birer değer olarak değil de gözlemlere dayanan bu istatistiksel dağılım ile modellenirse, yapılan analizin çıktısı "göçme durumu/göçmeme durumu" gibi deterministik bir çıktı değil, göçme ya da göçmeme durumunun gerçekleşme ihtimali olacaktır.

Güvenilirlik tespiti kullanılan simülasyon yöntemlerinin, tamamının çıkış noktası olarak Monte Carlo yöntemi gösterilebilir. Monte Carlo Simülasyonunun tarihi, ikinci dünya savaşı sırasında yapılan nükleer araştırmalara

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

dayanır. İlk olarak Metropolis ve Ulam [3] tarafından yayınlanmış ve bu tarihten itibaren birçok alanda sıklıkla kullanılmıştır. Tıpta, nükleer araştırmalarda ve fizikte Monte Carlo yönteminin birçok uygulaması ile karşılaşmak mümkündür [4-6].İlerleyen yıllarda, araştırmacıların ana hedeflerinden biri, bu yöntemden alınan verimin artırılması olmuştur. Bucher [7], yönteme öneme göre örnekleme yapacak ilaveler yapmış ve ihtiyaç duyulan çevrim sayısını oldukça azaltmıştır. Au ve Beck'in [8], 2001 yılında yayınladığı Altküme Simülasyonu da, Monte Carlo'nun evrimi açısından bir dönüm noktası sayılabilir. Bu yöntem, birbirine bağlı rassal değişken "zincir"leri üretir. Son yıllarda yapılan yayınlarda ilgili yöntemlerin gelişmiş bilgisayar teknolojileri yardımıyla yapılan birçok uygulamasını bulmak mümkündür [9].

Simülasyon yöntemlerinin yanısıra, optimizasyon algoritmalarını kullanan Birinci ve İkinci Mertebe Güvenilirlik yöntemleri da literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. Birinci Mertebe Güvenilirlik Yöntemi, ilk olarak Hasofer ve Lind [10] tarafından yayınlanmış olup, sınır durum fonksiyonlarına birinci mertebe yaklaşımlar ile sonuç arar. Bu yöntem, Rackwitz ve Fiessler [11] tarafından ikinci mertebe yaklaşımları yapacak şekilde ileriye taşınmış ve hassaslığı artırılmıştır. Bu yaklaşım, literatürde özellikle geometrik doğrusal olmayan yapıların yapısal güvenilirlik analizinde kendine geniş yer bulmuştur [12-17].

Sonuçların güncelliği, geçerliliklerini artırır. Bayes'in koşullu olasılıklar tanımı, yalnızca gözle yapılan incelemelerle dahi belirsizlik modellerinin güncellenebilmesine olanak tanır. Bayes kuralına ait temel tanımlar ve açıklayıcı örnekler de çalışma dahilinde sunulmuştur. Bayesyen yaklaşım, bir çok farklı alanda kullanılıyor olmakla beraber, yapı mekaniğine de 1970'lerden itibaren uygulanmaya başlamıştır. Benjamin ve Cornell [17], Bayesyen güncellemenin mühendislik problemleri üzerine ilk uygulamalarını yapmıştır. Bayesyen analiz, yapıların dinamik karakterlerinin belirlenmesinde de kullanılmıştır [18]. Son yıllarda bilgisayar tekniğinin hızlı ilerleyişi, yapısal güvenilirlik tespiti için de, Bayesyen analiz için de sınırları oldukça genişletmiştir. Bayesyen yaklaşımın klasik ve modern yöntemlerle beraber kullanımı da hızla artmaktadır [19,20]. Bayesyen ağların inşaat mühendisliği problemlerinde kullanımı çok geniş bir çerçevede olup, Bensi ve diğ. [21], Papaionnaou ve diğ. [22], Luque ve Straub [23], Spackova ve Straub [24], yapı mühendisliği özelinde yapılmış çalışmalara örnek olarak gösterilebilir.

2. Yapısal güvenilirlik yöntemleri üzerine bir inceleme

2.1 Güvenilirlik Problemi

Yapısal güvenilirlik yöntemleri, en temelde dayanım (R) ve istem (S) arasındaki ilişkiden yola çıkar. Bunlardan her ikisi ya da herhangi biri olasılıksal olarak tanımlanır. Sistemin dayanımı aşmadığı durumu tarif etmek için (1) yazılır.

$$R - S > 0 \tag{1}$$

(1) eşitsizliğinin sağlanmadığı durumlarda ise istem, dayanımı aşmıştır. Bu durumda yapısal elemanın ya da sistemin göçme durumunda olduğu kabul edilebilir. Bunun mekanik olarak göçmeye karşılık gelmeyebileceği de belirtilmelidir. Çalışmada ve literatürde "göçme" olarak anılan durum, esasında yapısal istemin, izin verilen değeri geçmesi durumudur. Göçme ve göçmeme durumları arasındaki kritik hal, *sınır durum fonksiyonu* (2) ile tanımlanmıştır.

$$g(R,S) = 0 \tag{2}$$

Yapısal güvenilirlik yöntemlerinin tamamı, farklı yaklaşımları kullanarak, elde edilen doğrusal ya da doğrusal olmayan $g(R,S)$ fonksiyonunun sağlanıp sağlanmadığıyla ilgilenirler. (1) ifadesinin sağlanmama durumu göçmedir ve göçme durumunun gerçekleşme olasılığı ne kadar yüksekse, sistem ya da eleman o kadar az güvenilirdir. Göçme olasılığı, yapısal güvenilirlik yöntemlerinden beklenen temel çıktıdır. Matematiksel olarak tarifi Denklem (3) ile verilmiştir.

$$p_f = \Pr(g < 0) \tag{3}$$

g fonksiyonunun değişkenleri R ve S olasılıksal olarak tanımlanmış birer rassal değişkendir. Bu ifadede $\{g(R,S) < 0\} = \Omega_f$ olmak üzere bir çözüm kümesi tarif edilir. Daha açık bir deyişle, uzayda sınır değer fonksiyonunun sağlanmadığı (göçmenin gerçekleştiği), değerler bir alan oluşturur. Aranan p_f değerinin hesabı da $f(x)$ rassal değişkenleri tarif eden olasılıksal dağılımların olasılık yoğunluk fonksiyonu olmak üzere, $f(x)$'in bu alan üzerindeki integrasyonu ile mümkündür (4).

$$p_f = \int_{\Omega_f} f(x).dx_R.dx_S \tag{4}$$

Bu ifadeyi analitik olarak çözümlemek, ancak çok basit durumlar için mümkün olabilir. Gerçek mühendislik problemlerinde ise, sayısal çözüme gitmek gerekecektir.

Bu başlık altında incelenecek dört temel yapısal güvenilirlik tespit yönteminin tamamında elde edilmek istenen sonuç, göçme olasılığı p_f'tir. Her yöntemde amaç aynı olmasına rağmen, kullanılan yaklaşımların farklı oluşu, sonucun hassasiyetini doğrudan etkilemektedir. Ayrıca yeterli hassasiyette sonuç almak için bazı durumlarda çok büyük hesaplama zamanları ve bellek kullanımı ihtiyacı doğabilir.

Yapısal güvenilirlik yöntemleri iki temel gruba ayrılabilir. Bunlardan ilki simülasyon yöntemleridir. Simülasyon yöntemlerinde limit durum fonksiyonu farklı rassal değişkenler için defalarca tekrarlanır ve elde edilen sonuçlar değerlendirilir. Bunlardan en yaygınları Monte Carlo, Önem Örnekleme ve Altküme Simülasyonu yöntemleri olarak sayılabilir. BMGY ve İMGY (Birinci ve İkinci Mertebe Güvenilirlik Yöntemleri) gibi yöntemler ise problemin çözüm kümesini standart normal uzaya taşıyarak göçmenin ilk yaşandığı noktayı ararlar ve bu yolla göçme olasılığına giderler.

2.2 Monte Carlo Yöntemi

Monte Carlo yöntemi, temelde sınır durum fonksiyonunun tekrarlanarak üretilmesi üzerine kuruludur. Yöntem ile alınan sonuçların hassasiyeti, tekrarlar sonucu üretilen ve koşulu yerine getirmeyen sınır durum fonksiyonlarının sayısı ile doğrudan alakalıdır.

Monte Carlo Yöntemi, bilhassa küçük olasılık değerleri ($p_f < 10^{-6}$) arandığında, anlamlı sonuçlar verebilmek için sınır durum fonksiyonunun çok fazla çevrimine ihtiyaç duyar. Bu, bazı durumlarda mümkün olmakla beraber, yapı mühendisliği problemlerinin doğası itibarı ile, bir çok yapısal problemde uygulanamaz.

Yapı güvenilirlik problemini tarif eden sınır durum fonksiyonu, Denklem (1)'de görüldüğü üzere, kapasite ve yapısal tepkinin bir fonksiyonudur. Yapısal tepkinin hesabında, statik ya da dinamik analiz için farklı kabullere dayanarak ve birçok durumda büyük boyutlarda doğrusal ya da doğrusal olmayan denklem sistemlerinin çözümü ile sonuca gidilir. Aranan göçme olasılığına bağlı olarak, bu çözümün yüzbinlerce kez tekrarlanması gerekebilir. Bu durum da, Monte Carlo yöntemini hesaplama zamanı ve sonuçların kesinliği açısından efektif bir yöntem olmaktan uzaklaştırır.

$$\Pr(F) \approx \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n_0} I[g(x_i) \le 0] \tag{5}$$

Monte Carlo algoritmasına göre göçme olasılığı Denklem (5) ile tanımlanmıştır. Burada $I[g(x_i) \le 0]$ değeri $g(x_i) \le 0$ durumlar için 1, diğer durumlar için 0 değerini alır.

Tüm yetersizliklerine rağmen Monte Carlo yöntemi, her türlü yapı problemine rassal değişken sayısına ve bunların olasılıksal dağılımlarına bağlı olmaksızın, doğrudan uygulanabilir. Monte Carlo yönteminin yapı mühendisliği problemlerinde doğrudan kullanımı kullanışsız ve dahi sakıncalı olmakla beraber, yöntemin basitliği ve uygulanabilirliği, bu yöntemi; diğer yöntemlerden elde edilen sonuçların doğruluğunu sınamak amacı ile kullanılmasına uygun kılar.

2.3 Önem Örnekleme

Monte Carlo yöntemi, güncel problemlerde kullanıma uygun olmamakla beraber, modern simülasyon yöntemlerinin da atası olarak görülebilir. Modern simülasyon yöntemleri, temelde Monte Carlo yönteminin yaptığı işi yaparlar. Farkları ise, sınır durum fonksiyonu çevrimlerinin çıktı kümesinin daraltılmasıdır. Örneğin Önem Örnekleme yöntemi, bunu önem yoğunluğu denilen katsayı yardımı ile yapar.

Bu yöntemde, kapasite ve istem rassal değişkenleri için üretilen değerlerin göçme durumunu sağladığı ilk noktada çevrimler sıklaştırılır. Yani, sınır durum fonksiyonu çıktıları tüm çözüm uzayında değil, yalnızca belirlenen bir bölgede sıklaştırılmış olarak üretilir. Böylece Monte Carlo yöntemine göre çok daha az sayıda çevrim ile anlamlı sonuçlara ulaşmak mümkündür.

Önem Örnekleme yönteminde, Denklem (5) ile verilen Monte Carlo algoritması, Denklem (6)'daki gibi düzenlenir.

$$\Pr(F) \approx \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} I[g(x_i) \le 0]\frac{f(x_i)}{\psi(x_i)} \tag{6}$$

Burada $\psi(x_i)$ çevrim yoğunluğu olarak isimlendirilir ve doğrudan tahmin edilen göçme bölgesinin kapasite-istem uzayındaki yoğunluğu ile alakalıdır. Bu durumda $\frac{f(x_i)}{\psi(x_i)}$ oranı da, $f(x_i)$ gerçek olasılık yoğunluk fonksiyonu olmak üzere, klasik Monte Carlo yöntemi ile üretilen x_i rassal değişkenlerinin tanımlanan bu fonksiyon üzerinden üretilmesini sağlayan büyütme fonksiyonu olarak görülebilir.

Fakat Monte Carlo yönteminden farklı olarak Önem Örnekleme simülasyonu, göçmenin gerçekleştiği noktanın bulunduğu bölgeye ait yaklaşık bir tahmin gerektirir. Bu tahmin baz alınarak örnekler sıklaştırılır. Bu tahmin gözlem ya da tecrübelere dayanabilir. Ya da başka yöntemler ile bu noktanın kapasite-istem uzayındaki konumuna yaklaşılabilir. Ancak sonuç olarak, Önem Örnekleme yönteminden anlamlı bir çıktı alabilmek için, göçme bölgesi konumuna ait girdi gereklidir. Bu da, Önem Örnekleme yönteminin tek başına kullanımını imkansız kılar. Önem Örnekleme yönteminin çıktıları her daim doğrulanmalıdır.

Yöntemin gerçek problemler için kullanımı, bir yaklaşım yöntemi kullanılarak elde edilen göçme noktası verisi ile mümkündür. Bu bakımdan Önem Örnekleme yöntemi problemlerin çözümünde doğrudan kullanmak için uygun değildir fakat yaklaşım yöntemleri ile elde edilen güvenilirlik sonuçlarını doğrulamak ve hassasiyeti artırmak için kullanımı uygundur. Önem Örnekleme yöntemi ile, Monte Carlo'da görülmesi mümkün olmayan göçme olasılığı sonuçlarını görmek mümkündür.

2.4 Altküme Simülasyonu Yöntemi

Altküme Simülasyonu yöntemi, simülasyon yöntemleri arasında en modern ve sık kullanılan yöntem olarak karşımıza çıkar. Bu yöntem, koşullu olasılığın tanımını kullanarak tekrarlı Monte Carlo analizleri yapar ve klasik Monte Carlo algoritmasının ihtiyaç duyduğu yoğun çevrim miktarını çok önemli ölçüde azaltır.

$$\varepsilon_i = \{G(U) - c_i \le 0\},\ i = 1,\ldots,m \tag{7}$$

Altküme Simülasyonu yönteminde doğrudan $\Pr(g < 0)$ ihtimali yerine, Denklem (7)'de tanımlanan ε_i olaylarının olma ihtimali tanımlanır. Burada m adet c_i tanımlanır ve sınır değer fonksiyonu, gerçek limit değer yerine bunlar ile sınırlandırılır.

$$\Pr(F) = \Pr\left(\bigcap_{i=1}^{m} \varepsilon_i\right) \tag{8}$$

Böylece sınır değer fonksiyonuna ait m adet altkümesine ait olasılıklar bulunur ve bunlar Denklem (8)'de tanımlandığı şekilde birbirine göre koşullandırılır.

Altküme Simülasyonu ile yapılan analizlerin hesaplama bakımından verimi, hedef olasılığın büyüklüğü ile doğru orantılıdır. Bir başka deyişle, hedeflenen olasılık ne kadar

küçükse, aranan olasılığa ulaşmak için o kadar fazla altküme oluşturulmalıdır ve bir o kadar fazla çevrim yapılmalıdır. Yapılan incelemelerde, Altküme Simülasyonu yönteminin, yapı mühendisliği problemleri için en verimli ve en uygun yöntem olduğu gözlenmiştir.

2.5 Birinci ve İkinci Mertebe Güvenilirlik Yöntemi

Birinci ve İkinci Mertebe Güvenilirlik Yöntemleri (BMGY ve İMGY), buraya kadar bahsedilen simülasyon yöntemlerinden tamamen farklı olarak, sınır değer fonksiyonun tekrarlı çevirimi üzerinde durmak yerine, bu fonksiyonu standart normal uzaya taşır ve geometrik yöntemlerden de faydalanarak ilk göçmenin olduğu konuma standart kapasite-istem uzayında yaklaşmaya çalışır.

Sınır değer fonksiyonunu gerçek uzaydan standart uzaya taşıma ile ilgili detaylı açıklamalar ve örnekler ilgili kaynaklarda mevcut olmakla beraber, temelde BMGY ve İMGY yöntemlerinde sınır değer fonksiyonuna, seçilen göçme noktası etrafında Taylor serisi ile yaklaşılır.

Denklem (4)'te verilen eşitlik standart normal uzayda Denklem (9)'da verildiği şekilde yazılabilir.

$$p_f = \int_{G(u)\le 0} f(u).du \tag{9}$$

Bu aşamadan sonra İMGY ve BMGY, duruma sınırlandırılmış bir optimizasyon problemi gibi yaklaşır. Standart uzayda en küçük u mesafesini, iteratif yöntemlerle aramaya başlar. Bu işlem matematik olarak Denklem (10)'da tarif edilmiştir.

$$G(u) = 0 \text{ ile sınırlandırılmış},\quad u^* = \arg\min \| u \| \tag{10}$$

Bu nokta arama işlemi için klasik bir yaklaşım olan Hasofer-Lind-Rackwitz-Fiessler (HLRF) algoritmasının kullanımı ile literatürde sıklıkla karşılaşılır. Bulunan noktanın standart normal uzayın orjinine olan mesafesi, yapının güvenilirlik indisi ile ilgili gerekli bilgiyi verir.

BMGY ve İMGY yöntemleri, diğer yöntemler gibi yalnızca göçme ihtimalini vermekle kalmaz, ayrıca hassasiyet (sensitivity) bilgisi de sağlar. Böylece yapısal güvenilirliğin hangi rassal değişkene daha hassas olduğu bilgisi de optimizasyon amaçlı kullanılabilir.

BMGY ve İMGY, çevirim gerektirmemeleri ve doğrusal olmayan sınır durum fonksiyonlarına da uygulanabilmeleri gibi nedenler ile sıklıkla tercih edilirler. Fakat bunun yanında, limit durum fonksiyonuna ait gradyan bilgisine de ihtiyaç duyarlar. Bu, basit mühendislik problemlerinde mümkün olmak ile beraber, karmaşık yapıdaki yapı istemlerine ait denklemlerin oluşturulmasında oldukça zor bir aşamadır. Yapı istemleri doğrudan sistemin rijitlik ve kütle matrisleri ile dış yük vektörlerine bağlıdır. Çok fazla rassal değişken içeren problemlerde bunun açık ifade ile yazılması ve gradyan bilgisinin sağlanması gayet zordur. Bu nedenle, BMGY ve İMGY yöntemleri oldukça verimli yöntemlerdir fakat yapı mühendisliği problemlerinde uygulanması birçok halde mümkün değildir.

3. Yapısal Güvenilirliğin Güncellenmesi ve Bayesyen Yaklaşım

Güncel yapı mühendisliği problemlerinde, yapısal güvenilirliğin güncelliği, en az tespiti kadar önemlidir. Sonuç olarak güvenilirlik tespiti, belirsizliğin modellenmesi ile mümkündür. Bu belirsizlik durumu da mümkün olan her anlamda takip altında olmalı ve olasılık modeli güncel tutulmalıdır.

Güncelliğin korunması, yapıda yapılan gözlem ve incelemelerin ilk modele yansıtılması için daha önce farklı alanlarda kullanılmış olan Bayesyen yaklaşım, yapı mühendisliği problemlerine de uygulanmaya müsaittir.

Bayesyen yaklaşımın mühendislik alanında ilk kullanımları yapay zeka ve makine öğrenimi üzerine çalışmalara dayanır. Grafik olarak gösteriminin basit ve anlaşılır oluşu, belirsizlikleri, yine belirsizlikler arasındaki ilişkilere dayandırararak güçlü belirsizlik modelleri kurmaya imkan sağlaması, bu yaklaşımı risk analizinde de en popüler araçlardan biri haline getirmiştir.

3.1 Bayes Kuralı

Bayesyen yaklaşımı koşullu olasılığın tanımından faydalanır. Denklem (11)'de koşullu olasılığın tanımı verilmiştir.

$$\Pr(A \mid B) = \frac{\Pr(AB)}{\Pr(B)} \tag{11}$$

Buna göre A ve B olaylarının birlikte olma olasılığının, yalnızca ve koşulsuz olarak B olayının olma olasılığına oranı, B olayının olduğu bilindiği durumlar için A'nın gerçekleşme ihtimalini verir. Bir başka deyişle, A ve B olaylarının birbirleri ile koşullu olarak ilişkilendirildiği durumlarda, elde B olayının gerçekleştiğine dair bir gözlem var ise, artık A'nın olma olasılığı güncellenmiştir. Yeni olasılık değeri de Denklem (9)'da tarif edildiği gibi elde edilir.

$$\Pr(A \mid B) = \frac{1}{\Pr(B)} \Pr(B \mid A) \Pr(A) \tag{12}$$

Bayes kuralı (12) olarak bilinen ilişki, koşullu olasılığın tanımından yola çıkar. Bayes kuralı şu yüzden önemlidir; denklemin her iki tarafında A'nın gerçekleşme olasılığı bulunur. Denklemin sağında yer alan $\Pr(A)$ öncül olasılığı verirken, $\Pr(A \mid B)$ gözlemlere göre güncellenmiş olasılığı verir.

3.2 Bayesyen Ağlar

Bayesyen ağlar, rassal değişkenlere ait bileşik olasılığı tanımlamak için kullanılan modellerdir. Bayesyen ağlar sürekli ya da ayrık rassal değişkenler için formülize edilebilirler. Bayesyen ağlar, yönlendirilmiş çevrimsiz grafikler ile oldukça etkili şekilde görselleştirilirler. Bir örneği bu çalışma kapsamında gösterilmiştir. Çevrimsiz grafiklerdeki her bir düğüm noktası rassal değişkenleri ve düğüm noktaları arasındaki bağlantılar da onlar arasındaki ilişkiye dair bilgileri içerir.

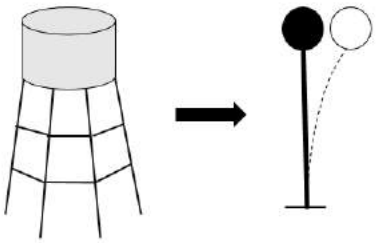
4. Sayısal Örnekler

Bu çalışma kapsamında tanıtılan yapısal güvenilirlik tespit yöntemlerinin verimliliğine dair, basit bir çerçeve ve tek serbestlik dereceli bir su deposu üzerinde incelemeler yapılmıştır.

Daha sonra bu modeller için yapılan gözlemlerin belirsizlik modeline katılması ve yapısal güvenilirliğin güncellenmesi için bir Bayesyen ağ kurulmuştur, sonuçlar ve değerlendirmeler sunulmuştur.

4.1 Su deposu Örneği

Su deposu yapıları, kütlenin yapının üst kısmında yoğunlaşması sebebiyle, belli rijitliğe sahip (kütlesiz) bir kolon tarafından taşınan ve tek serbestlik derecesine sahip bir kütle olarak dinamik analize tabii tutulabilir (Şekil 1). Rassal değişkenlerle modellemeye güvenilirlik tespitine örnek olması açısından, çalışma kapsamında 15 m yüksekliğe sahip 5000 kg. kütleli bir su deposu ele alınmıştır. Kolon elemana ait elastisite modülü 30000 MPa ve atalet momenti 0.008 m^4 olarak kabul edilmiştir.

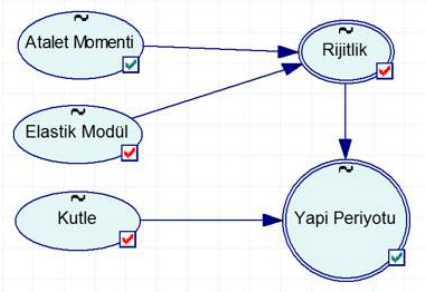


Şekil 1 Su deposu modelinin basitleştirilmesi

Deterministik yaklaşımla yapının dinamik karakteristikleri; ki bu da tek serbestlik dereceli sistem için yalnızca periyot/frekans değerine karşılık gelir, denklem (13) ve (14)'te ifade edildiği gibi hesaplanabilir.

$$k = \frac{3EI}{h^3} = 2.13 \times 10^6 \; N/m \qquad (13)$$

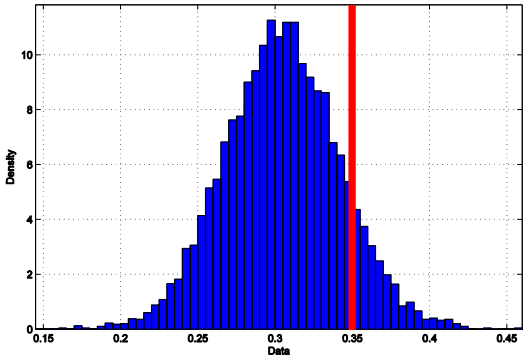
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 0.304 \; s \qquad (14)$$



Şekil 2 Su deposu problemi için kurulmuş örnek bayesyen ağ gösterimi

Görüldüğü gibi yapının periyotu, kütleye ve riitliğe doğrudan bağlıdır. Rijitlik ise elastisite modülü, atalet momenti ve kolon boyunun bir fonksiyonudur (Şekil 2). Yani, periyot fonksiyonunu etkileyen bu parametreler olasılıksal olarak modellendiğinde, periyot çıktısı da olasılıksal olacaktır. Olasılıksal çıktılar üzerinde güvenilirlik hakkında yorum yapılabilir.

Bu çalışmada basitliği korumak adına, problemi etkileyen parametrelerden yalnız kütle ve elastisite modülünün rassal değişken olarak alındığı bir durum incelendi. İki parametrenin de normal dağılıma sahip olduğu, kütlenin 1000 kg., elastisite modülünün ise 5000 MPa standart sapmaya sahip olduğu bir durum modellendi. Bu durum için 10^6 adet çevrimle Monte Carlo yönteminden elde edilen periyot sonuçlarına ait histogram Şekil 3'te sunulmuştur.



Şekil 3 Olasılıksal periyot çıktılarına ait histogram ve belirlenen sınır değer

Yapıda göçme olasılığının saptanması için, öncelikle göçme tanımı yapılmalıdır. Burada göçme tabiri, ilk kısımda açıklandığı gibi, arzu edilmeyen yapısal tepkinin alındığı sınır değerdir. Örnek olarak, bu yapıda periyotun 0.35 s'den büyük olduğu durumların, yapısal dinamik tepkinin istenmeyen seviyelerde olduğu durumları tarif ettiği kabul edildi. Çıktılar üzerinden bu olumsuz durumun gerçekleşme olasılığı, Monte Carlo yöntemi ile %10.79 olarak hesaplandı.

Tablo 1. Yapı periyotunun T=0.35 s aşma olasılığı

Hesap Yöntemi	Göçme Olasılığı	Çevrim Sayısı
Monte Carlo	$1{,}08.10^{-1}$	1000000
BMGM	$9{,}06.10^{-2}$	7
Önem Örnekleme	$1{,}17.10^{-1}$	10000
Altküme Sim.	$1{,}02.10^{-1}$	2000

Yöntemlerin verimliliğinin bir karşılaştırması olması açısından aynı problem farklı yöntemler ile çözüldü ve sonuçlar Tablo 1'de sunuldu.

Tablo 1'de sunulan sonuçlar, yapılan varsayımlar neticesinde elde edilmiştir. Belirsizlik modellemesinde

kullanılan olasılıksal modeller de, zamana ya da değişen ortam koşullarına göre değişebilir. Basit su deposu modeli örneğindeki olasılıksal model, bazı gözlemler ile geliştirilebilir. Örneğin, bu model özelinde farklı hava koşullarında, su deposundaki suyun miktarı ölçülebileceğinden, kütle bilgisi yağış durumuna göre güncellebilir.

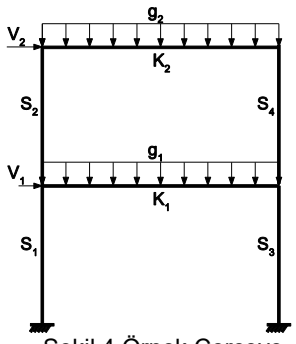
Örneğimiz için "çok yağışlı", "yağışlı", "karlı", "normal" ve "sıcak" olmak üzere 5 farklı hava durumu tanımlandı ve ortalama kütle bilgisi sırasıyla 6800, 6100, 6500, 5000 ve 4300 kg olarak güncellendi. Hesaplar neticesinde belirlenen sınırın aşılma olasığının %0.06 (sıcak) ile %57 (çok yağışlı) arasında değiştiği gözlendi.

4.2 Çerçeve Örneği

Şekil 4'te gösterilen iki katlı çerçeve g_1 ve g_2 rassal değişken düşey yayılı yükler ile yüklenmiştir. Bir kat üzerindeki yük, gerçekte de belirsizdir. Yapısal elemanlara ait zati yükler yaklaşık kabullerle belirlenmekle beraber, herhangi bir anda yapı üzerinde bulunan hareketli yüklerin miktarı fazlaca belirsizdir.

Hareketli yüklerin deprem anında kütleye katılımları ile ilgili deprem yönetmeliklerinde yapının kullanım amacına göre katsayılar belirlenmiştir fakat yine de belirsizliği modellemenin en kesin yolu, ölçüm ya da gözlemler sonucu değişkenin olasılıksal dağılımlara uydurulmasıdır. Aynı durum, malzeme özelliklerinde de geçerlidir.

Örneğin betona malzemenin karakteristik basınç dayanımı ya da elastisite modülü gibi malzeme özellikleri için beton sınıflarına göre ayrı deterministik değerler hesaplarda kullanılır. Fakat, uygulamadan örnekler alındığında ilgili parametrelere ait sonuçların bir bantta değiştiği gözlenir. Yapısal güvenilirlik hesaplarında bu tip parametreler gerçeğe uygun şekilde, olasılıksal olarak tanımlanırlar.



Şekil 4 Örnek Çerçeve

Deterministik tanımlar yapmak, modeli gerçekçilikten uzaklaştırır.

Sistemde kullanılan rassal değişkenler ve olasılıksal tanımları Tablo 2'de verilmiştir. Değişken tanımlarının tamamı normal dağılım içindir.

Katlara etkiyen yatay deprem yükü de olasılıksal olarak tanımlanmamış ve birer rassal değişken olan kat kütlelerinin birer fonksiyonu olarak tanımlanmıştır (15).

Tablo 2 Rassal değişkenlere ait olasılık tanımları

R.D.	μ	σ	Açıklama
E_1	200 GPa	50 GPa	S_1 elastisite modülü
E_2		40 GPa	S_2 elastisite modülü
E_3		10 GPa	S_3 elastisite modülü
E_4		15 GPa	S_4 elastisite modülü
E_5		45 GPa	K_1 elastisite modülü
E_6		15 GPa	K_2 elastisite modülü
g_1	8 kN/m	0.5 kN/m	1. Kat yayılı yük
g_2	10 kN/m	1 kN/m	2. Kat yayılı yük

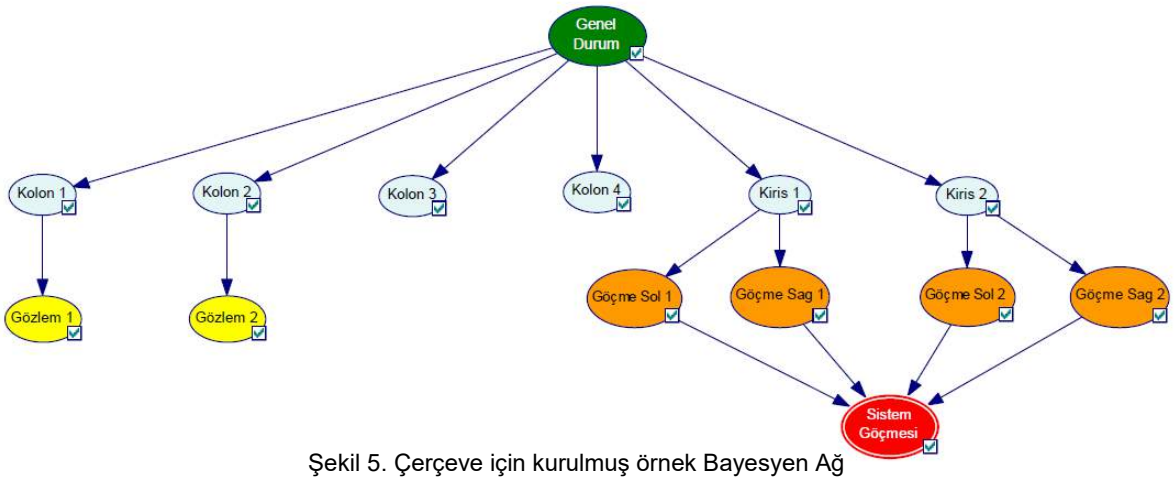
$$V_1 = 0.4 \times \frac{g_1}{9.81} \times \frac{g_1}{g_1 + g_2}$$
$$V_2 = 0.4 \times \frac{g_2}{9.81} \times \frac{g_2}{g_1 + g_2} \quad (15)$$

Yapısal güvenilirlik tespitinde, sınır durum fonksiyonlarının uygun tanımlanması, değişkenlerin uygun modellenmesi kadar önemlidir. Sınır durum fonksiyonları belirlenirken yapının göçme modları dikkate alınır. Bu örnekte her bir mesnet kesitinin moment etkisi ile mafsallaşması durumu, göçme durumu olarak kabul edilmiştir. Aynısı kesme kuvveti için de düşünülebilir. İki kiriş de mafsallaştıktan sonra sistemin göçtüğü varsayılsın.

Bu örnek için birinci kattaki kirişlerin moment taşıma kapasitesi, pozitif ve negatif moment için eşit olmak üzere 85 kNm, ikinci kat kirişlerin ise 168 kNm olarak alınmıştır. Bunları kullanarak, M_i i.nci kat kirişindeki moment olmak üzere; 4 adet sınır durum fonksiyonu (16) yazılabilir.

$$\begin{aligned} &abs(M_{1sağ}) - 85 \le 0 \\ &abs(M_{1sol}) - 85 \le 0 \\ &abs(M_{2sağ}) - 168 \le 0 \\ &abs(M_{2sol}) - 168 \le 0 \end{aligned} \quad (16)$$

Sınır durum fonksiyonları belirlendikten sonra tüm yapısal güvenilirlik tespit yöntemleri, bu fonksiyonların sağlanma ihtimallerini aramaya başlar. Tablo 3'de çalışmada tanıtılan yöntemler kullanılarak hesaplanan göçme olasılıklarına örnek olarak üst kat kirişinin sol ucu sonuçları sunulmuştur.



Şekil 5. Çerçeve için kurulmuş örnek Bayesyen Ağ

Tablo 3 Birinci kat kirişi sol ucu göçme olasılıkları

Hesap Yöntemi	Göçme Olasılığı	Çevrim Sayısı
Monte Carlo	0	100000
BMGM	$6{,}9.10^{-6}$	16
Önem Örnekleme	$7{,}6.10^{-6}$	10000
Altküme Sim.	$8{,}0.10^{-6}$	15000

Tablo 3'de sunulan sonuçlar, yöntemlerin karakteristiğini uygun şekilde yansıtmaktadır. Hedef olasılık oldukça küçük olduğundan, Monte Carlo yöntemi çok fazla çevrim yapmasına karşın sonuç verememiş, Birinci Mertebe Güvenilirlik Yöntemi'nden ise çok az sayıda çevrimle (optimizasyon için hat keşfi iterasyonları) ile yaklaşık bir sonuç elde edilebilmiştir. Önem Örnekleme Yöntemi, Birinci Mertebe Güvenilirlik Yöntemi'nin verdiği bilgileri kullanarak sonucu hassaslaştırmıştır. Altküme Simülasyonu ise, sonuca gidebilmek için 15 adet altküme oluşturup bunların her birinde diğerine kümelere bağlı 1000 örnekleme ile hesap yapmıştır.

Sunulan sonuç, sadece ikinci sınır durum fonksiyonunun sağlanma ihtimalini yansıtmaktadır. Sistem göçmesini hesaplamak için tüm kiriş uçlarının mafsallaşması gerektiği kabul edilsin (Paralel sistem). Tek bir mafsallaşmanın da sistem göçmesi anlamına geldiği durumlar (Seri sistem) ayrıca incelenebilir. Dört fonksiyonun da aynı anda gerçekleşme olasılığı, Altküme simülasyonundan alınan sonuçlara göre $p_f = 0.006182$ olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuç, gözlem ve/veya ölçümlerle oluşturulmuş olasılıksal belirsizlik modelinin herhangi bir ek koşula bağlı olmadan verdiği sonuçtur. Yani bu modele göre, birinci kat kirişinden alınan numunenin elastisite modulü ortalama 200 GPa olup, bu değer 45 GPa kadar bir standart sapma gösterebilir. Bayesyen güncelleme, bu noktada devreye girer. Örneğin, yapısal elemanda gözle yapılan incelemenin sonucunda, kirişin elastisite modulünün, belirlenen bandın hangi aralığında olabileceğine dair çıkarımlar yapılabilir ya da elemanın yaşına, maruz kaldığı etkilere göre ne kadar dayanım kaybettiği, ilgili parametrelerde ne gibi değişiklikler olduğu/olabileceği tahmin yoluyla belirlenir. Yani, örneğimiz için kiriş elemanında yapılan incelemenin sonunda, elemanın durumu "iyi" olarak rapor edildiyse, Bayesyen güncelleme ile, kirişin olasılıksal modelinden gelecek sonuçlar ortalamanın üstüne yoğunlaştırılır. "Kötü" durumun gözlenmesi de olasılıksal modelden üretilecek rassal değişkenlerin ortalamanın altında yoğunlaşması anlamına gelir.

Bir ya da birden fazla elemanda yapılacak incelemeler, sistemin göçme sonuçlarına doğrudan etki eder. Bu etkiyi gözlemleyebilmek adına, bu çalışma kapsamında çerçeve örneği için bir Bayesyen Ağ kurulmuştur. Çalışmada ağın kurulması ve çözümü için GeNIe [25] yazılımı kullanılmıştır.

Şekil 5'de çerçeve örneği için kurulmuş bir Bayesyen Ağ görülebilir. Ağda mavi ile gösterilen düğüm noktaları, yapısal sistemin elemanlarını temsil eder. Bunlardan yalnızca kirişler için ikişer göçme mekanizması tanımlanmıştır ve bunların tamamının göçme hali de sistem göçmesi olarak ifade edilmiştir. Elemanların tamamı, yeşil düğüm noktası ile gösterilmiş genel sistemin birer altkümesi olup, bu elemanlardan yalnız iki adet kolon üzerinde gözlem yapılmıştır. Kolonların malzeme özellikleri üzerinde yapılan gözlemlerin, ilk aşamada bulunan göçme olasılığını ne kadar etkilediği belirlenmiştir.

Yapılan gözlemlerin, yalnız gözle incelemeye dayandığı bir durum düşünülsün ve elemanların durumuna 1 en iyi durumu temsil etmek üzere, 1'den 5'e kadar notlar verilsin. Gözlemler yapılırken, doğal olarak hatalar yapılabilir. Bu hataları da dikkate almak için aşağıdaki koşullu olasılık tablosu (Tablo 4) tanımlanabilir. e_i elemanın gerçek durumunu, i_i ise gözlenen durumu tarif etmektedir. Örnek olarak tablonun son sütunu şu şekilde okunabilir; eğer elemanın durumu gerçekte "çok kötü" ise (e_5 durumu), bunu gözlemlerde doğru şekilde belirleme (i_5) ihtimalimiz %70'tir. %30 ihtimalle elemanın durumunu gerçekte olduğundan daha iyi (i_4) gözleriz. Bu bantlar incelemenin detayına göre artırılabilir ya da azaltılabilir.

Tablo 4. p($i_i|e_i$) koşullu olasılık tablosu

	e_1	e_2	e_3	e_4	e_5
i_1	0.7	0.2	0	0	0
i_2	0.3	0.6	0.2	0	0
i_3	0	0.2	0.6	0.2	0
i_4	0	0	0.2	0.6	0.3
i_5	0	0	0	0.2	0.7

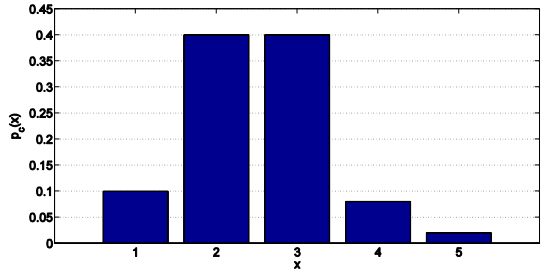
Benzer bir koşullu olasılık ilişkisi, bina genel durumu ve elemanlar arasında da kurulabilir. Tablo 5'de de bina genel durumu *c* ve eleman durumları arasındaki ilişki tarif edilmiştir.

Örneğin, bina genel durumunun "çok iyi" olarak belirtilmiş olması, elemanların gerçek durumunun "çok iyi" (%70) ve "iyi" (%20) durumları üzerinde yoğunlaşmasını sağlar. Çalışmada yapılan bu yaklaşım, binanın yaşı ya da sürekli maruz kaldığı durumlarla ilişkilendirilebilir. Bu tip yaklaşımlar da, diğerleri gibi istatistiki esaslara dayandırılmalıdır.

Tablo 5. p($e_i|c$) koşullu olasılık tablosu

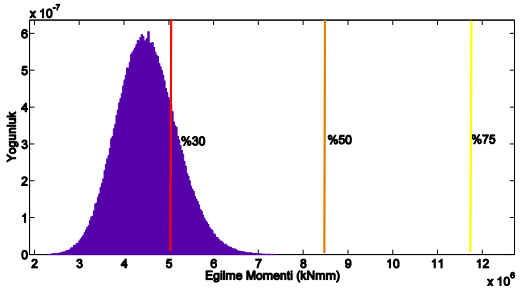
	c=1	c=2	c=3	c=4	c=5
e_1	0.7	0.2	0.1	0.05	0.01
e_2	0.2	0.6	0.2	0.1	0.04
e_3	0.08	0.15	0.6	0.2	0.15
e_4	0.018	0.045	0.09	0.6	0.6
e_5	0.002	0.005	0.01	0.05	0.2

İncelemenin yapıldığı bölgedeki diğer istatistiki sonuçlar incelendiğinde, binanın genel durumunun olasılık kütle fonksiyonu ($p(c)$) Şekil 6'da görüldüğü gibi çıkarılmıştır. Yani, inceleme yapılan bölgede genel durumu "çok iyi" olan bina görülme sıklığı %10, "iyi" ve "orta" %40; "kötü" ve "çok kötü" durumda binaların görülme olasılığı da sırasıyla %10 ve %5'tir.



Şekil 6 p(*c*) olasılık kütle fonksiyonu

Bu aşamaya kadar yapılan varsayımların tamamı, incelemede yapılan gözlemlerin bulunma olasılığı ile ilgiliydi. Bunların limit durum fonksiyonuna etkisi için, eleman durumlarının, mekanik parametrelerle ilişkilendirilmesi şarttır. Yine örnek olarak bu çalışmada, elemanların eğilme momenti kapasiteleri, eleman durumunun bir fonksiyonu olarak verilmiştir. Gözlenen elemanın durumu "çok iyi" ise eğilme kapasitesinin tamamının, "iyi" ise %85'inin, "orta" ise %75'inin, "kötü" ise %50'sinin ve "çok kötü" ise ancak %30'unun kullanılabildiği bir model oluşturulmuştur. Bu gayet kaba bir yaklaşım olarak kabul edilebilir, fakat duruma özel istatistiki ya da deneysel sonuçlara dayandırıldığında oldukça belirleyici bir varsayım olabilir.

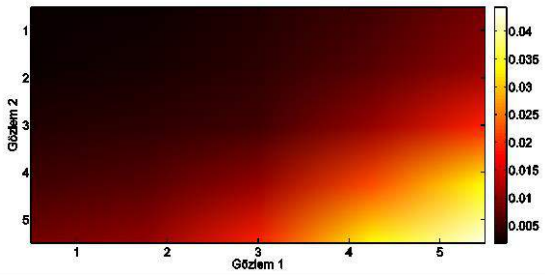


Şekil 7. M_{2sol} histogramı ve deterministik kapasite sınırları

Şekil 7'te örneklenen M_{2sol} değişkenine ait histogram verilmiştir. Kapasitenin daha yüksek, yani elemanın daha iyi durumda olduğu koşullarda kapasite sınırının geçilmesi ihtimali çok azken, kapasite düştükçe bu ihtimal doğal olarak artmaktadır. Şekil 7 için, kapasitenin sağında kalan alan (olasılık yoğunluk fonksiyonunun, değer üzerinde integrasyonu) sınırın aşılma olasılığına karşılık gelmektedir.

Tarif edilen varsayımlar neticesinde, sistem farklı gözlem durumları için güncellenmiştir. Örnek olarak, yalnızca S_1 ve S_2 kolonlarının incelenebildiği bir senaryo düşünüldü. Eldeki sınırlı ve doğrudan göçme mekanizmasının üzerinde tanımlanmadığı elemanlara ait bu bilginin, göçme olasılığını nasıl değiştirdiğini incelemek için, S1 ve S2 kolonlarına ait farklı durum değerlendirmeleri altında analizler tekrarlanmıştır.

Örneğin, iki kolonun da "çok kötü" notu aldığı bir durumda, bu tanımlanan ilişkiler dahilinde yapının genel durumunu kötü yönde etkilemektedir. Bu da göçmede etkili olan kiriş elemanlarının daha yüksek olasılıklarla düşük kapasitede çalışmasına yol açmaktadır. Yani, sistem göçmesi, dolaylı yoldan etkilenmektedir.



Şekil 8 Gözlemlere bağlı olarak değişen güncellenmiş göçme olasılığı değerleri

Koşulsuz olarak hesaplanan sistem göçme olasılığı $p_f = 0.006182$ olarak hesaplanmıştı. Yapılan gözleme göre (i_1=5, i_2=5), sistem göçme olasılığı

$pf = 0.044364$ olarak güncellenmiştir. Daha açık bir ifadeyle, beklenen sistem göçme olasılığı ‰6'dan, %4.4'e yükselmiştir. Farklı gözlem sonuçlarının yapısal sistem göçmesine olan etkisi Şekil 8'te görselleştirilmiştir.

5. Sonuçlar

Yapılan basit çerçeve ve su deposu incelemesinde, çerçeveyi etkileyen yük ve malzeme özellikleri gibi faktörler rassal değişken olarak modellenmiş ve daha sonra bu rassal değişkenler arasındaki ilişkiler, yine belli olasılıksal kaidelere dayandırılarak matematik olarak ifade edilmiştir. Bu noktada özellikle şu husus üzerinde durulmalıdır; yapılan varsayımlar belirsizliği artırmak değil, var olan belirsizliğin sınırlarını daraltmak amacı ile yapılmalıdır. Bu nedenle rassal değişkenler için tanımlanacak olasılıksal dağılımlar probleme özel olmalıdır. Bu konuda daha önce yapılan deneysel çalışmalar, yerinde yapılan ölçüm ya da gözlemler ve mühendislik tecrübesi belirleyici olabilir. Rassal değişkenlerin birbiri ile koşullu olarak bağlanmasında da ağırlıklı olarak istatistiki verilerden yararlanılmalıdır.

Kaynaklar

[1] FEMA 356, Prestandard and Commentary for the Seismic Rehabilitation of Buildings. Federal Emergency Management Agency, Washington D.C. Amerika Birleşik Devletleri, 2000.

[2] TDY2007, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 2007.

[3] Metropolis, N., Ulam, S., The monte carlo method. Journal of the American statistical association, 44.247: 335-341, 1949.

[4] Hill, R., Healy B., Holloway, L., Kuncic, Z., Thwaites, D., Baldock, C., Advances in kilovoltage x-ray beam dosimetry. Physics in medicine and biology, 59.6: R183, 2014.

[5] Kahn, H., Harris, T.E., Estimation of particle transmission by random sampling. National Bureau of Standards applied mathematics series, 12: 27-30, 1951.

[6] Bird, G.A., Molecular gas dynamics. NASA STI/Recon Technical Report A, 76: 40225, 1976.

[7] Bucher, C.G., Adaptive sampling—an iterative fast Monte Carlo procedure. Structural Safety, 5.2: 119-126, 1988.

[8] Au, S.-K., Beck, J.-L., Estimation of small failure probabilities in high dimensions by subset simulation. Probabilistic Engineering Mechanics, 16.4: 263-277, 2001.

[9] Rubinstein, R.Y., Kroese, D.P., Simulation and the Monte Carlo method. John Wiley & Sons, 2011.

[10] Lind N.C., Hasofer A.M. An Exact and Invariant First-Order Reliability Format. Journal of Engineering mechanics, 100, 1974.

[11] Rackwıtz, R., Fiessler, B., Structural reliability under combined random load sequences. Computers & Structures, 9.5: 489-494, 1978.

[12] Verderaime, V., Illustrated structural application of universal first-order reliability method. National Aeronautics and Space Administration, Marshall Space Flight Center, 1994.

[13] Kiureghian, A., Liu, P., Finite-Element reliability methods for geometrically nonlinear stochastic structures. Report No. UCB/SEMM-89/05, Dept. of Civil Engineering, University of California, Berkeley, 1989.

[14] Sudret, B., Der Kiureghian, A., Stochastic finite element methods and reliability: a state-of-the-art report. Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, 2000.

[15] Imai, K., Frangopol, D. M., Geometrically nonlinear finite element reliability analysis of structural systems. I: theory. Computers & Structures, 77.6: 677-691, 2000.

[16] Frangopol, D. M., Imai, K., Geometrically nonlinear finite element reliability analysis of structural systems. II: applications. Computers & Structures, 77.6: 693-709, 2000.

[17] Benjamin, J. R., Cornell, C. A., Probability, statistics, and decision for civil engineers. Courier Corporation, 2014.

[18] Natke, H. G. Updating computational models in the frequency domain based on measured data: a survey. Probabilistic Engineering Mechanics, 3.1: 28-35, 1988.

[19] Straub, D., Papaioannou, I., Bayesian updating with structural reliability methods. Journal of Engineering Mechanics, 2014.

[20] Straub, D., Der Kiureghian, A., Bayesian network enhanced with structural reliability methods: methodology. Journal of Engineering Mechanics, 2010.

[21] Bensi, M., Der Kiureghian, A., Straub, D., Efficient Bayesian network modeling of systems. Reliability Engineering & System Safety, 112: 200-213, 2013.

[22] Papaioannou, I., Betz, W., Straub, D., Bayesian model updating of a tunnel in soft soil with settlement measurements. Geotechnical Safety and Risk IV, 351, 2013.

[23] Luque, J., Straub, D., Probabilistic modeling of system deterioration with inspection and monitoring data using bayesian networks, ICASP1: 12th International Conference on Applications of Statistics and Probability in Civil Engineering, Vancovuer, Kanada, Haziran 12-15, 2015

[24] Špačková, O., Straub, D., Dynamic Bayesian network for probabilistic modeling of tunnel excavation processes. Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering, 28(1), 1-21, 2013.

[25] Decision System Lab. GeNIe 2.0 modelling environment, University of Pittsburgh, 2006.

DESIGN ISSUES OF BURIED PIPELINES AT PERMANENT GROUND DEFORMATION ZONES

Eren Uckan[a], Bulent Akbas[b], Ercan Şerif Kaya[c], Ferit Çakır[d], Cengiz Ipek[e], Murat Makaracı[f], Şenol Ataoglu[g]

[a] Bogazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Istanbul, Turkey, E-mail: eren.uckan@boun.edu.tr
[b] Gebze Technical University, Department of Earthquake and Structural Engineering, Kocaeli, Turkey, E-mail: akbasb@gtu.edu.tr
[c] Alanya Alaaddin Keykubet University, Department of Civil Engineering, Antalya, Turkey, E-mail: ercanky@gmail.com
[d] Yildiz Technical University, Department of Architecture, Istanbul, Turkey, E-mail: cakirf@yildiz.edu.tr
[e] Koto, Member of 2nd committee of Kocaeli Chamber of Commerce Kocaeli, Turkey, E-mail: ipekceng@gmail.com
[f] Kocaeli University, Mechanical Engineering Department, Kocaeli, Turkey, E-mail: murat.makaraci@tubitak.gov.tr
[g] Istanbul Technical University, Faculty of Civil Engineering, Istanbul, Turkey :E-mail ataoglu@itu.edu.tr

Abstract

This paper provides an overview of earthquake response of buried pipes subjected to permanent ground deformation hazards. Observed damage at segmented and continuous buried pipes, typical failure modes for segmented and continuous pipes, numerical modeling and provisions for design and analysis of welded steel pipelines are covered. Both simplified and 3D continuum finite element models are presented to estimate the response of soil-pipe interaction models to fault offsets. Effects of soil and pipe properties, fault crossing angles and possible measures for the earthquake risk mitigation in pipelines are summarized.

Keywords: Oil, gas and water pipelines, earthquake damage, numerical modeling.

1. Introduction

Buried pipelines are considered as lifelines since damage to such critical infrastructures may cause disruption of power and water systems which are vital for people in aftermath of earthquakes. They are considered massless and non-inertial elements. In contrast to buildings, the earthquake response analyses of pipes are based on deformation analysis rather than inertial one. Pipelines differ in relation to fluids they transport such as gas, liquid fuels, potable water, sewage, etc. and their material such as steel, cast iron, concrete, etc. They also differ in relation to geometric properties such as diameter, wall thickness, burial depth, etc. However, in terms of seismic behavior and design, the most important difference is in relation to their connnection type.

Buried pipelines consist of segmented and continuous pipes. For a segmented pipeline, stiffness of the joints is significantly lower than that for the portion away from the joint. Cast iron pipe with lead-caulked joints, ductile iron pipe with push-on rubber gasketed joints, concrete cylinder pipe with rubber gasketed joints are examples of the segmented pipelines. Due to their comparatively low stiffness, segmented pipelines subject, for example, to axial tension will pull-apart at the joints before experiencing material failure in the pipe section between the joints [1].

For continuous pipeline, the axial and rotational stiffness of the pipeline joint is comparable to that for the pipe section away from the joint. Steel pipe with butt welded joints, steel pipe with bolted flanges, and HDPE pipe with fused joints are examples of a continuous pipeline. They all generally perform better than a segmented pipeline when subject to earthquake hazards. Past earthquakes demonstrated that behavior and damage forms of these pipes could be quite different. Specifically, it is not unusual for continuous pipelines to be damaged by the permanent ground deformation (PGD) hazard, but it is unusual when they are damaged by the wave propagation (WP) hazard. In this study, design issues related to buried continuous steel pipes due to abrupt permanent ground deformation (PGD) is discussed.

2. PGD Hazard

There exist two main sources of ground-induced seismic deformations on buried pipelines, namely the transient actions and the permanent deformations. Transient actions are caused by WP within the soil. WP is usually effective in large areas typically in distribution networks. The induced ground strains in WP hazard as well as the pipe damage rates are low. PGDs are due to fault movements, landslide activation and liquefaction-induced lateral spreading. PGD is a significant hazard for water oil and gas pipelines. Effective areas are more localized, but the ground strains as well as damage rates can be very high compared to WP hazard. Herein only PGD hazards are considered.

2.1 Spatially varying PGD (Landslide-Liquefaction)

Spatial distribution of ground hazard in a liquefaction zone is shown in Fig.1. A damaged pipeline subjected to likely ground hazard in the Van is shown in the next section.

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

2.2. Abrupt PGD (Faults)

Fault crossing is an abrupt PGD type of hazard in which soil deformation is immediate, such as the step function. As such, high axial and rotational deformation demands usually occur in the pipe. Schematic representation of steel pipes crossing different types of faults (reverse normal and strike slip) is shown in Figure 2.

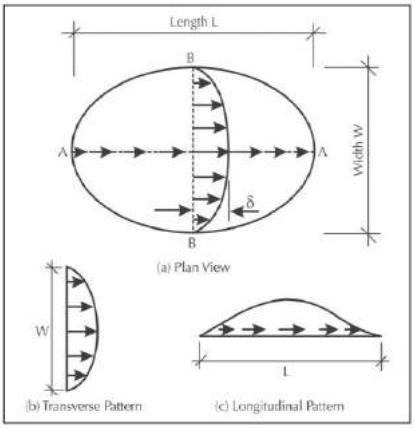


Figure 1. Characteristics of Spatially varying ground hazard representaton [1]

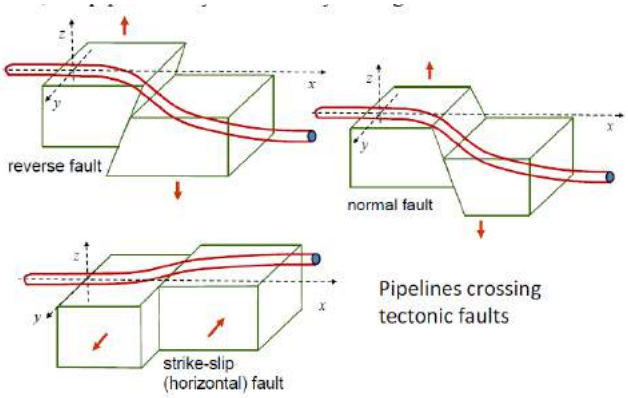


Figure 2. Schematic representation of pipelines crossing tectonic faults (abrupt PGD) [11]

3. Earthquake damage to buried pipes

In PGD zones, pipes are subject to bending as well as axial tension or axial compression. Strain limits are well above yielding state. Therefore, small changes in stress are associated with large changes in strain, particularly for steel. As such, strain is a better measure of pipe behavior and it is the most important engineering demand parameter for pipes. Recent empirical and analytical fragility expressions are based on pipe axial strains.

Fragility relations for pipelines are defined as the number of pipe breaks (repair rates - RR) per km. Most commonly these empirical relations are for various type of segmented pipes. This is due to two factors. Firstly, segmented pipelines are more common than continuous pipelines. Secondly, segmented pipelines are much more susceptible to seismic damage than continuous pipelines.

3.1. Damage to segmented pipes

Water and waste water pipes usually consist of segmented pipes. Failure modes for segmented pipelines are axial pull-out at joints, crushing at the joints and round flexural cracks in pipe segments away from the joints.

The seismic performance of segmented pipeline is not as good as that for continuous pipelines. Specifically, it is common that segmented pipelines are damaged by the WP as well as the PGD hazards. In the 2011 Van, Turkey earthquake, pipe damage was observed at 5 locations along a water transmission pipeline in northern Van. Damage was due to liquefaction induced lateral spreading [2]. The damaged and repaired pipes are shown in Fig.4.

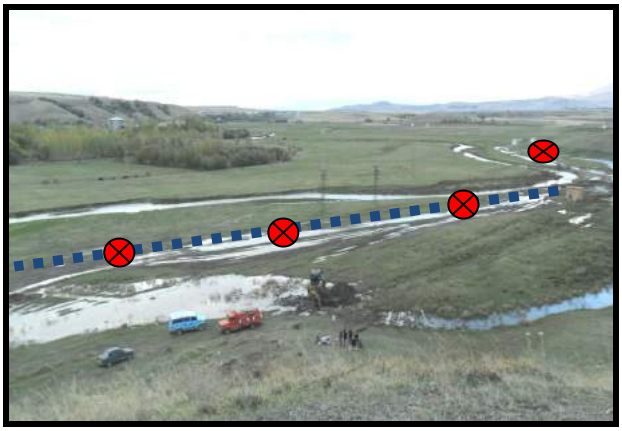


Figure 3. Damage locations of water transmission pipe due to liquefaction induced lateral spreading and settlement in 2011 Van, Turkey earthquake (spatially varying PGD



Figure 4. Damaged and repaired joints of segmented A/C water pipes (2011, Van earthquake) [2]

3.2 Damage to continuous pipes

Oil and gas pipelines usually consist of high quality, high strength welded steel pipelines which are not likely be damaged due to WP hazards. Damage at such high quality pipes usually happen in PGD zones in the form of local

buckling (wrinkling) or global (beam) buckling (Fig. 5). Possibly one of the best documented damage case study was the one in Kullar region of Kocaeli province in which a 2.0 m diameter steel pipeline was wrinkled at three locations due to strike slip fault crossing in the 1999 Kocaeli earthquake.



Figure 5. Wrinkling of the main water transmission pipe due to strike slip fault offset (abrupt PGD) in the 1999 Kocaeli earthquake [7, 12]



Figure 6. Failure of ductile welded steel water pipe due to excessive compression strain (abrupt PGD) (fault crossing) in Kullar [5, 12]

The outer and inner views of the wrinkled 2.0 m diameter water pipe in the 1999 Kocaeli is shown in Fig. 6. The pipe was crossing the fault with an angle of 55^0 and the right lateral fault movement imposed net compression and consequently shortening in the pipe. As a result, pipe wrinkling's with up to finger width cracks were observed at three locations along the pipe at both sides of the faults.

3.3. Failure criterion for continuous steel pipes

The principal limit states or failure modes for continuous pipelines (e.g., steel pipe with welded joints) are rupture due to axial tension and/or bending, and local buckling due to axial compression and/or bending. If the burial depth is shallow, continuous pipelines in compression can also exhibit beam-buckling behavior.

4. Design Philosophy of Continuous Pipe at Fault Crossings

The main novelty in the design of buried pipelines is to determine accurately pipeline behavior subjected to permanent fault offsets. The overall goal is to reduce the risk of damage to buried pipelines from fault displacements by minimizing the pipe strains. The potential for damage to a continuous pipe subject to PGD is reduced as the line is oriented perpendicular to the direction of the ground movement. Similarly, a pipe subject to the fault crossing hazard should be oriented such that the fault movement places the line in tension.

Theoretically, the optimum situation corresponds to the right angles to the fault. However due to uncertainty in the ground motion an angle of about 60^0 is recommended.

It should be emphasized that the design philosophy is to promote tension failure in the pipe. The schematic representation of a typical fault crossing problem is shown in Fig. 7. The axial and lateral nonlinear soil springs are used to represent the soil resistance to pipe.

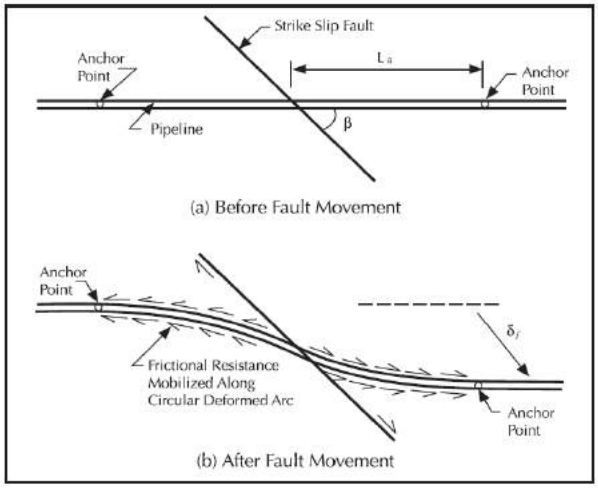


Figure 7. Plan view of a pipeline crossing a right lateral strike slip fault offset [1]

The distance between the anchor points represent the Critical Length of the S shaped deformation for a tension controlled deformation. Critical length for 90^0 of a crossing angle can be calculated as a function of the soil and pipe properties (D/t ratio) as shown in Fig.8.

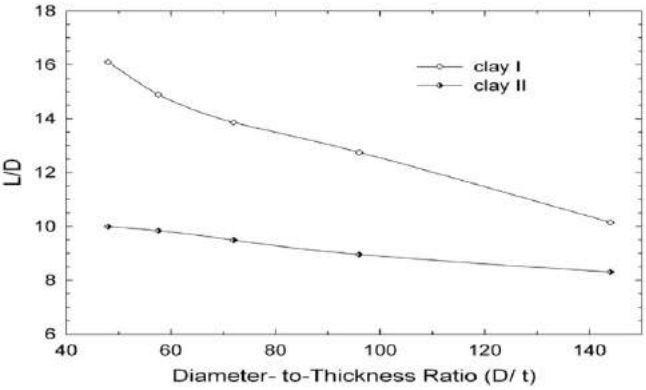


Figure 8. Variation of normalized effective length, L (with respect to diameter) vs. pipe slenderness ratio (D/t) for soft and stiff clays (Clay I and Clay II) [9]

It is clear that pipes with lower D/t ratio embedded in soft soils have longer critical length than a softer pipe buried in

stiff soil. This is an expected and desirable case as lower soil resistance will reduce the interaction forces. As a result pipe strain decrease and allowable fault displacements increase. Three stages are identified for the response of buried pipes at fault crossings. In small offsets, both axial and bending strains are important and both increase with respect to fault offset. There is net compression in the pipe in this case. In intermediate offsets, the axial strain is beyond yield, the bending strains are decreasing and net compressive strains approach zero. In large offsets, the bending strain remains constant while axial strains increase with respect to fault offsets. Pipe strain vs. fault offset for 90^0 intersection angle and given pipe and soil properties are shown in Figure9.

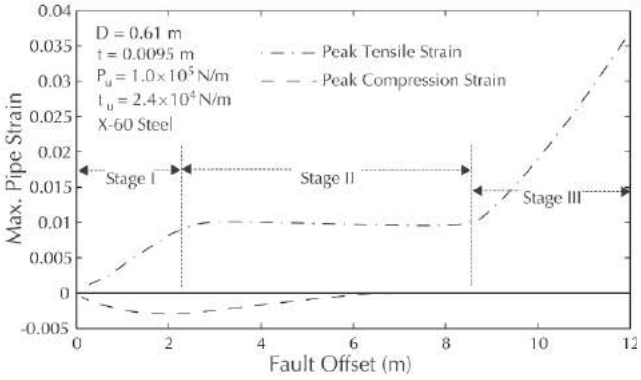


Figure 9. Pipe strain vs. fault offset for 90^0 intersection angle, [1]

4.1. Methods for calculating pipe axial strains due to strike-slip fault offsets

The pipe-soil interaction of buried pipes at fault crossings is a complex problem. Therefore, both simplified and detailed 3D numerical modeling techniques need to be employed. Analysis of pipes crossing PGD zones is performed by incrementally applied PGD hazard in which a nonlinear static analysis is performed.

4.2. Analysis methods

A simple numerical model is needed to determine the seismic demand of buried steel pipes at fault crossings. A practical nonlinear analysis model is presented in Fig. 10 to compute the critical response parameters. The soil springs acting in the transverse, vertical and axial directions to the pipe can be computed from ALA 2005 [3] and ASCE 1984 [4].

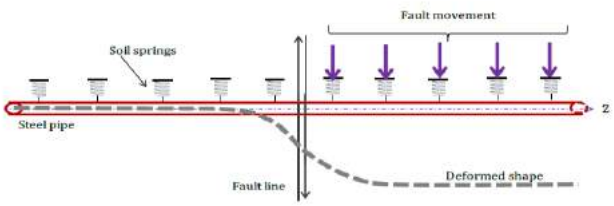


Figure10. Simplified nonlinear model [5]

The suggested model in Fig. 10 permits plastic hinge formation in the pipe due to incrementally applied fault movements, allows determining the critical length of the pipeline and calculate strains developed on the tension and compression sides in the pipe. The effect of bending as well as axial strains due to stretching are also considered.

Another simplified model which is an elastic-plastic model proposed by Karamitros (Fig. 11). The beam segment consists of two sections, beam on elastic foundation and the transition zone. The model in Fig. 11 allows determining the pipe strain for various angles of intersection in tension controlled deformations.

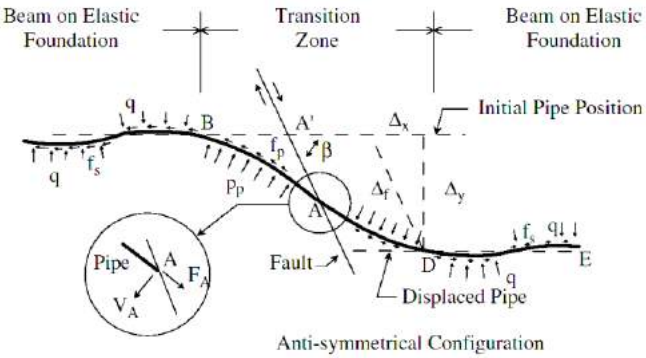


Figure 11. Simplified elastic plastic model, [6]

A hybrid model which consists of beam and shell elements has been proposed by Takada [7]. The model can predict the local buckling in the pipe.

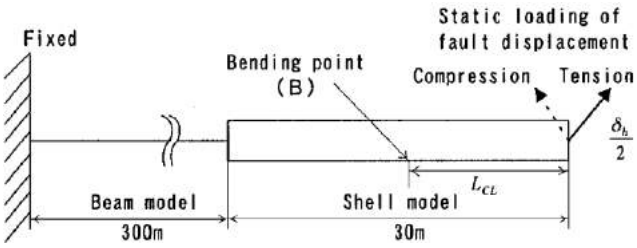


Figure.12 The hybrid model [7]

The most detailed model is a 3D continuum models which can be used to identify local buckling and wrinkling effects in the post elastic phase [8, 9]. Moreover, the use of three-dimensional finite element model offers a rigorous numerical tool to simulate buried pipeline behavior under PGD, but requires computational expertise. Such a model can describe the nonlinear geometry of the deforming soil-pipe system (including distortions of the pipeline cross-section), the inelastic material behavior for both the pipe and the soil, as well as the interaction between the pipe and the soil.

4.3. Design criteria: ASCE-ALA (2005)

The design guidelines do not propose a method to verify that the pipeline movement will not be affected by the native soil; it is up to the pipeline designer to estimate the geometry of the developing failure surface, and the necessary trench dimensions to contain it within the sand backfill. The lateral soil restraint on buried pipelines are provided in ASCE 1984 and ALA 2005 [3, 4].

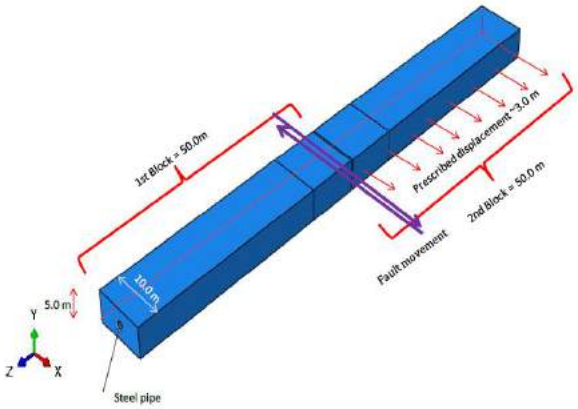


Figure 13. 3D continuum FE model [8, 9]

Factors effecting the pipe response depend on some factors such as fault type, orientation angle soil properties and nonlinearity, burial depth, steel grade, D/t ratio, coating (friction), backfill material as a remedial measure.

The optimal orientation of a pipeline in the horizontal plane involves selection of the best pipe crossing angle. Allowable axial tension strains are larger than those for axial compression. Therefore, any angle that results in net axial compression should be avoided if possible. For a north-south fault with right lateral offset a pipeline orientation North-West to South-West is recommended [1].

Normalized allowable fault displacements with respect to crossing angle for a given soil and pipe property is shown in Fig.14.

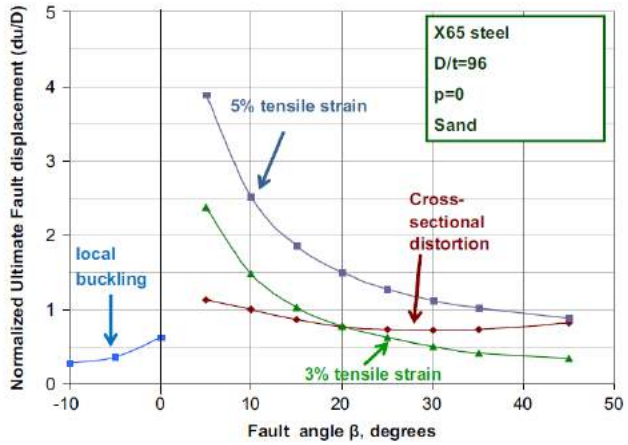


Figure 14. Normalized ultimate fault displacement for various performance limits for different crossing angles, [9]

5. Mitigation Remedy at fault crossings

Buried pipelines are commonly installed in trenches, and subsequently backfilled with loose sand in areas at fault crossings. The dimensions of the trench must be adequate so as the pipeline response will not be affected by the properties of the possibly much stiffer surrounding soil. The spring forces should be estimated while considering the native soil properties, an approach that could lead to over-design of the pipeline. An example of fault crossing trench is shown in Fig. 15



Figure 15. Fault Crossing Design of 66-inch Pipeline San Francisco Hetchy Hetchy Water System in special trench [10]

Several measures can be employed to mitigate seismic damage to pipelines. Possibly, the first criteria is to consider the rerouting of the pipeline and adjust the pipe fault intersection angle so as to provide lowest pipe strain for a given fault displacement. . However, in several cases, this may not be possible. For example, if natural gas service is needed along a given street, alternate locations may be severely limited; therefore, other mitigation measures should be adopted.

6. Conclusions

Response of buried steel pipes at fault crossings is based on fault type, orientation angle, soil properties and nonlinearity, burial depth, steel grade, D/t ratio, coating (friction) and backfill material as a remedial measure. Seismic data, such as time-frequency and magnitude of wave accelaration are also important parameters for this cause.

Effects of soil and pipe properties, fault crossing angles and possible measures for the earthquake disasters mitigation in pipelines are summarized in this study. More specifically, the increase of pipeline wall thickness increases pipeline strength against seismic action. Design related issues such as the use of higher grade pipe material, burial depth and orientation of crossing angle is also presented.

Performance-based design methodology should be adopted in the design of buried pipelines. Fragility expressions for buried pipelines at fault crossings are also needed for simplified methods to be developed.

References

[1] O 'Rourke, M.J. and Liu, X. Seismic Design of Buried and Offshore Pipelines, MCEER- 12-MN04; 2011.

[2] Uckan,, E. Lifeline damage caused in the 23 October (Mw=7.2) 2011and 9 November (M=5.6) 2011,Van Earthquakes in Eastern Turkey. International efforts in lifeline earthquake engineering, technical council on lifeline earthquake engineering, monograph no: 38, ASCE Edited by: Davis C, Miyajima M., Yan L; 2013.

[3] ALA 2005. ALA American lifelines alliance guidelines for the design of buried steel pipes; 2005.

[4] ASCE.Guidelines for the seismic design of oil and pipeline systems. Committee on gas and liquid fuel lifelines, technical council on lifeline engineering, American society of civil engineers ASCE, NewYork; 1984.

[5] Uckan, E., Akbas, B., Shen, J., Rou, W., Paolacci, F., O'Rourke, M.J. A simplified Analysis model determining the seismic response of buried pipes at strike-slip fault crossings. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 75: 55–65, 2015.

[6] Karamitros, D.K.,Bouckovalas, G.D., Kouretzis, G.P., Gkesoui V. An analytical method for strength verification of buried steel pipelines at normal crossings. Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 31:1452–64, 2011.

[7] Takada, S., Hassani, N., Fukuda, K. A new for simplified design of buried steel pipes active faults. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 30:1243–57, 2001.

[8] Akbas B, O'Rourke M.J., Uckan, E., Shen, J., Caglar M. Performance-based design of buried steel at fault crossıngs. In: Proceedings of the pressure and vessels & piping conference PVP2015-July 19–23, 2015.Boston,MA, USA.

[9] Vazouras, P., Karamanos, S.A., Dakoulas, P.D. Finite element analysis of buried steel pipelines under strike-slip fault displacements. Soil Dynamics Earthquake Engineering, 30:1361–76, 2010.

[10] Nisar, A., Nervik, A., and Li, A. Fault Crossing Design of 66-Inch Pipeline: San Francisco Hetch Water System. Structures Congress 2015: pp. 1798 1809, 2015.

[11] Karamanos S. Brent Keil, Robert J. Seismic design of buried steel water pipelines Pipelines 2014: From Underground to the Forefront of Innovation and Sustainability, ASCE 2014.

[12] Makaracı M., Ipek C., Analysis of Stresses of Buried Pipeline As Results of Earthquake Effect, 5th International Earthquake Symposium Kocaeli, Turkey, pp.201-213, 2015.

YAPI-ZEMİN DİNAMİK ETKİLEŞİMİNİN DOĞRUSAL OLMAYAN YAPI PERFORMANSINA ETKİSİ

EFFECTS OF SOIL-STRUCTURE INTERACTION IN NONLINEAR STRUCTURAL PERFORMANCE

Gökhan DOK[a], Muharrem AKTAŞ[b], Osman KIRTEL[c]

[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: gdok@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: muharrema@sakarya.edu.tr
[c] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: okirtel@sakarya.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Amerikan İnşaat Mühendisleri Topluluğu (ASCE) 41-06'da bulunan 2 farklı zemin sınıfı için yapı zemin dinamik etkileşiminin, taşıyıcı sistemi betonarme perde-çerçeve sistemden oluşan çok katlı yapı modellerinin yapısal performansına etkisi yapı-zemin değerlendirilmiştir. Farklı rijitliğine sahip zeminlerde, değişken yapı yüksekliğine sahip betonarme perde-çerçeve sistemler için yapı-zemin dinamik etkileşiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Yapı-zemin dinamik etkileşimi, incelenen zemin türleri için kayma dalgası hızına bağlı olarak hesaplanan dönme ve ötelenme rijitliğine sahip yaylar ile modellenerek hesaba katılmıştır. Yapı-zemin etkileşiminin hesaba katıldığı ve katılmadığı yani rijit zemin koşulları Sap2000 sonlu eleman programında zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak ve toplamda 18 analiz yapılarak yapısal performans açısından karşılaştırılmıştır. Analizler sonucunda taban kesme kuvveti, tepe noktası yer değiştirmesi, göreli kat ötelemesi ve elemanlardaki içi kuvvet değişimi ile plastik mafsal oluşum mekanizmaları karşılaştırılmıştır. Analizlerde kullanılan betonarme perde-çerçeve modelleri 3 açıklıklı, 5 ve 8 katlı olup, taşıyıcı sistem elamanlarının tasarımı TDY 2007'de tanımlanan minumum tasarım koşullarına göre yapılmıştır. Zaman tanım alanında hesap yöntemi için 3 farklı deprem kaydı farklı zemin tipleri için ölçeklenerek kullanılmış ve elde edilen analiz sonuçlarının maksimumları göz önünden bulundurulmuştur. Analizler sonucunda zemin yumuşadıkça ve yapı yüksekliği arttıkça yapıdaki deplasman talebinin, arttığı yapı-zemin dinamik etkileşiminin yapı performansını olumsuz yönde etkilediği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Performansa Göre Tasarım, Yapı Zemin Etkileşimi, Zaman Tanım Alanında Analiz

Abstract

In this study, the structural performance of reinforced concrete shear wall-frame systems is carried out with nonlinear time history analysis to determine effect of different soil classes and height of superstructure employing soil-structure interaction. Soil-structure interaction is defined by foundation impedance functions, which are used to represent static translation and rocking stiffness of surface foundations for elastic soil behavior. These functions are determined according to shear wave velocity and poisson ratio of two different the soil types defined in American Society of Civil Engineering (ASCE) 41-06 for spread foundation. Nonlinear time history analysis method is applied and compared with three different acceleration records, by using finite element software package, SAP2000, for a three bay shear wall-frame systems with five and eight story which are designed considering TEC 2007 minumum design conditions. Story drifts, base shear force and target displacement demand obtained from time history analysis are selected as comparison criteria. All these results from rigid soil behavior are compared with those obtained from five and eight story for E and E-2 soil classes. The effect of story number, displacement demand and story drift increase as the soil rigidity decreases when soil-structure interaction is taken into account.

Keywords: Performance Based Design, Soil-Structure Interaction, Nonlinear Time History Analysis

1. Giriş

Mevcut yapıların performans değerlendirilmesinde, doğrusal ve doğrusal olmayan olmak üzere birçok yöntem kullanılmaktadır. Performans değerlendirmesi üzerine yapılan çalışmalarda betonarme yapıların deprem yükleri altında elastik olmayan davranış gösterdiği ve şekildeğiştirmeye göre yapılan tasarımın daha önemli olduğu belirtilmiştir [1,2]. Bu anlamda yapılarda deprem kuvvetleri altında oluşan süneklik ve yer değiştirme talebinin gerçekçi şekilde tespit edilmesi çok büyük önem arz etmektedir [3,4]. Binaların deprem etkisinde yapısal performanslarının tespit etmek amacıyla kullanılan yöntemlerden biri de doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemidir. Bu analiz yönteminde, yapılar Türkiye Deprem Yönetmeliği (TDY) 2007'de tanımlanan zemin sınıflarına göre oluşturulan tasarım spekturumu ile uyumlu şekilde elde edilen 3 ila 7 deprem kaydı ile değerlendirilir [5]. Deprem kayıtlarının seçilirken ve ölçeklendirilirken depremin büyüklüğü, fay tipi, faya olan mesafe, yerel zemin koşulları, yırtılma yönü ve kaydın spektral içeriği göz önüne alınmalıdır [6,7]. Zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan hesap yöntemi, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış hesaba katılarak, sistemin hareket denkleminin zamana bağlı adım adım entegre edilmesidir. Analizdeki her bir zaman aralığında taşıyıcı sistemde meydana gelen yer değiştirme ve plastik şekil değiştirme ile bu büyüklüklerin deprem istemine karşı gelen maksimum değerleri belirlenir. Yapılarda zaman tanım alanında doğrusal elastik olmayan analiz için, yapay yollarla üretilen, daha önceden kaydedilmiş veya

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

benzeştirilmiş deprem yer hareketleri kullanılması gerekmektedir [8].

Yapı-zemin dinamik etkileşimi, doğrusal olmayan analizlerinde hesaba katılarak yapıların performanslarının tespit edilebileceği son yıllarda yapılan çalışmalara konu olmuştur [9]. Ancak analizlerde sonlu eleman modellerinin oluşturulmasında, yapı-zemin etkileşiminin tanımlanması ve modellenmesinin zorluklarından dolayı doğrusal olmayan analizlerde çoğu kez ihmal edilmektedir [10]. Amerika'daki bazı şartnamelerde yapı-zemin dinamik etkileşiminin etkisini hesaplara yansıtabilecek ve etkileşimi problemlerini çözümünde kullanılan bazı formülasyonlar tanımlanmıştır [11]. Son yıllarda yapılan çalışmalarda, ise yapı-zemin etkileşimi Gazetas (1990) tarafından tanımlanan bazı yay rijitlik katsayıları yardımıyla tanımlanmıştır [12].

Bu çalışmada, yapı-zemin dinamik etkileşimi kayma dalgası hızına ve zeminlere bağlı olarak tanımlanmış, ASCE 41-06'da adı geçen empedans fonksiyonlarıyla hesaplanmış yay rijitlik katsayıları ile modellenmiştir. Taşıyıcı sistemi, perde-çerçeveden oluşan 3 açıklıklı 5 ve 8 katlı yapı örnekleri, yapı-zemin dinamik etkileşiminin hesaba katılmasına bağlı olarak, doğrusal olmayan zaman tanım alanında hesap yöntemi kullanılarak elde edilen yapısal performanslar açısından kıyaslanmıştır. Zemin sınıflarına göre ölçeklendirilmiş Kocaeli, Northridge, Loma Prieta ivme kayıtları kullanılarak yapısal performans karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen veriler zeminin rijit kabul edildiği analizlerle karşılaştırılmıştır.

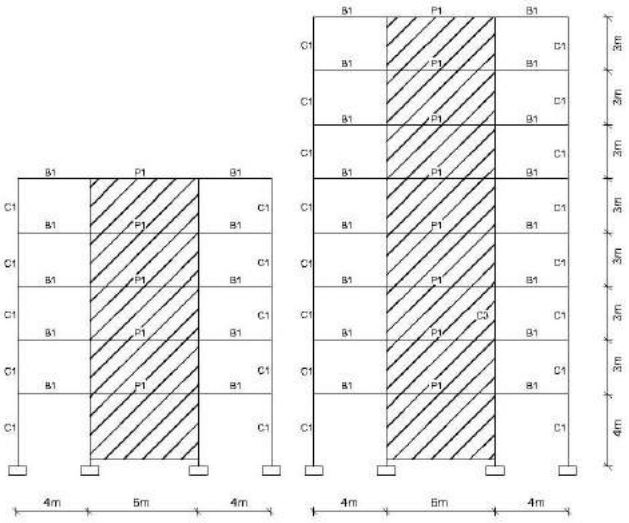
2. Sayısal Çalışma

2.1. Yapısal Model

Üç açıklıklı, 5 ve 8 katlı taşıyıcı sistemi betonarme perde-çerçeve olan yapısal modeller TDY 2007'de betonarme yapılar için tanımlanan minumum tasarım koşullarını göz önünde bulundurularak boyutlandırılmıştır. Beton malzemesi için TDY 2007'de tanımlanan Mander sargılı beton modeli, donatılar için lineer elastik ideal elastoplastik gerilme-şekildeğiştirme ilişkisi ile taşıcı sistem elamanlarındaki doğrusal olmayan davranış tanımlanmıştır. Betonarme perde-çerçevenin taşıyıcı sistemin geometrisi Şekil 1'de, taşıyıcı sistem elemanlarına ait kesit özellikleri, malzeme sınıfları ve donatı konfigürasyonları Çizelge 1'de gösterilmiştir.

2.2. Zemin modeli

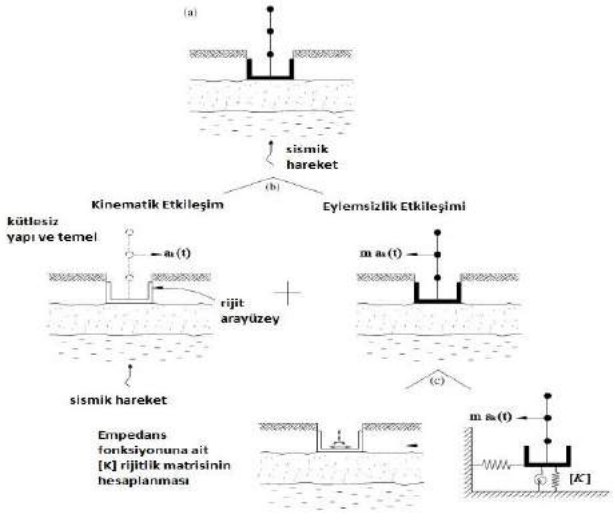
ASCE 41-06'da yapı-zemin dinamik etkileşimi temsil etmek için tanımlanmış ve Gazetas tarafından elde edilen temel empedans fonksiyonları iki farklı zemin sınıfı modellenmiştir. Elde edilen bu fonksiyonlar ötelenme ve dönme rijitliklerine sahip yay rijitlikleri ile tanımlanarak yapı-zemin etkileşimi zaman tanım alanında hesap yöntemi ile analizlerde hesaba katılmıştır. Kayma dalgası hızına ve poisson oranına göre kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşim ilişkilerinden faydalanarak hesaplanan bağıntılardan elde edilen bu fonksiyonlar kolonlar için 2m x 2m, perdeler için 1m x 6m tekil temeller için hesaplanmış yay sabitleri ile temsil edilmektedir. Şekil 2(a)'da yapı zemin dinamik etkileşimi problemi, Şekil 2(b)'de ve Şekil 2(c)'de kinematik etkileşim ve eylemsizlik etkileşimine ait matematiksel model, fonksiyonlar ise denklem 1 ve 2'de açıklanmıştır.



Şekil 1. Taşıyıcı sistemin geometrisi

Çizelge 1. Kesit ve malzeme özellikleri

Kesit	Eleman	Malzeme	Kesit Ölçüleri (mm)	Donatı Düzenleri
C1	Kolon	C25-S420	600x250	10Φ16 Φ10/10
C2	Kolon	C25-S420	250x600	10Φ20 Φ10/10
C3	Kolon	C25-S420	600x250	10Φ20 Φ10/10
B1	Kiriş	C25-S420	250x500	6Φ16 Φ10/10
B2	Kiriş	C25-S420	250x500	6Φ20 Φ10/10
P1	Perde	C25-S420	250x6000	12Φ16-Φ12/15 Φ10/10



Şekil 2. Yapı-zemin etkileşimini temsil eden sonlu eleman modeli

$$K_{x,\text{ötelenme}} = \frac{GB}{2-\nu}\left[3.4\left(\frac{L}{B}\right)^{0.65} + 1.2\right] \quad (1)$$

$$K_{xx,\text{dönme}} = \frac{GB}{2-\nu}\left[0.4\left(\frac{L}{B}\right) + 0.1\right] \quad (2)$$

ASCE 41-06'da bulunan, TDY 2007'de Z4 sınıfını temsil eden, E ve kayma dalgası hızı daha düşük olan E (2)

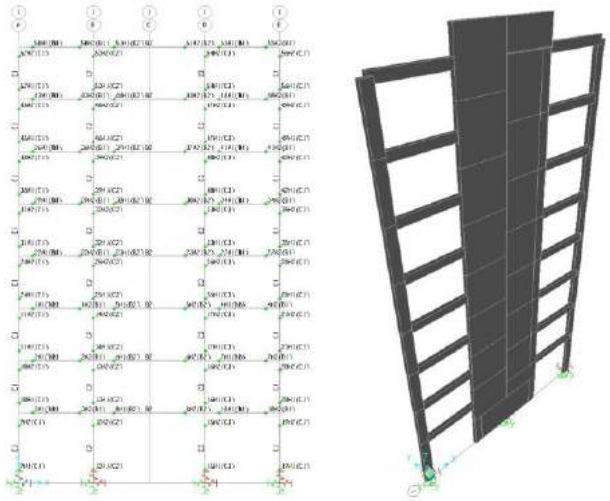
zemin türleri için yapı zemin dinamik etkileşimine ait parametrik çalışma yapılmıştır. Denklem 1 ve 2'de kullanılan empedans fonksiyonları ile 2m x 2m ve 1m x 6m sabit ölçülerdeki tekil temeller için 2 farklı kayma dalgası hızı ve zemine göre yay sabitleri Çizelge 2'de ayrıntılı olarak gösterilmektedir. Ayrıca yapı-zemin dinamik etkileşimini temsil eden SAP2000 programında analizlerde kullanılan sonlu eleman modeli ise Şekil 3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2. Zemin sınıflarına ötelenme ve dönme rijitlikleri

Zemin Sınıfı	Eleman	V_s (m/s)	Kayma Modülü (kN/m^2)	Rijitlik (kN/m^2) Ötelenme / Dönme		
				x	y	z
E	Kolon 2 x 2 m	120	25920	142793	142793	181827
				154746	155984	215654
E (2)		70	8820	48589	48589	61872
				52657	53078	73382
E	Perde 1 x 6 m	120	25920	142793	142793	181827
				154746	155984	215654
E (2)		70	8820	48589	48589	61872
				52657	53078	73382

3. Sonuçlar

Analizlerde Kocaeli kaydı için Nth1, Northridge kaydı için Nth2, Loma Prieta kaydı için Nth3 olarak gösterilmiştir. Bununla birlikte yapısal modelleri ait serbest titreşim periyotları da yapı-zemin dinamik etkileşiminin hesaba katılmasıyla değişmiştir. Modellerdeki dinamik parametrelerin değişimi Çizege 3'te verilmiştir. Elde edilen veriler hem zemin sınıflarına göre hem de kayıtlara taban kesme kuvveti ve tepe noktası deplasman değerleri ve bu değerlerin yüzdece değişimleri 5 katlı model için Çizelge 4'te, 8 katlı model için ise Çizelge 5'te verilmiştir. Analizlerde 3 kayıt kullanıldığından sonuçların maksimumları üzerinde karşılaştırma yapılmış ve Çizelge 6'da gösterilmiştir. Analiz sonuçlarında deplasman taleplerinin ayrıca deplasmanlara bağlı olarak oluşan göreli kat ötelemelerinin değişimi 5 katlı yapısal model için Şekil 4 ve Şekil 5'te, 8 katlı yapısal model için Şekil 6 ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Yapı-zemin etkileşimini sonlu eleman modeli

Çizelge 3. Yapılardaki dinamik parametrelerin değişimi

MODAL PARAMETRELER - 5 Katlı						
	Mod	T	UX	ΣUX	Katılım Çarpanı (kN-s²)	Modal Rijitlik (kN/m)
E (Rijit)	1	0.219	0.711	0.711	15.958	823.390
	2	0.055	0.030	0.741	2.954	12989.31
	3	0.054	0.000	0.741	0.000	0.000
E (YZE)	1	0.798	0.822	0.822	16.533	62.026
	2	0.177	0.000	0.822	0.000	0.000
	3	0.119	0.158	0.980	7.254	2789.586
E-2 (YZE)	1	0.956	0.840	0.840	16.706	43.190
	2	0.280	0.000	0.840	0.000	0.000
	3	0.186	0.145	0.985	6.934	1144.760
MODAL PARAMETRELER - 8 Katlı						
	Mod	T	UX	ΣUX	Katılım Çarpanı (kN-s²)	Modal Rijitlik (kN/m)
E (Rijit)	1	0.219	0.711	0.711	15.958	823.39
	2	0.055	0.030	0.741	2.954	12989.31
	3	0.054	0.000	0.741	0.000	0.000
E (YZE)	1	0.798	0.822	0.822	16.533	62.026
	2	0.177	0.000	0.822	0.000	0.000
	3	0.119	0.158	0.980	7.254	2789.586
E-2 (YZE)	1	0.956	0.840	0.840	16.706	43.190
	2	0.280	0.000	0.840	0.000	0.000
	3	0.186	0.145	0.985	6.934	1144.760

Çizelge 4. 5 katlı model için taban kesme kuvvetinin ve tepe noktası deplasmanının değişimi

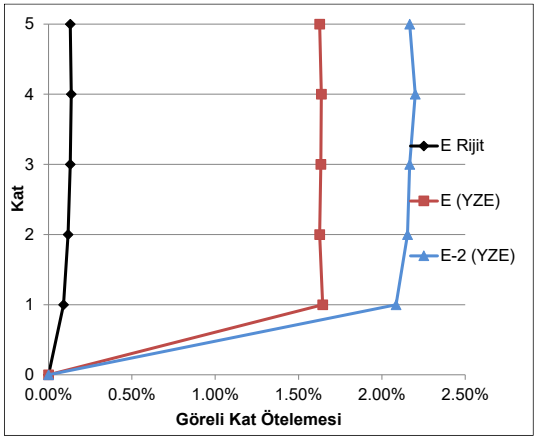
Nth1			
	E (Rijit)	E (YZE)	E-2 (YZE)
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	1830.00	1013.00	823.00
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.013	0.182	0.278
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0.00	-44.64	-55.03
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0.00	1356.00	2124
Nth2			
	E (Rijit)	E (YZE)	E-2 (YZE)
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	1871.00	1178.00	1059.
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.014	0.240	0.250
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0.00	-37.04	-43.40
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0.00	1590.14	1660.56
Nth3			
	E (Rijit)	E (YZE)	E-2 (YZE)
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	1992.00	958.60	949.60
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.019	0.262	0.344
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0.00	-51.88	-52.33
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0.00	1278.95	1710.53

Çizelge 5. 8 katlı model için taban kesme kuvvetinin ve tepe noktası deplasmanın değişimi

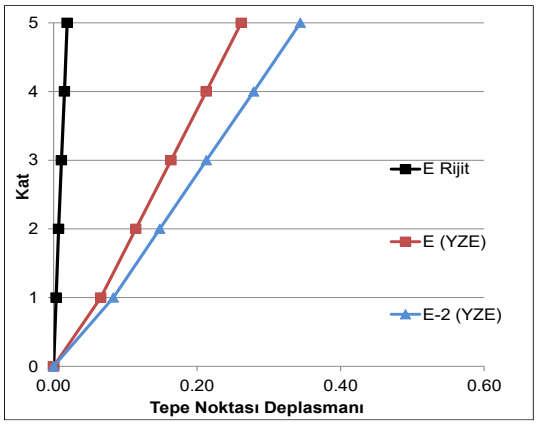
Nth1			
	E (Rijit)	E (YZE)	E-2 (YZE)
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	2105.00	1005.00	922.00
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.065	0.375	0.414
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0.00	-52.26	-56.20
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0.00	476.92	536.92
Nth2			
	E (Rijit)	E (YZE)	E-2 (YZE)
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	2264.00	1459.00	1085.00
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.062	0.287	0.305
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0.00	-35.56	-52.08
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0.00	362.90	391.94
Nth3			
	E (Rijit)	E (YZE)	E-2 (YZE)
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	2124.00	1479.00	1475.00
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.092	0.390	0.440
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0.00	-30.37	-30.56
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0.00	323.91	378.26

Çizelge 5. 8 katlı model için taban kesme kuvvetinin ve tepe noktası deplasmanın değişimi

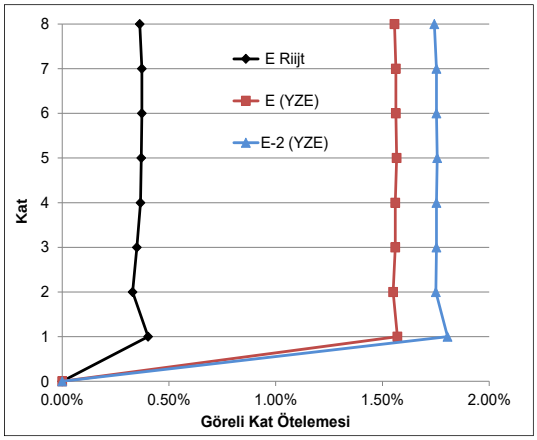
Maksimum Sonuçlar - 5 Katlı			
	E (Rijit)	E (YZE)	E-2 (YZE)
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	1992.00	1178.00	1059.00
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.019	0.262	0.344
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0.00	-40.86	-46.84
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0.00	1278.95	1710.53
Maksimum Sonuçlar - 8 Katlı			
	E (Rijit)	E (YZE)	E-2 (YZE)
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	2264.00	1479.00	1475.00
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.092	0.390	0.440
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0.00	-34.67	-34.85
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0.00	323.91	378.26



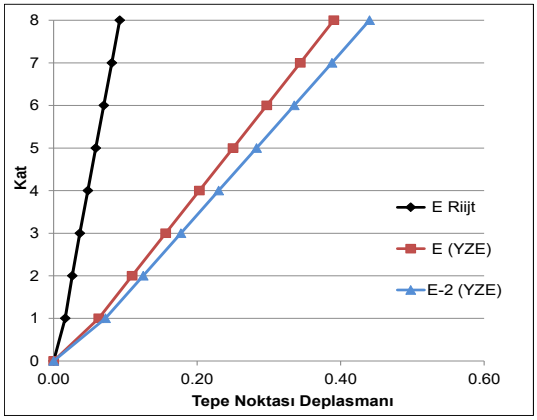
Şekil 4. 5 katlı modelde göreli kat ötelemesi değişimi



Şekil 5. 5 katlı modelde kat deplasmanlarının değişimi



Şekil 6. 8 katlı göreli kat ötelemesi değişimi



Şekil 7. 8 katlı göreli kat ötelemesi değişimi

4. Tartışma ve Değerlendirme

Analizlerden elde edilen sonuçlara göre yapı-zemin dinamik etkileşiminin hesaba katılmasıyla; 5 katlı model için taban kesme kuvveti %40-47 oranında artmış tepe deplasmanı 12-17 kat büyümüştür. Benzer şekilde 8 katlı model için taban kesme kuvvetinin %35 artarken, tepe deplasmanının ise 3-4 kat arttığı gözlemlenmiştir.

Yapı zemin dinamik etkileşimi, kayma dalgası hızı kayma dalgasının hızı düştükçe ve yapı yüksekliğinin artmasıyla olumsuz yönde etkilemiştir. Göreli kat ötelemeleri ve

yapıda oluşan deplasman talebi hem 5 katlı hem de 8 katı modeller için yapı zemin etkileşiminin hesaba katılmasıyla daha büyük değerlere ulaşmıştır. Bu artışla beraber performans değerlendirmesinde hedeflenen sınır performans değerlerinin aşılabileceği öngörülmüştür. Bu veriler ışığında yapı zemin dinamik etkileşiminin, zemin rjitliğinin az ve yapı yüksekliğinin fazla olduğu durumlarda hesaba katılması yapısal performansı önemli ölçüde etkilediği görülmüştür.

Kaynaklar

[1] Aydınoglu N., A response-spectrum based nonlinear assessment tool for practice: Incremental response spectrum analysis (IRSA), ISET Journal of Earthquake Technology, 481(44): 169–192, 2007.

[2] H. Krawinkler ve G. Seneviratna, Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation, Engineering Structures, pp. 452-464, 1998.

[3] Chopra A.K., Goel R.K., Modal Pushover Analysis of Sac Buildings, California, (2001)

[4] Priestley, M., & Kowalsky, M., "Direct displacement-based seismic design of concrete" New Zealand. NZ National Society for Earthquake Engineering, 2000.

[5] TDY 2007, Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakan., 2007.

[6] Fahjan, Y, "Türkiye Deprem Yönetmeliği Tasarım İvme Spektrumuna Uygun Gerçek Deprem Kayıtlarının Seçilmesi ve Ölçeklenmesi" İMO Teknik Dergi, 4423-4444, 2008.

[7] PEER, Pacific Earthquake Engineering Research (PEER) Center, PEER Strong Motion, http://peer.berkeley.edu/smcat/, 2006.

[8] Güngör, O., "Mevcut bir karayolu köprüsünün doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler ile Performans değerlendirmesi" İstanbul; İTÜ, 2010.

[9] Liping L, Wenjin G, Qiang X, Lili B, Yingmin L, Yuntian W, "Analysis of Elasto-Plastic Soil-Structure Interaction System Using Pushover Method", Proceedings of The Seminar on The 15th World Conference on Earthquake Engineering, Lisboa, Portugal, 24-28 September, 2012.

[10] Kausel E, Roesset JM, Christian JT, "Nonlinear behavior in soil–structure interaction" Journal of Geotechnical Engineering Divison ASCE; 102(GT12): 1159–78, 1976.

[11] ASCE 41-06, Seismic Rehabilitation of Existing Buildings, American Society of Civil Engineering, Virginia, U.S., 2007.

[12] Gazetas G, "Formulas and charts for impedances of surface and embedded foundations" Journal of Geotechnical Engineering, 117(9):1363-1381, 1990.

EFFECTS OF ASYMMETRY ON DYNAMICALLY LOADED FOUNDATIONS

DİNAMİK YÜK OLUŞTURAN TEMELLERDE SİMETRİDEN SAPMALARIN ETKİSİ

Güney, A. K.[a] ve Öztürk, T.[b]
[a] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: akguney85@hotmail.com
[b] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: ozturkturg@itu.edu.tr

Özet

Dinamik yüklü temeller statik yüklerin yanı sıra uzun süreli dinamik yüklere de maruz kalırlar. Dinamik yükler, rezonansa karşı önlemin yanı sıra titreşim genliklerinin müsaade edilen sınırların altında tutulması gerektirmektedir. Mevcut koşullar göz önünde bulundurularak simetrik sistem tasarımı yapılır. Sistem simetrisi, sistemin ağırlık merkezi ile mesnet elemanlarının rijitlik merkezinin aynı düşey eksen üzerinde olması ile sağlanır. Buna rağmen tasarım sonrasında simetri durumu her zaman korunamamaktadır. Bu çalışmada, dinamik yüklü temellerde makina yerleşimi ve mesnet elemanlarında rijitlik değişimi kaynaklı simetriden sapmaların titreşimlere etkisi incelenecektir.

Anahtar kelimeler: Dinamik yüklü temeller, Simetriden sapma

Abstract

Dynamically loaded foundations are subjected to permanent dynamic loads besides static loads. Dynamic loads require avoiding from resonance and control of the vibration amplitudes to not to exceed the permissible limits. Symmetric system designs are selected for these considered conditions. System symmetry is provided by the fact that system's center of gravity and support's center of rigidity are on the same vertical axes. However, this symmetry condition always can not be maintained after the design. In this study, effects of machine placement and support rigidity change caused deviations from symmetry on vibrations of the dynamically loaded foundation systems are investigated.

Keywords: Dynamically loaded foundations, Asymmetry

1. Giriş

Dinamik yüklü temeller; statik yüklerin yanı sıra dinamik yüklerin de etkisi altındadır. Bu nedenle tasarımda sistem dayanımına ek olarak titreşimler de incelenmelidir. Titreşimlerin kontrolü rezonansa karşı önlem ve genliklerin müsaade edilen sınır değerlerin altında tutulması ile sağlanır. Dinamik yüklü temellere, makina temelleri bir örnektir. Makina temelleri; makina, temel ve mesnetlerden oluşur. Makina ve temelin ağırlık merkezi S ile mesnet elemanlarının rijitlik merkezi ve aynı zamanda temel tabanının geometrik merkezi olan O'nun aynı düşey eksen üzerinde olması istenir. Bu durumda sistem simetrisi sağlanıp, ona göre hesap yapılır.

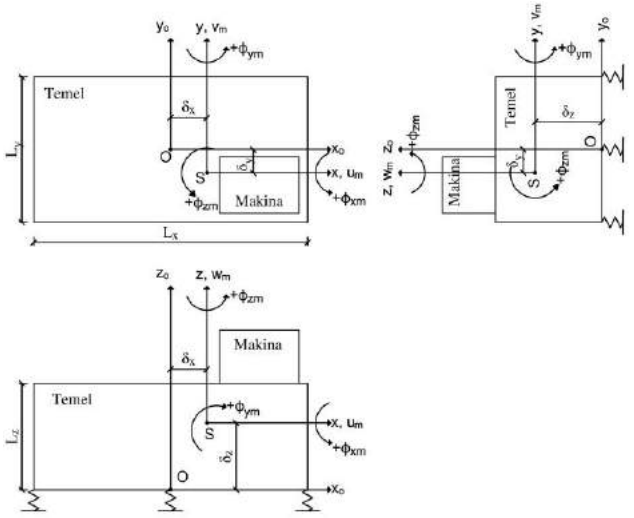
Tasarım sırasında sağlanan sistem simetrisi bazı durumlarda korunamamaktadır. Simetriden sapma makina ve ekipmanlarının hatalı yerleştirilmesi, mesnet elemanlarındaki rijitlik değişimleri ve zararlı titreşimler üreten makina temelinin güçlendirilmesinin simetrik olarak yapılamaması gibi nedenlerle oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda makinanın yerleşiminden kaynaklanan simetriden sapma durumları incelenmiştir [4-5]. Bu çalışmada buna ek olarak mesnet elemanlarındaki rijitlik değişimlerinin sebep olduğu simetriden sapmaların titreşimlere etkisi incelenecektir.

2. Sistemin Tanımı ve Yapılan Kabuller

Simetrik olmayan bir makina-temel-mesnet sistemi Şekil 1'de verilmiştir. Makina temeli rijit bir yapıya sahip blok temeldir. Sistem birbirine dik her iki yatay eksende de simetriden sapmıştır. S ile O arasındaki mesafenin x, y, z eksenlerdeki bileşenleri δ_x, δ_y, δ_z'dir. Simetri durumunda δ_x ve δ_y 0 olur. Temelin x, y, z eksenlerdeki boyutları L_x, L_y, L_z'dir. Sistemin x ve y eksenlerindeki eksantrisite oranları η_x ve η_y ise

$$\eta_x = \delta_x / L_x \qquad \eta_y = \delta_y / L_y \tag{1}$$

olarak (1)'den bulunur.



Şekil 1. Simetrik olmayan bir makina-temel-mesnet sistemi.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Titreşim hesabında aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Blok temel, üzerinde bulunduğu zeminle karşılaştırıldığında rijit bir yapı olarak kabul edilir [6].

- Makinanın çalışma frekansının ±%20-30'lık kısmı rezonans bölgesidir [7]. Rezonans durumuna karşı serbest titreşim frekansı bu bölgenin dışında tutulmalıdır. Böylece sönümün titreşim genliği üzerindeki etkisi ihmal edilebilir [8].

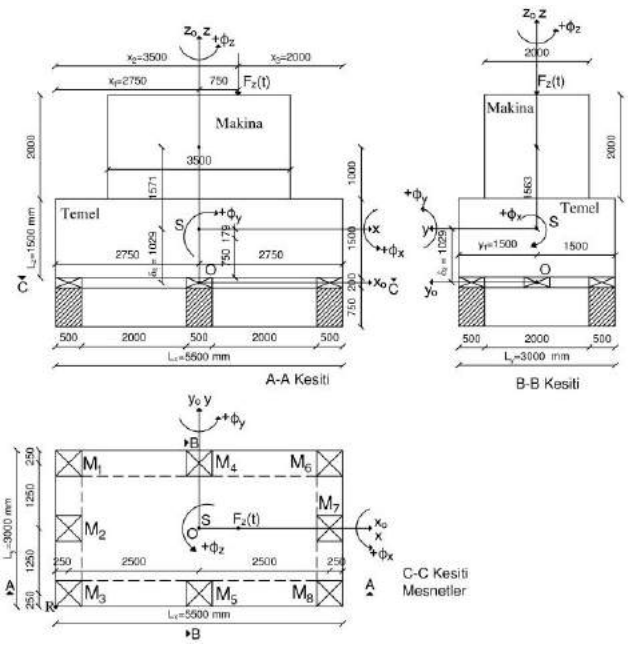
- Zeminin sönümü ihmal edilip, makina temelinin kütle ve yaydan oluşan bir modeli ile titreşim hesabı yapılabilir [9].

Rijit bir yapıya sahip blok temeller 6 serbestlik dereceli sistemler olup 6 adet serbest titreşim frekansı ve zorlanmış titreşim genliği vardır. Sistemin ağırlık merkezinden geçen x, y, z eksenleri boyunca oluşan ötelenme genlikleri u_m, v_m, w_m ve bu eksenler etrafındaki dönme genlikleri Φ_{xm}, Φ_{ym}, Φ_{zm}'dir. x, y, z eksenleri boyunca oluşan temel üstü ötelenme genlikleri $u_{m,tm}$, $v_{m,tm}$, $w_{m,tm}$'dir. Bu genliklerin sınır değerleri makina üreticileri tarafından verilmektedir. Sınır değerlerin geçilmesi durumunda oluşan zararlı titreşimler; çevredeki insanlara, yapılara ve makina temellerine zarar verir.

3. Sayısal Uygulamalar

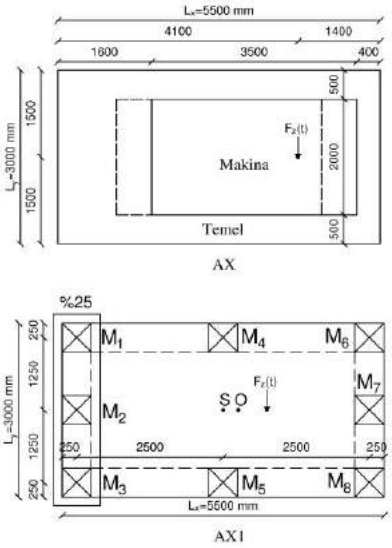
Yapılan çalışmalarda düşey ve yatay doğrultuda dinamik yük oluşturan iki farklı sistem için makinanın yerleşiminden kaynaklanan tek doğrultuda simetriden sapmanın (AX) titreşimlere etkisi incelenmiştir [4-5]. Çalışmada, buna ek olarak mesnet elemanlarındaki rijitlik değişimlerinin sebep olduğu tek doğrultuda simetriden sapmanın (AX1) titreşimlere etkisi de araştırılıp, elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

3.1. Düşey Doğrultuda Dinamik Yük Oluşturan Sistem



Şekil 2. Düşey doğrultuda dinamik yük oluşturan sistem.

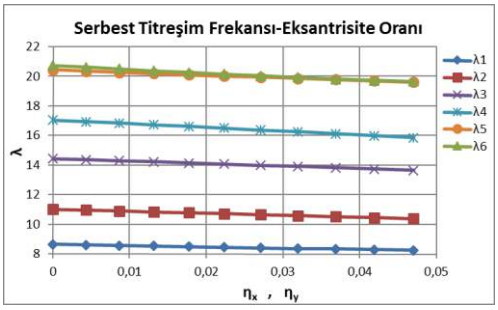
Şekil 2'de verilen düşey doğrultuda dinamik yük oluşturan dört silindirli dizel bir makina için simetriden sapmanın titreşimlere etkisi incelenecektir. Makina ve temel ağırlıkları sırasıyla 67 kN ve 587 kN olarak bulunmuştur. Düşey dinamik yük genliği P_z 15 kN, makinanın çalışma frekansı 125,66 s^{-1}'dir. Müsaade edilen temel üstü titreşim genliği 0,04 mm olarak verilmiştir. Zemin sert kil ve temel rijit yaylar üzerine oturduğundan zemin etkisi ihmal edilecektir. Temel sekiz noktadan desteklenmekte olup; bu yayların x, y, z eksenlerindeki toplam rijitlik değerleri sırasıyla K_x=10152 kN/m, K_y=10152 kN/m, K_z=13882 kN/m'dir. Bu eksenler etrafındaki dönme rijitlikleri ihmal edilecektir.



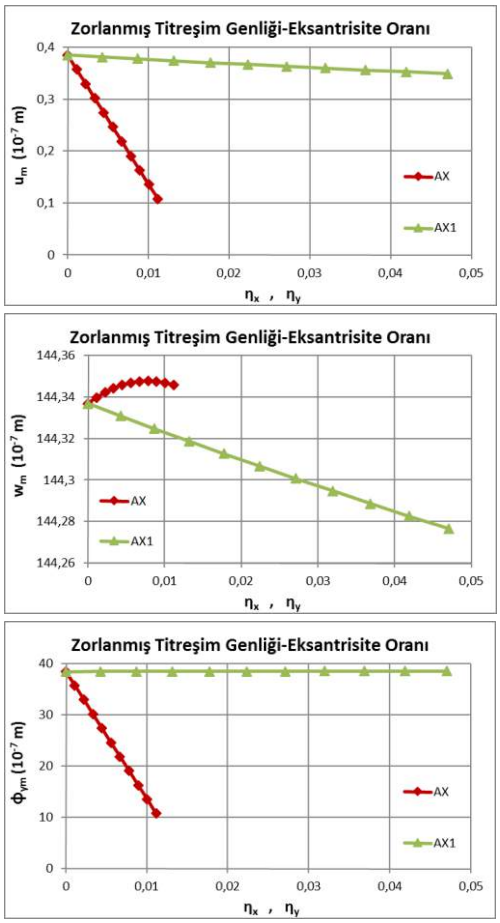
Şekil 3. Düşey dinamik yük oluşturan sistemde simetriden sapma durumları.

Şekil 3'te verilen AX durumunda makina simetri konumuna göre 60 cm ötelenmiştir. AX1 durumunda ise seçili M_1, M_2 ve M_3 mesnet elemanlarında %25 rijitlik kaybı oluşmuştur.

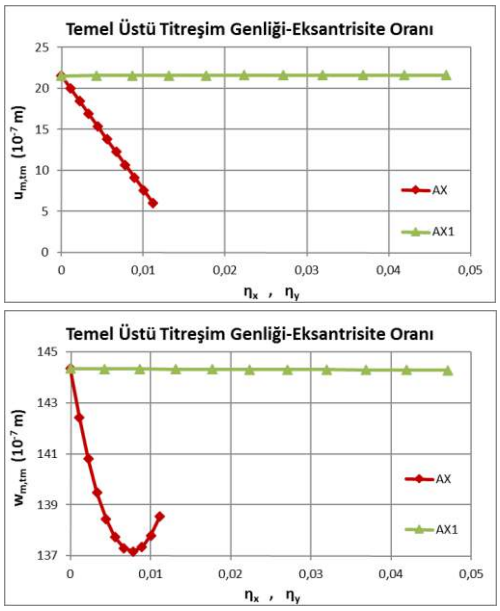
AX durumunda oluşan eksantrisite oranı değişimi çok küçüktür ve serbest titreşim frekansı değişimi de ihmal edilebilecek bir seviyededir. AX1 durumunda ise, yüksek eksantrisite oranı ve serbest titreşim frekansı değişimi oluşmuştur. Bu nedenle Şekil 4'te sadece AX1 durumunda oluşan titreşim frekansı değişimleri verilmiştir. AX1 durumunda eksantrisite oranının artmasıyla beraber tüm titreşim frekansı değerleri azalmış ve en büyük iki titreşim frekansı birbirlerine yakınsamıştır.



Şekil 4. Düşey dinamik yüklü sistemin AX1 durumundaki serbest titreşim frekansı değişimleri.



Şekil 5. Düşey dinamik yük oluşturan sistemin AX ve AX1 durumlarındaki zorlanmış titreşim genliği değişimleri.



Şekil 6. Düşey dinamik yük oluşturan sistemin AX ve AX1 durumlarındaki temel üstü titreşim genliği değişimleri.

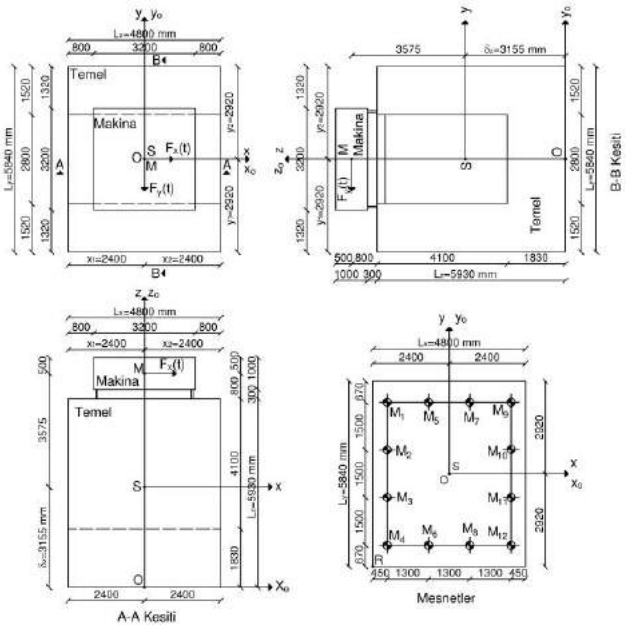
Şekil 5'te her iki simetriden sapma durumu için sistem ağırlık merkezinde oluşan titreşim genlikleri verilmiştir. Simetri durumunda 0 olan genliklerde değişim olmamıştır.

Yatay eksendeki titreşim genliklerinin en büyük değişimleri, makinanın konumuyla birlikte kuvvetin etki noktası da değiştiğinden sisteme gelen ekstra moment değerleri sebebiyle AX durumunda gözlemlenmiştir. Değişim u_m ve Φ_{ym} genliklerinde azalma şeklinde olmuştur. w_m genliğindeki değişim AX1 durumunda daha yüksek olmasına karşın her iki simetriden sapma durumunda da ihmal edilebilecek bir seviyededir.

Şekil 6'da temel üstü titreşim genlikleri verilmiştir. Her iki genlik de makina üreticisi tarafından verilen sınır değerden küçüktür. Bununla birlikte AX durumunda $u_{m,tm}$ ve $w_{m,tm}$ genlikleri eksantrisite oranının artmasıyla azalmıştır. AX1 durumu için bu genliklerdeki değişim ihmal edilebilecek bir seviyededir.

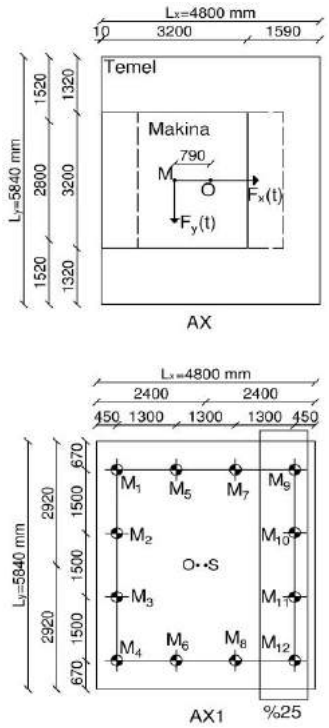
3.1. Yatay Dinamik Yük Oluşturan Sistemi

Şekil 7'de verilen yatay doğrultuda dinamik yük oluşturan bir cevher kırıcı için simetriden sapmanın titreşimlere etkisi incelenecektir. Makina ve temel ağırlıkları sırasıyla 500 kN ve 2778,144 kN olarak bulunmuştur. Yatay dinamik yük genlikleri P_x ve P_y 36 kN, makinanın çalışma frekansı 20,96 s^{-1}'dir. Müsaade edilen temel üstü titreşim genliği 0,6 mm olarak verilmiştir. Temel rijit yaylar üzerine oturduğundan zemin etkisi ihmal edilecektir. Temel 12 noktadan desteklenmekte olup; bu yayların x, y, z eksenlerindeki toplam rijitlik değerleri sırasıyla K_x=60000 kN/m, K_y=60000 kN/m, K_z=516000 kN/m'dir. Bu eksenler etrafındaki dönme rijitlikleri ihmal edilecektir.

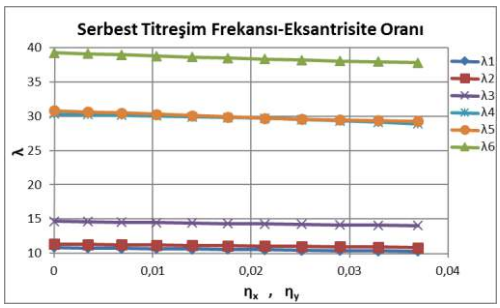


Şekil 7. Yatay doğrultuda dinamik yük oluşturan sistem.

Şekil 8'de verilen AX durumunda makina simetri konumuna göre 79 cm ötelenmiştir. AX1 durumunda ise seçili M_9, M_{10}, M_{11} ve M_{12} mesnet elemanlarında %25 rijitlik kaybı oluşmuştur.



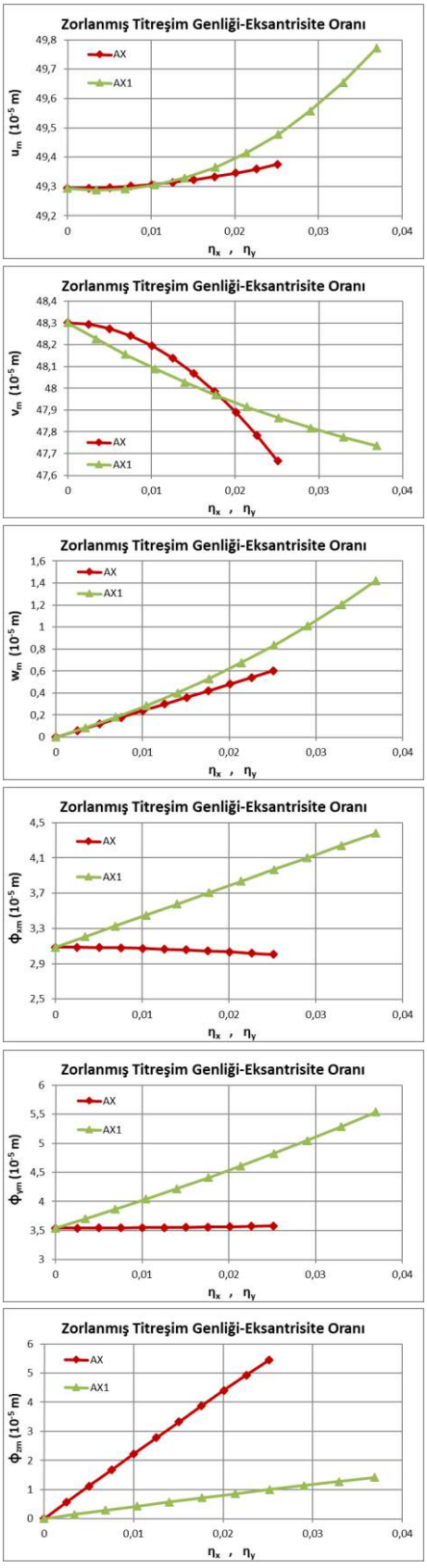
Şekil 8. Yatay dinamik yük oluşturan sistemde simetriden sapma durumları.



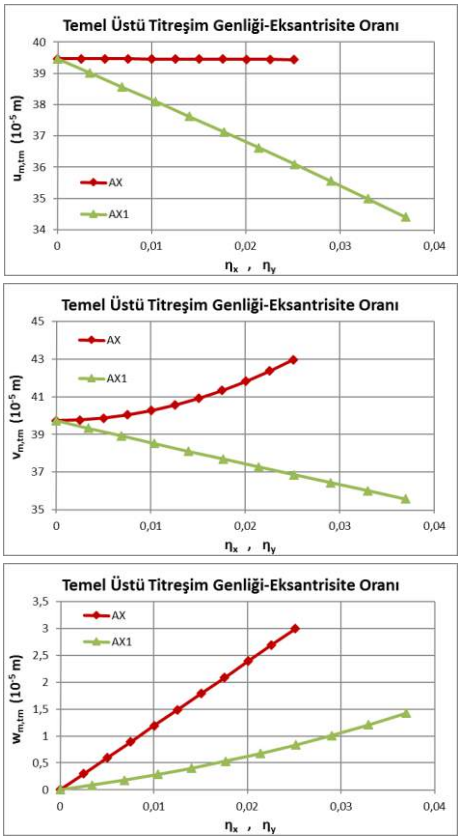
Şekil 9. Yatay dinamik yüklü sistemin AX1 durumundaki serbest titreşim frekansı değişimleri.

AX durumunda oluşan eksantrisite oranı değişimi çok küçüktür ve serbest titreşim frekansı değişimi de ihmal edilebilecek bir seviyededir. AX1 durumunda ise, yüksek eksantrisite oranı ve serbest titreşim frekansı değişimi oluşmuştur. Bu yüzden Şekil 9'da sadece AX1 durumunda oluşan titreşim frekansı değişimleri verilmiştir. AX1 durumunda eksantrisite oranının artmasıyla beraber tüm titreşim frekansı değerleri azalmıştır.

Şekil 10'da her iki simetriden sapma durumu için sistem ağırlık merkezinde oluşan titreşim genlikleri verilmiştir. En büyük titreşim genliği değişimleri genelde AX1 durumunda gözlemlenmiştir. Bununla birlikte yatay eksendeki titreşim genliklerinin değişimleri çok düşüktür. Φ_{zm} genliğindeki en büyük değişim, makinanın konumuyla birlikte kuvvetlerin etki noktası da değiştiğinden sisteme gelen ekstra moment değerleri sebebiyle AX durumunda oluşmuştur. w_m genliğindeki en büyük değişim ise AX1 durumunda oluşmuştur.



Şekil 10. Yatay dinamik yük oluşturan sistemin AX ve AX1 durumlarındaki zorlanmış titreşim genliği değişimleri.



Şekil 11. Yatay dinamik yük oluşturan sistemin AX ve AX1 durumlarındaki temel üstü titreşim genliği değişimleri.

Şekil 11'de temel üstü titreşim genlikleri verilmiştir. Her üç genlik de makina üreticisi tarafından verilen sınır değerden küçüktür. Bununla birlikte AX1 durumunda $u_{m,tm}$ ve $v_{m,tm}$ genlikleri eksantrisite oranının artmasıyla azalmıştır. $w_{m,tm}$ genliği ise her iki simetriden sapma durumunda artmış ama yükün etki noktasının değişimi sebebiyle en büyük değişim AX durumunda gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar

Dinamik yük oluşturan temellerde simetriden sapmanın titreşimlere etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- İhtimal dışı büyük ötelenme durumları seçilmesine rağmen makinanın yerleşiminden kaynaklanan eksantrisite oranı değişimi çok küçüktür ve serbest titreşim frekansı değişimi ihmal edilebilecek bir seviyedir.

- Mesnet elemanlarında rijitlik değişiminden kaynaklanan eksantrisite oranı ve serbest titreşim frekansı değişimi diğer simetriden sapma durumuna göre daha yüksektir.

- Düşey yük oluşturan sistemde makinanın konumuyla birlikte kuvvet etki noktası da değiştiğinden makinanın yerleşimi kaynaklı, yatay yük oluşturan sistemde de mesnet elemanlarında rijitlik değişimi kaynaklı simetriden sapma titreşim genliği değerlerinde daha büyük bir değişime sebep olmuştur.

- Bazı durumlarda, simetriden sapma sebebiyle titreşim genliklerinde azalma gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

[1] Barkan, D. D. (1962) Dynamics of Bases and Foundations, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
[2] Celep, Z. ve Kumbasar, N. (2001) Yapı Dinamiği. Beta Dağıtım, İstanbul, Türkiye.
[3] Demir, H. ve Öztürk, T. (1992) Makina Temellerin Tasarımı ve Hesabı. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye.
[4] Öztürk, T. (1990) Simetriden Sapmaların ve İlave Elastik Yayların Makina Temellerinin davranışına Etkisi, (doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
[5] Öztürk, T. (1996) Vibrations of non-symmetric machine foundations. Bulletin of the Technical University of Istanbul. Vol. 49, No 3-4, pp. 687-706.
[6] Mehta, P. (2013). Analysis and Design of Machine Foundation. Paripex Indian Journal Of Research, Vol. 3, Issue 5, June 2013.
[7] Krantsfel'd, Ya. L. (2010). Criteria Of The Dynamic State Of Frame Machine Foundations. Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 47, No. 1, pp. 8-11, 2010. Springer Science+Business Media, Inc.
[8] Bhandari, P. K. ve Sengupta, A. (2014). Dynamic Analysis Of Machine Foundation. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, (IJIRSET). Volume 3, Special Issue 4, pp. 169-176.
[9] Prakash, S. ve Puri, V. K. (2006). Foundations For Vibrating Machines. Special Issue, of the Journal of Structural Engineering, SERC, Mandras, India, April-May 2006.
[10] Leopa, A. (2010). The Influence Of Nonlinear The Elastic Character Of Viscoelastic Systems On The Dynamic Response Of Mechanical Systems. Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle XIV, 2010. Vol. 14, pp. 67-70.
[11] Kholmyanskii, M. L. (2012). Application Of Matrices And Coordinate Transformations To Analysis Of Vibrations Of Block And Wall Machine Foundations Of Asymmetric Form. Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 49, No. 3, pp. 87-92, July, 2012. Springer Science+Business Media, Inc.
[12] Genqing, D. (2012). Design of a Foundation Block for a Centrifugal Machine. ISDEA '12 Proceedings of the 2012 Second International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application. pp. 228-231.
[13] Baidya, D. K. ve Mandal, A. (2006). Dynamic Response of Footing Resting on a Layered Soil System. West Indian Journal of Engineering Vol. 28, No. 2, pp. 65-79. Technical Paper.
[14] Öztürk, T. ve Öztürk, Z. (2008). Vibration Absorption And Isolation In Dynamically Loaded Foundations. The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.

AFET SONRASI YIKILMIŞ VEYA HASAR GÖRMÜŞ BİNALARDAN ÇIKACAK İNŞAAT ATIKLARININ GERİ DÖNÜŞTÜRÜLMESİ VE TEKRAR KULLANILMASI

RECYCLING AND REUSE OF CONSTRUCTION DEMOLITION WASTES OBTAINED FROM DAMAGED OR COLLAPSED STRUCTURES AFTER DISASTER

Ümit PORAZ[a], Mustafa ŞAHMARAN[b], Merve KILIÇ[c]

[a] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara, Türkiye, E-posta: umitpoyraz@gmail.com
[b] Gazi Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E-posta: sahmaran@gazi.edu.tr
[c] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Ankara, Türkiye, E-posta: mervekilic2010@gmail.com

Özet

Afet sonrası hasar görmüş veya yıkılmış yapılardan elde edilecek inşaat atıklarından birçoğu tekrar kullanılabilir ya da geri dönüştürülebilir malzemelerden oluşmaktadır. Bu malzemelerin tekrar kullanılması veya geri dönüştürülmesi, hem afet sonrası yapılacak plansız bertaraf işlemleri sonucu doğan olumsuzlukları azaltacak hem de malzemelerin değerlendirilmesi ile afetten zarar görmüş bölgenin iyileştirilmesinde kullanılmış olacaktır. Bu çalışmada yıkıntı atık malzemelerinin tekrar kullanılma veya geri dönüştürülme alan ve imkanları üzerinde değerlendirmeler yapılacaktır.

Anahtar kelimeler: İnşaat atık malzemeleri, tekrar kullanım, geri dönüşüm.

Abstract

Many of the wastes from buildings that damaged after a disaster is composed of reusable or recyclable materials. Reusing or recycling of these materials, reduces the adversities comes from unplanned disposals made after disaster, and also makes materials used at the rehabilitation of the region that damaged by disaster. This study will focus on the reusing/recycling areas and opportunities of waste material recovered from the debris.

Keywords: Construction wastes, Reusing, Recycling.

1. Giriş

Katı atık sosyal, sınai ve ekonomik faaliyetler neticesinde mevcut hali ile kullanılabilirliği kaybolan ve akıcı olamayan veya akıcı olabilecek sıvı içermeyen her türlü madde ve malzeme şeklinde tanımlanmaktadır. Deprem sonrası atıkları ise; yapıların yıkılması neticesinde oluşan yıkıntı atıkları ile yıkılan yapılar içindeki çeşitli amaçlarla kullanılan her türlü malzemeler olarak sınıflandırmak mümkündür. Yıkılan konutların neden olduğu inşaat atıkları, kimyasal üretim yapan fabrikaların hasar görmesi sonucu oluşan kimyasal sızıntılar, hastanelerin hasar görmesinden oluşan tıbbi atıklar ciddi bir çevre kirliliğine neden olmakta, deprem veya başka afetlerden etkilenen bölgede yaşayan insanların da yaşamını önemli ölçüde tehdit eden atık sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Kamu düzeninin ivedilikle sağlanması ve kriz durumundan en çabuk biçimde kurtulma düşüncesiyle, yıkıntı atıklarının genellikle plansız ve düzensiz bir şekilde bertarafı sağlanmakta ve bu durumda krizin olumsuz etkilerinin yok edilmesi yerine ancak ertelenmesine sebep olmaktadır. Afet harici durumda da genel ve yerel ölçekte katı atık yönetimi konusunda olunması gereken konumda bulunulmadığından, bunun yanı sıra afet sonrası durumda da yıkıntı ve atıkların yönetimi konusunda plansız ve aşırı hızlı hareket edilmesi nedeniyle katı atık ciddi sorun haline gelmektedir. Türkiye'de olan birçok depremden sonra yıkıntı atıkları çevresel, sıhhi, sosyal zararlar doğurabilecek şekilde gelişigüzel bertaraf edilmiştir. Örneğin 1992 Erzincan depreminden sonra yaklaşık 750.000 ton deprem yıkıntı atığı benzer şekilde bertaraf edilmiştir. Bu durum daha sonraki gerçekleşen depremlerde de aynı şekilde devam etmiş olup özellikle 2011 Van depremi sonrasında yıkılan ve hasar görmüş yapılardan elde edilen atıklar Van Gölü ve bölgedeki ormanlık alanlarda çok ciddi kalıcı hasarlar meydana getirmiştir.

Bazı durumlarda enkaz haline gelen hastane, tehlikeli kimyasal madde kullanan imalathane ve benzeri kuruluşlardan çevreye zararlı olabilecek maddeler yayılabilmektedir. Böyle enkazların kaldırılmasında, diğer molozlardan ayrı ve dikkatli bir şekilde uzaklaştırılması gerekmektedir. Ayrıca birçok yapıda özellikle yalıtım amaçlı olarak asbest gibi tehlikeli malzemeler kullanılmış olduğundan bu yapıların da atıklarının uzaklaştırılması sırasında ayrıca önlemler alınmalıdır. Bu çalışma kapsamında afetler sonrasında meydana gelecek inşaat atıklarının ne şekilde değerlendirilebileceği hakkında genel olarak değerlendirmeler yapılacaktır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Türkiye ve Bazı Ülkelerdeki Yıkıntı Atık Miktarları ve Türkiye'de Meydana Gelmiş Afetlere İlişkin İstatistiki Bilgiler

2.1. Yıkıntı Atık Miktarları

İnşaat ve yıkıntı atıkları ülke ve bölge durumuna göre değişim göstermekle beraber, toplam kentsel katı atık miktarının yaklaşık % 13-30 lük gibi önemli kısmını oluşturur.[1]

Türkiye'de üretilen inşaat ve yıkıntı atık miktarı, 2000'li yıllardan 2012 yılına kadar olan süreçte yıllık 4-5 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Kentsel dönüşüm kanunu olarak bilinen 16.05.2012 tarihli ve 6306 sayılı 'Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun'un yürürlüğe girmesi ile beraber 20 yıl içerisinde Türkiye'de yaklaşık 7 milyon binanın yıkılıp yeniden yapılacağını, meydana çıkacak inşaat/yıkıntı atığı miktarının ise yıllık 10 milyon ton olarak gerçekleşeceği, geri kazanılacak malzeme miktarının da yıllık 6 milyon ton olacağı ön görülmüştür.[2]

AB'nin Atık Çerçeve Direktifi kapsamında, Türkiye'nin 2020 yılına kadar inşaat atıklarının %70'inin geri dönüşüme kazandırılması hedeflenmektedir.[3]

Avrupa Topluluğu Ülkelerde inşaat/yıkıntı ve rehabilitasyon çalışmaları esnasında yıllık yaklaşık 175-370 milyon ton, 0,5-1 ton/kişi/yıl inşaat/yıkıntı atığı oluştuğu tahmin edilmektedir.[1]

ABD'de üretilen yıllık inşaat/yıkıntı atık miktarı 136 milyon ve kişi başına düşen yıllık toplam inşaat/yıkıntı atık miktarı 425 kg/kişi/yıldır.[4]

Avrupa Topluluğu ülkelerindeki yıllık toplam inşaat/yıkıntı atık miktarları, toplam üretilen atığın kişi başına düşen miktarları ve geri dönüştürülen/tekrar kullanılan malzeme oranları ise aşağıdaki tabloda yer almaktadır. Tablodan görüleceği üzere, Avrupa nüfusunun %80'lik kısmına sahip ülkelerin ürettikleri inşaat/yıkıntı atık miktarlarından %25'lik kısmının geri dönüştürülebildiği görülmektedir. Ayrıca Belçika, Danimarka, Avusturya, Hollanda ve İngiltere, en yüksek geri dönüştürme ve kişi başına geri dönüştürülen atık miktarlarına sahip ülkelerdir.[5]

Ülke	İnşaat / Yıkıntı Atığı (milyon ton)	İnşaat / Yıkıntı Atığı (kg/kişi/yıl)	Geri Dönüştürülen veya Tekrar Kullanılan (%)	Yakma veya Depolama (%)	Geri Dönüştürülen Kişi Başına Düşen Atık Miktarı (kg/kişi/yıl)
Belçika	7	700	87	13	609
Danimarka	3	575	81	19	466
Avusturya	5	650	41	59	267
Hollanda	4	270	90	10	243
İngiltere	30	530	45	55	239
Almanya	59	750	17	83	128
Finlandiya	1	200	45	55	90
Fransa	24	420	15	85	63
İsveç	2	240	21	79	50
İtalya	20	350	9	91	32
İspanya	13	340	5	95	17
Portekiz	3	300	5	95	15
İrlanda	1	285	5	95	14
Yunanistan	2	200	5	95	10
Toplam Atık Miktarı	**174**		**% 25**	**% 75**	

Tablo 1 - Bazı AB ülkeleri İnşaat ve Yıkıntı Atığı Miktarları, Kaynak: (Ölmez ve Yıldız, 2008.)

2.1. Türkiye'de ve dünyada meydana gelen afetler ve afetlerin sebep olduğu yapı hasar miktarları

Türkiye'de, gerek jeolojik yapısı gerek coğrafi konumu sebebiyle, yapı hasarına sebep olan afetlerin başında depremler gelmektedir. Can kaybı ve yaralanmalardan sonra, depremlerin yarattığı yıkıcı sonuçlardan biri de yapılar üzerinde görülmektedir. Son 60 yıllık veriler incelendiğinde; Ülkemizde depremler nedeniyle 400 binden fazla binanın yıkıldığı veya ağır hasar gördüğü belirlenmiştir. Yılda ortalama 7 binden fazla binanın depremler nedeniyle yıkıldığı ya da ağır derecede hasar gördüğü anlaşılmaktadır.[6]

Afet	Bölge-Ülke	Yıl	Toplam atık (ton)
Hugo Kasırgası	Güney Caroline-ABD	1989	10.000.000-20.000.000
Loma Prieta Depremi	San Francisco Körfez, California	1989	100.000-200.000
Erzincan Depremi	Türkiye	1992	750.000
Andrew Kasırgası	Florida	1992	3.000.000-6.000.000
İniki Kasırgası	Hawaii	1992	300.000-500.000
Northridge Depremi	Los Angeles, California	1994	2.000.000
Gerat Hanshin Awaji Depremi	Kobe, Japonya	1995	20.000.000

Tablo 2 - Afetlerin Sebep Olduğu Yıkıntı Atık Miktarlarından Örnekler[7]

Ekim 2011 Van depremi;

23 Ekim 2011 günü Türkiye saati ile 13:41'de Van'da meydana gelen, 25 saniye süren ve 7.2 Mw şiddetinde olan deprem, **604** insanın ölmesine, **4.152** insanın yaralanmasına ve **39.087** adet konut/iş yerinin yıkılması/ağır hasar almasına, **22.088** adet konut/iş yerinin orta düzeyde hasar almasına, **66.366** adet konut/iş yerinin orta düzeyde hasar almasına sebep olmuştur.[8]



Fotoğraf 1 - 2011 Van Depreminde Ağır Hasar Alan Bir Bina

1999 yılı ile 2011 yılları;

1999 yılı ile 2011 yılları arasında meydana gelen; Doğubayazıt (AĞRI), Kandilli-Aşkale(ERZURUM), BİNGÖL, Pülümür (TUNCELİ), Çay-Sultandağı (AFYON), OSMANİYE, Sultandağı (AFYON), Orta (ÇANKIRI) depremlerinde toplamda yaklaşık **12.000** adet "bina" hasar almıştır.[9]

17 Ağustos 1999 depremi;
17 Ağustos sabahı, yerel saatle 03:02'de gerçekleşen 7,5 Mw büyüklüğündeki deprem, **18.373** insanın ölmesine, **48.901** insanın yaralanmasına ve **96.796** adet konutun, **15. 939** adet işyerinin yıkılması/ağır hasar almasına, **107.315** adet konutun, **16.316** adet iş yerinin orta düzeyde hasar almasına, **113.382** adet konutun, **14.657** adet iş yerinin orta düzeyde hasar almasına sebep olmuştur.[10]



Fotoğraf 2 - 17 Ağustos Depremi sonucu oluşmuş bir enkaz

Türkiye'de 1900-2013 Yılları Arasında Can Kaybı Ve Hasara Neden Olmuş Önemli Depremler

Tarih	Yer	Mag Ms	Hasarlı Bina
23.10.2011	Van	7,2	17.005
02.07.2004	Doğubayazıt (AĞRI)	5,1	1.000
25.03.2004	Kandilli-Aşkale(ERZURUM)	5,6	1.280
01.05.2003	BİNGÖL	6,4	6.000
27.01.2003	Pülümür (TUNCELİ)	6,2	50
03.02.2002	Çay - Sultandağı (AFYON)	6,4	622
25.06.2001	OSMANİYE	5,5	66
15.12.2000	Sultandağı (AFYON)	5,8	547
06.06.2000	Orta (ÇANKIRI)	6,1	1.766
12.11.1999	DÜZCE	7,5	35.519
17.08.1999	Gölcük (KOCAELİ)	7,8	73.342
27.06.1998	Ceyhan (ADANA)	6,2	31.463
13.04.1998	Karlıova (BİNGÖL)	5	148
22.01.1997	ANTAKYA	5,4	1.841
14.08.1996	Mecitözü (AMASYA)	5,6	2.606
01.10.1995	Dinar (AFYON)	6,1	14.156
28.01.1994	MANİSA	5,1	44
06.11.1992	Doğanbey (İZMİR)	6	55
15.03.1992	Pülümür (TUNCELİ)	5,8	439
13.03.1992	ERZİNCAN	6,8	8.057
07.12.1988	Kars – ERMENİSTAN	6,9	546
06.06.1986	Doğanşehir(MALATYA)	5,6	1.174

Türkiye'de 1900-2013 Yılları Arasında Can Kaybı Ve Hasara Neden Olmuş Önemli Depremler

Tarih	Yer	Mag Ms	Hasarlı Bina
05.05.1986	Doğanşehir(MALATYA)	5,9	824
18.09.1984	Balkaya (ERZURUM)	6,4	570
30.10.1983	ERZURUM – KARS	6,9	3.241
05.07.1983	Biga (ÇANAKKALE)	6,1	85
24.11.1976	Muradiye (VAN)	7,5	9.232
06.09.1975	Lice (DİYARBAKIR)	6,6	8.149
22.05.1971	BİNGÖL	6,8	9.111
12.05.1971	BURDUR	5,9	3.227
23.04.1970	Demirci (MANİSA)	5,6	411
19.04.1970	Gediz (KÜTAHYA)	5,8	1.360
28.03.1970	Gediz (KÜTAHYA)	7,2	19.291
28.03.1970	Alaşehir (MANİSA)	6,5	3.072
06.04.1969	Karaburun (İZMİR)	5,9	1.360
23.03.1969	Demirci (MANİSA)	5,9	945
03.09.1968	Bartın (ZONGULDAK)	6,5	2.478
26.07.1967	Pülümür (TUNCELİ)	5,9	1.282
22.07.1967	Mudurnu(ADAPAZARI)	6,8	7.116
19.08.1966	Varto (MUŞ)	6,9	20.007
07.03.1966	Varto-Hınıs (MUŞ)	5,6	1.100
13.06.1965	DENİZLİ	5,7	488
06.10.1964	Manyas (BALIKESİR)	7	5.398
14.06.1964	MALATYA	6	847
30.01.1964	Tefenni (BURDUR)	5,7	39
18.09.1963	Çınarcık (İSTANBUL)	6,3	230
23.05.1961	Fethiye Rodos(MUĞLA)	6,3	61
25.04.1959	Köyceğiz (MUĞLA)	5,9	775
26.05.1957	Abant (BOLU)	7,1	5.200
25.04.1957	Fethiye Rodos(MUĞLA)	7,1	3.200
20.02.1956	ESKİŞEHİR	6,4	2.819
16.07.1955	Söke-Balat (AYDIN)	6,8	470
07.09.1953	Kurşunlu (ÇANKIRI)	6	230
18.03.1953	Yenice (ÇANAKKALE)	7,2	6.750
22.10.1952	Ceyhan –Misis(ADANA)	5,6	617
03.01.1952	Hasankale (ERZURUM)	5,8	701
13.08.1951	Kurşunlu (ÇANKIRI)	6,9	3.354
08.04.1951	İskenderun(ANTAKYA)	5,8	13
17.08.1949	Karlıova (BİNGÖL)	6,7	3.500
23.07.1949	Karaburun (İZMİR)	6,6	865
31.05.1946	Varto-Hınıs (MUŞ)	5,9	3.000

Türkiye'de 1900-2013 Yılları Arasında Can Kaybı Ve Hasara Neden Olmuş Önemli Depremler			
Tarih	**Yer**	**Mag Ms**	**Hasarlı Bina**
21.02.1946	Ilgın (KONYA)	5,5	3.349
20.03.1945	Ceyhan-Misis(ADANA)	6	2.500
06.10.1944	Ayvalık (BALIKESİR)	6,8	5.500
25.06.1944	Gediz (UŞAK)	6	3.476
01.02.1944	Gerede-Çerkeş (BOLU)	7,2	20.865
27.11.1943	Ladik (SAMSUN)	7,2	40.000
20.06.1943	Hendek (ADAPAZARI)	6,6	2.240
20.12.1942	Erbaa (TOKAT)	7	32.000
21.11.1942	Osmancık (ÇORUM)	5,5	150
15.11.1942	Bigadiç (BALIKESİR)	6,1	2.187
10.09.1941	Erciş (VAN)	5,9	600
23.05.1941	MUĞLA	6	200
13.04.1940	YOZGAT -KAYSERİ	5,6	1.000
27.12.1939	ERZİNCAN	7,9	116.720
22.09.1939	Dikili (İZMİR)	6,6	1.235
19.04.1938	KIRŞEHİR	6,6	4.066
04.01.1935	Erdek (BALIKESİR)	6,4	600
19.07.1933	Çivril (DENİZLİ)	5,7	200
18.05.1929	Suşehri (SİVAS)	6,1	1.357
31.03.1928	Torbalı (İZMİR)	6,5	2.500
07.08.1925	Dinar (AFYON)	5,9	2.043
13.09.1924	Horasan (ERZURUM)	6,8	380
04.10.1914	BURDUR	6,9	6.000
09.08.1912	Mürefte (TEKİRDAĞ)	7,3	5.540
29.04.1903	Malazgirt (MUŞ)	6,7	450
TOPLAM HASARLI BİNA SAYISI			**584.302**

Tablo 3 - Türkiye'de 1900-2013 Yılları Arasında Can Kaybı ve Hasara Neden Olmuş Önemli Depremler[9]

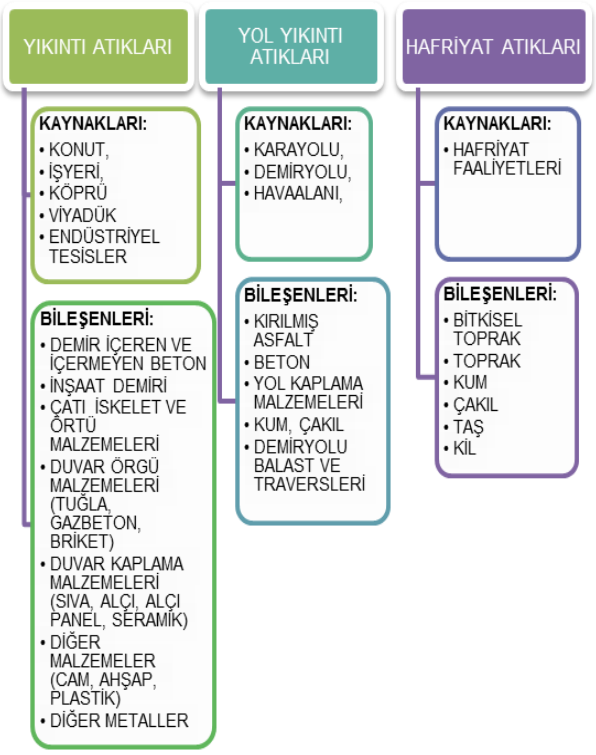
3. Atıkların Değerlendirilmesi

Atık Yönetimi temel olarak, Kullanılan Kaynakların Azaltılması, Malzemelerin Tekrar Kullanılması, Malzemelerin Geri Dönüştürülmesi esaslarına dayanır. Bu esaslar kısaca Azaltma, Tekrar Kullanma ve Geri Dönüştürme; A-T-G olarak adlandırılır. Ancak afet sonrası Atık Yönetimi açısından, kaynak azaltma faaliyeti olmadığından, malzemeler ya tekrar kullanılmalı ya da geri dönüştürülmelidir.

Atık yönetimi kapsamında, inşaat ve yıkım sahalarından elde edilen birçok malzeme tekrar kullanılabilir ya da geri dönüştürülebilir olduğu gibi afet sonrası hasar görmüş yapılardan çıkan inşaat atıkları da tekrar kullanılabilir ya da geri dönüştürülebilir.

Aşağıda bahsedilen hususlar, tekrar kullanım amacıyla geri dönüştürülen ya da kurtarılan malzemelerin tipleri, değerleri ve miktarlarını etkilenmektedir:

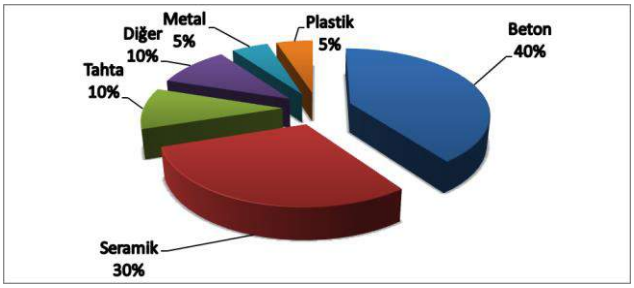
- Hasar görmüş yapılarda yapım aşamasında kullanılan malzemelerin kaliteleri,
- Yapı hasar durumuna bağlı olarak yapı elemanlarının durumu,
- Yapı malzemelerinin geri dönüştürülmesi ve tekrar kullanılması işlemleri için ayrılan zaman,
- Kriz yönetiminin sağlıklı yürütülmesi ve atık değerlendirme işlemlerine verilen önem.



Şekil 1 - İnşaat Yıkıntı ve Hafriyat Atıkları

Yıkıntı atıkları, yapının cinsi ve buna bağlı olarak yapının kullanım amacına göre yapımında kullanılan malzemelere göre çeşitlilik gösterir.

Konut yapılarında ise, inşaat atıklarının ağırlık ve hacim olarak genel bir kompozisyonu Şekil 3'de gösterilmektedir.[11]



Grafik 1 - Konut yapılarının inşaatı atıklarının yaklaşık bileşimi[11]

AB kataloğu ve 05.07.2008 tarihli 26927 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik ekinde yer alan Ek-IV Atık Listesindeki 17 kodlu inşaat ve yıkıntı atık türleri aşağıdaki tabloda yer almaktadır.[12]

17	İnşaat Ve Yıkım Atıkları (Kirlenmiş Alanlardan Çıkartılan Hafriyat Dahil)	Açıklama
17 01	Beton, Tuğla, Kiremit ve Seramik	
17 01 01	Beton	
17 01 02	Tuğlalar	
17 01 03	Kiremitler ve seramikler	
17 01 06*	Tehlikeli maddeler içeren beton, tuğla, kiremit ve seramik karışımları ya da ayrılmış grupları	M
17 01 07	17 01 06 dışındaki beton, tuğla kiremit ve seramik karışımları ya da ayrılmış grupları	
17 02	Ahşap, Cam ve Plastik	
17 02 01	Ahşap	
17 02 02	Cam	
17 02 03	Plastik	
17 02 04*	Tehlikeli maddeler içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ahşap, cam ve plastik	M
17 03	Bitümlü Karışımlar, Kömür Katranı ve Katranlı Ürünler	
17 03 01*	Kömür katranı içeren bitümlü karışımlar	M
17 03 02	17 03 01 dışındaki bitümlü karışımlar	
17 03 03*	Kömür katranı ve katranlı ürünler	A
17 04	Metaller (Alaşımları Dahil)	
17 04 01	Bakır, bronz, pirinç	
17 04 02	Alüminyum	
17 04 03	Kurşun	
17 04 04	Çinko	
17 04 05	Demir ve çelik	
17 04 06	Kalay	
17 04 07	Karışık metaller	
17 04 09*	Tehlikeli maddelerle kontamine olmuş metal atıkları	M
17 04 10*	Yağ, katran ve diğer tehlikeli maddeler içeren kablolar	M
17 04 11	17 04 10 dışındaki kablolar	
17 05	Toprak (Kirlenmiş Yerlerde Yapılan Hafriyat Dahil), Kayalar ve Dip Tarama Çamurları	
17 05 03*	Tehlikeli maddeler içeren toprak ve kayalar	M
17 05 04	17 05 03 dışındaki toprak ve kayalar	
17 05 05*	Tehlikeli maddeler içeren dip tarama çamuru	M
17 05 06	17 05 05 dışındaki dip tarama çamuru	
17 05 07*	Tehlikeli maddeler içeren demiryolu çakılı	M
17 05 08	17 05 07 dışındaki demiryolu çakılı	
17 06	Yalıtım Malzemeleri ve Asbest İçeren İnşaat Malzemeleri	
17 06 01*	Asbest içeren yalıtım malzemeleri	M
17 06 03*	Tehlikeli maddelerden oluşan ya da tehlikeli maddeler içeren diğer yalıtım malzemeleri	M
17 06 04	17 06 01 ve 17 06 03 dışındaki yalıtım malzemeleri	
17 06 05*	Asbest içeren inşaat malzemeleri	M
17 08	Alçı Bazlı İnşaat Malzemeleri	
17 08 01*	Tehlikeli maddeler ile kontamine olmuş alçı bazlı inşaat malzemeleri	M
17 08 02	17 08 01 dışındaki alçı bazlı inşaat malzemeleri	
17 09	Diğer İnşaat ve Yıkım Atıkları	
17 09 01*	Cıva içeren inşaat ve yıkım atıkları	M
17 09 02*	PCB içeren inşaat ve yıkım atıkları (örneğin PCB içeren dolgu macunları, PCB içeren reçine bazlı taban kaplama malzemeleri, PCB içeren kaplanmış sırlama birimleri, PCB içeren kapasitörler)	M
17 09 03*	Tehlikeli maddeler içeren diğer inşaat ve yıkım atıkları (karışık atıklar dahil)	M
17 09 04	17 09 01, 17 09 02 ve 17 09 03 dışındaki karışık inşaat ve yıkım atıkları	

Tablo 4 - Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik ekinde yer alan Ek-IV Atık Listesindeki İnşaat Ve Yıkım Atıkları

Atık listesinde (A) işaretli atıklar, ek-3/B'de yer alan tehlikeli atık konsantrasyonuna bakılmaksızın tehlikeli atık sınıfına girer. (M) işaretli atıkların tehlikelilik özelliklerinin belirlenmesi gerekmektedir.[12]

17 kodlu inşaat ve yıkıntı atıkları, yüksek oranda geri dönüştürülebilir malzemeler içermekte, fakat iç içe geçmeleri geri dönüşümü zorlaştırmaktadır. Geri dönüşüm atıklarının, daha kaynağında uygun bir şekilde tasnifi sayesinde geri dönüştürülecek maddelerin homojen olması sağlanır. Tasnifteki başarı, geri dönüşüm oranını arttırıp kalitesini yükselttiği için çok önemlidir. Seçici yıkım yani betonarme parçaların, tehlikeli atıkların ve geri dönüştürülecek maddelerin ayrı ayrı yıkımı da geri dönüşüm oranını ve kalitesini yükseltir. Bazı alanlarda ayırma, kaynaktan uzakta, örneğin ayırma ve sıkıştırarak ezme merkezlerinde yapılmalıdır. Başka türlü tehlikeli maddeleri kaynaktan uzaklaştırmak teknik açıdan çok zor olabilir. Örneğin plastik atıklar açısından arınmış homojen bir ayırma için plastik atıklar kaynakta ayrıştırılmalıdır. Geri dönüşüm için uygulamalar potansiyel olarak:

a. Çok büyük bir çoğunluğu (%80'i) kum ve çakıldan ibaret olan hareketsiz minerallerden,

b. Küçük bir kısmı plastik, metal ve ahşap atıklarından oluşur.

Genel olarak, 17 kodlu inşaat ve yıkıntı atıklarının geri dönüşüm teknolojileri ve geri dönüşüm sonrası kullanım alanları aşağıdaki tabloda verilmiştir. 17 kodlu her bir

inşaat ve yıkıntı atığının geri dönüşüm teknolojileri ve kullanım alanları aşağıda detaylı olarak incelenmiştir.

Malzemeler	Geri Dönüşüm Teknolojisi	Geri Dönüştürülmüş Ürün
Asfalt	Soğuk geri dönüşüm Isı üretimi Minnesota üretimi Paralel silindir üretimi Uzatılmış üretim Mikrodalga asfalt geri dönüşüm sistemi Finfalt / Yüzey yenileme	Geri dönüştürülmüş asfalt Asfalt agrega
Tuğla	Agrega haline getirmek için kırma Yakıp kül haline getirme	Balçık külü Dolgu malzemesi Blok yapımı
Beton	Agrega haline getirmek için kırma	Geri dönüştürülmüş agrega Yeni beton yapımında kullanma Dolgu malzemesi Nehir seti
Demir içeren metaller	Eritme Doğrudan yeniden kullanma	Geri dönüştürülmüş çelik parçaları
Cam	Doğrudan yeniden kullanma Öğütülerek toz haline getirme Cilalama Kırıp agregaya katma Yakıp kül haline getirme	Geri dönüştürülmüş pencere ünitesi Cam elyafı Dolgu malzemesi Seramik Kaldırım taşı Asfalt Geri dönüştürülmüş agrega Çimento yerine kullanma Sentetik toprak
Kagir, yığma yapı malzemesi	Agrega haline getirmek için kırma Kül haline getirmek için 900°'ye ısıtma	Isı yalıtım betonu Geleneksel çamur tuğla Sodyum silikat tuğla
Kağıt/Karton	Saflaştırma	Geri dönüştürülmüş kağıt
Demir içermeyen metaller	Eritme	Geri dönüştürülmüş metal
Plastik	Çok düşük sıcaklıklarda öğüterek toz haline getirme Kırpıntı haline getirme Agrega haline getirmek için kırma Yakıp kül haline getirme	Panel Geri dönüştürülmüş plastik Plastik kereste Geri dönüştürülmüş agrega Alan doldurma drenajı Asfalt Sentetik toprak
Ahşap	Doğrudan yeniden kullanma Agregaya karıştırma Maden eritme ocağında oksijenini çıkarma Gazlaştırma ve ısıl işlem Kırpıntı haline getirme Yüksek su buharı altında preslenerek şekil verme	Ek parça ahşap Mobilya ve mutfak malzemeleri Hafif geri dönüştürülmüş agrega Enerji kaynağı Kimyasal üretim Ahşap kaynaklı panel Geofiber İzolasyon levhası

Tablo 5 - 17 Kodlu İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Geri Dönüşüm Teknolojileri ve Geri Dönüştürüldükten Sonraki Ürün Halleri[13]

4. Tekrar Kullanılabilir veya Geri Dönüştürülebilir Yıkıntı Atık Malzeme ve Elemanları

Genel olarak, ayrıştırılan ve tekrar kullanılacak veya geri dönüştürülecek malzemelerin çeşitleri ile kullanım amaç ve yerleri şu şekildedir:

4.1. Beton

Yıkıntı atıklarından elde edilecek kırma beton agregası, doğal agregaların kullanıldığı; taşıyıcı olan/olmayan betonarme elemanlarda[14], stabilize yol kaplaması, kaplamasız sert satıhlarda ve peyzaj düzenlenmesinde, yürüyüş yollarında alt temel malzemesi olarak, yol inşaatında ve asfaltlanmış ya da kaplama yapılmış diğer yüzeylerde, dalga kıran, sel durdurma setleri, toprak setler, fosseptik çukurları, drenaj kanalları, boru hattı yatakları ve elektrik şebekesi gibi inşaat uygulamalarında temel malzemesi olarak kullanılabilir. Ayrıca yıkıntı beton atıkları, çöp alanlarının örtü malzemesi olarak kullanılabilir.

Farklı oranlarda geri dönüştürülmüş agrega kullanılarak hazırlanmış beton numunelerinde yapılan deneylerde, geri dönüştürülmüş beton agrega oranının yüksek olduğu numunelerde basınç dayanımında azalma olduğu tespit edilmiştir. Kullanılan tüm agreganın geri dönüştürülmüş beton agregası olduğu(%100) numune ile hiç geri dönüştürülmüş beton agregası kullanılmayan(%0) numunenin 28 günlük basınç dayanımında %30'luk düşüş olduğu gözlenmiştir.[13] Ancak hiç bir kimyasal katkı maddesi kullanılmadan, farklı beton dozajları, farklı su/çimento oranları ve farklı gradasyon eğrileri denenmeden yapılmış deneyle, kullanılacak su azaltıcı, kayganlaştırıcı vb. katkılar ile sağlanacak iyileştirmelerle geri dönüştürülmüş beton agregasının beton üretiminde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.

Her 1 metreküp inşaat/yıkıntı atığından yaklaşık 0,60 metreküp malzeme geri dönüştürülebilir olduğu göz önüne alındığında, yıkıntı atıklarından elde edilecek beton malzemelerin, yeni beton üretiminde kullanılması maddi ve çevresel kazançlar sağlayacağı açıktır.[2]

Yapılan farklı bir çalışmada ise; Doğal ve geri kazanılmış agrega ile üretilen taze ve sertleşmiş beton serilerinde yapılan deney sonuçlarına göre; Geri kazanılmış agregalı beton serilerinin hava içeriği normal agregalı beton serisine göre belirgin bir farklılık göstermemiştir. Ancak işlenebilme kayıpları geri kazanılmış agregalı beton serilerinde daha yüksektir. Geri kazanılmış agregalı beton serilerinin basınç dayanımı, doğal agregalı betonun basınç dayanımından yaklaşık %3-%7 daha düşüktür. Bu düşüş, geri kazanılmış agrega miktarı arttıkça artmaktadır. Ancak doğal agregalı ve geri kazanılmış agregalı beton serilerinin tümü C30/37 beton sınıfını sağlamaktadır. Geri kazanılmış agregalı beton serilerinin 28 gündeki yarma dayanımı, doğal agregalı betonun yarma dayanımından dana yüksektir. Geri kazanılmış agrega miktarı arttıkça yarma dayanımlarında iyileşme görülmektedir. Geri kazanılmış agrega ile üretilen betonların aderans dayanımları doğal agregalı beton serilerinden daha yüksektir.
Yapılmış olan bu deneysel çalışmada da görüleceği üzere geri dönüştürülmüş beton agregaları, bahsedilen bazı olumsuz yönleri olmasına rağmen yeni beton üretiminde kullanılabilir.[15]

4.2. Tuğla

Kireç esaslı harç kullanılan ve sağlam durumda olan tuğlalar, peyzaj ve inşaat uygulamalarında yeniden kullanılabilir. Beton harç kullanılan, sağlam durumda olan tuğlalar, geri dönüştürülebilir. Kırılmış tuğlalar, parçalara ayrılarak, alt temel malzemesi, dolgu veya peyzaj işlerinde kullanılabilir.



Beton harç kullanılmayan ve sağlam durumda olan tuğlalar, gaz beton, briketler gibi duvar elemanları tekrar kullanılabilir. Beton harç kullanılan ve sağlam durumda olmayan tuğlalar, gaz beton ve briket gibi duvar elemanlarının tekrar kullanılması mümkün olmayacağı için malzemeler geri dönüştürülmelidir.

Harç kalıntıları temizlendikten sonra tuğlalar, restorasyon veya yeni inşaat projelerinde kullanılabilir. Geri kazanılan tuğlalar bir binaya, sıra dışı bir görünüm ve karakter kazandırır.

Tuğlalar, mineral yapıda olduğundan, yıkım işlemlerinde ortaya çıkan tuğlalar geri dönüşümden sonra şu şekillerde kullanılabilir: Altyapı çalışmalarında dolgu ve stabilizasyon malzemesi olarak, Hazır dökülmüş beton ve harç için karışım malzemesi olarak, Kalsiyum silikat tuğlalar için karışım malzemesi olarak, Kırmızı "ezilmiş tuğla" tozu olarak tenis kortlarının döşemesinde, Bitki yetiştirme ortamı olarak. Ayrıca tuğla sadece doğal hammaddelerden oluştuğundan, taban veya yüzey suyuna temas ettiğinde zararlı yan etkileri bulunmamaktadır.[16]

4.3. Mermer

Üretimi ve işlenmesi esnasında meydana gelen atık miktarı % 60'lara ulaşan mermer sektörü de yeniden kullanım için önemli miktarlarda hammadde açığa çıkarmaktadır. Meydana gelen atıklar toz ve parça atıklar olmak üzere ikiye ayrılmakta ve bunlar çeşitli şekillerde değerlendirilmektedir. Mermer toz atıkları özellikle mermer işleme fabrikalarının civarında önemli çevre sorunları oluşturmaktadır



Bu nedenle bu malzemelerin yol üst yapı inşaatında değerlendirilmesi ekonomiye ve çevreye önemli bir katkı getirecektir.

Filler, bitümlü karışımlarda ince agrega oranını arttırmak, boşluk miktarını azaltmak ve yüksek sıcaklıklarda asfalt betonunun deformasyona karşı dayanımını arttırmak için kullanılır. Bunun dışında mermer toz atıkları sıva katkı malzemesi, çimento üretiminde katkı malzemesi, kireç üretiminde, refrakter malzeme olarak inşaat sanayinde çeşitli şekillerde kullanılmaktadır. Mermer toz atıklarından yararlanılan diğer önemli alanlardan biriside bozuk zemin özelliklerinin iyileştirilmesinde kimyasal katkı maddesi olarak kullanımıdır.

Mermer tozunun filler katkı malzemesi olarak kullanıldığı bir diğer yapı malzemesi de betondur. Yapılan araştırmalar beton üretiminde ince malzeme oranının yaklaşık % 10'nun mermer tozu ile değiştirilmesi halinde basınç dayanımında belirli bir artış olduğunu göstermiştir. Betonda basınç dayanımını belirleyen önemli özelliklerden biriside agregaların özellikleridir. Mermer kökenli agregaların aşınma ve dane dayanımlarının düşük olmasının bilinmesine karşın belirli beton sınıflarında mermer kökenli agregalar kullanılabilmektedir[17].

4.4. Demir ve Diğer Metaller

Donatı çeliği (nervürlü – nervürsüz inşaat demiri), genellikle beton içine gömülü olduğundan tekrar kullanılamamaktadır ve ancak bu malzemeler geri dönüştürülebilir.

Yapısal çelik (I-profil, kare tüp, boru ve U-profiller), tekrar kullanılabilir, malzeme durumu tekrar kullanıma imkan vermiyorsa geri dönüştürülebilir.

Alüminyum (kemer, balkon ya da merdiven alt yüzeyleri, cephe kaplaması, küpeşte başlıkları, sac yağmur örtüsü ve olukları) malzeme durumuna göre tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir.

Dökme demir, geri dönüştürülebilir. Tel örgü, malzeme durumuna göre tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir. Bakır (sac yağmur örtüsü, elektrik şebekesi, su tesisatı) malzeme durumuna göre tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir. Kurşun (boru tesisatı, su tesisatı, sac yağmur örtüsü) geri dönüştürülebilir. Çelik ve çinko (çatı işleri, cephe kaplaması, oluk, sac yağmur örtüsü), malzeme durumuna göre tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir.[18]

Muhtelif çelikler ve diğer metaller, malzeme durumuna göre tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir.

Aşağıdaki tabloda birincil kaynaklara kıyasla geri kazanımın sağladığı enerji tasarrufu oranları verilmektedir. Buna göre alüminyum en yüksek enerji tasarrufu sağlanırken çinko en düşük enerji tasarrufu sağlayan metal olarak görülmektedir.

Malzemeler	Enerji Tasarruf Oranı
Alüminyum	% 95
Bakır	% 85
Demir - Çelik	% 74
Kurşun	% 65
Çinko	% 60
Kağıt	% 64
Plastik	% 80

Tablo 6 - Birincil Kaynaklara Kıyasla Geri Kazanımın Sağladığı Enerji Tasarruf Oranları[5]

4.5. Alçıpan

Alçıpan geri dönüştürülmek için öğütülür. Öğütülerek elde edilen alçıtaşı toz halinde satılabilir (paketlenmiş ya da paketsiz) ya da peletler halinde kalıplanabilir.

Alçıtaşı, çimento üretiminde priz süresinin kontrol altına alınabilmesi adına ham olarak kullanılabilir. Bu nedenle yapılardan elde edilecek alçıtaşı kolaylıkla çimento üreticilerine pazarlanabilir.

Toprak ve gübre düzenleyici olarak ya da diğer tarımsal uygulamalarda kullanılabilir. Diğer yeşil atıklarla birlikte gübre katkısı olarak kullanılabilir**.** Talaş ile karıştırılarak, nem emme özelliği ile beraber, ahır ve ağıllarda hayvan döşek malzemesi olarak kullanılabilir.

Üreticinin alçıtaşı kalitesi standartlarına bağlı olarak alçıpan üretiminde tekrar kullanılabilir.

Su emme kabiliyeti sayesinde, endüstriyel ve kentsel atık su arıtma tesislerinden elde edilen pis suyun kurutulmasında kullanılabilir. Bulanık suda bulunan killi ve kirli malzemelerin çökeltilmesinde kullanılabilir. Gres yağı sızıntısının emilebilmesinde kullanılır.[19]

4.6. Kereste

Kereste malzemeleri; işlenmiş ve işlenmemiş kereste, ahşap, doğal kereste, ahşap çerçeve, cephe kaplaması, iç bağlantı ve kaplama elemanları, işlenmiş kereste ürünleri (MDF, odun lifi levha, sunta vs.), doğramalık kereste, levhalar, kalaslar, paletler ve paketleme ürünlerinden oluşmakta ve malzeme durumuna göre tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir. Tekrar kullanmak için uygun olmayan (60 cm'den kısa ya da hasarlı olan), boya, cila vs. bulunduran keresteler yakıt amaçlı yakılabilir. 60 cm'den daha uzun olan parçalar ihtiyaçları karşılamaları durumunda tekrar kullanılabilir. Kanada gibi bazı ülkelerde inşaat atığı keresteler öğütülerek toprak zeminlerin üzerini kapatmada kullanılıp bu şekilde hem görsel açıdan hem de toprağı besleyicilik açısında atık keresteler kullanılmış olmaktadır[19].

4.7. Asfalt

Öğütme ve geri dönüştürme amacıyla tiplerine göre ayrıştırılmalıdır. Parçalanarak, sahada, geçici yol ya da dolgu yapımı için tekrar kullanımı yapılabilir. Ayrıca çöp alanlarının örtü malzemesi olarak kullanılabilir.

Yapılan değerlendirmelerde, normal asfalt üretimi ile geri dönüştürülmüş asfalt malzemesi katılmış asfalt üretimi arasında % 20 mertebelerinde tasarruf olduğu gözlemlenmiştir.

İnşaat molozlarından da malzeme elde edilebilmesi halinde malzeme maliyeti olarak en az % 30'lar oranında tasarruf elde edilebilmektedir.[17]

4.8. Cam

Malzeme durumuna göre; iyi durumdaki camlar, tekrar kullanılabilir. İyi durumda olmayan camlar, geri dönüştürülebilir.

Şişe, kavanoz, cam bardak, vazo ve diğer cam atıklar toplama kutularında veya atığın oluştuğu yerlerde ayrı toplanmalıdır ve bu atıklar renklerine göre ayrılarak geri dönüşüm tesislerine verilmelidir. Camlar kırma işleminden sonra eritme ocaklarına dökülür. Kırılan cam, beton katkısı ve camasfalt olarak da kullanılmaktadır. Camasfalta %30 civarında geri dönüşmüş cam katılmaktadır. Cam bu şekilde sonsuz bir döngü içinde geri dönüştürülebilir, yapısında bozulma olmaz. 1 ton cam atığının geri dönüşümü sonucu 100 litre benzin tasarrufu sağlanmaktadır. Örneğin; Türkiye genelindeki cam atıkların geri dönüştürülmesinden yıllık 30 milyon litre benzin tasarruf edilebilecektir.

Camın geri dönüştürülmesiyle sağlanan tasarruf ile;

Enerji tüketiminde %25 azalma, Hava Kirliliğinde %20 azalma, Maden atığında %80 azalma, Su Tüketiminde %50 azalma, Korunan doğal kaynakların; kum, soda, kireç olduğu gözlenmiştir.[20]

4.9. Plastikler

Plastik atıklar öncelikle cinslerine göre ayrılarak geri dönüşüm işlemine tabi tutulmalıdır. Cinslerine göre ayrılan geri dönüşebilir plastik atıklar, kırma makinalarında kırılıp küçük parçalara ayrılır. İşletmeler bu parçaları direkt olarak belli oranlarda, orijinal hammadde ile karıştırarak üretim işleminde kullanabildiği gibi; tekrar eritip katkı maddeleri katarak ikinci sınıf hammadde olarak da kullanabilir.

1 ton plastik atığının geri dönüşümü sonucunda 14000 kWh enerji tasarrufu sağlanmış olur. Örneğin; Türkiye genelinde tasarruf edilebilecek enerji miktarı yıllık 4 Milyon Megawatt(MWh) saattir.[19]

4.10. Kapılar ve pencereler

Kapılar (alüminyum, çelik ya da kereste), malzemelerin durumuna göre tüm karkas ve çerçeve, hırdavat parçaları ile birlikte tekrar kullanılabilir veya cam malzemeler sökülerek ayrı ayrı geri dönüştürülebilir. Aynı şekilde demir, ahşap, PVC, tavana sürmeli kapılar, mekanik kapılar gibi malzemeler de tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir.

4.11. Elektrik ve mekanik tesisatı demirbaşları

Malzemelerin durumuna göre tüm lavabolar, klozetler, tuvaletler, küvetler, musluklar, prizler, lambalar, ısıtıcılar, klimalar, sobalar, kablolar tekrar kullanılabilir veya geri dönüştürülebilir.

4.12. Elektronik malzemeler

Konut, iş yeri gibi yapılarda mevcut olan buzdolabı, TV, vb. elektronik malzemeler yerlerinden alınarak sökülmeli ve geri dönüş işlemi için değerlendirilmelidirler.

4.13. Zararlı malzemeler

Boyalar, çözücüler ve diğer zararlı sıvılar, kurşun esaslı kaplamaya sahip malzemeler, asbest vb. malzemelerin, sağlık ve güvenlik açısından, nakliyesi ve bertaraf edilmesi konularında insan sağlığı ve yasal sorumluluklara göre hareket edilmelidir.

Ayrıca her yapıda, yapım amaç, usul ve kullanılan malzemelere göre, tehlikeli atık sınıfına giren atık malzeme vardır. Bu tehlikeli atık sınıfına giren malzemelerin yapıda bulunması muhtemel yerleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tehlikeli Maddeler	Muhtemel Bulundukları Yerler
Asbest içeren malzemeler	Asbest malzeme ile yalıtılmış olan kazan daireleri ve borular
	Yer döşemeleri
	Çatı malzemeler
	Rustik cephe boyaları
	Akustik tavanlar
Cıva içeren maddeler	Floresan lambalar
	Aydınlatma düğmeleri
	Yüksek yoğunluklu deşarj lambaları
	Termostatlar
	Taşıyıcı duvar şartelleri
Kurşun içeren maddeler	Bataryalar
	Boyalı yüzeyler
Poliklorlu bifenil (PCB) içeren maddeler	Lambalı balastlar
	Transformatörler
	Yüksek yoğunluklu deşarj lambaları
Diğer tehlikeli maddeler	Boya
	Yağ
	Zehir
	Temizlik vb. maddelerin kalıntıları

Tablo 7 - Yapılarda Tehlike Oluşturacak Maddeler ve Muhtemel Bulundukları Yerler

Yıkıntı atıklarının bertarafı sırasında tehlikeli atıkların bertarafına ayrı bir önem verilmeli ve bertaraf işlemleri buna göre devam ettirilmelidir.

5. Sonuç

Afet sırasında hasar görmüş yapılardan çıkan inşaat atıklarının içindeki her malzemenin tekrar kullanılma veya malzemesine göre geri dönüştürülme olanak ve alanları mevcuttur. Bu malzemelerin tekrar kullanılması veya geri dönüştürülmesi, mevcut malzemelerin değerlendirilmesiyle hem afetten zarar görmüş bölgelerin tekrar imarında ihtiyaç duyulacak malzeme miktarını azaltacak, hem de afet sonrası yapılacak plansız bertaraf işlemleri sonucu doğan olumsuzlukları azaltacaktır.

Türkiye'de, yapı hasarına sebep olan afetlerin başında depremler gelmektedir. Can kaybı ve yaralanmalardan sonra, depremlerin yarattığı yıkıcı sonuçlardan biri de yapılar üzerinde görülmektedir. Ülkemizde son 60 yılda depremler nedeniyle 400 binden fazla bina yıkılmış veya ağır hasar görmüştür. Bu veriler ışığında bakıldığında ülkemizde yılda 7 binden fazla bina depremler nedeniyle yıkılmakta veya ağır hasar görmektedir.

Merkezi ve yerel yönetimler, bölgelerin risk durumlarına göre hazırlanmış muhtemel bina hasar büyüklük ve senaryolarına göre, afet sonrası oluşacak yıkıntı atıklarının kaldırılması, depolanması ve tekrar kullanımasın adına hareket planları oluşturmalıdırlar.

Yıkıntı atıklarının özellikle ikinci bir hammadde olarak kullanımının özendirilmesi doğal kaynakların daha kalıcı bir biçimde korunması için önemli bir husustur. Yıkıntı atıklarının plansız bertarafı sonucu çevrede oluşturduğu olumsuzluklar, giderek büyüyen ve karmaşıklaşan kentsel hayatımızda daha büyük sorunları beraberinde getirecektir.

Özellikle afette hasar görmüş yapıların yıkımının geleneksel yöntem yerine seçici bir şekilde yıkılması zaruri bir durum haline gelmiştir. Seçici yıkımın en büyük olumlu tarafı geri kazanılabilir malzemelerin tümünün atığı oluşturan yerin kaynağında ayrıştırılmasıdır. Bu çalışmada yıkıntı atık malzemelerinin tekrar kullanılma veya geri dönüştürülme alan ve imkanları üzerinde durulmuştur.

Kaynaklar

[1] Ölmez, E., Yıldız Ş., (2008), İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetimi ve Planlanan İstanbul Modeli, Kent Yönetimi, İnsan ve Çevre Sorunları"08 Sempozyumu 02-06 Kasım

[2] İnternet: Kentsel dönüşümle birlikte yıllık inşaat atığı 10 milyon ton olacak, http://www.insaatim.com/?pid=haber detay&haberid=5399, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[3] T.C. Bilim, Sanayi Ve Teknoloji Bakanlığı Sanayi Genel Müdürlüğü, Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi Ve Eylem Planı 2014-2017, Sayfa 54.

[4] Erdal, B. (2011). Geri Kazanılmış Agrega ile Üretilen Polipropilen Lif Katkılı Betonların Özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

[5] Fırat, K., Akbaş, F., (2015), İnşaat Endüstrisinde Geri Dönüşüm Çalışmalarının Geliştirilmesi ve Ekonomi Üzerine Etkileri, International Conference On Eurasian Economies 2015.

[6] Müdahale, İyileştirme ve Sosyoekonomik Açıdan 2011 Van Depremi, (2014), Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

[7]İnternet: Kentsel Dönüşüm Projeleri Sonucu Oluşan Atıkların Geri Kazanımı, http://www.konuthaberleri.com/ kentsel-donusum-projeleri-sonucu-olusan-atiklarin-geri-kazanimi.html#, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[8] İnternet: Ekim 2011 Van depremi, https://tr.wikipedia. org/wiki/Ekim_2011_Van_depremi, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[9] İnternet: Türkiye'de 1900-2013 Yılları Arasında Can Kaybı ve Hasara Neden Olmuş Önemli Depremler, www.koeri.boun.edu.tr/sismo/Depremler/tLarge0.htm, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[10] TBMM, Meclis Araştırma Komisyonu(Deprem Riskinin Araştırılarak Deprem Yönetiminde Alınması Gereken Önlemlerin Belirlenmesi Amacıyla Kurulan), S. Sayısı: 549, Sayfa 49, Temmuz, 2010.

[11] Oikonomou N.D., (2005), Recycled Concrete Aggregates, Cement & Concrete Composites, Vol. 27, p. 315-318.

[12]İnternet: Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik, http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/ 20150402-2.htm, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[13] TÜBİTAK MAM Malzeme Enstitüsü, İnşaat Ve Yıkıntı Atıklarının Geri Kazanımında Kalite Gözetim El Kitabı, Aralık 2014, Ankara.

[14] Köken, A., Köroğlu, M.A., Yonar, F., Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği, Selçuk Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Teknik-Online Dergi Cilt 7, Sayı:1-2008, ISSN 1302/6178

[15] ÇAKIR, Ö., TÜFEKÇİ, M., (2011), Geri Kazanılmış Agregalı Beton, YTÜ İnşaat Fakültesi Yapı Malzemeleri ABD, Cementurk 2011 Mayıs/Haziran Sayfa 52.

[16] İnternet: Tuğla, Sürdürülebilir Bir Ürün, http://www. vandersandengroup.com.tr/group/tr/ekolojik/tugla-surdurulebilir-bir-urun, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[17] Dr. Sönmez, İ., İnşaat Atıklarının Asfaltta Geri Dönüşüm Malzemesi Olarak Kullanılması, İsfalt

[18] İnternet: Resource Recovery – Metal, http://www. branz.co.nz/cms_show_download.php?id=22d260792730f 201e835903074dd7d38d2dde4b6, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[19] İnternet: What Materials Can Be Recycled?, http://www.branz.co.nz/cms_display.php?st=1&sn=105&pg =12643, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[20] İnternet: Atık Yönetimi, http://teknikbilimlermyo. istanbul.edu.tr/basimyayin/wp-content/uploads/2014/12 /At%C4%B1k-Y%C3%B6netimi-Ders-Notu.pdf, Son Erişim Tarihi: 20.01.2016.

[21] Palabıyık, H., (2000). Marmara Depremi Ve Düşündürdükleri Afet Yıkıntı Ve Atıkları Yönetimi, TODAİE, Ankara

[22] Şengün, Hayriye, (2005). Deprem Ve Katı Atık Sorunu, Deprem Sempozyumu, Kocaeli

KOLEMANİT KATKILI HARÇLARIN EĞİLME DAYANIMINA YÜKSEK SICAKLIĞIN ETKİSİ

THE EFFECT OF HIGH TEMPERATURE ON THE FLEXURAL STRENGTH OF THE MORTARS CONTAINING COLEMANITE

O.ÖZTÜRK[a], S.ENGİN[b], A.ÖNER[c] ve G.BAYTEKİN ÇİÇEK[d]
[a] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: onur_oztrk@hotmail.com
[b] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: serkanengintr@yahoo.com
[c] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: adnanoner2001@yahoo.com
[d] Karadeniz Ereğli Belediyesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: guzide_baytekin@hotmail.com

Özet

Doğal afetler sonrasında betonarme yapılarda meydana gelen hasarların belirlenmesi yapıların kullanılabilirliği açısından oldukça önemlidir. Deprem, fırtına ve heyelan gibi birçok doğal afetten sonra meydana gelen yangınların da yapıların kullanılabilirliği üzerinde doğal afetler kadar olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bununla beraber günümüzde betona gerek dayanım ve dayanıklılık sağlamak gerekse ekonomi sağlamak amacıyla mineral ve kimyasal katkıların yanı sıra atık malzemelerin (uçucu kül, kolemanit vd.) kullanılması da giderek yaygınlaşmıştır. Yüksek sıcaklık gibi etkilere maruz kalmış betonların davranışının bilinmesinin yanında bu sıcaklıklara maruz kalmış katkılı betonların da davranışının bilinmesi günümüzde oldukça önem arz etmektedir. Bu nedenlerden dolayı; yangın sonrasında yüksek sıcaklığa maruz kalmış olan kolemanit katkılı harçların eğilme kapasitelerindeki değişimler bu çalışma kapsamında deneysel olarak araştırılmıştır. Bu amaçla %0, %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9 ve %10 oranlarında kolemanit ile çimento yer değiştirilerek harç numuneleri hazırlanmıştır. Bu numuneler 20, 150, 300, 450, 600 ve 750°C sıcaklıklara maruz bırakılmış ve yavaş soğuma olması amacıyla havada soğutma işlemi gerçekleştirilmiştir. Soğutma işleminden sonra numuneler üzerinde eğilme deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu deneyler sonucunda, kolemanit katkısız referans numunelerinde eğilme dayanımı kaybı 750°C'de %71, %10 kolemanit katkılı numunelerde ise %59 olarak bulunmuştur. Kolemanit katkılı harç numunelerinde düşük sıcaklık seviyelerinde eğilme dayanımlarının arttığı ancak %5 kolemanit katkı sonrası dayanımın azalma eğiliminde olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: yüksek sıcaklık,harç,eğilme,kolemanit

Abstract

Determination of the damages for concrete structure after the natural disaster is important about availability of these construction. Fires that occured after natural disasters also have adverse effects on availability of the construction. In addition that using waste (fly ash, colemanite ext.). As well as chemical and mineral admixture is become general to ensure both economic and strength to concrete. Nowadays, it is really important that to understand behavior of the reinforced concrete exposed to high temperature besides to know behavior of the concrete exposed to high temperature. Therefore, changes of the flexural capacity at the colemanite mortar exposed to high temperature after a fire were investigated experimentally in this study. For this purpose, mortar samples were prepared with 1%,2%,3%,4%,5%,6%,7%,8%,9% and 10% replacement rate among colemanite and cement. These samples were exposed to 20,150,300,450,600 and 750°C respectively than for cooling down slowly air cooling was performed. At the end of these experiments, it was determined that at 750°C flexural strength loss at the reference sample is 71% while colemanite additive sample is 10%. As a conclusion, it is defined that flexural strength of colemanite additive sample was increased at the low temperature however it is aimed to decrease more than 5% additive rate.

Keywords: high temperature, mortar, bending, colemanite

1. Giriş

Üzerinde görüş birliğine varılmış olan afet tanımı "insanlar ve insan yerleşmeleri üzerinde fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplara neden olan, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen doğal, teknolojik ve insan kökenli olayların sonuçları" olarak bilinmektedir [1]. Toplum yaşantısını olumsuz etkileyen yangılar, insan kökenli olması nedeniyle afet sınıfında değerlendirilmekte bununla birlikte deprem, sel, fırtına ve toprak kayması gibi doğal afetlerden sonrada meydana gelme ihtimallerinin yüksek olması nedeniyle doğal afetlerin hasarları konusunda önemli rol de oynamaktadırlar. 1923 yılında Tokyo'da meydana gelen Büyük Kanto depremi sonrasında depremin verdiği hasarın yanı sıra şehirde çıkan yangınlar sonucunda da büyük hasarlar meydana gelmiştir. Tokyo'da bulunan yapıların %40'ı ya tamamen yanmış ya da depremden dolayı ağır hasar almıştır [2]. Özellikle deprem ve yangın gibi yıkıcı özelliği yüksek olan doğal afetler yapılara verdiği hasarlar nedeniyle toplum yaşantısının devam edebilirliğini gerek sosyal gerekse ekonomik açıdan önemli ölçüde etkilerler. Doğal afetlerin oluşumunu engelleyecek önlemlerin alınması kadar doğal afet sonrası normal yaşamın devamı için de oluşacak hasarların önlemesi gerekmektedir. Bu nedenle yangınlar sonrası yüksek sıcaklığa maruz kalan yapıların davranışları önceden bilinmelidir. Doğal afetler beklenmedik zamanda aniden gerçekleşen olaylardır ve insan faaliyetlerinin devam ettirilebilmesi için afet sonrası oluşabilecek

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

hasarlara hazırlıklı olunmalıdır. Yüksek sıcaklık, betona verdiği ağır fiziksel bozunmalar nedeniyle servis ömrünü azaltan en önemli dış etkenlerden biridir [3]. Yüksek sıcaklığa maruz kalan betonarme elemanların fiziksel ve mekanik özelliklerinde değişiklikler meydana gelmektedir. Bu değişiklikler, betonun basınç, eğilme dayanımında ve elastisite modülünde azalma, çatlak oluşumu ile parçalanmadır [4,7]. Bu çalışma kapsamında yüksek sıcaklık etkisine maruz kalmış betonun eğilme dayanımındaki değişimlerin önceden belirlenmesi amaçlanmıştır. Yakın zamana kadar yüksek sıcaklıkla ilgili çalışmalar normal dayanımlı betonlar üzerine yoğunlaşmıştı. Ancak günümüzde betona gerek dayanım ve dayanıklılık sağlamak gerekse ekonomi sağlamak amacıyla mineral ve kimyasal katkıların yanı sıra atık malzemelerin (uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kolemanit vd.) kullanılması da giderek yaygınlaşmıştır [8,10]. Özellikle son yıllarda atıklara değerlendirilebilecek bir malzeme olarak bakılması sonucu, daha önce değerlendirilmeyen ve bir problem olarak düşünülen birçok atık malzemenin sanayide değişik mamül üretimlerinde kullanılması sağlanmıştır. Sanayide ana ürün yanı sıra ortaya çıkan atık ürünler ekonomik ve çevresel problemleri de beraberinde getirmektedir. Atık malzemelerin insan ve çevre sağlığına zarar vermeyecek şekilde depolanmasının yüksek maliyeti ise sorunun ciddiyetinin başka bir boyutudur. Bu nedenle kimyasal ve fiziksel yapısı içine katılacağı esas malzemeye uygun olan ya da ona uygun hale getirilen atık malzemeler yapı malzemesi üretiminde; özellikle çimento, harç, beton, tuğla kiremit, yol vs yapımında kullanılır olmuştur. Böylece atıkların depolanmasına bir çözüm getirildiği gibi ekonomik olarak daha ucuz ve kaliteli yeni ürünler elde etmenin olanağı da yaratılmıştır [11]. Demir çelik sektörünün yan ürünü olan Yüksek fırın cürufu ile ilgili yapılan çalışmalar sonucunda portland çimentosuna karıştırılarak birlikte öğütülmesi sonucunda beton özellikleri üzerine önemli ölçüde pozitif etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Yapılmış olan bu deneysel çalışmalarda ayrıca uçucu kül, silika tozu, taban külü, bentonit ve kolemanit gibi birçok farklı yan ürün ve atık malzemenin betona etkileri de incelenmiştir [12].

Türkiye dünya bor rezervlerinin yaklaşık %63'üne sahip olmakla birlikte dünyada birinci sırada yer almaktadır. Fakat bor minerali üretimi açısından Amerika Birleşik Devletlerinin arkasında ikinci sıradadır. Ülkemizdeki bor minerallerinin büyük bölümü Balıkesir, Eskişehir ve Kütahya civarında bulunmaktadır. Yalnız Türkiye'nin değil, dünyadaki bor madeni rezervlerinin %52'sinin bu bölgede olduğu belirtilmektedir. Balıkesir'in Bigadiç, Kütahya'nın Emet ve Hisarcık ilçeleri ile Eskişehir'in Kırka ilçesi son derece zengin bor madeni yataklarına sahiptir [13]. Bor mineralleri; bünyelerinde değişik oranlarda bor oksit (B_2O_3) içeren minerallerdir. Bu bor minerallerinin zenginleştirilmesi sırasında içerisinde bor bulunan atıklarda bulunmaktadır. Bugüne kadar üretimde açığa çıkan atık miktarı gün geçtikçe artmakta ve beraberinde çevresel ve ekonomik sorunlar oluşturmaktadır. Ayrıca doğal çevre bu ve bunun gibi her türlü sanayi ve üretim atığından zarar görmekte, sonuçta doğada tamiri zor hasarlar ortaya çıkmaktadır. Söz konusu atıkların bu sakıncalarının önüne geçilmesinin bir yolu da böylesi atıkların diğer sektörlerde değerlendirilmesidir [12]. Türkiye'de bulunma bakımından önemli olan bor mineralleri; Boraks(Tinkal), Kernit, Üleksit, Kolemanit, Pandermit ve Hidroborasit'tir. Bunların arasında Kolemanit minerali yaklaşık 173 milyon ton rezerv ile en çok Türkiye'de Kütahya Emet bölgesinde bulunmaktadır [13]. Kolemanit cevherinin kimyasal yapısında %28 CaO, %6,5 SiO_2, %42 B_2O_3ve % 23,5 H_2O bulunmakta ve çimento üretimi için gerekli olan hammaddeleri de bünyesinde barındırmaktadır. Bu mineralde, çimento özelliklerini olumsuz yönde etkileyecek hiçbir kimyasal bileşen bulunmamaktadır. Birçok bor minerali içerisinde alkaliler bulunmakta olup bunlar çimento içinde istenmemektedir. Kolemanitin alkali içermemesi de büyük bir tesadüftür. Çimento hammaddelerinden en önemlisi olan kireçtaşı ($CaCO_3$), öncelikle CaO ihtiyacı için kullanılmaktadır ve 900°C'nin üzerindeki bir sıcaklıkta kalsine ($CaCO_3$ + enerji→ CaO + CO_2) edilmesi gerekmektedir. Bu sıcaklıkta yapılan işlem sonucunda, belirli bir miktarda enerji harcanmakta, aynı zamanda atmosfere çok yüksek oranda CO_2 gazı emisyonu yapılmaktadır. Kolemanit için kalsinasyon söz konusu değildir, zira yapısında CaO bulunmakta ve çimento üretiminde herhangi bir ön-kalsinasyona tabi tutulmadan doğrudan kullanılabilmektedir. Kolemanit ile ilgili yapılan ilk çalışmalar genellikle çimento üretimi sırasında kullanımına yönelikti. Erdoğan vd. 2002 yılında gerçekleştirdikleri deneysel çalışma kapsamında değişik oralarda kolemaniti çimento katkısı olarak kullanarak çimentonun kimyasal ve fiziksel özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir [14] Kolemanitin beton içerisindeki kullanımı üzerine deneysel olarak yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Yamık vd. 2004 yılında bor ve bor atıklarının bir yapı malzemesi olan tuğla içerisinde kullanımı ile ilgili deneysel araştırmalar yaparken Gencel vd. 2009 yılında yapmış oldukları çalışmada kolemaniti agrega ile yer değiştirerek betonun mekanik özellikleri üzerindeki değişimi incelemişlerdir [15-16]. Kolemanitin çimento ile yer değiştirilmesi ile hazırlanan harç numuneleri üzerinde 2010 yılında yapılmış olan çalışmada ise kolemanit ilavesinin betonun büzülme ve yarmada çekme dayanımı üzerindeki etkileri incelenmiştir [17].

Doğal afetler sonrası oluşabilecek yangınların betonun yapısına etkisinin önceden belirlenmesi, beton içerisinde atık malzemelerin çevresel ve ekonomik nedenlerle kullanımının yaygınlaşması ve Türkiye'de bulunan bor rezervlerinin fazlalığı göz önünde bulundurularak bu çalışma şekillendirilmiştir. Her ne kadar betonun çekme dayanımı, basınç dayanımı yanında çoğu zaman hesaplarda ihmal edilse de yüksek sıcaklık durumu göz önünde bulundurulduğunda oldukça önem arz etmektedir. Çünkü betondaki çatlaklar genellikle çekme gerilmeleri altında oluşmaktadır [18]. Yangın durumundan kaynaklı beton elemanlarda meydana gelen pullanma betonun çekme dayanımını daha da önemli hale getirmektedir [19]. Bu nedenler göz önünde bulundurularak bu çalışmada yüksek sıcaklığın betonun eğilme dayanımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Bu çalışma kapsamında; Türkiye'de çok ciddi rezervlere sahip bor endüstrisinin yan ürünü olarak ortaya çıkan kolemanitin farklı alanlarda değerlendirilmesi amacı ve çimento sektörüne uygun kimyasal içeriğe sahip olması nedeniyle beton içerisinde çimento ile yer değiştirilmesi suretiyle yüksek sıcaklıklar altında eğilme dayanımına nasıl bir katkı yapacağı araştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışma

Kolemanit katkılı çimento harcı numunelerinin hazırlanmasında, Nuh Çimento Hereke fabrikasında

üretilen CEM I 42.5 tip çimento ve ETİ MADEN İŞLETMELERİ Emet-Kütahya/TÜRKİYE bölgesinden elde edilen granüler haldeki kolemanit kullanılmıştır. Kullanılan çimento ve kolemanite ait kimyasal ve mekanik özellikler Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kullanılan malzemelerin kimyasal özellikleri.

	Kimyasal Özellikler (%)								KK[a]	ÇK[b]
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	Na_2O	K_2O		
Çimento	20.14	4.50	3.53	64.5	1.11	2.3	0.16	0.67	2.80	0.69
Kolemanit	18.77	5.23	1.98	17.5	6.78	0.2	0.08	1.40	-	-

[a] Kızdırma Kaybı, [b] Çözünmeyen Kalıntı

Bu çalışma kapsamında kolemanit kullanılarak hazırlanan çimento harçlarının yüksek sıcaklık etkisi altında basınç ve eğilme dayanımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneysel çalışma; deney numunelerinin hazırlanması (döküm ve kürleme), ısıtma-soğutma işlemi ve eğilme dayanımı testlerinin yapılması olmak üzere 3 basamaktan oluşmaktadır. Tüm numunelerde kum/bağlayıcı oranı (kum/çimento+kolemanit) sabit 3 olarak alınmıştır. Kolemanit, çimento harcı içerisine çimento ile ağırlıkça yerdeğiştirme yapılarak konulmuştur. Referans numunesi olarak alınan CL00 numunesi %100 portland çimentosu ile hazırlanmıştır. Diğer numunelerde ise %2, %3, %4, %5, %6, %7, %8, %9 ve %10 oranlarında kolemanit ile aynı miktarda çimentonun yer değiştirmesi yapılmıştır. Numune isimlendirmelerinde "CL" kolemaniti ve yanındaki rakamlar ise harç içerisinde çimento ile yer değiştirilmiş kolemanit oranını temsil etmektedir.

Çizelge 2. Kullanılan çimentonun fiziksel özellikleri.

Fiziksel Özellikler	
Özgül Ağırlık (g/cm^3)	3.12
Özgül Yüzey (cm^2/g)	3598
İncelik (90µm elek üzerinde kalan)	0.50
İncelik (32µm elek üzerinde kalan)	13.50
Hacimsel Sabitliği (mm)	1.00
Priz Başlangıcı (dk)	177
Priz Sonu (dk)	222
Basınç Dayanımı (MPa)	
2 gün	26.6
7 gün	46.0
28 gün	59.9

Harç içerisinde kullanılan su miktarları ASTM C230 [20] standardına uygun olacak şekilde yapılan akış deneyleri sonucunda belirlenmiştir. İlk olarak portland çimentosu ile hazırlanan referans numunesinin akış miktarı değeri 160mm±1mm olarak belirlenmiş daha sonra kolemanit konularak hazırlanan numunelerde karışıma konulan su oranları değiştirilerek akış miktarları sabit tutulmuştur. Harç numunelerinin hazırlanmasında kullanılan karışım miktarları Çizelge 3'te verilmiştir. Hazırlanan tüm harç karışımları ASTM C305 [21] standardına uygun olarak mikser yardımıyla karıştırılarak 40x40x160mm prizmatik kalıplar içerine doldurulmuştur. Her bir sıcaklık değeri ve kolemanit oranına sahip grup için 3'er adet numune hazırlanmış olup deneysel çalışma için toplamda 180 adet numune üretilmiştir. Dökümü yapılan numuneler kalıplarda 24 saat süreyle oda sıcaklığında bekletildikten sonra kalıplardan çıkarılmıştır. Kalıptan çıkarılan tüm numuneler 27 gün boyunca 20±3°C'deki su içerisinde bekletilmiştir. Kürleme havuzundan 28. günde çıkarılan 10 farklı gruba ait 30 adet referans numunesi üzerinde (20°C'de test edilecek numuneler) herhangi bir ısıl işlem uygulanmadan eğilme testleri yapılmıştır.

Çizelge 3. Karışım oranları.

Numune	Su/Bağlayıcı	Kolemanit (%Ağr.)	Akış (mm)
CL00	0.50	0	160
CL02	0.50	2	160
CL03	0.51	3	159
CL04	0.51	4	160
CL05	0.52	5	159
CL06	0.52	6	161
CL07	0.53	7	162
CL08	0.53	8	160
CL09	0.53	9	161
CL10	0.54	10	160

Değişik sıcaklık derecelerine maruz bırakılacak numuneler kürleme havuzlarından çıkarılıp yüzeyleri kurulandıktan sonra 150, 300, 450, 600 ve 750°C'lik sıcaklık değerlerine ulaşılana kadar yüksek sıcaklık fırını içerisinde 3 saat süre ile bekletilmiştir. Yapılmış olan birçok deneme çalışması sonucunda üç saatten daha fazla fırın içerisinde yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakılan harç numunelerinin yükleme olmaksızın yapısal bütünlüğünü koruyamadığı belirlenmiştir. Bu nedenle maksimum sıcaklık seviyesi 750°C ve fırın içi bekleme süresi üç saat olarak alınmıştır. Yüksek sıcaklık deneylerinde, deney sıcaklıklarına ulaşılan süre oldukça önemlidir. Bu nedenle deneylerde Şekil 1'de gösterilen zaman-sıcaklık kontrollü yüksek sıcaklık fırını kullanılmıştır. Bu sayede test sıcaklıklarına ulaşılırken sıcaklık artış oranı 8-10°C/dk değerinde sabit tutulmuştur. Sıcaklık artış oranının bu değerlerin üstende olacak şekilde numuneye uygulanması sonucunda numunelerde termal gerilmelere bağlı olarak hasarların oluştuğu gözlenmiştir.



Şekil 1. Yüksek sıcaklık fırını.

Etüvden çıkarılan numunelerin hepsi yavaş soğutma yöntemi (havada) uygulanarak oda koşullularında (~20°C)

soğutulmuştur. Tüm numuneler soğutma işleminden sonra sırasıyla ASTM C348 [22] standartlarına uygun olarak eğilme testlerine tabi tutulmuşlardır. Bu testlerden elde edilen sonuçlar, ısıtılmadan eğilme testleri uygulanan referans numunelerine ait sonular ile karşılaştırılarak kolemanit katkılı çimento harcı numunelerinin sıcaklık etkisi altındaki davranışları belirlenmiştir.

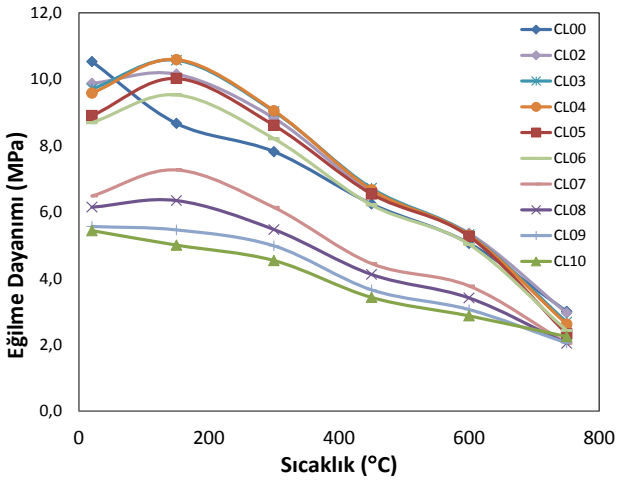
3. Deney Sonuçları

Bu çalışma kapsamında ağırlıkça yüzdesi oranında çimento yerine kolemanit katkı konularak hazırlanan çimento harçlarının yangın sonrası dayanımlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Yangın gibi yüksek sıcaklık etkilerine maruz kalan yapılarının kullanılabilirliğinin belirlenmesi için yapı elemanlarını oluşturan betonun dayanımının bilinmesi gerekmektedir. Yüksek sıcaklık etkisi sonrası betonun dayanımının belirlenmesinde termal gerilmeli, termal gerilmesiz ve termal gerilmesiz kalan dayanım olmak üzere deneysel olarak 3 farklı yöntem kullanılmaktadır. Termal gerilmeli deneyde deney numunesinin üstünde bir yük vardır ve bu yük varken numune test sıcaklığına kadar ısıtılır. Test sıcaklığına ulaşıldığı anda yükleme arttırılarak kırılma yüküne ulaşılır ve deney tamamlanır. Termal gerilmesiz test yönteminde ise numuneye yük uygulanmadan numune ısıtılır ve sıcaklık test sıcaklığına geldiği zaman yüklemeye başlanarak kırılma yüküne ulaşılır ve deney tamamlanır. Termal gerilmesiz kalan dayanım testinde ise numuneye yük uygulanmadan numune test sıcaklığına kadar ısıtılır. Test sıcaklığına ulaşan numuneye daha sonra soğutma işlemi uygulanır (havada, suda vb.) ve numune soğuduktan sonra yüklenerek kırılma yükü elde edilir. Termal gerilmesiz kalan dayanım test metodunun diğer yöntemlere göre daha düşük dayanım değeri verdiği bilindiğinden, yüksek sıcaklığa maruz kalan harçların kapasitesinin belirlenmesini amaçlayan bu çalışma kapsamında bu yöntemin kullanılması tercih edilmiştir [23]. Beton yapı elemanlarının maruz kaldığı sıcaklık derecesi değiştikçe betonun içyapısında da değişiklikler meydana getirmektedir. 120°C'ye kadar olan sıcaklıklarda betonun mikro yapısı ve boşluk sisteminde herhangi bir hasar oluşmaz ve bu sıcaklığın ihmal edilebilir bir etkisi vardır. Bu sıcaklıkta sadece betonun mikro yapısında bulunan serbest su kaybolur. 250°C'ye kadar olan sıcaklıklarda ise yapıda bulunan serbest su tamamen yok olur, çimento hamurunda hacim azalması meydana gelir ve dehidrasyon sonucunda çatlak oluşumları başlar. 300-600°C arasındaki sıcaklık seviyesinde çimento hamurunda ve genleşmeden dolayı agregalarda önemli çatlaklar meydana gelir. Betonun rengi pembeye dönmeye başlar. 400°C'de kalsiyum hidroksitin bozunması meydan gelir. Sıcaklığın 600°C'yi aşması durumunda ise çimento hamuru tamamen dehidrate olur ve büzülme çatlakları da oluşmaya başlar. Ayrıca bu durumda beton çok boşluklu, oldukça kırılgan ve parçalanabilir bir hal alır. Beton rengi gri bir hal alır ve ciddi dayanım kayıpları oluşmaya başlar [24].

Eğilme deneyleri sonucunda elde edilen dayanım değerleri Çizelge 4'te gösterilmiştir. Kolemanit katkısız çimento harcı numunesinin sıcaklık artıkça eğilme dayanımının da azaldığı görülmektedir. Oda sıcaklığında referans numunesinin eğilme dayanımı 10.53 MPa iken 750°C sıcaklığa maruz kaldıktan sonraki dayanım değeri 3.00 MPa kadar düşmüştür. Buda referans numunesinin yüksek sıcaklık altında %71 oranında eğilme dayanımı kaybının olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda oda sıcaklığında yapılan deney sonuçları incelendiğinde çimento harcı içerisine giren kolemanit katkı oranı %5'e kadar eğilme dayanımında önemli bir değişime neden olmadığı görülmektedir. Oranın artmasıyla eğilme dayanımında düşüş olduğu gözlenmiştir. Apagyi ve Csetenyi yapmış oldukları çalışmarında bu durumu kolemanit içerisindeki potasyumum kalsiyum hidroksit ile reaksiyonu sonucunda partiküller arasında oluşan bağların neden olduğunu belirtmiştir. Kolemanit yüzdesinin belirli bir oranın üzerine çıkması sonucunda ise çimento miktarındaki ciddi azalma dayanım kaybına yol açmaktadır [25]. Harç numunesindeki kolemanit yüzdesi %10 olduğu durumda sıcaklıktan bağımsız olarak eğilme dayanımı kapasitesinde %52 oranında düşüş olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Eğilme dayanımı test sonuçları.

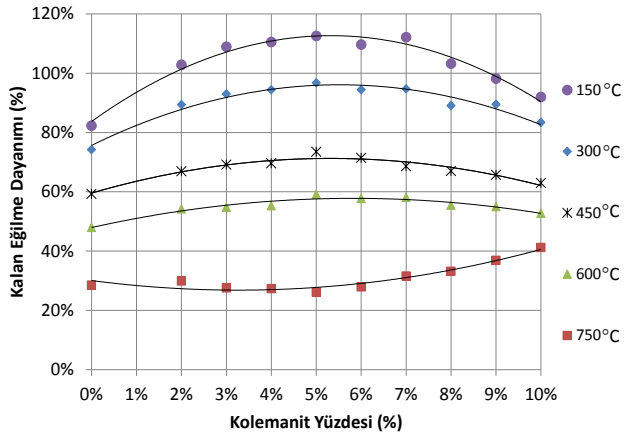
Numune	20°C	150°C	300°C	450°C	600°C	750°C
CL00	10.53	8.67	7.82	6.24	5.05	3.00
CL02	9.87	10.15	8.83	6.61	5.35	2.96
CL03	9.71	10.57	9.03	6.71	5.32	2.68
CL04	9.58	10.59	9.05	6.67	5.30	2.62
CL05	8.90	10.02	8.61	6.54	5.26	2.33
CL06	8.69	9.53	8.21	6.21	5.02	2.43
CL07	6.48	7.27	6.14	4.45	3.77	2.04
CL08	6.14	6.34	5.47	4.12	3.41	2.04
CL09	5.56	5.46	4.98	3.65	3.06	2.05
CL10	5.44	5.00	4.54	3.42	2.87	2.24



Şekil 2. Sıcaklık-eğilme dayanımı grafiği.

Şekil 2 ve 3'te sırasıyla sıcaklık eğilme dayanımı ilişkisi ile kolemanit ve kalan eğilme dayanımı yüzdesi ilişkisi verilmiştir. Sıcaklık eğilme dayanımı ilişkisinin verildiği grafik incelendiğinde numuneye uygulanan sıcaklıklar arttığında eğilme dayanımında ciddi düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiştir. Referans numunesi 750°C sıcaklığa maruz kaldıktan sonra eğilme kapasitesinin %71'ini kaybettiği belirlenmiştir. Bu oran %10 kolemanit katkılı numunelerde %59'a kadar düşmektedir. 150°C ye kadar olan düşük sıcaklık seviyelerinde sıcaklık etkisine maruz kalan %2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 oranında kolemanit katkılı harçların eğilme dayanımlarında %3 ile %13 oranları

arasında artış gözlenmiştir. Harç içerisine giren kolemanit yüzdesi arttıkça düşük sıcaklıklarda meydana gelen artış gözlenmemiştir. Şekil 3'te verilen kolemanit-kalan eğilme dayanımı yüzdesi grafiği incelendiğinde harç içerisine giren kolemanit yüzdesinin belirli bir orana kadar dayanım kaybını azalttığı bu optimum oran sonrasında ise eğilme dayanımında ciddi bir azalmaya sebebiyet verdiği görülmektedir. Grafik incelendiğinde yapılmış olan bu çalışmada optimum kolemanit yüzdesi yaklaşık %5 olarak görülmektedir. Bu çalışmada olduğu gibi Olgun vd. ile Sevim'in yapmış oldukları çalışmalarda çimento içerisine yer değiştirme yöntemi ile ilave edilen kolemanit oranı için %3 ile %5 arasında değişen oranlarda optimum katılım oranı belirlemişlerdir. Olgun vd. katkısız referans numunesi ile %3-5 oranında kolemanit katkılı numuneler için yapmış oldukları mikro yapı incelemeleri sonucunda, katkısız numunelere göre bu oranlarda kolemanit katkı içeren numunelerin daha yoğun bir içyapıya sahip olduklarını belirlemiştir. Bu oranlara kadar gerçekleşen dayanım artışının nedeni olarak bu sıkı düzendeki içyapının olabileceğini söylemişlerdir [26-17].



Şekil 3. Kolemanit-kalan eğilme dayanımı yüzdesi grafiği.

4. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında; Türkiye'de çok ciddi rezervlere sahip bor endüstrisinin yan ürünü olarak ortaya çıkan kolemanitin farklı alanlarda değerlendirilmesi amacı ve çimento sektörüne uygun kimyasal içeriğe sahip olması nedeniyle beton içerisinde çimento ile yer değiştirilmesi suretiyle yüksek sıcaklıklar altında eğilme dayanımına nasıl bir katkı yapacağı araştırılmıştır. Bu nedenle hazırlanmış olan 180 adet numune önce yüksek sıcaklık etkisine maruz bırakılmış sonra da her bir numuneye eğilme deneyi yapılmıştır. Yapılmış olan deneysel çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

• Kolemanit içermeyen referans numunelerin test sıcaklığı arttıkça eğilme dayanımlarının azaldığı belirlenmiştir.

• Oda sıcaklığında referans numunesinin eğilme dayanımı 10.53 MPa iken 750°C sıcaklığa maruz kaldıktan sonraki dayanım değeri 3.00 MPa kadar düşmüştür. Buda referans numunesinin yüksek sıcaklık altında %71 oranında eğilme dayanımı kaybının olduğunu göstermektedir. Bu oran %10 kolemanit katkılı numunelerde %59'a kadar düşüş göstermiştir.

• Oda sıcaklığında yapılan deney sonuçları incelendiğinde çimento harcı içerisine giren kolemanit katkı oranı %5'e kadar eğilme dayanımında önemli bir değişime neden olmadığı görülmektedir.

• 150°C ye kadar olan düşük sıcaklık seviyelerinde sıcaklık etkisine maruz kalan %2, 3, 4, 5, 6, 7 ve 8 oranında kolemanit katkılı harçların eğilme dayanımlarında %3 ile %13 oranları arasında artış gözlenmiştir.

• Eğilme dayanımı – kolemanit yüzdesi ilişkisinde harç numuneleri için katılabilecek optimum değer bu çalışmada %5 olarak belirlenmiştir.

Kaynaklar

[1] Ergünay, O., Türkiye'nin afet profili. TMMOB Afet Sempozyumu, Ankara, Türkiye, Aralık 5-7, 1-14, 2007.
[2] Imaizumi, A.,Ito, K., Okazaki, T., Impact of natural disasters on industrial agglomeration: the case of the great kanto earthquake in 1923. Explorations in Economic History, DOI: 10.1016/j.eeh.2015.11.005
[3] Aydın, S., Development of a high-temperature-resistant mortar by using slag and pumice. Fire Safety Journal, 610-617, DOI: 10.1016/j.firesaf.2008.02.001
[4] Kızılkanat, B.A., Yüzer, N., Yüksek sıcaklık etkisindeki harcın basınç dayanımı-renk değişimi ilişkisi. İMO Teknik Dergi, 4381-4392, 2008.
[5] CEB, Fire design of concrete structures. , Bull. Inf., 5.1-5.27, 1991.
[6] Diederichs, U., Schneider, U., Bond strength at high temperatures. Magazine and Concrete Res., 75-84, 1981.
[7] Yüzer, N., Aköz, F., Dokuzer Öztürk, L., Compressive strength–color change relation in mortars at high temperature. Cement and Concrete Research, 1803-1807, DOI:10.1016/j.cemconres.2004.01.015
[8] Öner, A., Akyüz, S., An experimental study on optimum usage of GGBS for the compressive strength of concrete. Cement and Concrete Composites, 505-514, DOI:10.1016/j.cemconcomp.2007.01.001
[9] Wang, X-Y., Park, K-B., Analysis of compressive strength development of concrete containing high volume fly ash. Construction and Building Materials, 810-819, DOI:10.1016/j.conbuildmat.2015.08.099
[10] Wang, X-Y., Park, K-B., Analysis of mechanical properties of cement containing boron waste and rice husk ash using full factorial design. Journal of Cleaner Production, 128-132, DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.01.051
[11] Uğurlu, A., Özdemir, M., Topçu, İ.B., Bor içeren kil atıkların çimento içerisinde değerlendirilmesi. II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye, Eylül 23-25, 405-411, 2004.
[12] Erdoğmuş, E., Yılmaz, B., Erdoğan, Y., Avcıata, U., Sodyum karbonatın kolemanit konsantratör atığı+karabük cürufu katkılı portland çimentosunun mekanik özellikleri üzerine etkisi. II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye, Eylül 23-25, 2004.
[13] Alma, H.M., Acemioğlu, B., Türkiye'nin bor kaynakları, kullanım yerleri ve orman ürünleri endüstrisi. Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt:4, Sayı:2, 2001.

[14] Erdoğan, Y., Targan, Ş., Olgun, A., Zeybek, B., Sevinç, V., Kula cürufu, bentonit ve kolemanit atıklarının çimento üretiminde değerlendirilmesi. I. Uluslararası Bor Sempozyumu, Kütahya, Türkiye, Ekim 3-4, 2002.
[15] Yamık, A., Uçar, A., Demir, U., Şahbaz, O., Bor atığının tuğla sanayinde kullanılabilirliliğinin araştırılması. II. Uluslararası Bor Sempozyumu, Eskişehir, Türkiye, Eylül 23-25, 2004.
[16] Gencel, O., Brostow, W., Özel, C., Filiz, M., An investigation on the concrete properties containing colemanite. International Journal of Physical Sciences, Vol. 5(3), 216-225, 2010.
[17] Sevim, U.K., Colemanite ore waste concrete with low shrinkage and high split tensile strength. Metarials and Structures, DOI: 10.1617/s11527-010-9618-4
[18] Mindess, S., Young, J.F., Darwin, D.,Concrete, Pearson Education, NJ, USA, 2003.
[19] Khaliq, W., Kodur, V., High temperature mechanical properties of high strength fly ash concrete with and without fibers. ACI Materials Journal, Vol. 109, 665-674, 2012.
[20] ASTM C230/C230-M-98, Standart specification for flow table for use in tests of hydraulic cement. Annual Book of ASTM Standarts, vol: 04.01, 2002.
[21] ASTM C305-99, Standart practice for mechanical mixing of hydraulic cement pastes and mortars of plastic consistency. Annual Book of ASTM Standarts, vol: 04.01, 2002.
[22] ASTM C348-97, Standart test method for flexural strength of hyraulic cement mortars. Annual Book of ASTM Standarts, vol: 04.01, 2002.
[23] Aydın, S., Baradan, B., Effect of pumice and fly ash incorporation on high temperature resistance of cement based mortars. Cement and Concrete Research, DOI: 10.1016/j.cemconres.2007.02.005
[24] Concrete Society, Technical Report 33. Assessment and Repair of Fire Damaged Concrete Structures, 1990.
[25] Apagyi, Z., Csetenyi, L.J., Phase equilibrium study in the $CaO-K_2O-B_2O_3-H_2O$ system at 25°C. Cement and Concrete Research, 1087-1091, DOI:10.1016/S0008-8846(01)00529-4
[26] Olgun, A., Kavas, T., Erdoğan, Y., Önce, G., Physicochemical characteristics of chemically activated cement containing boron. Build Environ, Vol. 42, 2384-2395, 2007.

ÇELİK LİF KATKISININ BETONUN ADERANS DAYANIMINA ETKİSİ

EFFECT OF ADDITION OF STEEL FIBER TO BONDING STRENGTH OF CONCRETE

S. ENGİN[a], ONUR ÖZTÜRK[b], A. ÖNER[c] ve B. ÜRETÜRK[d]
[a] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: serkanengintr@yahoo.com
[b] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: onur.ozturk@kocaeli.edu.tr
[c] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: adnan@kocaeli.edu.tr
[d] İzkon Müh. Ltd. Şti., Kocaeli, Türkiye, E-posta: ureturk@hotmail.com

Özet

Binaların analizi sırasında yapılan en önemli kabullerden bir tanesi, beton ile donatının birbirine tam kenetlendiği ve kolon kiriş bölgesinin tam rijit olarak davrandığıdır. Ancak yaşanan depremlerde gözlemlenen yapı hasarları göz önüne alındığında, bu kabulün pek çok yapıda gerçekleşmediği ve kolon kiriş düğüm bölgesindeki donatıların betondan sıyrılarak ayrıldığı ve yapının bu sebeple göçmeye uğradığı görülmektedir. Yapılan bu çalışmada, normal dayanımlı beton içine %0,2, %0,4 ve %0,6 oranında çelik lif ilave edilerek aderans deney numuneleri üretilmiştir. Üretilen bu numuneler üzerinde aderans deneyleri gerçekleştirilerek her bir numune için donatı sıyrılma yükleri elde edilmiştir. Tüm numunelerden elde edilen yük sıyrılma grafikleri bir arada değerlendirildiğinde çelik lif katkısının artışı ile birlikte sıyrılma yüklerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Aderans, sıyrılma, çelik lif, betonarme

Abstract

One of the most important assumptions during the analysis of structures is the fact that the reinforcement and concrete is completely bonded and the column-beam joint region behaves rigid. However, when the structural damages during earthquakes are concerned, it is observed that the above assumptions are not satisfied. In other words, the reinforcements at the column-beam joint regions slip through the concrete and then the structure fails according to this behavior. In this study, steel fibers are added with an amount of 0.2%, 0.4% and 0,6% to normal strength concrete and bonding specimens are produced. Bonding test are performed with these specimens and slipping loads are obtained for each specimen. When all the graphs for specimens are evaluated, it is observed that the slipping loads increase with the increase of steel fibers ratio.

Keywords: Bonding, slip, steel fiber, reinforced concrete

1. Giriş

Beton ve donatıdan oluşan bir yapının betonarme olarak davranabilmesi ilk koşul beton ile donatının birbirine tam kenetlenmesidir. Donatı ile beton arasındaki bu kenetlenmeye aderans denilmektedir. Betonarmede, donatı çubuğu beton içine yeterli uzunlukta saplanmış ise iki malzeme arasında aderans tam sağlanacak, bu durumda çubuğu çekip çıkarmak mümkün olmayacak ve donatı akma ile kapasitesine ulaşacaktır. Donatının beton içine kenetlenme boyunun yeterli olmadığı durumda ise ya donatı sıyrılarak beton içinden çıkacak ya da etrafındaki beton kütleyi yararak dışarı çıkacaktır. Donatı ile betonun kenetlenmesinin yeterli olabilmesi için donatı akma gerilmesine ulaştığında ya da deprem sırasında olduğu gibi donatı pekleşme bölgesine belli bir deformasyona ulaştığında donatı çubuğu sıyrılmamalı ve betonu yararak dışarı çıkmamalıdır [1].

Bir binanın tasarımı sırasında yapılan önemli kabullerden bir tanesi beton ile donatının aderansının tam olduğu ve buna bağlı olarak da kolon kiriş düğüm bölgesinin rijit bağlandığıdır [2]. Ancak yaşanan depremlerde meydana gelen hasarlar göz önüne alındığında, bu kabullerin bazı yapılarda gerçekleşmediği ve bu tür yapıların kolon-kiriş düğüm bölgesindeki kenetlenme boyu yetersizliği sonucu oluşan sıyrılma sebebiyle hasar gördüğü görülmektedir (Şekil 1). Bu tür hasarların ortadan kaldırılabilmesi veya en aza indirilmesi için yapıdaki bu tür aderans dayanımı yetersizliklerinin ortadan kaldırılması gerekmektedir.



Şekil 1. Depremde gözlenen kolon giriş bölgesi hasarı

Aderans dayanımı etkileyen değişkenler beton ile ilgili değişkenler ve donatı ile değişkenler olmak üzere iki gruba ayrılabilmektedir. İlk grup değişkenler beton ile ilgili olanlar yani betonun dayanımı, beton içeriğine giren malzemeler gibi parametreler, ikinci grup değişkenler ise donatı ile ilgili olanlar yani donatının tipi, sargılamanın miktarı gibi

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

parametrelerdir [3-10]. Aderans dayanımını tespit etmek için kullanılan deneyler içinde en eski, en basit, en pratik ve en yaygın olanı eksenel çekip çıkarma deneyleridir. Bu deneyde mesnetlenmiş bir beton kesit içine yerleştirilmiş donatı serbest ucundan çekilerek betondan çıkartılmaya çalışılmaktadır. Bu tür deneyde donatının betondan sıyrıldığı yük aderans dayanımı olarak kabul edilmektedir. Bu deney türü basit olmasına rağmen, gerçek bir yapı elemanında oluşan durumu temsil etmekten uzaktır. Çünkü olası bir depremde yapı elemanında oluşan eğilme durumu bu deney türünde olmadığı gibi beton örtüsü tabakasının kalınlığı da gerçek durumdan oldukça fazladır. Ancak sonrasında geliştirilen deney düzeneklerinde, yapı elemanlarında oluşan eğilme etkilerini verilebilir ve daha az beton örtüsü kalınlığı alınabilir hale gelmiş ve gerçek durumu daha iyi temsil eder hale getirilmiş ve bu tür deneylerden gerçeğe daha yakın aderans dayanımları elde edilebilmiştir [1]. Bu konu hakkında yapılan ilk çalışmalardan bir tanesi Burge tarafından yapılmış çalışmadır. Burge tarafından silis dumanı kullanımının yüksek dayanımlı betonlardaki kenetlenme özelliklerini tespit etmek için eksenel çekip çıkarma deneyleri gerçekleştirilmiştir [11]. Sonrasında Ezeldin ve Balaguru değişik tipte çekip çıkarma deneylerinde çelik lif içeren ve içermeyen normal ve yüksel dayanımlı betonlardaki aderans dayanımlarını incelemiştir Bu deneylerde değişken olarak silis dumanı hacmi lif tipi ve hacmi ve donatı çağı değişken olarak yapılmıştır [12]. Larrard vd., çalışmasında Belçika türü aderans deney numuneleri ile donatı çapının aderans dayanımına etkisini incelemiş ve 10 mm çapında donatı kullanılması durumunda yüksek dayanımlı betonlarda normal dayanımlı betonlara göre %80, 25 mm çapında donatı kullanılması durumunda ise %30 aderans dayanımı artışı elde etmişlerdir [13]. Darvin vd. çok sayıda numune ile yaptıkları deneysel ve istatistiksel bir çalışma sonucunda aderans dayanımının beton dayanımı, pas payı, donatı aralığı kenetlenme boyu ve gövde donatısının fonksiyonu olarak tespit etmişlerdir [14]. Esfahani ve Rangan tarafından yapılan çalışmada yüksek dayanımlı betonlar ile çekip çıkarma ve bindirmeli kiriş deneyleri gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma sonucunda aderans dayanımının deplasman modülü, beton dayanımı, kenetlenme boyu ve pas payına bağlı olarak formüle etmişlerdir [15,16]. Hamad ve Itani tarafından bindirmeli donatı bulunan yüksek dayanımlı beton kirişler ile yaptıkları deneyler ile silis dumanı, betonu yerleştirme pozisyonu ve akışkanlaştırıcı miktarının aderans dayanımına etkisini irdelemişlerdir [17]. Yapılan bu çalışmada, normal dayanımlı betonlar içine farklı oranlarda çelik lif katkısı yapılarak üretilen lif katkılı betonlar ile eğilme etkilerini de dikkate alacak şekilde, iki farklı beton dayanımına sahip iki set deney numunesi üretilmiştir. Üretilen deney numunelerinin tamamında kenetlenme boyu yetersiz olarak tasarım yapılmış ve çelik lif katkısının numunelerin aderans dayanımında sağladığı dayanım artışları araştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışma

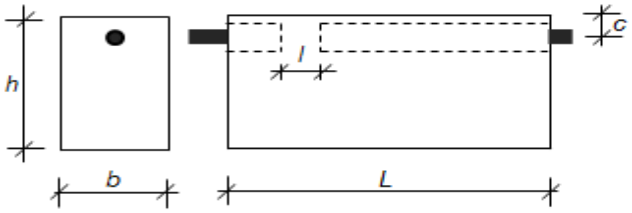
Bu bölümde deneysel çalışmada kullanılan malzemeler, deney elemanları, beton karışımlarının hazırlanması, deney numunelerinin üretilmesi ve deney aşamaları anlatılmıştır.

2.1. Malzemeler

Deney elemanlarının üretildiği beton karışımlarında, iri agrega olarak kırmataş, ince malzeme olarak ise doğal kum, çimento olarak basınç dayanımı 42.5 MPa olan portland çimentosu kullanılmıştır. Deney elemanlarının üretildiği beton karışımlarında, iri agrega olarak kırmataş, ince malzeme olarak ise doğal kum, çimento olarak basınç dayanımı 42.5 MPa olan portland çimentosu kullanılmıştır. İstenilen dayanımı elde etmek için beton, karışımlarına süperakışkanlaştırıcı ilave edilmiştir. Betona boy/çap oranı 40 (30/0.75) olan ucu kancalı çelik lif ilave edilmiştir. Aderans donatısı olarak çapı 20 mm olan nervürlü donatı kullanmıştır.

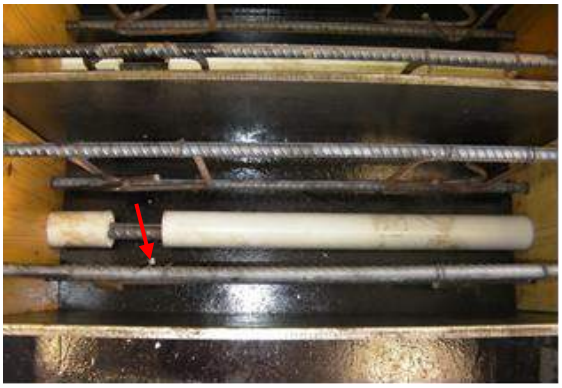
2.2. Deney Numuneleri

Çalışma için boyutları Şekil 2'de verilen deney numuneleri üretilmiştir. Şekil 2'de L olarak adlandırılan değişken numune uzunluğunu, b numune genişliğini, h numune yüksekliğini, c donatının pas payını, l ise kenetlenme boyunu göstermektedir.



Şekil 2. Deney numunesi boyutları

Çalışma için üretilen numunelerde aderans donatısı çapı 20 mm, *b*= 220 mm, *h*=300 mm, *L*=600 mm, *c*= 30 mm ve *l*=70 mm olarak alınmıştır. Aderans deneyi numunelerinin donatı yerleşimi Şekil 3'deki gibi alınmıştır. Şekil 3'de verilen numunede ok ile gösterilen bölge kenetlenme bölgesini göstermektedir. Tüm numunelerde göçmenin aderans dayanımının kaybı ile gerçekleşmesi için yetersiz kenetlenme boyu olacak şekilde tasarım yapılmıştır. Numunelerde kenetlenme boyunu azaltmak amacıyla donatının beton ile temasını kesecek şekilde donatının bir kısmı plastik borular içinde bırakılmış ve borular içine betonun girmesini engellemek için plastik boruların uçları genleşen köpük ile kapatılmıştır. Deneyler sırasında kesme göçmesinin önlemek amacıyla, aderans donatısının her iki yanına ilave donatılar konulmuştur. Aderans donatısı her iki yanına konulan donatıların, aderans donatısında sargılama etkisi yaratmaması için, kesitte kullanılan enine donatılar aderans donatısına paralel olacak şekilde bağlanmıştır.



Şekil 3. Deney numunesi donatı yerleşimi

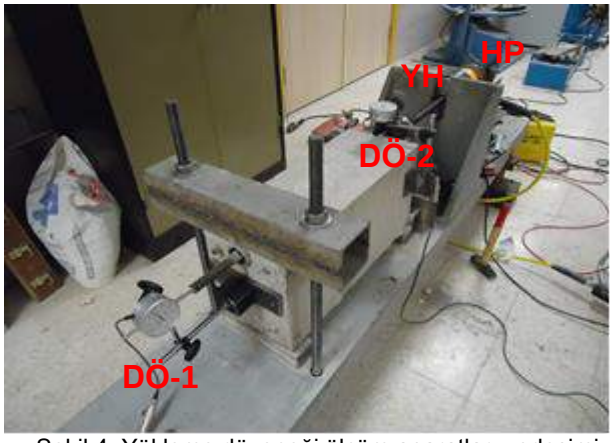
Çalışma için, karakteristik basınç dayanımı 20 MPa ve 40 MPa olarak hedeflenen iki farklı beton dayanımı alınmıştır. Her bir sette çelik lif içermeyen referans numunelerinin yanı sıra lif içeriği %0,2, %0,4 ve %0,6 olan üç farklı çelik lif içeriği seçilmiştir. Açıklamalar doğrultusunda üretilen deney numunelerinin listesi aşağıda yer alan Tablo 1'de verilmiştir. Tablo 1'in ilk sütununda üretilen numunelerin adı, ikinci sütununda numune için hedeflenen beton basınç dayanımını, üçüncü sütununda ise numunenin içerdiği çelik lif oranı verilmiştir. Çalışmada ayrıca her bir aderans numunesinin beton basınç dayanımını tespit etmek amacıyla 150mmx300mm boyutlarında silindir numune üretilmiştir.

Tablo 1. Deney Numunelerinin Özellikleri

Numune Adı	Beton Dayanımı MPa (Hedef)	Çelik Lif Oranı (%)
C20-REF	20	0,0
C20-SF20	20	0,2
C20-SF40	20	0,4
C20-SF60	20	0,6
C40-REF	40	0,0
C40-SF20	40	0,2
C40-SF40	40	0,4
C40-SF60	40	0,6

2.3. Yükleme Düzeneği ve Deneyler

Üretilen deney numuneleri laboratuvar ortamında bekletilmiş ve 28.günde malzeme ve aderans deneyleri gerçekleştirilmiştir. Malzeme deneyleri basınç test cihazında yapılmış ve bu deneyler sonucunda aderans beton basınç dayanımları elde edilmiştir. Aderans deneyleri ise Şekil 4'deki deney düzeneği ile gerçekleştirilmiştir. Şekilde HP ile gösterilen hidrolik pompa ile donatıya çekme yükü uygulanmış, uygulanan yükün değişimi ise şekilde YH ile gösterilen yük hücresi ile takip edilmiştir. Donatıdaki sıyrılma ise şekilde DÖ-1 ve DÖ-2 ile gösterilen deplasman ölçerler yardımıyla takip edilmiştir.



Şekil 4. Yükleme düzeneği ölçüm aparatları yerleşimi

Deney süresince eş zamanlı olarak veri toplam cihazının bağlı olduğu bilgisayar ekranından numunenin yük-sıyrılma eğrisi değişimi takip edilmiştir. Yük sıyrılma eğrisindeki sıyrılma miktarı DÖ-1 olarak adlandırılan deplasman ölçerlerden elde edilmiştir.

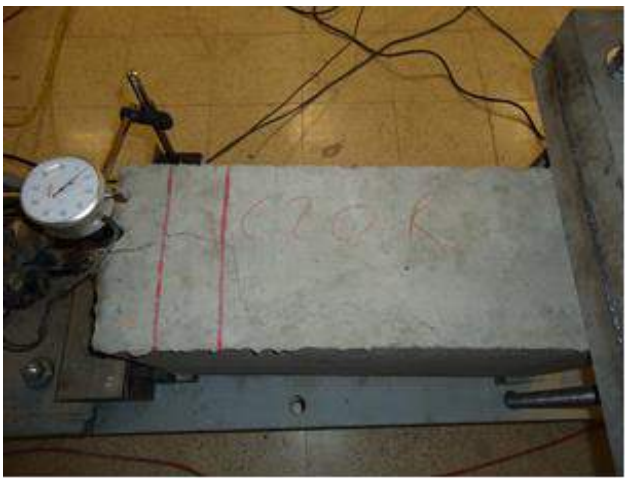
3. Elde Edilen Veriler ve Değerlendirme

Malzeme deneyleri ile aderans deneyleri sonucunda elde edilen veriler Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de görüldüğü üzere ilk set için referans numunede basınç dayanımı 22,9 MPa olarak elde edilmiş iken, bu sette çelik lif içeren numunelerde basınç dayanımı referans numuneye göre daha yüksek olmuştur. Bu setin ortalama basınç dayanımının 23,5 MPa olarak elde edilmiştir. İkinci sette referans numunede basınç dayanımı 39,3 MPa iken, lifli numunelerde basınç dayanımını daha yüksek olmuştur. Bu set için ortalama basınç dayanımı 49,2 MPa olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 2. Deneylerden Elde Edilen Veriler

Numune Adı	Beton Dayanımı MPa	Aderans Dayanımı (kg)
C20-REF	22,9	2.385
C20-SF20	23,7	3.257
C20-SF40	24,2	3.407
C20-SF60	23,4	4.240
C40-REF	39,3	4.578
C40-SF20	53,2	5.779
C40-SF40	49,2	5.843
C40-SF60	55,0	6.590

Aderans deneyleri öncesinde numune kenetlenme boyu bölgesi çizilerek belli edilmiştir. Deneyler sonrasında ise her bir numunenin kenetlenme bölgesinin göçmesi incelenmiştir. Buna göre, lif içermeyen 20 MPa dayanım hedeflenen numunelerin göçmesi gevrek olmuş ve kenetlenme boyu betonunda önemli ölçüde çatlamalar olmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. Ortalama 23,5 MPa basınç dayanımına sahip sette yer alan referans numunenin göçme durumu

Ancak çelik lif içeren ortalama 20 MPa basınç dayanımı hedeflenen numunelerde göçme daha sünek olmuş ve kenetlenme boyu etrafındaki betondaki çatlak genişlikleri referans numunede gözlemlenenlere göre daha az olmuştur (Şekil 6).

Çelik lif içermeyen ortalama 49,2 MPa basınç dayanımına sahip referans numunelerin göçmesi çok gevrek olmuş ve

kenetlenme boyu etrafı betonu tamamen dağılmıştır (Şekil 7). Ancak çelik lif içeren ortalama 49,2 MPa basınç dayanımına sahip numunelerde göçme referans numunelere göre daha sünek olmuş ve kenetlenme boyu etrafında yer alan beton bütünlüğünü önemli ölçüde korumuştur (Şekil 8). Bu davranış gevrek olan betonun, çelik lif ilavesi ile daha sünek bir yapıya kavuştuğunu göstermektedir.



Şekil 6. Ortalama 23,5 MPa basınç dayanımına sahip sette yer alan çelik lif içeren numunelerin göçme durumu

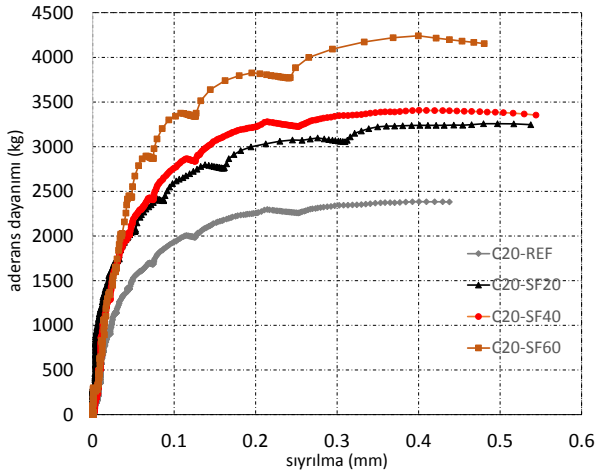


Şekil 7. Ortalama 49,2 MPa basınç dayanımına sahip sette yer alan referans numunenin göçme durumu



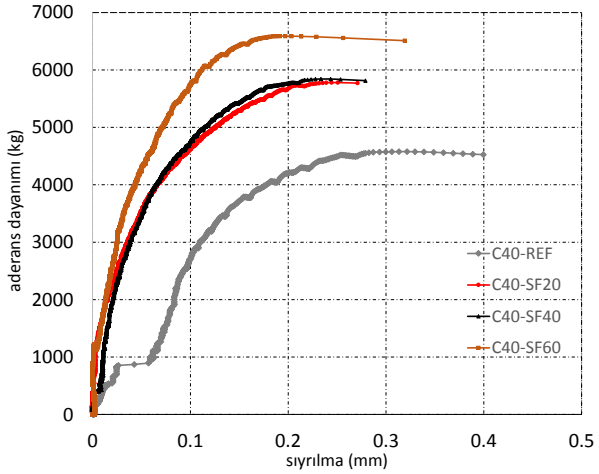
Şekil 8. Ortalama 49,2 MPa basınç dayanımına sahip sette yer alan çelik lif içeren numunelerin göçme durumu

Aderans deneyleri sırasında yük hücresi ve deplasman ölçerlerden elde edilen veriler ile her bir numune için aderans dayanımı(yük)-sıyrılma eğrileri oluşturulmuştur. Şekil 9'de ortalama basınç dayanımı 23,5 MPa olan sete ilişkin aderans dayanımı grafikleri verilmiştir.



Şekil 9. Ortalama basınç dayanımı 23,5 MPa olan sette yer alan numunelerin aderans dayanımı-sıyrılma grafikleri

Buna göre referans numunede en büyük yük 2.385 kg olarak elde edilmiştir. Numunelerde çelik lif içeriği arttıkça elde edilen yük artmış ve %0,6 oranında çelik lif içeren numunede en büyük yük 4.240 kg olarak oluşmuştur. Buna göre çelik lif ilavesi ile bu setteki en büyük aderans dayanımı %78 olarak gözlemlenmiştir. Şekil 10'da ortalama basınç dayanımı 49,2 MPa olan sete ilişkin aderans dayanımı grafikleri verilmiştir. Şekilde yer alan referans numune yük-sıyrılma eğrisinde en büyük yük 4.578 kg olarak elde edilmiştir.



Şekil 10. Ortalama basınç dayanımı 49,2 MPa olan sette yer alan numunelerin aderans dayanımı-sıyrılma grafikleri

Bu sette de numunelerde çelik lif içeriği arttıkça elde edilen yük artmış ve %0,6 oranında çelik lif içeren numunede en büyük yük 6.590 kg olarak oluşmuştur. Buna göre de bu sette çelik lif ilavesi ile aderans dayanımında elde edilen en büyük artış %44 olarak gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar

Normal dayanımlı betona çelik lif katkısı yapılmasının aderans dayanımına etkisinin araştırılmasını amaçlandığı bu çalışmada ortalama basınç dayanımı 20 MPa ve 40 MPa olarak hedeflenen iki set deney numunesi üretilmiştir. Her bir deney setinde çelik lif içermeyen referans numuneler yanında çelik lif oranı %0,2, %0,4 ve %0,6 olan numuneler de üretilmiştir. Malzeme deneyleri sonucunda ilk set numunelerin ortalama basınç dayanımı 23,5 MPa, ikinci set numunelerin ise 49,2 MPa olarak elde edilmiştir. Her iki sette yer alan numunelerin aderans deneylerinden aderans dayanımı-sıyrılma eğrileri elde edilmiştir. Ortalama basınç dayanımı 23,5 MPa olan ilk sette çelik lif içermeyen referans numunelerde göçme gevrek iken çelik lif içeren numunelerde göçme daha sünek olmuştur. Bu davranış ortalama dayanımı 49,2 MPa olan numunelerde daha belirgin gözlemlenmiştir. Aderans dayanımı açısından bakıldığında basınç dayanımı 23,5 MPa elde edilen ilk sette çelik lif oranının artışı ile birlikte referans numuneye göre %80'e varan oranlarda aderans dayanımı artışı gözlemlenmiştir. Ortama beton basınç dayanımı 49,2 MPa olan ikinci deney setinde ise çelik lif oranının artışı ile birlikte lif içermeyene göre %45'e yakın aderans dayanımı artışı gözlemlenmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar çerçevesinde, çelik ilavesinin aderans dayanımında önemli ölçüde artışa sebep olduğu ve daha sünek bir davranışı sağladığı sonucuna ulaşılmaktadır.

Kaynaklar

[1] Ersoy, U. ve Özcebe G., Betonarme, 2007, Evrim Yayınevi, İstanbul.

[2] Celep, Z. Ve Kumbasar N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, 2004. Beta Yayınevi, İstanbul.

[3] Thompson MA, Jirsa JO, Breen JE, Meinheit DF. Behavior of multiple lap splices in wide sections. ACI J 1979(February):227–48. Proceedings, Title No 76–12.

[4] Altowaiji WAK, Darwin D, Donahey RC. Bond of reinforcement to revibrated concrete. ACI J 1986(November/December):1035–42. Title No 83–94.

[5] Fu X, Chung DDL. Improving the bond strength between steel rebar and concrete by increasing the water/cement ratio. Cement Concrete Research 1997;27(12):1805–9.

[6] Efsahani, M.R. and Rangan, B.V., Local Bond Strength of Reinforcing Bars in Normal Strength and High-Strength Concrete (HSC), ACI Structural Journal, V.95, No.2, pp.96-106, 1998.

[7] Azizinamini, A., Pavel, R., Hatfield, E., and Ghosh, S.K. Tension Development Length of Reinforcing Bars Embedded İn High Strength Concrete, ACI Structural Journal, V.96, No.5, pp.826-835, 1999.

[8] Yerlici, V. ve Özturan, T., Yüksek Dayanımlı Beton Elemanlarda Aderans Dayanımı, İMO Teknik Dergi, 2-pp. 2527-2554, 2002.

[9] Chan YW, Chen YG, Liu YS. Effect of consolidation on bond of reinforcement in concrete of different workabilities. ACI Mater J 2003(July/August):294–301. Title No 100-M35.

[10] Döndüren, M.S., Çöğürcü M.T. ve Altın, M., Betonla Donatı Arasındaki Aderans Davranışının Deneysel İncelenmesi, S.Ü. Müh. Mim. Fak. Dergisi, c.21, s.3-4, 2006.

[11] Burge, T.A., Densified Matrix Improves Bond with Reinforcing Steel, Special Publication, Bond in Concrete, Edited by P. Barfos, Applied Science Publishers, London, 1982.

[12] Ezeldin, A.S. and Balaguru, P.N., Bond Behavior of Normal and High-Strength Fiber Reinforced Concrete, ACI Materials Journal, Vol., 86, No.5, pp. 515-524,1989.

[13] Larrard, F., Schaller, I, and Fuchs, J., Effect of Bar Diameter on Bond Strength of Passive Reinforcement in High-Performance Concrete, ACI Materials Journal, V.90, No.4, pp. 333-339, 1993.

[14] Darwin, D., Zuo, J., Tholen, M.L and Idun, E.K., Development Length Criteria for Conventional and High Relative Rib Area Reinforcing Bars, ACI Structural Journal, V.93, No.3, pp. 347-359, 1996.

[15] Esfahani, M.R. and Rangan, B.V., Local Bond Strength of Reinforcing Bars in Normal Strength and High-Strength Concrete (HSC), ACI Structural Journal, V.95, No.2, pp.96-106.,1998.

[16] Esfahani, M.R. and Rangan, B.V., Bond Between Normal Strength and High-Strength Concrete (HSC) and Reinforcing Bars in Splices in Beams, ACI Structural Journal, V.95., No.3, pp.272-279, 1998.

[17] Hamad, B.S., and Itani, M.S., Bond Strength of Reinforcement in High-Performance Concrete: The Role of Silica Fume, Casting Position, and Superplasticizer Dosage, ACI Materials Journal, V.95, No.5, pp.499-511, 1998.

USING CFRP IN HEAT TREATED I-BEAMS

ISIL İŞLEM İLE ONARILMIŞ I-PROFİLLERDE CFRP KULLANILMASI

Muharrem AKTAŞ[a], Emine AYDIN[b], Ahmet Onur TAĞ[c], Ali Rıza KARSLI[d]

[a] Sakarya Üniversitesi, Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., Sakarya, Türkiye E-posta muharrema@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., Sakarya, Türkiye E-posta emineb@sakarya.edu.tr
[c] Sakarya Üniversitesi, Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., Sakarya, Türkiye E-posta ahmet.tag@ogr.sakarya.edu.tr
[d] Sakarya Üniversitesi, Müh. Fak., İnşaat Müh. Böl., Sakarya, Türkiye E-posta ali.karsli@ogr.sakarya.edu.tr

Özet

Çelik yapı elemanları gerek eğilmede gerekse eksenel basınç yükleri etkisinde yerel burkulma problemleriyle karşı karşıyadır. Özellikle ani yüklemelerin oluştuğu deprem gibi afet durumlarında yerel olarak burkulmuş elemanların yenisi ile değiştirilmesi yerine ısıl işlem uygulanarak düzeltilmesi mümkündür. Böylece afet anında yerel burkulma gözlenebilecek köprü gibi önemli yapıların ana taşıyıcı elemanları hızlı bir şekilde onarılabilir. Özellikle kurtarma ve sağlık araçlarının ulaşımı aksamamış olacağından dolayı afete müdahalede hızlı reaksiyon gösterme yeteneği sağlanmış olur. Ancak çelik elemana uygulanan ısıl işlem, gerek elemanın rijitliğinde azalma meydana getireceğinden gerekse elemanda kalıcı geometrik kusurlar oluşturacağından dolayı bu onarım türü geçici onarım kategorisindedir. Afet durumu sona erdiğinde bu elemanlar yenileriyle değiştirilmelidir. Isıl işlem görerek yeniden form kazandırılan çelik elemanlar yenisiyle değiştirilmeden ek bir işlemle kalıcı onarım haline dönüştürülebilir mi? Bu amaçla ısıl işlem görmüş olan çelik elemanlara CFRP malzeme yapıştırarak rijitliklerinde iyileştirme sağlanması amaçlanmıştır. 8 tane çelik I profiline yerel hasar vererek ısıl işlem uygulanmıştır. Isıl işlem uygulanan bölgeye farklı yerleşimlerle CFRP malzeme yapıştırılmıştır. Lokal hasar görmeyen, sadece ısıl işleme tabi tutulan ve ısıl işlemden sonra CFRP eklenen numunelerde ayrı ayrı üç nokta eğilme deneyi yapılarak yük deplasman grafikleri karşılaştırılmıştır. Küçük ölçekli numuneler üzerinde yapılan bu deneyler sonucunda önerilen metotla, geçici bir onarım olan ısıl işlemle yeniden form kazandırma işlemini kalıcı onarım haline getirmek mümkün olmuştur.

Anahtar kelimeler: Isıl işlem, I-profil, CFRP onarım, yerel burkulma

Abstract

Steel structural members are under the risk of local buckling both under axial forces and flexure. It is possible to apply heat treatment to the buckled part of the structure rather than renewing it especially just after disasters like earthquake where impact effects lead to local buckling. Such treatment will lead sudden response to the important structural elements like bridges during the disaster. Emergency responders like firefighters and ambulances will have an ability to responds since their transportation flow will not be interrupted. Due to the decrease in the rigidity and implemented imperfection fields after heat treatment this type of treatment is categorized as temporary treatment. After disasters these temporary treated elements needs to be replaced with the new ones. Is it possible to apply some extra methods to those heat treated and reformed structural members to achieve permanent treatment? With this aim it is planned to attach CFRP composite material to the heat treated area to increase the rigidity of the cross section. In this study, eight I-section steel beam are locally damaged and heat treated to mimic the temporarily treated sections. CFRP plates are attached to the region where heat treatment is applied. These strengthened beams are subjected to bending tests and results are compared with that obtained from reference beam. Experimental study conducted with small scale specimens indicate that suggested method will let the permanent repairment of heat treated and reformed sections which are locally buckled.

Keywords: Heat treatment, I-section, CFRP repairment, local buckling

1. Giriş

Deprem ve yangın gibi afetler sonucunda göçmeyen ancak yerel hasar gören çelik yapı elemanları hızlı bir şekilde onarılarak geçici de olsa hizmete sunulmalıdır. 1995 Hanshin-Awaji (Japonya) depreminden sonra bu amaçla yapılmış onarımlar, acil yardımların yerlerine ulaştırılması konusunda büyük önem sergilemiştir. Bu tür acil onarımlarda ısıl işlem sonrasında presleme işlemi kullanılmaktadır. Bu geçici bir onarımdır, kalıcı onarım için tavsiye edilen standart yöntem ise hasar gören elemanların yenisi ile değiştirilmesidir. Ancak afet sonrası onarımlar için bu yenileme yöntemi ısıl işleme kıyasla daha pratik bir yöntem değildir. Isıl işlem sonrası malzemelerin rijitliklerinde meydana gelen azalma giderilerek, kalıcı bir güçlendirme sağlanması için araştırmalar yapılmalıdır. Kalıcı bir onarım elde etmek için, çelik elemanlara CFRP olarak bilinen karbon fiber takviyeli polimer plakaların yapıştırılması ile hasar sonrası yapının rijitliğinde meydana gelecek zayıflamanın eklenen polimer plakalarla giderilmesidir.

Kwon ve diğerleri [1] yerel hasar görmüş çelik numunenin doğrusal olmayan karşılıklı etkileşimini araştırmışlardır. Hirohata ve diğerleri [2] ısıl ve presleme işlemi uygulanan çelik elemanların rijitliklerinde azalma meydana geldiğini göstermiştir. Araştırmacılar deney sonuçlarını sonlu eleman modeli ile doğrulamışlardır. Nikuka, Harries, Ekiz ve diğerleri [3-10] Amerika, İngiltere, Japonya ve İsviçre'de çelik yapıların güçlendirilmesinde CFRP'nin kullanılmasında araştırmalar yapmışlardır. Yaptıkları analitik ve deneysel araştırmalar sonucunda CFRP plakalar kullanıldığında çelik numunelerin yük taşıma kapasitesinde önemli artışlar elde edilebildiğin göstermişlerdir.

Bu yapılan deneylerin birçoğu çelik kolon kesitlerinin onarılması doğrultusunda yapılmıştır. Yapılan bu çalışmada çelik kiriş kesitlerin basınç başlığında oluşan yerel burkulma

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

veya hasar sonrası onarılması ve eğilme yükü altındaki davranışları incelenmiştir.

2. Deney programı

2.1. Deney Numunesinin Hazırlanması

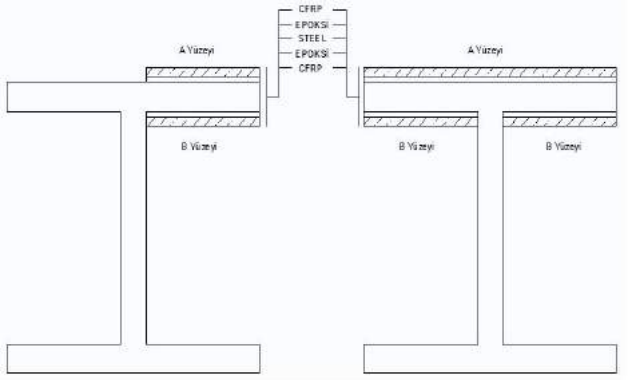
Eğilme deneylerinin yapılacağı numuneler ve güçlendirme programı Tablo 1'deki gibidir. Toplam 8 adet IPE80 kesitinde ve S275JR çeliğinden üretilmiş çelik deney numunesi 40 cm mesnet açıklığına göre üretilmiştir. Her bir deney numunesi 3 nokta eğilme yüklemesine tabi tutulmuştur. Bütün deney sonuçları CFRP uygulanmamış referans deney sonucuyla kıyaslanmıştır. Deney numunelerinin 4 tanesinde sadece basınç başlığının yarısına CFRP uygulanmıştır. Ayrıca 4 adet de basınç başlığının tümüne CFRP uygulanan numuneler hazırlanmıştır. (Şekil 1)

Böylece yerel burkulmanın yarım başlıkta ve tam başlıkta olması durumu incelenmiştir. Yapıştırma, geometrik kusur ve epoksi uygulamadan dolayı oluşabilecek hataların önüne geçebilmek için her bir deney numunesinden 4 tane hazırlanmasına karar verilmiştir. Deney numunelerinin hazırlanmasında aşağıdaki sıralama takip edilmiştir.

1) Basınç başlıklarına mekanik yollarla yerel hasar verildi (Şekil 2-a).
2) Lokal Hasarlara ısıl işlem uygulanarak yumuşaması sağlandı (Şekil 2-b)
3) Isıl işlem uygulanan bölgelere mekanik yolla düzeltme işlemi yapıldı (Şekil 2-c)
4) CFRP plakalar istenen boyutlarda kesildi (Şekil 2-d)
5) Isıl işlem uygulanan bölgelere CFRP plakalar yarım ve tam basınç başlığı olarak, yapıştırıcı üreticisinin belirlediği oranlarla karışımı hazırlanan epoksi ile yapıştırıldı (Şekil 2-e)
6) Epoksinin kür alma süresi boyunca numuneler mekanik yolla sıkıştırıldı. (Şekil 2-f)
7) Basınç başlığının yarısına CFRP eklenmiş ve iki günlük kürünü tamamlamış numuneler (Şekil 2-g)
8) Basınç başlığının tümüne CFRP eklenmiş ve iki günlük kürünü tamamlamış numuneler (Şekil 2-h)
9) Hazırlanan numuneler sırasıyla eğilme deneyine tabi tutulmuştur Basınç başlığının yarısına CFRP eklenmiş ve iki günlük kürünü tamamlamış numuneler (Şekil 2-ı)

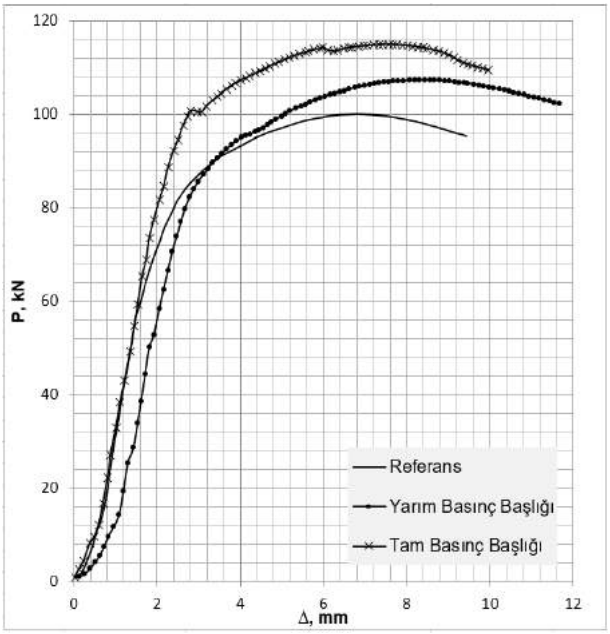
2.2. Deney Sonuçları

Eğilme deneylerinde uygulanan kuvvet ve orta nokta yer değiştirmeleri her bir deney için kayıt altına alınmıştır. Bu değerlerin maksimumları ve maksimum değere karşılık gelen yer değiştirme değerleri Tablo 1 'de verilmiştir. Yarım ve tam basınç başlığına CFRP uygulamasına ilişkin 4'er adet yapılan deney sonuçlarının ortalaması da aynı tabloda verilmiştir. Elde edilen maksimum değerler ısıl işlem ve CFRP uygulanmış referans numune değerleriyle kıyaslanmıştır. Buna göre yarım basınç başlığına CFRP uygulaması bile orijinal kapasite değerine ulaşmaktadır. Bu tür uygulamada orijinal kapasitenin %2.16 fazlasına ulaşılırken tam başlık CFRP uygulamasında ortalama %8.35'lik bir artış sağlanmıştır. Ancak maksimum deplasman değerindeki artış her iki durumda da ortalama %8 daha fazla olmaktadır. Tipik yük deplasman değerlerinin referans değerleriyle kıyaslandığı grafik Şekil 3'de verilmiştir. Bu grafikte Numune 6 ve Numune 9'a ait değerler kullanılmıştır.



Şekil 1 Isıl işlem görmüş bölgeye CFRP yapıştırma düzen

Şekil 3' de görüleceği üzere tam başlık CFRP uygulaması orijinal rijitliği sağlamaktadır. Her iki durumda da süneklilik düzeyinde bir artış vardır.



Şekil 3 Deney sonuçları

Deney başlar başlamaz b yüzeyindeki CFRP'ler epoksi ara yüzünden sıyrılmıştır. Deney sonuna kadar a yüzeyinde bulunan CFRP çalışmıştır. Bunda en önemli neden yük uygulama noktasında olduğundan dolayı CFRP sıkışmıştır. Göçme anından hemen önce epoksi patladı ardından CFRP'de ezilmeler meydana gelmiştir.

3. Sonuç

Deprem ve yangın gibi afetler sonucunda göçmeyen ancak yerel hasar gören çelik yapı elemanları hızlı bir şekilde onarılarak geçici de olsa hizmete sunulması amacıyla ısıl işlem uygulayarak yapılan onarımlar literatürde yerini almıştır. Ancak eğilme etkisindeki kirişlerin üst başlığında oluşacak olan basınç gerilmeleri, yerel burkulma sonrası ısıl işlem ile geçici olarak onarılan çelik elemanlarda stabilite sorunlarına neden olabilir. Yapılan bu tür geçici onarımlar ısıtılan bölgeye CFRP eklenmesiyle kalıcı hale gelebilir.Bu çalışma sonucunda CFRP eklenmesiyle kirişin ısıl işlem görmemiş orijinal halinin dayanım kapasitesine ulaştığı, sünekliliğinin arttığı deneysel olarak gösterilmiştir.

Çizelge 1 Deney numuneleri

Referans		İsim	CFRP	P maks, kN	P maks Ortalama, kN	% fark	Δ, mm	Δ Ortalama ,mm
100,1 kN	6,9 mm	Numune 1	Yarım Basınç Başlığı	99,6	102,2	2,16	7,6	8,2
		Numune 2	Yarım Basınç Başlığı	101,5			8,4	
		Numune 4	Yarım Basınç Başlığı	100,4			8,6	
		Numune 9	Yarım Basınç Başlığı	107,3			8,3	
		Numune 3	Tam Basınç Başlığı	103,9	108,4	8,35	8,9	8,3
		Numune 5	Tam Basınç Başlığı	111,7			9,2	
		Numune 6	Tam Basınç Başlığı	114,9			7,6	
		Numune 8	Tam Basınç Başlığı	103,1			7,4	


a) Yerel hasarlı numuneler

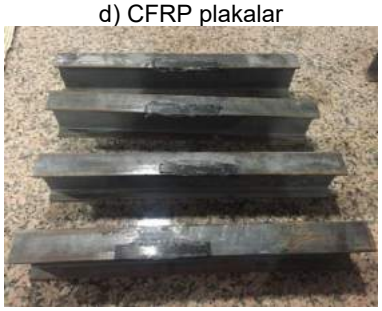

b) Isıl işlem

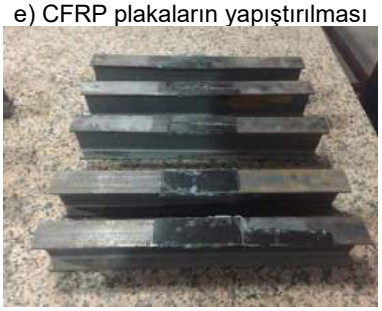

c) Mekanik onarım


d) CFRP plakalar


e) CFRP plakaların yapıştırılması


f) Yapıştırılan numunelerin kürü


g) CFRP yapıştırılmış yarım basınç başlıklı profiller


h) CFRP yapıştırılmış tam basınç başlıklı profiller


ı) 3 nokta eğilme deneyi

Şekil 2 Isıl işlem ve CFRP uygulama adımları



Deneyden Önce



Deneyden Önce



Deneyden Sonra
Yarım Basınç Başlığı CFRP uygulaması



Deneyden Sonra
Tam Basınç Başlığı CFRP uygulaması

Şekil 4 Göçme durumları

Teşekkür

2014-01-04-002 proje numarası ve “Çelik Plakaların Kalıcı Onarımında FRP İle Çelik Arasındaki Yapışma Yüzeyinin Artırılmasının İncelenmesi” isimli araştırma projelerini destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkalığına teşekkürlerini sunarım.

Kaynaklar

[1] Kwon, Y.B., Kım N.G., Hancock, G.J., Compression tests of welded section columns undergoing buckling interaction, Journal of Constructional Steel Research 63, 1590–1602, 2007.

[2] Hırohata, M., Kım, Y.C., Kawazu, H., Safety evaluation of cruciform columns corrected by heating, Trans. JWRI 33 (1), 53-58, 2004.

[3] Nıkouka, F., Lee, M., Moy, S., Strengthening of metallic structures using carbon fibre composites, IABSE (International Association For Bridge And Structural Engineering) Symposium 2002, 2002.

[4] Hollaway, L.C., Cadeı, J., Progress in the technique of upgrading metallic structures with advanced polymer composites, Progress in Structural Engineering and Materials 2002;4(2), 131–148, 2002.

[5] Cadeı ,J.M.C., Stratford, T.J., Hollaway, L.C., DUCKETT, W.G., C595-Strengthening metallic structures using externally bonded fibre-reinforced composites, London: CIRIA, 2004.

[6] Luke, S., Cannıng, L., Strengthening highway and railway bridge structures with FRP composites-Case studies, Advanced Polymer Composites For Structural Applications İn Construction,. 747–754, 2004.

[7] Suzukı, H., First application of carbon Fiber reinforced polymer strips to an existing steel bridge in Japan, Advanced materials for construction of bridges, buildings and other structures, 2005.

[8] Bassettı, A., Nussbaumer, A., Hırt, M.A., Crack repair and fatigue extension of riveted bridge members using composite materials, Bridge engineering conference, ESE-IABSE-FIB, 227–238, 2000.

[9] Harrıes, K.A., Peck, A.J., Abraham, E.J., Enhancing stability of structural steel sections using FRP, Thin-Walled Structures, 2008.

[10] Ekiz, E., EL-Tawıl, S., İnhibiting steel brace buckling using CFRP wraps, Proceedings of The Eighth National Conference On EQ Engineering, San Francisco, 2006.

ÇELİK LİF TİPİNİN BETONUN DONMA ÇÖZÜLME DURABİLİTESİNE ETKİSİ

EFFECT OF STEEL FİBER TYPE ON FREEZE THAW DURABİLİTY OF CONCRETE

Osman GENCEL
Civil Engineering department, Faculty of Engineering, Bartin University, Bartin, Turkey, E-mail: ogencel@bartin.edu.tr

Abstract

Concrete is a fundamental construction materials whose performance is very important to obtain desired aims. Incorporating fibers into concrete modifies properties of concrete. Current field of steel fiber reinforced concrete application includes highway and airfield pavements, hydraulic structures, tunnel lining etc. But, concrete used in all these applications has been subjected to freeze thaw cycles. In this respect, durability of concrete against this effect is very crucial. In this study, two different steel fibers with two aspect ratios were incorporated into concrete at 15 kg, 30 kg, 45 kg and 60 kg. 10 cm cubic samples were cast and cured. 7 days and 28 days later samples were subjected to freeze thaw cycles. It was observed that steel fiber reinforced concretes were more durable to the effect of freeze that. The aspect ratio of fiber has a slightly effect on freeze thaw durability of concrete.

Keywords: Steel fiber, concrete, freeze-thaw, durability

1. Introduction

Concrete is the most widely used construction material in the world [1]. In this respect, it has been a significant scientific and technical problem to improve the durability and prolong service life of concrete in the world [2] since durability is a key function for materials which are used in severe environments. In cold environment, the freezing and thawing durability is especially important for porous brittle materials such as concrete when it is subjected to lower temperatures for some engineering applications like highway pavements, airport pavements, bridge decks and dams in hydraulic engineering [3]. Frost damage, a progressive deterioration which starts from surface separation or scaling and ends up with complete collapse is a major concern. The deterioration proceeds as freeze thaw cycles are repeated and the material gradually loses its stiffness and strength. Three actions usually cause performance deterioration or worsening of properties of concrete. First is a monodamaging process such as freeze thaw cycling, is not consistent with the real conditions to which concrete structures are actually exposed. Second is that the damage is usually dual-damaging process e.g. simultaneously subjected to both external loading and freeze thaw cycling. Third one is multidamaging process, in which deterioration of concrete becomes more severe, e.g., simultaneously exposed to external load, freeze thaw cycling, or sulfate attack and so on [4].

Fiber reinforced mortar and concrete materials have been developed progressively since the early work by Romualdi and Batson [5] in the late 1960s. by the 1990s, a wide range of fiber composites and fiber reinforced concrete products were commercially available and novel manufacturing techniques were developed for use with high fiber content [6]. The term fiber reinforced concrete is defined by ACI 116R, Cement and Concrete Terminology, as a concrete containing dispersed randomly oriented fibers. Inherently concrete is brittle under tensile loading and mechanical properties of concrete may be improved by randomly oriented short discrete fibers which prevent or control ignition, propagation, or coalescence of cracks [7].

Fibers used within concrete are produced from a wide variety of materials, those being composed of glass, ceramic, steel, organic and some polymer materials [8]. Among the polymer fibers, the polypropylene fibers enjoy popularity and the nylon fibers show a rising acceptance to combat with plastic and drying shrinkage cracking [9]. On the other hand the addition of steel fibers significantly improves many of the engineering properties of mortar and concrete, notably impact strength and tensile strength and the ability to resist cracking and spalling are also enhanced [10]. Therefore, it is rational that current field of steel fiber reinforced concrete application includes highway and airfield pavements, hydraulic structures, tunnel lining etc. [11]. In this study, it was aimed to investigate effect of steel fiber types on freeze thaw durability of fiber reinforced concrete.

2. Materials and Method

2.1. Aggregates

Given that aggregates 70-80 wt.% of concrete, aggregate types and sizes play an essential role in modifying concrete properties and the influence of type and grading of aggregate on the mechanical properties of concrete becomes more important [12]. Plain Concrete (PC) was produced by using limestone-based aggregates with four different grain sizes: up to 3 mm size Natural River Stone (NRS), up to 6 mm size Crushed Sand (CS), 6-12 mm size Crushed Stone I (CSt-I) and 12-22 mm size Crushed Stone II (CSt-II). The aggregates were graded, washed and cleaned of clay and silts. The maximum aggregate size was selected as 22 mm diameter. The fine aggregates and course each had a specific gravity of 2.60, 2.65, 2.70 and 2.70, respectively. Water absorptions were of 3.86%, 3.62%, 0.26% and 0.25%, respectively. Grading, physical and mix ratio of aggregates are presented in Table 1. Mixing ratio of NRS, CS, CSt-I and CS-II were 21%, 38%, 29% and 12%, respectively.

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

Table 1. Grading and physical properties of aggregates.

Code	Sieve Size (% passing)							
	31.5	16	8	4	2	1	0.5	0.25
NRS	100	100	100	99.4	70	27.2	11.8	6.6
CS	100	100	100	88.6	73.6	49	35.6	28.2
CSt-I	100	100	41.8	3.2	1.3	1	0	0
CSt-II	100	53.5	1.5	0.6	0.5	0	0	0

2.2 Cement

The cement used in all the concrete mixtures was a normal Portland cement which corresponds to CEM II&B 42.5R Portland cement. Physical and mechanical properties of cement used were presented in Table 2.

Table 2. Physical and mechanical properties of cement.

Compressive strength (MPa)			Initial setting time (Hour)	Final setting time (Hour)	Volume expansion (%)	Specific gravity (kg/m^3)	Fineness (Blaine) (cm^2/g)
2 Days	7 Days	28 Days	2.52	4.36	3	3685	3070
26.5	38.7	46					

2.3. Superplasticizer

A commercially polycarboxylate superplasticizer was used to obtain a satisfactory workability of fresh concrete. The dosage of superplasticizer was kept constant. The aim of keeping the amount as constant is neglect the influence of plasticizer on the hardened concrete. Properties of admixture are presented in Table 3.

Table 3. Properties of the superplasticizer.

Specific gravity	pH	Solid Content (%)	Recommended amount (% cement weight)	Main component
1.2	6.5	20	0.5-2.5	Polycarboxylic ether

2.4. Fibers

As it can be seen the properties of steel fibers in Table 4, the types of them with aspect ratio of 60 and 80, and also geometry of with hooked ends were used. They are zinc galvanized wire with silver color. Generally, aspect ratios of steel fibers used in concrete mix are varied between 50 and 100 [13]. It is well-known property of these fibers that they resist fraction under tensile forces. Fiber geometry was shown in Fig.1.

Table 4. Properties of steel fibers.

Fiber code	Fiber name	Length (mm)	Diameter (mm)	Aspect ratio	Tensile strength (MPa)	Elasticity modulus (GPa)
K	ZP 30/0.5	30	0.5	60	1250	200
B	RC 60/0.75	60	0.75	80	1200	200

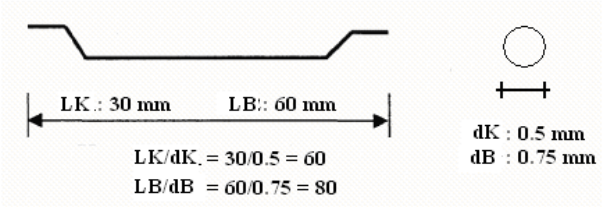


Fig. 1. Steel Fiber Types.

2.5. Mix Proportions and Preparation

Nine, one control, concretes were produced. Cement content and aggregate grading were kept constant. Cement content was 325 kg/m^3 and w/c ratio was 0.60. Superplasticizer content was 1% of the cement content in mass. The fiber ratios for each steel type were 15, 30, 45, and 60 kg/m^3. Those ratios correspond to fiber volume fraction of 0.2%, 0.4%, 0.6%, and 0.8%, respectively. For each cubic meter of concrete, concrete composition is presented in Table 5. Mixture design is made in accordance with the absolute volume method.

Table 5. Concrete compositions (kg/m^3).

Code	Cement	Water	SP	Fiber	NRS	CS	CSt-I	CSt-II
RF	325	192	3.3	0	378	691	540	223
B1	324	192	3.3	15	376	688	537	221
B2	324	191	3.3	30	375	685	535	220
B3	324	191	3.3	45	374	684	533	220
B4	324	191	3.3	60	372	681	531	219
K1	322	190	3.3	15	373	683	533	220
K2	324	191	3.3	30	375	685	535	220
K3	322	190	3.3	45	372	680	530	219
K4	324	192	3.3	60	372	687	532	220

The procedures for mixing, the fiber reinforced concrete involved the following. The materials were placed in the laboratory mixer with capacity of 60 dm^3 in the following sequence: first course aggregates and fine aggregates and fibers together followed by cement, initially dry material mixed for 1 minute, finally addition of 80% of total water with superplasticizer. After 1.5 minutes of mixing, the rest of the mixing water was added. All batches were mixed for a total mixing time of 5 minutes. From each concrete mixture, nine 100 mm cubes were cast. Three of them were used for the compressive strength test and the rest

for freeze thaw cycles test. After casting, the concrete specimens were covered with wet sheets and kept in the laboratory at room temperature for 24 h. after demolding, they were immersed in saturated limewater bath with 20±2°C until the time of testing. Curing was done in accordance with ASTM C 511. It is well recognized that adequate curing of concrete is very important not only to achieve the desires compressive strength but also to make durable concrete. The compressive test was carried out in accordance with ASTM C 39-86 at 28 days. The freeze thaw cycle test was done according to ASTM C 666. In freezing and thawing after demolding, one group (7 days) was kept in curing tank and 7th day was taken out from the tank and then subjected to freeze thaw cycles 25 times, in the freezer with -20±2°C for 2 h freezing and 1 h thawing in the water with 20°C temperatures. After last thawing, it was ensured that all specimens were dry. Prior to compressive test of them, real age of specimens was 14 days. The same procedure was hold for other group (28 days) that was kept in water for 28 days and then subjected to freeze thaw cycles. So their real age was 35 days.

3. Results and Discussion

In Fig. 2, microscopic image of SFRC was given. As seen in Fig. 2, due to the wavy face of steel fiber, there is a good connection in interfacial zone of concrete and steel fiber and this case supplies to strongly adhesive between steel and concrete. Wavy face is unceasing along the circle of steel fiber. The steel fiber is shown as black color due to opaque.

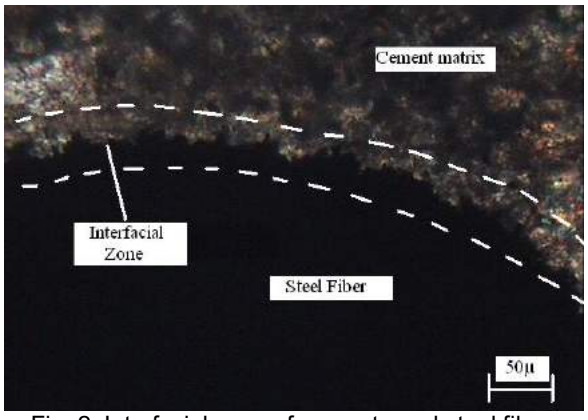


Fig. 2. Interfacial zone of concrete and steel fiber.

The compressive strength variations of concretes cured 7 days and the residual compressive strengths after freeze thaw cycle are presented in Fig. 3. All concretes subjected to freeze thaw cycle lost strength. However, as seen clearly seen from Fig. 3, adding fibers to concrete increases freeze thaw durability by preventing concretes from losing a higher strength. When looked at the strength gaining of concretes with steel fibers which were not subjected to freeze thaw cycle, it is 4.5%, 13.5%, 25.5% and 38.8% for B1, B2, B3 and B4, respectively compared to RF. It is 0.6%, 3.8%, 16% and 12.5% for K1, K2, K3 and K4, respectively. After subjecting these concretes to freeze thaw, their compressive strength variations are 15.6%, 22.9%, 29.1% and 20.7% for B1, B2, B3 and B4, respectively while 4%, 4% 16% and 3.5% for K1, K2, K3 and K4, respectively compared to the RF.

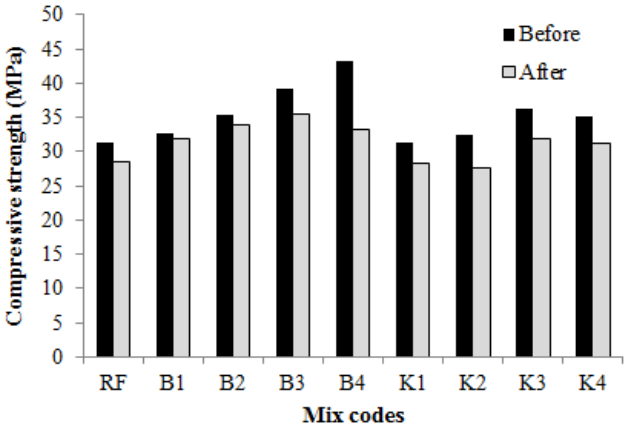


Fig. 3. Compressive strength variations of concretes after 7 days curing.

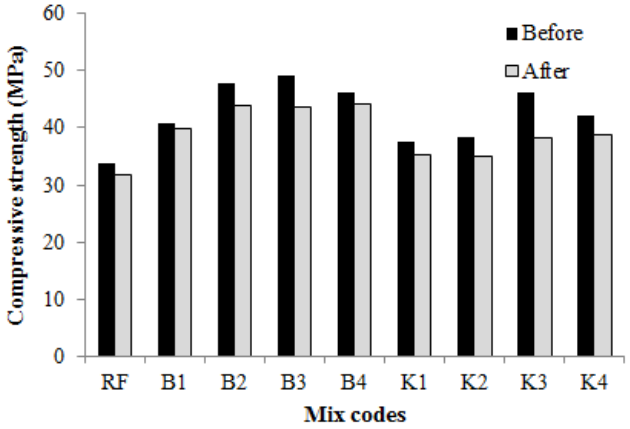


Fig. 4. Compressive strength variations of concretes after 28 days curing.

The compressive strength variations of concretes cured 28 days and the residual compressive strengths after freeze thaw cycle are presented in Fig. 4. When looked at the strength gaining of concretes with steel fibers which were not subjected to freeze thaw cycle, it is 20.8%, 41.8%, 45.7% and 36.8% for B1, B2, B3 and B4, respectively compared to RF. It is 11.3%, 13.6%, 36.8% and 24.9% for K1, K2, K3 and K4, respectively. After subjecting these concretes to freeze thaw, their compressive strength variations are 25.6%, 38.5%, 37.5% and 39.7% for B1, B2, B3 and B4, respectively while 11%, 10.1% 20.5% and 22.4% for K1, K2, K3 and K4, respectively compared to the RF.

Freeze thaw durability of concrete has close relationship with its pore structures [14]. Although air entraining is the traditional technology to protect concrete against frost deterioration, air entraining of quality assurance, resulting in a more expensive product. High performance concrete can be very durable without air entraining even after severe freeze thaw exposure in the presence of deicing salt. [15].

Micro-cracks mainly exist at cement paste-aggregate interfaces within concrete even prior to any loading and environmental effects. When the number of freeze-thaw cycles (FTCs) increases, the degree of saturation in pore structures increases by sucking in water near the concrete

surface during the thawing process at temperatures above 0°C. Some of the pore structures are filled fully with water. Below the freezing point of those pores, the volume increase of ice causes tension in the surrounding concrete. If the tensile stress exceeds the tensile strength of concrete, micro-cracks occur. By continuing FTCs, more water can penetrate the existing cracks during thawing, causing higher expansion and more cracks during freezing. The load carrying area will decrease with the initiation and growth of every new crack. Necessarily the compressive strength will decrease with FTCs [3]. In this point, the hydraulic pressure due to freezing was absorbed by the fibers because randomly distributed steel fiber bridges internal microcracks and transfer the load by stitching or bridging them within the concrete. Although, in theory of hydraulic pressure, the pore water is considered to move from those parts of the capillary space in which ice first generated towards other parts of the concrete matrix, direction of water movement during freezing may be in the opposite direction because of hydraulic pressure absorbed by the fibers.

Also concrete carried on getting strength due to different testing days. It was observed that compressive strength and freeze thaw durability for both group increase by dependent on increase with fiber content in the concrete. The effect of addition of steel fibers on compressive strength ranges from negligible to marginal and sometimes up to 25% as reported by Balaguru and Shah [16].

4. Conclusion

As a result it can be drawn from the current study that addition of steel fiber with aspect ratio, 80, increases compressive strength of concrete 38.8% for 7 days and 36.8% while steel fiber with aspect ratio, 60, 16% and 38.6% for 7 days and 28 days. Performance of group B was little higher than that of group K at 7 days while there was no significant effect at 28 days. When the concretes were subjected to freeze thaw effect, all concretes loss strength. But, steel fibers addition increase durability of concrete to freeze thaw effect. Steel fibers present a high bonding with the cement or mortar matrix resulting a higher performance.

References

[1] Nataraja, M.C., Nagaraj, T.S., Basavaraja, S.B., Reproporting of steel fiber reinforced concrete mixes and their impact resistance. Cem. Concr. Res. 35(12), 2350- 2359, 2005.

[2] Sun, W., Zhang, Y.M., Yan, H.D. and Mu, R. Damage and Damage Resistance of High Strength Concrete under the Action of Load and Freeze-Thaw Cycles. Cem. Concr. Res. 29, 1519-1523, 1999.

[3] Shang, H.S., Song, Y.P., Qin, L.K. Experimental study on strength and deformation of plain concrete under triaxial compression after freeze-thaw cycles. Buildi. Environ. 43, 1197-1204, 2008.

[4] Sun, W., Mu, R., Luo, X., Miao, C. Effect of chloride salt, freeze thaw cycling and externally appled load on the performance of the concrete. Cem. Concr. Res. 32, 1859-1864, 2002.

[5] Romualdi, J.P., Batson, G.P. Mechanics of crack arrest in concrete. J Eng Mech ASCE, 147-168, 1963.

[6] Lee, M.K, Barr, B.I.G. Strength and fracture properties of industrially prepared steel fibre reinforced concrete. Cem. Concr. Compos. 25, 321-332, 2003.

[7] Hannant, D.J. Fiber cement and fiber concrete. Chichester, UK. Wiley. 1987.

[8] Topcu, I.B., Canbaz, M. Effect of different fibers on the mechanical properties of concrete containing fly ash. Constr. Build. Mater. 21, 1486-1491 2007.

[9] Song, P.S., Hwang, S., Sheu, B.C. Strength properties of nylon and polypropylene fiber reinforced concretes. Cem. Concr. Res. 35, 1546-1550, 2005.

[10] Nataraja, M.C., Dhang, A.P., Gupta, A.P. Stress strain curves for steel fiber reinforced concrete under compression. Cem. Concr. Compos. 21, 383-390, 1999.

[11] ACI Committee 544.1R-82. Measurement of the properties of fiber reinforced concrete. ACI Materials Journal 1988: 85 (6) 583-589.

[12] Bunsell, A.R., Renard, J. Fundamentals of fibre reinforced composite materials, Institute of Physics, Boston–Philadelphia. 2005

[13] Atis, C.D., Karahan, O. Properties of steel fiber reinforced fly ash. Constr. Build. Mater. 23, 392-399 2009.

[14] Cai, H., Liu, X. Freeze thaw durability of concrete: Ice formation process in pores. Cem. Concr. Res. 28(9), 1281-1287, 1998.

[15] Jacobsen, S. Calculating liguid transport into high performance concrete during wet freeze/thaw. Cem. Concr. Res. 35, 213-219, 2005.

[16] Balaguru, N., Shah, S.P., Fiber reinforced cement composites. New York: McGraw-Hill, 179-214, 1992.

A MODEL STUDY ON SOIL DEFORMATIONS UNDER THE EARTHQUAKE EFFECT FOR THE CITY OF ESKISEHİR, TURKEY

Mehmet Inanc ONUR[a], Mustafa TUNCAN[b] and Ahmet TUNCAN[c]
[a] Anadolu University, Eskisehir, Turkey, E-mail: mionur@anadolu.edu.tr
[b] Anadolu University, Eskisehir, Turkey, E-mail: mtuncan@anadolu.edu.tr
[c] Anadolu University, Eskisehir, Turkey, E-mail: atuncan@anadolu.edu.tr

Abstract

This paper deals with modelling study to predict deformations under earthquake effect for city of Eskisehir, Turkey. Various deformation types can occur due to the earthquake for different type of soil. Especially, these deformations are bearing capacity failure, high settlement and liquefaction. In this study, soil deformations are found under possible earthquake by using Plaxis 2D software. Results are presented and suggestions are given to minimize soil deformations under earthquake effects.

Keywords: Earthquake, soil deformation, Plaxis 2D

1. Introduction

Geotechnical earthquake engineering is a sub-discipline of the soil mechanics and foundation engineering division. Dynamic soil behavior has to be known very well to consider safe and economical precautions against earthquake effects such as stability failure, deformations and etc. Earthquake is defined as ground shaking due to the sudden breakages in the ground mantle [1]. Earthquake is also high energy discharge and creates large ground motions and dynamic loads.

Soil deformations induced earthquake are classified as surface rupture, regional subsidence, slope movements, volumetric compression, liquefaction, settlement and bearing capacity failures, horizontal expansions and sand volcanos [2]. Especially, bearing capacity failure, high settlement and liquefaction are mostly seen soil deformations. Bearing capacity failures can occur due to the shear strength loss. Upper structure loads on the soil can be increased during the earthquake and ends with settlement. Liquefaction is explained as decreasing the effective stress of the sub-soil with increasing excess pore water pressure and causes either tilting or punching of the superstructure.

The dynamic response of the soil can be determined by laboratory, field and model tests. Main laboratory dynamic tests are resonant column test, cyclic triaxial test, cyclic simple shear test and bender element test. Field tests are standard penetration test (SPT), cross-hole test, down-hole test, seismic reflection test and other seismic tests. Shaking table and centrifuge tests are known as model tests [1]. On the other hand, many software are started using to estimate dynamic behavior of the soil during the earthquake, nowadays. Development of the computer technology gives opportunities to easy and fast analyzes. But modelling has great influence on the realistic results.

There are many published studies in the literature to determine the soil behavior during the earthquake. Naeini and Baziar investigated layered soil behavior by using dynamic triaxial test [3]. Yang and Elgamal studied relationship between liquefaction and permeability by numerical modelling [4]. Hwang et all. showed that liquefaction is related with topography, stratigraphy and soil structure [5]. Lancelot et all. found that deformations are affected from excess pore water pressures [6]. Kokusha et all. analyzed deformations during the dynamic loading by using dynamic shear test [7]. Okada et all. determined the shear deformations of the sandy soils by performing undrained dynamic tests [8]. Zhou and Chen presented that strains are increased with effective stress loss, saturation and rigidity disturbance [9]. Yunmin et all. researched the liquefaction potential of the sandy soils and deformations induced earthquake waves [10]. Thevanayagam and Martin studied about decreasing the liquefaction deformations and suggested compaction for loose soils [11].

In this study, soil deformations are presented for city of Eskisehir, Turkey under possible earthquake effects. Various models are created and analyzed by using Plaxis 2D dynamic module. At the end of the study, the results are discussed.

2. Method

In this study, Plaxis 2D software is used for modelling. Plaxis is a commercially available finite element program and used commonly in geotechnical engineering for the deformation and stability analysis. The software can make numerical solutions based on the finite element method [12]. The software can solve the problems with using either 2D or 3D analysis.

Plaxis 2D dynamic module can perform dynamic analysis by using vibration models with linear elastic theory [12]. In the input step; during the creation of geometry, dynamic loads are placed and in the calculation step; after static loading determination if it is exist, dynamic loading can be created by two ways. One of them is entering the data such as amplitude, frequency etc. in harmonic loading segment and the other way is loading a recorded earthquake data file with file extension like ".smc" [1]. After the calculation deformations, velocity and acceleration graphs can be seen in the output step. An example screen of the software is given in Fig. 1.

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

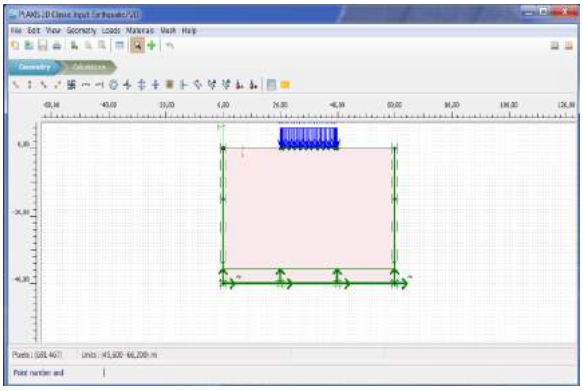


Figure 1. Example screen of the Plaxis 2D

2.1. Study Details

City of Eskisehir is located in the second degree earthquake zone at the Earthquake Zoning Map of Turkey. On the other hand, two fault zone can affect the city of Eskisehir according to the data files taken from Republic of Turkey Prime Ministry Disaster and Emergency Management Presidency official web site. One of them is North Anatolian fault and far from about 80 km. and the last earthquake movement was in 1999 (Mw=7.4). The other one is Eskisehir fault and the greatest earthquake record was Mw=6.4 in 1956 [13].

Earthquake data file must have ".smc" extension to run models at the Plaxis. Unfortunately, there is no record with these extensions about 1999 and 1956 Earthquakes. Therefore, two earthquake data files are chosen due to the similarities of fault mechanisms and energy discharges. The strong ground motion records are taken from United States Geological Survey. Some date about the earthquake is given in Table 1.

Table 1 Earthquake date.

Earthquake Properties	Earthquake-1	Earthquake-2
Moment Magnitude	6.0	7.1
Epicentral Distance	63,20 km	132,90 km
Date	15.10.2006	15.06.2005
Location	Hawaii	California

2.2. Material Properties

Soil properties are taken from literature and previous soil exploration reports. Especially silty sand and loose sands are mostly seen soil types for the working area. Ground water level is generally high (about at -3.00 meters depth) so all soil profiles are considered fully saturated in the models. Some soil parameters are given in Table 2.

Table 2 Some soil properties.

Soil Properties	Silty Sand	Loose Sand
Material Type	Mohr-Coulomb	Mohr-Coulomb
Saturated Unit Weight	18.50 kN/m^3	19.50 kN/m^3
Poisson Ratio	0.3	0.3
Modulus of Elasticity	10000 kN/m^2	15000 kN/m^2
Cohesion	1,0 kN/m2	0,1 kN/m2
Internal Friction Angle	16^o	26^o

3. Model Study

Four models are created due to the mostly seen building groups in Eskisehir. Generally, 4 or 5 story buildings having can be seen in the city of Eskisehir. The foundation type is assumed to be mat foundation with the depth of -2.00 meters in the models.

3.1. Model-1

For the first model, a silty sand soil profile and 4 strorey building are considered and analyzed with using two earthquake effects. The model screen is given in Figure 2.

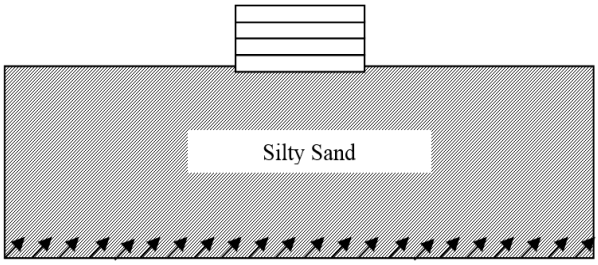


Figure 2. Example screen of Model-1

3.2. Model-2

For the second model, a silty sand soil profile and 5 strorey building are considered and analyzed with using two earthquake effects. The model screen is given in Figure 3.

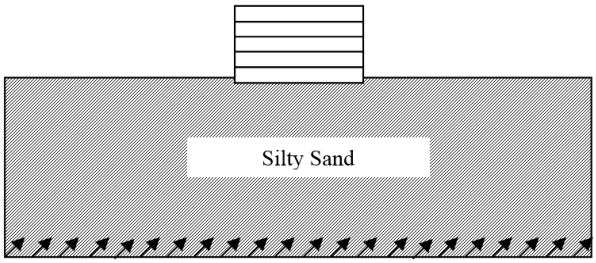


Figure 3. Example screen of Model-2

3.3. Model-3

For the third model, a loose sand soil profile and 4 strorey building are considered and analyzed with using two earthquake effects. The model screen is given in Figure 4.

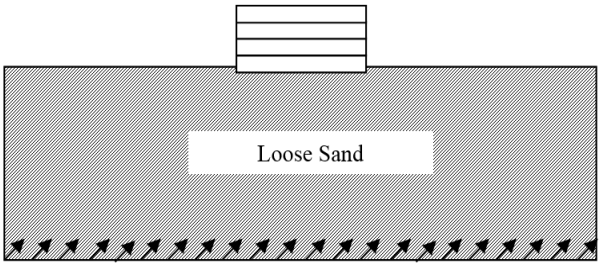


Figure 4. Example screen of Model-3

3.4. Model-4

For the fourth model, a loose sand soil profile and 5 strorey building are considered and analyzed with using two earthquake effects. The model screen is given in Figure 5.

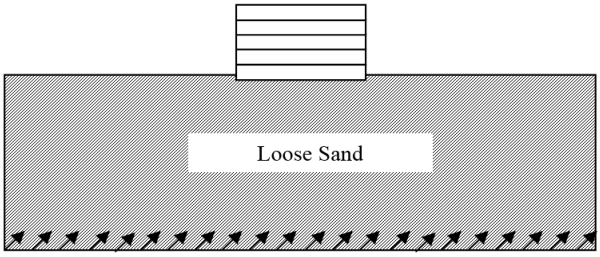


Figure 5. Example screen of Model-4

4. Results

In this study, Plaxis 2D dynamic module is performed for the model calculations. Deformations are found and given in Table 2. The results of the analyses show that; deformation increases with magnitude of earthquakes. It is known that dynamic loads create excess pore water pressures and deformations. It ends with strength loss and bearing capacity failures.

Table 3 Model Deformations.

Model Name	Earthquake-1	Earthquake-2
Model-1	0.20 m	0.33 m
Model-2	0.28 m	0.41 m
Model-3	0.16 m	0.28 m
Model-4	0.24 m	0.37 m

Deformations in loose sand are higher from that of silty sand. Deformations and excess pore water pressures are occurred under earthquake loads for both saturated loose sands and sand silty sands. Effective pressures can easily equal to zero in the case of silty sands with lower plasticity and this causes high deformations. Water can easily drained due to the permeability and drainage conditions in the loose sands but lower plasticity silts can block and cause bearing capacity failures, non-uniform settlements and tilting on the structures [14].

5. Conclusion

Earthquake occurs suddenly and causes deformations. Structural damages can be occurred by these deformations. In this study, modeling studies of soil deformations under earthquake effects are presented. Results show that, earthquake loads can create different deformations due to local soil conditions and upper structure loads. And also this condition is called site-effect in the literature [15]. It can be seen that soil improvement techniques are needed to prevent deformations induced by earthquakes. On the other hand, realistic precautions need a database of past earthquake characteristics and local soil properties. Dynamic laboratory tests and in-situ tests should be performed to determine dynamic properties of soils. Soil improvement should be chosen according to the soil type and after improvement, quality control tests should be done in the field. This study is performed for specific soil properties and assumption of upper structures having enough strength.

References

[1] Onur, M.I., Soil Deformations under Dynamic Effects, Msc Thesis Anadolu University, Turkey, 2007.

[2] Kramer, S.L., Geotechnical Earthquake Engineering", Prentice Hall, USA, 1996.

[3] Naeini, S.A., Baziar, M.H., Effect of fines content on steady-state strength of mixed and layered samples of sand, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 24, 181-193, 2004.

[4] Yang, Z., Elgamal, A., Influence of permeability of liquefaction-induced shear deformation, Engineering Mechanics ASCE, 128-7, 720-732, 2002.

[5] Hwang, H., Wang, L., Yuan, Z., Comparison of liquefaction potential of loess in Lanzhou, China, and Memphis,USA, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 20, 389-398, 2000.

[6] Lancelot, L., Shahrour, I., Al Mahmoud, M., Instability and static liquefaction on proportional strain paths for sand at low stresses, Engineering Mechanics ASCE, 130-11, 1365-1373, 2004.

[7] Kokusho, T., Hara, T., Hiraoka, R., Undrained shear strength of granular soils with different particle gradations, Geotechnical and Env. Eng. ASCE, 130-6, 621-630, 2004.

[8] Okada, Y., Sassa, K., Fukuoka, H., Undrained shear behavior of sands subjected to large shear displacement and estimation of excess pore-pressure generation from drained ring shear tests, Canadian Geotechnical Journal, 42, 787-800, 2005.

[9] Zhou, Y., Chen, Y., Influence of seismic cyclic loading history on small strain shear modulus of saturated sands, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 25, 341-351, 2005.

[10] Yunmin, C., Han, K., Ren-peng, C., Correlation of shear wave velocity with liquefaction resistance based on laboratory tests, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 25, 461-474, 2005.

[11] Thevanayagam, S., Martin, G.R., Liquefaction in silty soils-screening and remediation issues, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22, 9-23, 2002.

[12] Brinkgreve, R.B., Vermeer, P.A., Plaxis Ver. 7.2 Manual Finite Element Code for Soil and Rock Analyses, Balkema, Rotterdam. 1998.

[13] Onur, M.I., Tun, M., Pekkan, E., Tuncan, A., Avdan, U., An Earthquake Influence Research For Eskisehir, International Symposium on Advances in Earthquake & Structural Engineering, Antalya, 55-66, 2007.

[14] Onur, M.I., Tuncan, A., Tuncan, M., Deformation induced dynamic loading for different soil types, , Proceedings of the Fourteenth International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing, B.H.V. Topping, P. Iványi, (Editors), Civil-Comp Press, Stirlingshire, UK, Paper 189, 2013. doi:10.4203/ccp.102.189.

[15] Onur, M. İ., Tuncan, M., Tuncan, A., "Modelling Effects of Soil Improvement Methods on the Deformations Induced Earthquakes" 2nd International Conference on Advances in Civil, Structural and Environmental Engineering (ACSEE14), paper no:14-625, pp. 245-248, ISBN: 978-1-63248-030-9, Switzerland, 2014.

SIVILAŞABİLİR ZEMİNDE SANAYİ YAPISI TEMELİ İÇİN ZEMİN İYİLEŞTİRMESİ: VAKA ANALİZİ

A CASE STUDY: SOIL IMPROVEMENT FOR AN INDUSTRIAL BUILDING FOUNDATION ON LIQUEFIABLE SOIL

Sedat SERT[a], Aşkın ÖZOCAK[b] ve Ertan BOL[c]

[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: sert@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: aozocak@sakarya.edu.tr
[c] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: ebol@sakarya.edu.tr

Özet

Bu çalışmada Sakarya İli, Karasu İlçesi, 4. Organize Sanayi Bölgesi içinde inşa edilecek bir fabrika yapısına ait zemin özelliklerinin incelenerek temel sisteminin seçimi ve temel zeminlerinin jet-grout yöntemi ile iyileştirilmesine yönelik yapılan öneriler sunulmuştur. Yaklaşık 15 dekar büyüklüğündeki boş alanda 8400 m^2 civarında taban alanına sahip tek katlı sanayi yapısı inşaası planlanmaktadır. Yer altı su seviyesinin 1.70 m derinlikte ölçüldüğü arazide sondajlar sırasında yapılan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sonuçları darbe sayılarının 8 m`nin altında refüye yöneldiğini gösterirken, Koni Penetrasyon Deneyi (PCPT) sonuçlarına bakıldığında üstte 2-2.5 metre kalınlığındaki kil bantları içeren gevşek siltli kum tabakasından sonra 8-9 m`lere kadar devam eden siltli kumlarda uç direnci okumalarının 8 MPa ve üzerinde alındığı görülmektedir. Bu derinlikten sonra yer yer ince kil bantları içeren zemin kesitinde 12 metreden sonra uç direnci değerlerinin 20 MPa'ı geçebildiği ölçülmüştür. Tüm deney sonuçları ve hesaplamalar sonrasında ortamda taşıma gücü ve oturma problemi olmadığı sonucuna varılmıştır. Bununla beraber sıvılaşma potansiyeli indisi (LPI) yöntemine göre yapılan sıvılaşma analizi sonrasında ortamda orta-yüksek derecede sıvılaşma potansiyeli bulunduğu öngörülmüştür. Bu çalışma kapsamında önerilen iyileştirme; sanayi yapısında kolon yüklerini taşıyacak olan 4 metre genişliğinde yapılacak şerit temel altlarında iki doğrultuda 2.0 metre aralıkla, 60 cm çapında ve temel alt kotundan itibaren mevcut zemin yüzeyinden 12 metre derinliğe kadar jet-grout kolonları teşkil edilmesidir. Bu durumda sıvılaşmaya karşı kazanılan direnç ile, başlangıçta 75-80 mm olarak tahmin edilen dinamik oturmaların 1 cm'den daha düşük, tolere edilebilir bir düzeyde kalacağı anlaşılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Sanayi yapısı temeli, sıvılaşma, zemin iyileştirmesi, jet-grout

Abstract

This study is about the application of jet grouting as the ground treatment method for the construction of a factory building in 4th Organized Industrial Zone located in Karasu / Sakarya. A one-storey factory building is planned to be built and treatment area covers approximately 8400 m^2 while the total factory site covers an area of approximately 15000 m^2. Ground water level is at a depth of 1.70 m below the surface. The raw SPT resistances tend to refusal after 8 m depth while cone tip resistances exceeds 8 MPa after the top 2-2.5 m thick clay banded loose silty sand. After 8-9 m, cone tip resistances were measured to be higher than 20 MPa. It was calculated that there is no bearing capacity and settlement problem after evaluating both SPT and PCPT results. On the other hand, liquefaction analysis by LPI method show that the soils are likely to liquefy. Therefore, soil improvement by jet-grouting was proposed to minimize stiffness degradation. It was suggested to use 60 cm column diameter and spacing at 2 m with a length to 12 m starting from the base of foundation. It was concluded that this pattern is enough to limit post earthquake settlements to acceptable values.

Keywords: Industrial building foundation, liquefaction, soil improvement, jet-grouting

1. Giriş

Yapı temellerinin, hem statik durumda hem de deprem etkisi altında üzerlerine gelen yükleri taşıma güçleri aşılmadan ve kabul edilebilir oturmalarla zemine aktarmaları gerekmektedir. Günümüzde statik durumda temellerle ilgili problemlerin taşıma gücünden çok oturmalardan kaynaklandığı bilinmektedir. Ana kayanın yüzeye yakın olduğu eğimli arazilerde bir kısmı dolgu üzerinde inşa edilen binalarda yapımdan birkaç ay/sene sonra statik durumda ortaya çıkan oturma çatlakları buna örnek olarak verilebilir [1]. Deprem durumunda da sıvılaşma nedeni ile aşırı sayıda binada toplam ve farklı oturma problemleri ile karşılaşıldığı Adapazarı örneği ile literatürde sıklıkla yer almıştır. Bu bildiride Sakarya İli, Karasu İlçesi, 4. Organize Sanayi Bölgesi içinde inşa edilecek bir fabrika yapısına ait zemin özelliklerinin incelenerek temel sisteminin seçimi ve zemin iyileştirmesine yönelik yapılan önerilerin sunulması amaçlanmıştır.

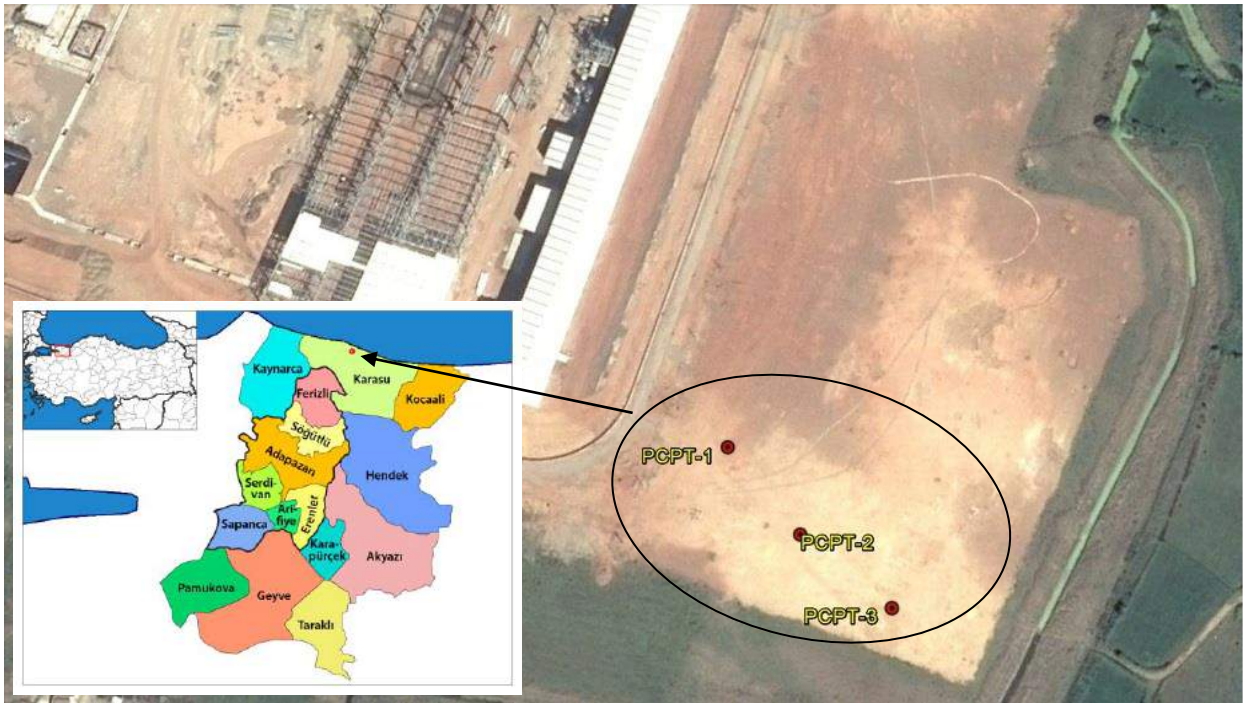
2. Alanda Mevcut Durum ve Zemin Özellikleri

Yaklaşık 15 dekar büyüklüğündeki alan, güncel durumda boş arazi olarak bulunmakta ve bu alanda B=57 m ve L=146.5 metre olan yaklaşık 8400 m^2 taban alanına sahip tek katlı sanayi yapısı inşaası planlanmaktadır. Alan, Sakarya Nehrine 2.5 km, Karadeniz`e ise 1.5 km uzaklıkta bulunmaktadır.

Çalışma kapsamında yapının oturacağı alanda toplam 35 metre derinliğinde 3 adet boşluk suyu basınçlarının da ölçüldüğü koni penetrasyon deneyi (PCPT) yapılmıştır. Koni Penetrasyon Deneyinde, derinlik boyunca her 2

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

cm'de bir elde edilen veriler arazide bilgisayarda kayıt altına alınmış ve ofis ortamında uygun yazılımlar ile analizlere tabi tutulmuştur. Sondalama noktaları Şekil 1'de ve alanda yapılan deneylerden bir görüntü Şekil 2`de görülmektedir. Bunun yanında alanda daha önce özel bir firma tarafından yapılmış zemin etüd raporunda yer alan veriler de göz önüne alınmıştır. Sondalama (PCPT) ve arazi gözlemlerinden gelen veriler birlikte irdelenerek çalışma alanı için zemin özellikleri, taşıma gücü, konsolidasyon oturması, temel boyutları, sıvılaşma ve zemin iyileştirmesi açısından değerlendirmeler yapılmış ve öneriler sunulmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı vaziyet planı.



Şekil 2. Alanda yapılan PCPT deneyi.

Sondaj ve laboratuvar verilerine göre hazırlanmış mevcut zemin inceleme raporunda alan zeminlerinin derine doğru gevşekten çok sıkıya değişen sıkılıkta siltli kumlardan oluştuğu beyan edilmektedir. CPT logları incelendiğinde verilerin önemli oranda uyum içinde olduğu görülmektedir. Sondalama loglarına göre üst 8 metrelik siltli kumlardan sonra yer yer ince kil bantları yer almaktadır.

Sondaj loglarında en küçük 12 değerinden başlayan SPTN darbe sayılarının genellikle 7-8 metreden sonra refüye yükseldiği anlaşılmıştır. PCPT verilerine bakıldığında ise üst 2-2.5 metre kalınlığındaki kil bantları içeren gevşek siltli kum tabakasından sonra uç direnci okumalarının 8 MPa ve üzerinde alındığı anlaşılmaktadır. 12 metreden sonra ise uç direnci değerleri 20 MPa'ı geçebilmektedir (Şekil 3).

Alanda bu çalışma kapsamında yapılan sondalama çalışmalarında ölçülen yer altı su düzeyleri 1.70-1.80 m arasında değişmektedir.

3. Taşıma Gücü ve Konsolidasyon

Yapı temellerinin 1.80 m derinliğe gömülebileceği belirtilmiştir. Bu durumda temellerin altında en fazla 1.20 m kalınlığında yumuşak killi tabaka, bunun altında gevşek-orta sıkı kum tabakaları yer alacaktır. Bu kısıtlı kalınlıktaki killi tabakaların drenajsız kayma direnci 30 kPa'a kadar düşmektedir. En kötü durumu yansıtmak amacıyla temel taşıma gücü için daha düşük kayma dirençlerine sahip bu üst katmanlardaki killi zeminlerde hesap yapılmış, 50 kPa olarak alınan ortalama kayma direnci değeri ile Skempton yöntemine göre şerit temel güvenli net taşıma gücü değeri;

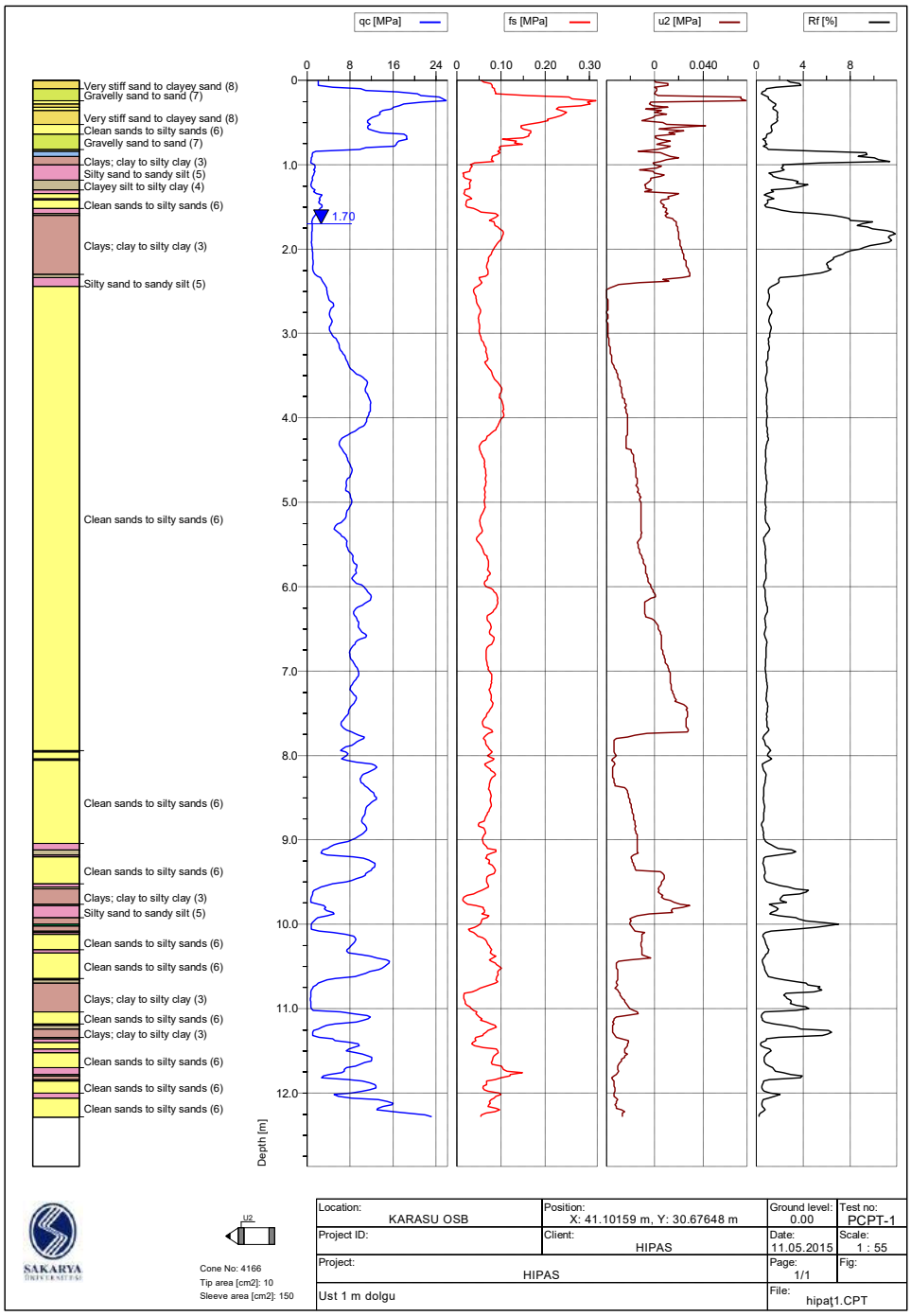
$$\sigma_{em(net)} = \frac{50 \cdot 5.7}{3} \approx 95\ kPa \qquad (1)$$

olarak hesaplanmıştır [2]. Temellerin altındaki kısıtlı kalınlıktaki killi zeminlerin kaldırılarak sıkıştırılmış kaliteli dolgu üzerine yapılması durumunda temel taşıma gücünün statik durum için çok daha yüksek değerlere ulaşacağı açıktır.

Çalışma alanında temel altında 1-1.5 m kalınlığında killi tabakaların altında kum katmanları yer alacaktır. Bu durumda üst katmanlardaki killer için sıkışma indisi değeri 0.009(w_L-10) eşitliği yardımıyla 0.3 alınarak yapılacak oturma hesabı ile hesaplanan konsolidasyon oturma değeri;

$$S_\infty = H_0 \frac{Cc}{1+e_0} \log \frac{\bar{\sigma}_0 + \Delta\sigma}{\bar{\sigma}_c} \approx 5\ \text{cm} \qquad (2)$$

mertebelerinde tahmin edilmiştir.



Şekil 3. PCPT-1 sondalama logu.

4. Sıvılaşma

Alanda sıvılaşma analizleri Koni Penetrasyon Deney verilerine dayanarak gerçekleştirilmiştir. Sıvılaşma analizi çevrimsel kayma gerilmesi yöntemine göre yapılmış ve her ölçüm derinliğinin sıvılaşmaya karşı güvenlik sayısı hesaplanmıştır (Şekil 4) [3]. Daha sonra araştırılan sondalama noktasında sıvılaşma açısından bir risk bulunup bulunmadığına 3-6 nolu eşitlikler yardımıyla sıvılaşma potansiyeli indisi (LPI) hesaplanarak karar verilmiştir [4].

$$LPI = \int_0^{20m} F \cdot w(z) \cdot dz \qquad (3)$$

Burada z derinliği, w ise derinlik faktörünü ifade etmektedir.

GS≤1 for F=1-GS (4)
GS>1 for F=0 (5)
w(z)=10-0.5z (6)

Bu durumda LPI'nın bir fonksiyonu olan sıvılaşma potansiyeli Çizelge 1'deki gibi sınıflara ayrılır [4]. PCPT-1 nolu sondalamaya ait hesaplama Şekil 4`te verilmekte olup analiz sonuçlarına göre hesaplanan LPI değerleri Çizelge 2'den izlenebilir.

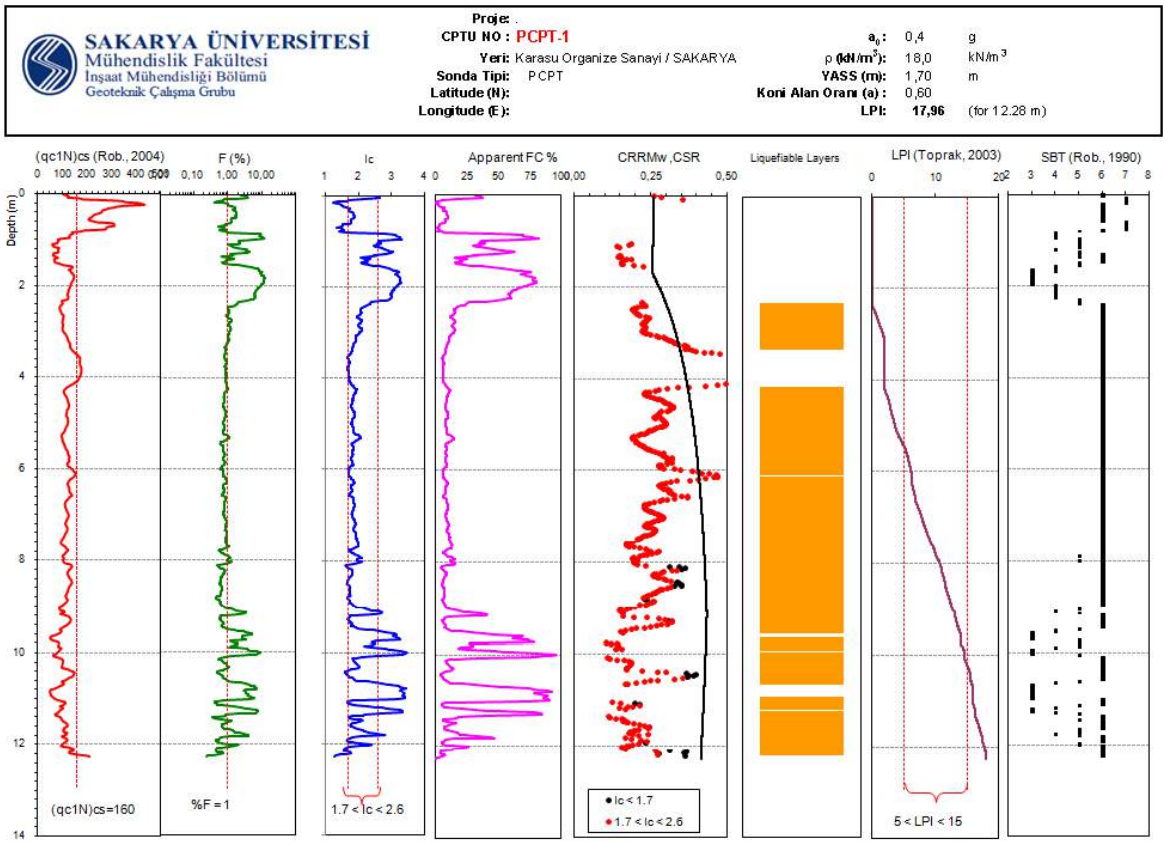
Çizelge 1. Sıvılaşma potansiyeli indisi [4].

Sıvılaşma	LPI
Çok Az veya Yok	LPI = 0
Az	0 < LPI < 5
Orta	5 < LPI < 15
Çok Fazla	15 < LPI

Çizelge 2. Arazide gerçekleştirilen sondalamada sıvılaşma potansiyeli indisi değerleri.

Sonda No	YASS (m)	Ölçüm Kalınlığı (m)	LPI
PCPT-1	1.70	12.28	17.96
PCPT-2	1.80	11.26	5.00
PCPT-3	1.80	11.48	6.10

LPI kriterinin 20 m derinlik için geliştirildiği göz önüne alınırsa, Çizelge 2'den de anlaşılacağı üzere yapının oturacağı alandaki zeminlerin sıvılaşma potansiyeli orta-yüksek düzeydedir. Bunun yanında SPTN değerleri ile yapılan analizlerde de alan zeminlerinin yaklaşık üst 10 m`lik kısmında sıvılaşma potansiyelinin mümkün ve olası olduğu ortaya çıkmıştır. Sıvılaşacağı düşünülen tabakalar için öncelikle zeminlerin drenajsız kayma dirençleri ince dane düzeltmesi yapılmış SPTN değerlerine bağlı olarak hesaplanmıştır [5]. Sonrasında analiz yapılan her 1.5 m kalınlıktaki tabaka için tekrarlı yükler altında ne kadar hacimsel birim deformasyon (ε_v) oluşacağı belirlenmiş [6] ve bu değerler tabaka kalınlıkları ile çarpılarak dinamik toplam oturma değeri 7.72 cm olarak hesaplanmıştır.

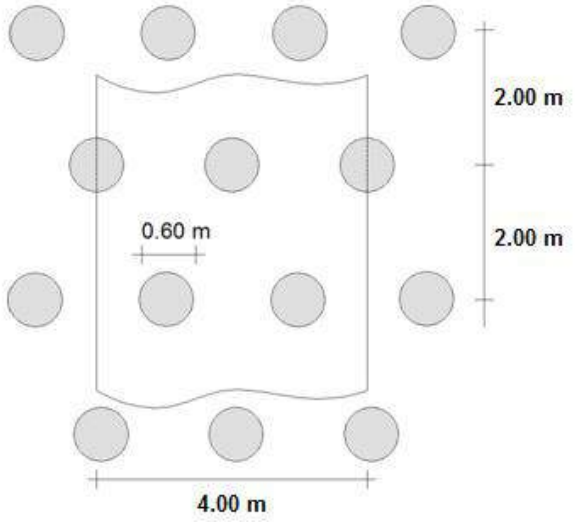


Şekil 4. PCPT-1 deneyi sonuçlarına göre sıvılaşma analizi.

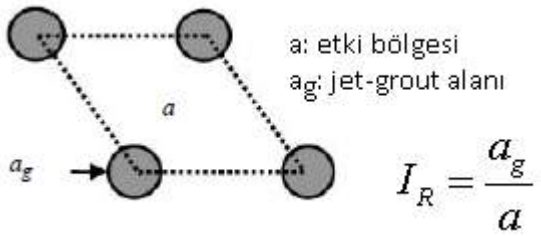
5. İyileştirme Önerisi

Yukarıda açıklanan sebeplerden dolayı bina temel zeminlerinde iyileştirme yapılması zorunlu görünmektedir. Buna yönelik olarak düşünülen jet-grout yöntemi taşıma gücünün artırılması, oturmaların azaltılması ve sıvılaşmanın önlenmesi amacıyla yurdumuzda kullanılan yöntemlerden en önde gelenlerden biri olarak karşımıza çıkmaktadır. Yöntem, ülkemizde son 20 yılda, özellikle de 1999 depremlerinden sonra yaygın kullanım alanı bulmuştur. Yöntemde silindirik şekilli yüksek modüllü kolonlar, mevcut zeminin önce özel delgi makinesi ile delinmesi ve bilahare yüksek basınçta 400-500 bar çimento şerbetinin jetlenerek, zeminin yerinde parçalanarak karıştırılması ve kullanılan özel tij ve monitörün belirli bir hızla döndürülerek yukarı çekilmesi suretiyle yerinde teşkil edilmektedir [7].

Bu çalışma kapsamında önerilen iyileştirme; bina kolon yüklerini taşıyacak olan 4 metre genişliğinde yapılacak şerit temel altlarında iki doğrultuda 2.0 metre aralıkla, 60 cm çapında ve temel alt kotundan itibaren mevcut zemin yüzeyinden 12 metre derinliğe kadar jet-grout kolonları teşkil edilmesidir (Şekil 5). Buna göre ortaya çıkan kompozit yapının drenajsız kayma direnci Şekil 6 ve eşitlik 7`ye göre ilk durumda kabul edilen 50 kPa`dan 111 kPa`a yükselmektedir [8].



Şekil 5. Şerit temel altına yapılacak jet-grout kolon planı.



Şekil 6. İyileştirme alan oranı.

$$s_{u(eşlenik)} = \alpha \cdot 0.5 q_{u(g)} \cdot I_R + s_u \cdot (1 - I_R) \qquad (7)$$

Eşitliğin birinci bölümü jet-grout kolonunun, ikinci kısmı da zeminin katkısını göstermektedir. Bu durumda sıvılaşmaya karşı kazanılan direnç ile, dinamik oturmaların 1 cm'den daha düşük, tolere edilebilir bir düzeyde kalacağı anlaşılmaktadır.

6. Sonuç

Bu çalışmada taşıma gücü ve statik durumda oturma şartlarını sağlayan, ancak orta-yüksek derecede sıvılaşma potansiyeli bulunan zeminler üzerinde inşa edilecek bir endüstri yapısının temeli için jet-grout kolonları ile iyileştirme önerisi aktarılmıştır. Üst katmanlarında yumuşak killerin, 12 m derinliğe kadar da gevşek siltli kumların bulunduğu ortamda 60 cm çapında, 2 m aralıklı, temel altından 12 m`ye kadar inşa edilecek jet-grout kolonları ile sıvılaşmaya karşı yeterli iyileşmenin sağlanacağı sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

[1] Tankut, T., Erdemgil, M., Eğik Duran Bir Binanın Doğrultulması, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği 13. Ulusal Kongresi, İKÜ, İstanbul, sf. 653-661, 2010.

[2] Skempton, A.W., The ϕ_u = 0 Analysis for Stability and Its Theoretical Basis, Second Int. Conf. of Soil Mech. and Found. Engrg, Vol. 1, pp. 72-77, 1948.

[3] Robertson, P.K. and Wride, C.E., Evaluating Cyclic Liquefaction Potential Using the Cone Penetration Test, Canadian Geotechnical Journal, Vol. 35 (3), pp. 442–459, 1998.

[4] Iwasaki, T., K. Tokida, F. Tatsuoka, S. Watanabe, S.Yasuda and Sato, H., Microzonation for Soil Liquefaction Potential using Simplified Methods, in 3rd International Earthquake Microzonation Conference, Seattle, pp. 1319-1330, 1982.

[5] Stark, T., Mesri, G., Undrained Shear Strength of Liquefied Sands for Stability Analysis, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 118 (11), pp. 1727-1747, 1992.

[6] Tokimatsu, K., Seed, H., Evaluation of Settlements in Sands Due to Earthquake Shaking, Journal of Geotechnical Engineering, Vol. 113 (8), pp. 861-1747, 878.

[7] Durgunoğlu, H.T., Yüksek Modüllü Kolonların Temel Mühendisliğinde Kullanımı, Türkiye Mühendislik Haberleri, 431, sf. 39-52, 2004.

[8] Liao, H.-J., Su, S.-F., Chen, W.-L., Ground Improvement Piles Induced Shear Strength Increase in Normally Consolidated Clay, Journal of the Chinese Institute of Engineers, Vol. 29 (1), pp. 13-21, 2006.

YUMUŞAK KAT DÜZENSİZLİĞİNİN BETONARME BİNALARIN DEPREM DAVRANIŞINA VE KABA İNŞAAT MALİYETİNE ETKİSİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF EFFECT ON EARTHQUAKE BEHAVIOR AND ROUGH CONSTRUCTION COSTS OF RC BUILDINGS OF SOFT STORY IRREGULARITY

Şenol GÜRSOY[a] ve Ramazan ÖZ[b]
[a]Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, E-posta: sgursoy@karabuk.edu.tr
[b]Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, E-posta: ozramazan@gmail.com

Özet

Mimari tasarım ve taşıyıcı sistem düzenlemesi betonarme binaların deprem davranışlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Çünkü betonarme binaların depremlere karşı, emniyetli ve ekonomik olarak başarımları mimari tasarım sürecindeki tasarım kararları ile kolaylıkla sağlanabilmektedir. Bu husus mimari tasarım aşamasında doğru tasarım kararları ve taşıyıcı sistem düzenlemesinin önemini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın temel amacı ülkemizde oluşan depremler sonrası sıklıkla karşılaşılan komşu katlar arası yumuşak kat düzensizliğinin betonarme binaların deprem davranışı ve kaba inşaat maliyeti üzerindeki etkilerini, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde önerilen farklı yerel zemin sınıfları da dikkate alınarak, Sta4-Cad programı yardımıyla karşılaştırmalı olarak incelemektir. Bu amaçla, farklı zemin kat yüksekliği, taşıyıcı eleman eksikliği ve farklı mimari tasarım nedenleriyle oluşmuş yumuşak kat düzensizliği bulunan örnek betonarme bina modellerinin deprem davranışına ve kaba inşaat maliyetine etkileri araştırılmaktadır. Çalışmanın sonunda yapısal analizlerden elde edilen bulgular irdelenerek, betonarme binaların daha güvenilir ve ekonomik tasarımlarına ilişkin bazı sonuç ve öneriler sunulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Depreme dayanıklı tasarım, deprem yönetmeliği, Sta4-Cad, yumuşak kat (rijitlik) düzensizliği

Abstract

Architectural design and load-bearing system regulation affect significantly to seismic behavior of reinforced concrete buildings. For, performances of reinforced concrete buildings against earthquakes as safely and economically can be easily provided with design decisions in the architectural design process. This matter demonstrates the importance of carrier system regulations and right design decisions in the architectural design process. Main aim of this study is to examine comparatively the effects on earthquake behavior and rough construction costs of reinforced concrete (RC) buildings of soft storey irregularity encountered frequently after earthquakes occurred in our country, with help of Sta4-Cad program by taking care of the different local soil classes proposed in the Turkish Earthquake Regulation. With this purpose, the effects on the earthquake behavior and rough construction costs of the sample reinforced concrete building models, which have soft storey irregularity due to height of the different ground story, the lack of structural elements and different architectural design, are investigated. At the end of the study; some conclusions and suggestions which are related to designs of more reliable and more economical of reinforced concrete buildings are presented by examining the obtained findings from structural analyses.

Keywords: Earthquake resistant design, earthquake regulation, Sta4-Cad, soft story (stiffness) irregularity

1. Giriş

Alp Himalaya deprem kuşağında bulunan Türkiye'de fasılalarla yıkıcı depremler meydana gelmektedir. Oluşan bu depremler sonucunda da maalesef önemli can kayıpları yaşanmakta ve çok sayıda bina yıkılmakta ya da ağır hasar görmektedir. Türkiye'de özellikle büyük kayıplarıyla dikkat çekici depremlerden olan 26 Aralık 1939 Erzincan depremi (M_s=7.9), 13 Mart 1992 Erzincan depremi (M_s=6.8), 17 Ağustos Kocaeli depremi (M_s=7.8), 12 Kasım 1999 Düzce depremi (M_s=7.5) ve son olarak yaşadığımız 23 Ekim 2011 Van depremi (M_w=7.2) ülkemizdeki deprem tehlikesinin boyutunu ortaya koymaktadır. Diğer taraftan tekrarlanan yapısal hatalar sonucu oluşan can kayıpları maalesef deprem bilincimizin hala olgunlaşmadığını göstermektedir.

Depremler sırasında yapıların bazıları önemli derecede hasar görmekte ve/veya tamamen göçmekte iken bazıları ise küçük çapta hasarlarla yıkılmadan ayakta kalmaktadır. Bu durum ayakta kalan binaların deprem performanslarının diğer binalara göre daha iyi olduğunu göstermektedir. Yapıların depremler sırasındaki performansının iyi ya da kötü olmasına etki eden başlıca faktörleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Mimari tasarım,
- Taşıyıcı elemanların düzenlenmesi,
- Yerel zemin koşulları,
- Deprem bölgesi,
- Coğrafik konumlanma (Fay hattı üzerinde konumlanma gibi),
- Yapı malzemenin kalitesi,
- Yapım kalitesi ve işçilik,
- Denetim,
- Yapının amaca uygun kullanımı,

Görüldüğü gibi burada bahsedilen faktörler, depreme dayanıklı yapı tasarımı için, farklı meslek gruplarının işbirliğinin oldukça önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Bu nedenle yapıların tasarım aşamasından kullanım aşamasına kadar geçen süreçte yetki ve sorumluluk kullanan kişilerin ortak bir bilinçle hareket etmesi gerekmektedir. Böylece başta depremler olmak üzere yaşanabilecek bütün doğal afetler karşısında yapıların daha güvenli olacağı açıktır.

Depremlerden sonra yapıların ağır hasar görmesine ve/veya tamamen göçmesine sebep olan yapısal hasarların oluşma nedenleri detaylı olarak incelendiğinde, rijitlik düzensizliği olarak da adlandırılan yumuşak kat düzensizliği etkisinin oldukça önemli olduğu görülmektedir. Betonarme binaların ağır hasar görmesine ve/veya yıkılmasına neden olan etkenlerin başlıcaları arasında yer alan yumuşak kat (rijitlik) düzensizliği *Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkındaki Yönetmelik*te düşey doğrultudaki düzensizlikler arasında yer almakta ve B2 türü yapısal düzensizlik olarak tanımlanmaktadır [1]. Ayrıca sözkonusu Yönetmelikten başka bazı araştırmacılar da yumuşak kat düzensizliğine ilişkin genel koşulları çalışmalarında açıklamışlardır [2-7].

Bu çalışmada, ülkemizde de sıkça karşılaşılan komşu katlar arası yumuşak kat düzensizliğinin betonarme binaların, Türkiye Deprem Yönetmeliğinde (TDY) önerilen yerel zemin sınıflarını da dikkate alarak, deprem davranışları ve kaba inşaat maliyetleri üzerindeki etkileri Sta4-Cad [8] programı yardımıyla karşılaştırmalı olarak incelenmektedir. Bu amaçla, önce yumuşak kat düzensizliğinin oluşum nedenleri ve bugün yürürlükte bulunan TDY'e göre yumuşak kat düzensizliği kriteri açıklanmakta ve daha sonra farklı zemin kat yükseklikleri, taşıyıcı eleman eksikliği ve farklı mimari tasarım nedenleriyle oluşmuş yumuşak kat düzensizliği bulunan örnek betonarme bina modellerinin deprem davranışına ve kaba inşaat maliyetine etkileri araştırılmaktadır. Çalışmanın sonunda yapısal analizlerden elde edilen bulgular karşılaştırmalı irdelenerek betonarme binaların daha güvenilir ve ekonomik tasarımlarına ilişkin bazı sonuç ve öneriler sunulmaktadır.

2. Yumuşak Kat (Rijitlik) Düzensizliği

Betonarme binaların deprem esnasında yıkılmalarındaki en önemli mimari tasarım hatalarından biri de, özellikle binaların zemin katında oluşturulan, yumuşak kat düzensizliğidir. Zira oluşturulan yumuşak kat nedeniyle kolonların mafsallaşması sonucu süneklik sınırlı kalmakta ve enerji tüketimi tek katta yoğunlaşmaktadır. Ayrıca kolonların mafsallaşmasıyla onarım güçlüğü de ortaya çıkmaktadır. Yumuşak kat oluşumuna neden olan mimari tasarım hatalarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

- Zemin kat kolon boylarının diğer katlara göre daha uzun yapılması nedeniyle bu katın rijitliğinin azalması ve yanal yerdeğiştirmelerin artması,
- Üst katlarda bulunan perde duvarların zemin katta devam etmemesi nedeniyle kesme kuvvetlerinin kolonlarla karşılanmasının güçleşmesi,
- Zemin katlarının ticari amaçlı planlanması dolayısıyla büyük açıklıkları, vitrinleri ve pencereleri bulunması,
- Zemin katlarda kolon ve perde boyutlarının yer kazanmak amacıyla küçültülmesi,
- Zemin katlardaki kolonların ve/veya kirişlerin mekanın güzel görünmesi için kaldırılması,
- Üst katlarda bulunan dolgu duvarlarının zemin katta bulunmaması ya da çeşitli amaçlarla azaltılmasıdır.

Betonarme binalarda bu tür yapısal düzensizliğin oluşmaması için alınacak tedbirleri; katlar arasında düşey taşıyıcı elemanları, kat yüksekliklerini ve bölme duvarları mümkün olduğunca eşit yapmak, yumuşak kat düzensizliği oluşabilecek katlarda yapısal elemanların boyutlarını artırmak, kolonları ve perdeleri tüm boylarınca enine donatıyla sarmak ve özellikle zemin kata diyagonal elemanlar ilave etmek şeklinde sıralamak mümkündür.

3. TDY'e Göre Rijitlik Düzensizliği Kriteri

TDY'e göre düşey doğrultuda düzensizlik durumları içerisinde yer alan ve B2 düzensizliği olarak adlandırılan komşu katlar arası yumuşak kat (rijitlik) düzensizliği, taşıyıcı sistemin herhangi bir kat rijitliğinin ani olarak azaltılmasıyla meydana gelmektedir.

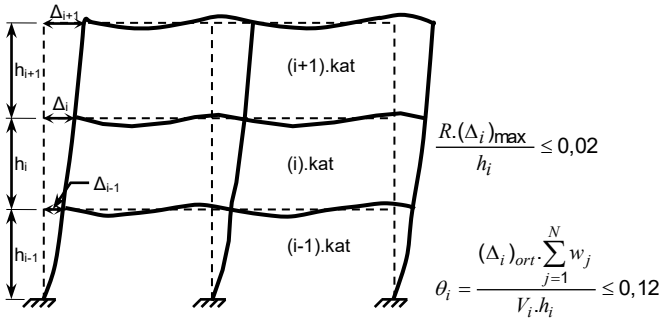
TDY'e göre, betonarme binalarda rijitlik düzensizliğinin bulunup bulunmadığı, birbirine dik iki deprem doğrultusunun herhangi biri için, herhangi bir i'inci katta %5'lik yatay kuvvet dışmerkezliği altında ortalama göreli (rölatif) kat ötelemesinin (yerdeğiştirmesinin) bir üst veya bir alt kattaki ortalama göreli kat ötelemesine oranı olarak tanımlanan yumuşak kat (rijitlik) düzensizliği katsayısıyla (η_{ki}) aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\eta_{ki} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i+1} / h_{i+1})_{ort}} > 2 \qquad \text{ya da} \qquad \eta_{ki} = \frac{(\Delta_i / h_i)_{ort}}{(\Delta_{i-1} / h_{i-1})_{ort}} > 2 \quad (1)$$

Bu bağıntılardan da görüleceği üzere $\eta_{ki}>2$ olması durumunda taşıyıcı sistemde komşu katlar arası rijitlik düzensizliği bulunmaktadır. Burada,

η_{ki}=i'inci katta tanımlanan rijitlik düzensizliği katsayısı,
Δ_i=Binanın i'inci katının azaltılmış göreli kat ötelemesi ($\Delta_i=d_i-d_{i-1}$),
d_i=Her bir deprem doğrultusu için binanın i'inci katında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirme,
d_{i-1}=Her bir deprem doğrultusu için binanın (i–1)'inci katında herhangi bir kolon veya perdenin uçlarında azaltılmış deprem yüklerine göre hesaplanan yatay yerdeğiştirme,
h_i=Binanın i'inci katının kat yüksekliği (m),
h_{i-1}=Binanın i-1'inci katının kat yüksekliği (m),
h_{i+1}=Binanın i+1'inci katının kat yüksekliği (m),

olarak tanımlanmaktadır. TDY'e göre betonarme bir binanın yumuşak kat düzensizliğinin kontrolü Şekil 1'deki gibi yapılmaktadır.



Şekil 1. Betonarme bir binanın yumuşak kat düzensizliğinin kontrol şeması.

Burada TDY'e göre;

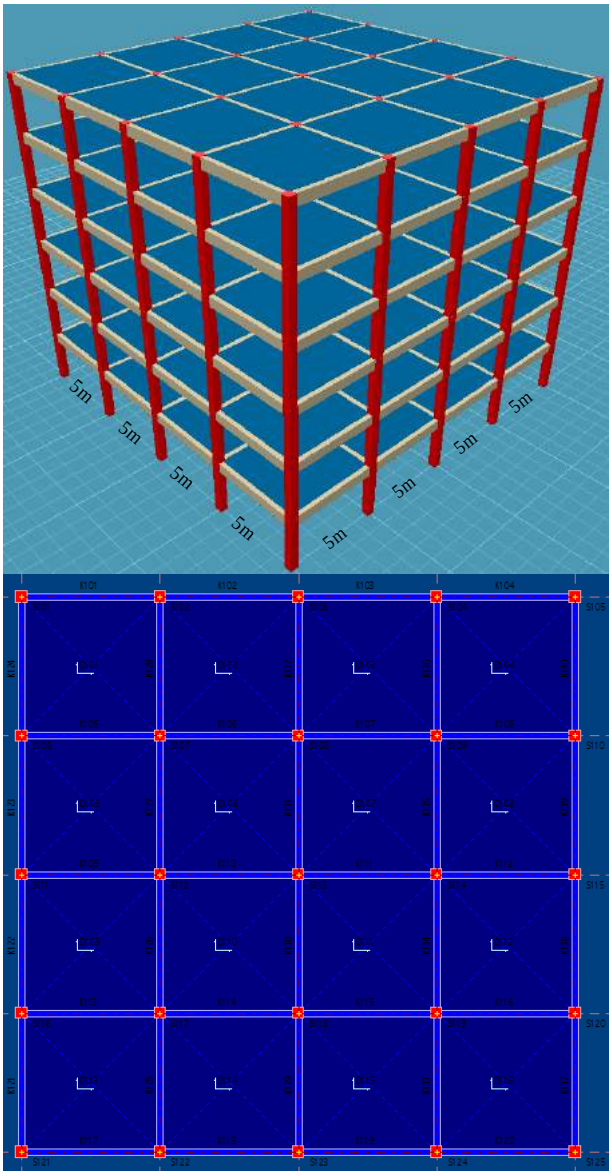
N=Binanın temel üstünden itibaren toplam kat sayısı (Bodrum katlarında rijit çevre perdelerinin bulunduğu binalarda zemin kat döşemesi üstünden itibaren toplam kat sayısı),
R=Taşıyıcı sistem davranış katsayısı (süneklik katsayısı),
V_i=Göz önüne alınan deprem doğrultusunda binanın i'inci katına etki eden kat kesme kuvveti,
$(\Delta_i)_{ort}$=Binanın i'inci katındaki ortalama azaltılmış göreli kat ötelemesi,
θ_i=Binanın i'inci katında tanımlanan ikinci mertebe gösterge değeri,
olarak tanımlanmaktadır.

4. Sayısal Uygulama

Bu çalışmada yumuşak kat düzensizliğinin betonarme çerçeve binaların deprem davranışlarına ve kaba inşaat maliyetlerine etkileri incelenmiştir. Bu amaçla, planda her iki doğrultuda dört açıklıklı 6 katlı 6 farklı betonarme çerçeve model seçilmiştir [6]. Yapısal burulmadan dolayı ek kesit tesirlerinin oluşmaması için seçilen çerçeve modellerinde her iki doğrultuda da rijitlik dağılımı simetrik olarak alınmış ve rijit merkezi kütle merkezi ile çakıştırılmıştır. Seçilen betonarme modellerin diğer özellikleri aşağıda sıralanmaktadır;

- Model 1'de (referans model) bütün katlarda kat yüksekliğinin 3m olduğu ve yapısal düzensizliğinin bulunmadığı kabul edilmektedir.
- Model 2'de zemin kat yüksekliğinin 5m ve diğer katlarda ise 3m olduğu kabul edilmektedir.
- Model 3'de bütün katlarda kat yüksekliğinin 3m olduğu ve bir dış cephede kirişlerin kaldırıldığı kabul edilmektedir.
- Model 4'de 1. kat yüksekliğinin 5m ve diğer katlarda ise 3m olduğu kabul edilmektedir.
- Model 5'de zemin kat yüksekliğinin 5m olduğu ve 2 açıklığında 3m yüksekliğinde asma kat olduğu kabul edilmektedir.
- Model 6'da zemin kat yüksekliğinin 5m olduğu ve 1 açıklığında 3m yüksekliğinde asma kat olduğu kabul edilmektedir.

Sayısal uygulamalarda dikkate alınan örnek modelin (model 1) görünüş ve kat planı Şekil 2'de verilmektedir. Bu şekilde görülen ve sayısal uygulamalarda dikkate alınan bütün modellerde kat alanı eşit olarak (400 m^2) seçilmiştir. Yürürlükte bulanan "*Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları*" yönetmeliğine göre [9], çalışmada dikkate alınan bütün modellerin C30 beton sınıfına ve S420 çelik sınıfına göre tasarlandığı kabul edilmektedir. Ayrıca, dikkate alınan bütün modellerde kolon ve kiriş boyutları sabit olarak seçilmiş ve bütün katlarda döşeme kalınlığı 15cm olarak alınmıştır. Diğer taraftan yürürlükte bulunan "*Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkındaki Yönetmeliğe*" göre sayısal uygulamalarda dikkate alınan modellerin 1. derece deprem bölgesinde inşa edileceği dolayısıyla da etkin yer ivmesi katsayısının 0,4 olduğu kabul edilmektedir [1]. Yapısal çözümlemelerde dikkate alınan diğer parametreler de Çizelge 1'de özetlenmektedir.

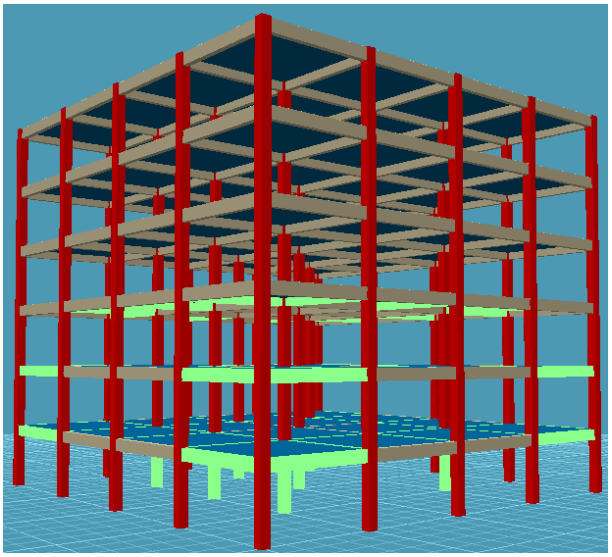


Şekil 2. Bu çalışmada dikkate alınan modelin 6 katlı (zemin kat + 5 kat) görünüş ve planından bir görünüm.

Çizelge 1. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin diğer proje parametreleri.

Bina Önem Katsayısı (I)		1	
Taşıyıcı Sistem Davranış Katsayısı (R)		4	
Hareketli Yük Katılım Katsayısı		0,3	
Spektrum Karakteristik Peryotları (s)	Z1-Yerel zemin sınıfı için	T_A=0,10	T_B=0,30
	Z2-Yerel zemin sınıfı için	T_A=0,15	T_B=0,40
	Z3-Yerel zemin sınıfı için	T_A=0,15	T_B=0,60
Temel Zemini Emniyet Gerilmesi (kN/m^2)	Z1-Yerel zemin sınıfı için	1000	
	Z2-Yerel zemin sınıfı için	500	
	Z3-Yerel zemin sınıfı için	200	
Temel Zemini Yatak Katsayısı (kN/m^3)	Z1-Yerel zemin sınıfı için	200000	
	Z2-Yerel zemin sınıfı için	100000	
	Z3-Yerel zemin sınıfı için	30000	
Kirişlerin en kesit boyutları (cm)		25x50	
Kolonların en kesit boyutları (cm)		40x40	
Hareketli Yük (kN/m^2)		2	
Beton Sınıfı		C30 (f_{ck}=30 MPa)	
Çelik Sınıfı		S420 (f_{yk}=420MPa)	
Dolgu Duvarlarının Kalınlıkları (cm)		19	

Bu çalışmada dikkate alınan betonarme bina modellerinin Sta4-CAD programıyla, TDY'de önerilen üç farklı yerel zemin sınıfı için, gerçekleştirilen yapısal çözümlemelerden elde edilen yetersiz yapı elemanlarının görünümleri sırasıyla Şekil 3-8'de verilmektedir.

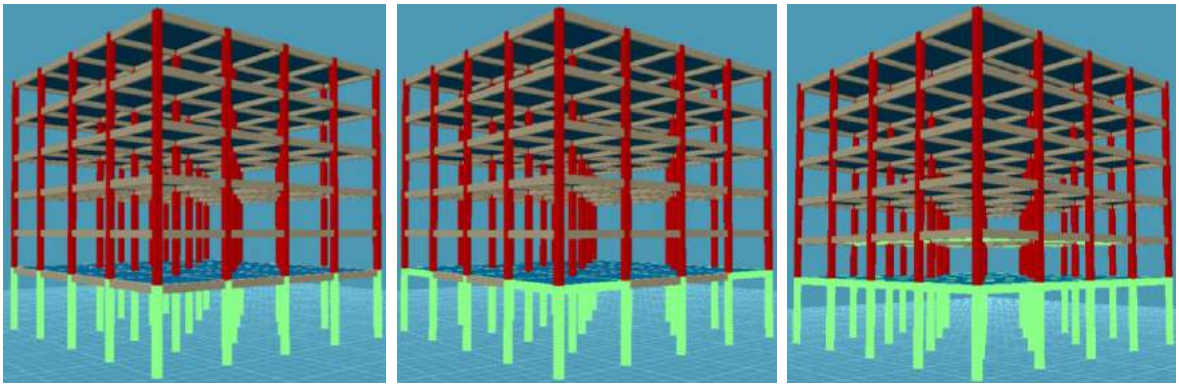


Şekil 3. Model 1'in Z3 yerel zemin sınıfı için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.

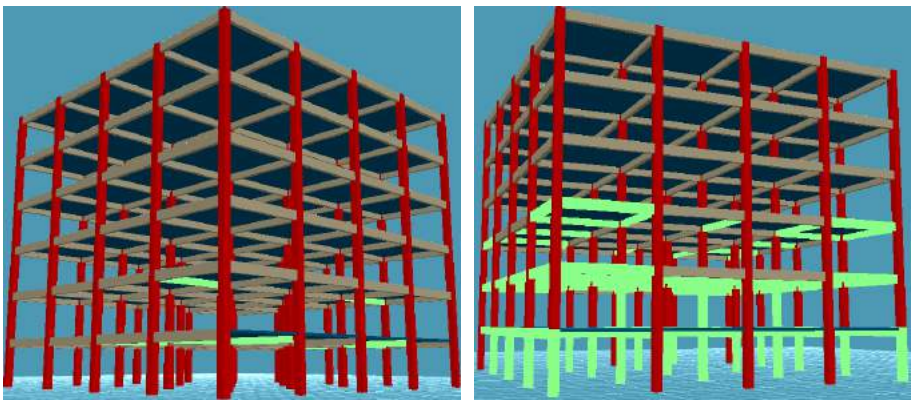
Bu şekillerden;

- Model 1'in Z3 yerel zemin sınıfı için zemin kat bazı kolon ve kirişlerinin boyutlarının ve 1. ve 2. kat bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 3),
- Model 2'nin Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için zemin kat kolon ve bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin kat kolon ve kiriş boyutlarının ve 1. kat bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 4),
- Model 3'ün Z2 yerel zemin sınıfları için zemin kat ve 1. kat bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin kat ve 1. kat bazı kolon ve kiriş boyutlarının ve 2. kat bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 5),
- Model 4'ün Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için 1. kat (düzensizliğin olduğu kat) bazı kolon ve kiriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise 1. kat kolon ve kiriş boyutlarının ve zemin kat bazı kolon ve kiriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 6),
- Model 5'in Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için zemin kat kolon ve bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin kat kolon ve bazı kiriş boyutlarının ve 1. kat bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 7),
- Model 6'nın Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için zemin kat kolon ve bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu ve Z3 yerel zemin sınıfı için ise zemin kat kolon ve bazı kiriş boyutlarının ve 1. kat bazı kiriş boyutlarının yetersiz olduğu (bkz. Şekil 8),

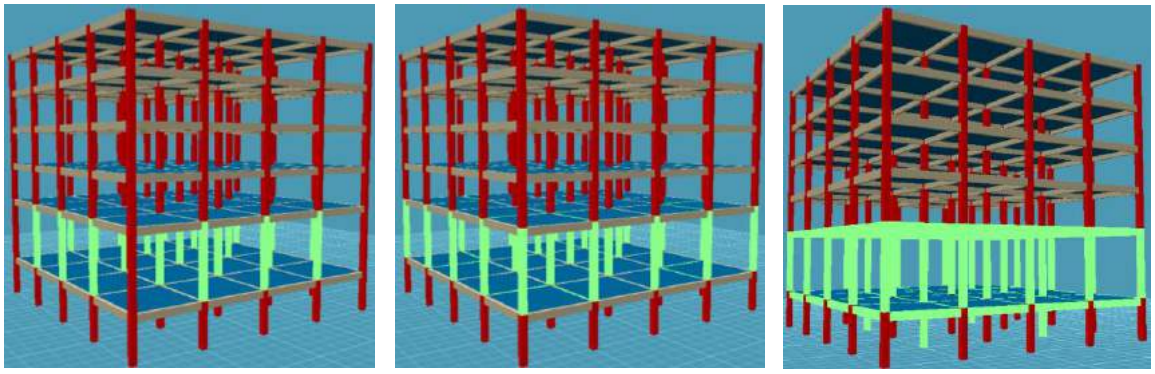
görülmektedir. Bu sonuç yumuşak kat düzensizliği bulunmayan model 1'in çalışmada dikkate alınan diğer modellere göre daha emniyetli olduğunu ortaya koymaktadır.



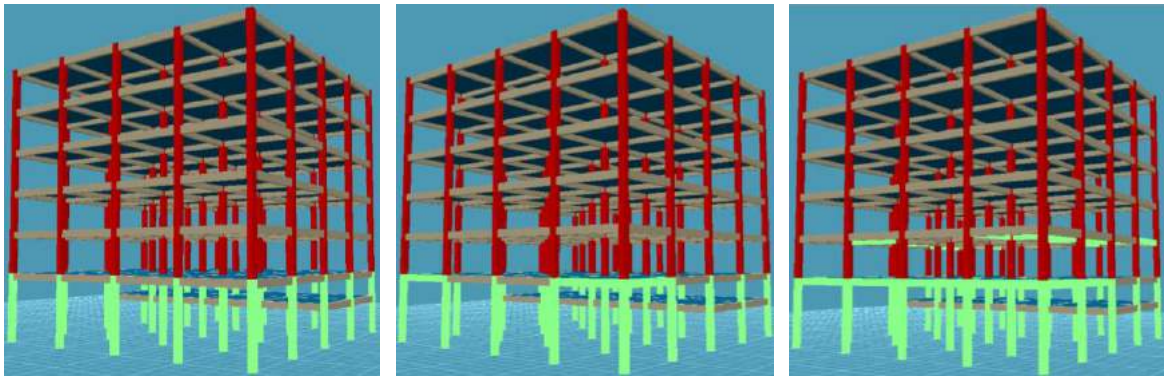
Şekil 4. Model 2'nin Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.



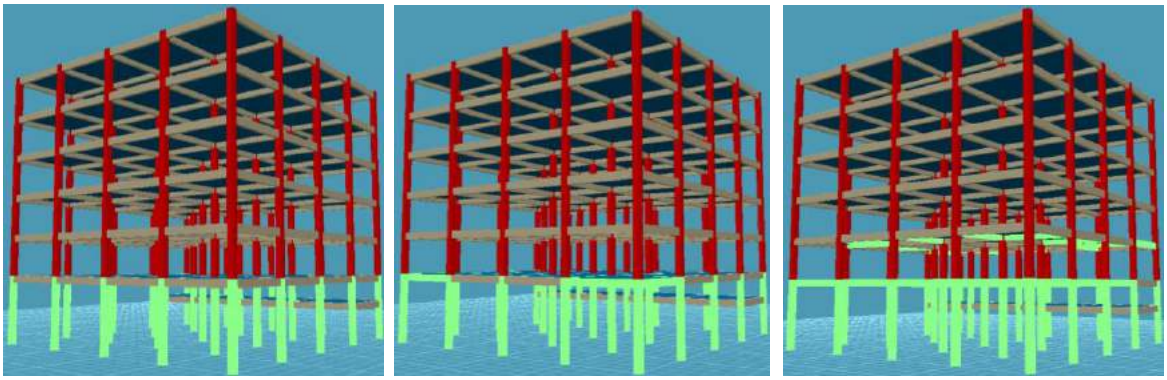
Şekil 5. Model 3'ün Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.



Şekil 6. Model 4'ün Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfları için yetersiz olan yapısal elemanlarından görünüm.

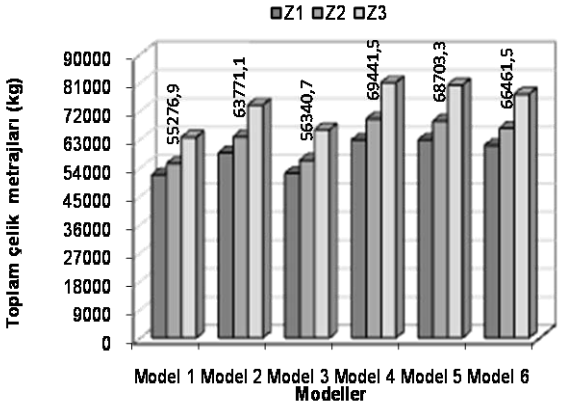


Şekil 7. Model 5'in Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlarından görünüm

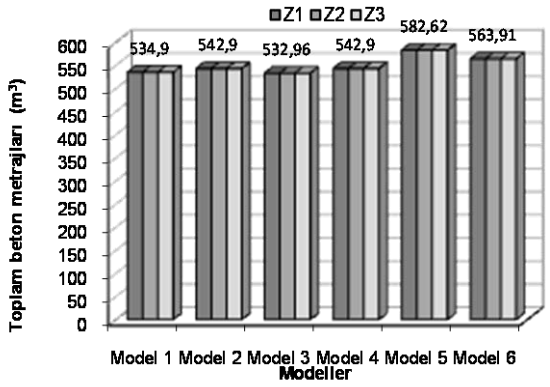


Şekil 8. Model 6'nın Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfı için yetersiz yapısal elemanlarından görünüm.

Bu çalışmada dikkate alınan betonarme bina modellerinin Sta4-CAD programıyla, TDY'de önerilen Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfları için, gerçekleştirilen yapısal çözümlemelerinden elde edilen toplam demir ve beton metrajlarının grafik olarak değişimleri sırasıyla Şekil 9 ve Şekil 10'da verilmektedir. Şekil 9'da görüldüğü gibi bu çalışmada dikkate alınan modellerden en küçük toplam demir metrajı değerleri model 1'den elde edilmektedir. Ayrıca çalışmada dikkate alınan modellerde yerel zemin sınıfı Z1'den Z3'e arttıkça elde edilen toplam demir metrajı miktarının arttığı görülmektedir. Bu bulgu yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı modelin (model 1'in) diğer modellere göre daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Şekil10'dan da görüldüğü gibi, en düşük toplam beton metrajı model 3'den elde edilmiş ancak eleman eksikliği nedeniyle yapı emniyetinin tehlikeye düştüğü görülmektedir. Bu nedenle yapı emniyetini tehlikeye düşürmeden en düşük toplam beton metrajı yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı model 1'den elde edilmektedir. Ayrıca, bu şekilden toplam beton metrajlarının yerel zemin sınıfına göre değişmediği görülmektedir.



Şekil 9. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin toplam demir miktarlarının farklı yerel zemin sınıflarına göre değişimleri.



Şekil 10. Bu çalışmada dikkate alınan modellerin toplam beton miktarlarının faklı yerel zemin sınıflarına göre değişimleri.

Burada bu çalışmada dikkate alınan tüm zemin sınıfları için yapısal eleman boyutlarının değişmediğini bu nedenle beton metraj miktarlarının tüm zemin sınıflarında aynı olduğunu, yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı model 1 (referans model) hariç dikkate alınan diğer modellerde yapı emniyetini sağlamak için yetersiz olan yapı elemanlarının kesit boyutları artırılacağından yukarıdaki şekillerde verilen hem beton hem de demir metrajlarının daha büyük hesaplanacağını belirtmek uygun olacaktır.

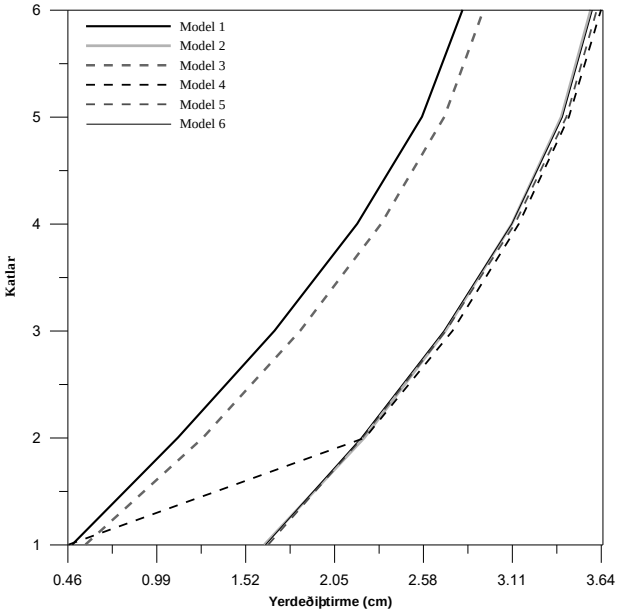
Bu çalışmada dikkate alınan betonarme bina modellerinin Sta4-CAD programıyla, TDY'de önerilen üç farklı yerel zemin sınıfına göre, gerçekleştirilen yapısal çözümlemelerden elde edilen taban kesme kuvvetleri ve 1. doğal titreşim periyotları (T1) Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Dikkate alınan modellerin maksimum taban kesme kuvvetleri ve doğal titreşim peryotları

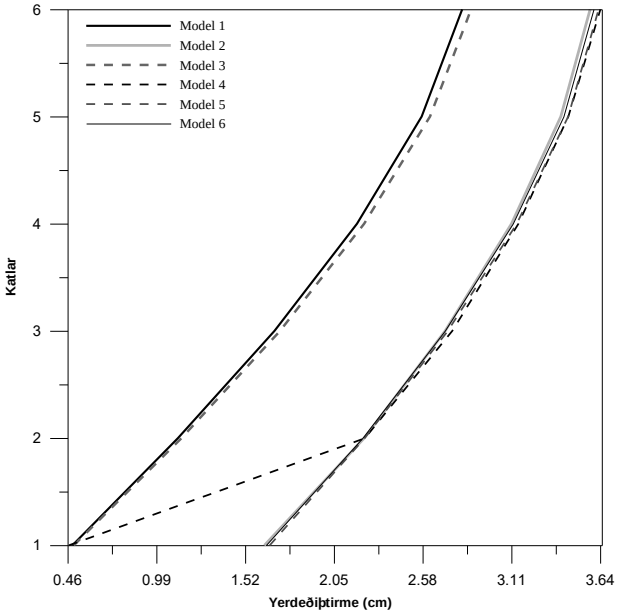
Taşıyıcı sistemler	Yerel zemin sınıflarına göre taban kesme kuvvetleri			Periyot (T1)
	Z1	Z2	Z3	
Model 1	303,08	381,51	527,69	0,90
Model 2	245,38	308,88	427,24	1,18
Model 3	301,08	378,99	524,21	0,94
Model 4	252,91	318,36	440,34	1,19
Model 5	267,88	337.20	466,40	1,17
Model 6	258,16	324,97	449,49	1,17

Bu çizelgeden de yumuşak kat düzensizliği olan modellerin peryot değerlerinin yumuşak kat düzensizliği olmayan modele (model 1) göre arttığı görülmektedir. Diğer taraftan yerel zemin sınıfı Z1'den Z3'e arttıkça dikkate alınan tüm modellerde taban kesme kuvvetinin arttığı görülmüştür. Ayrıca, yumuşak kat düzensizliğinin olmadığı modelden elde edilen taban kesme kuvveti değerlerinin bu çalışmada dikkate alınan diğer modellerden daha büyük olduğu görülmektedir. Bu durum değişik nedenlerle oluşan yumuşak kat düzensizliğinin kesme kuvvetini dolayısıyla da betonarme binaların performansını azalttığını göstermektedir. Bu bulgular da hem temel zemini türünün hem de yumuşak kat düzensizliğinin yapıların deprem performansı açısından oldukça önemli olduğunu ortaya koymaktadır.

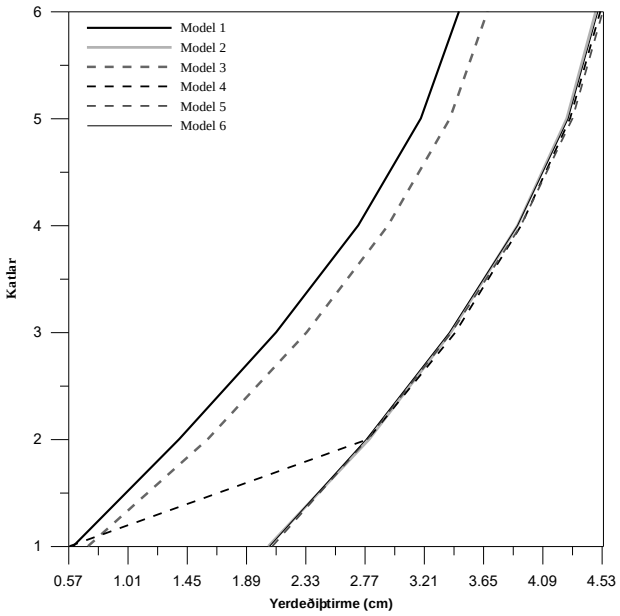
TDY'deki Z1, Z2 ve Z3 yerel zemin sınıfları için bu çalışmada dikkate alınan betonarme bina modellerinin Sta4-CAD programıyla gerçekleştirilen yapısal çözümlemelerinden yükseklik boyunca (kat seviyelerinde) x ve y yönlerindeki yerdeğiştirme dağılımları sırasıyla Şekil 11-16'da verilmektedir. Bu şekillerden de görüldüğü gibi, x ve y yönlerinde model 1'den elde edilen yerdeğiştirme değerleri bu çalışması kapsamında dikkate alınan diğer modellerden daha küçük olmaktadır. Diğer taraftan yumuşak kat düzensizliğinin oluşmasıyla yerdeğiştirme değerlerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca bu şekillerden kat yerdeğiştirmelerinin kat yüksekliklerinin değiştiği kat seviyesinde ani olarak arttığı görülmektedir. Bu bulgular da model 1'in dikkate alınan diğer modellerden daha iyi davrandığını göstermektedir.



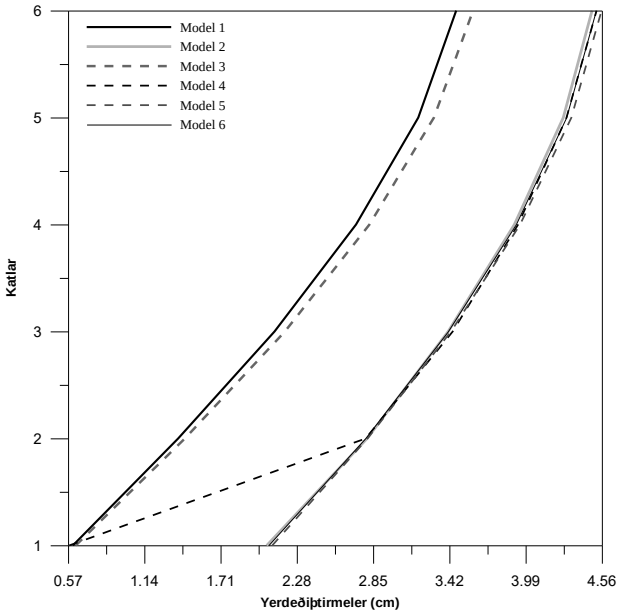
Şekil 11. Z1 zemin sınıfı için dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yerdeğiştirme değerleri



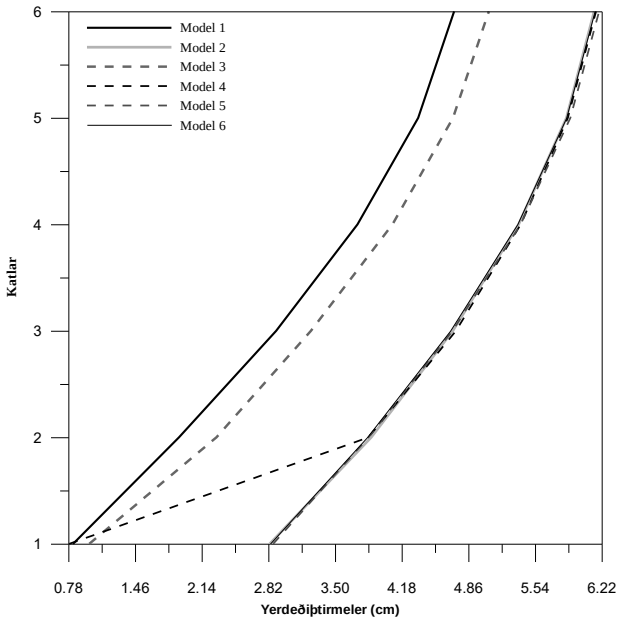
Şekil 12. Z1 zemin sınıfı için dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yerdeğiştirme değerleri



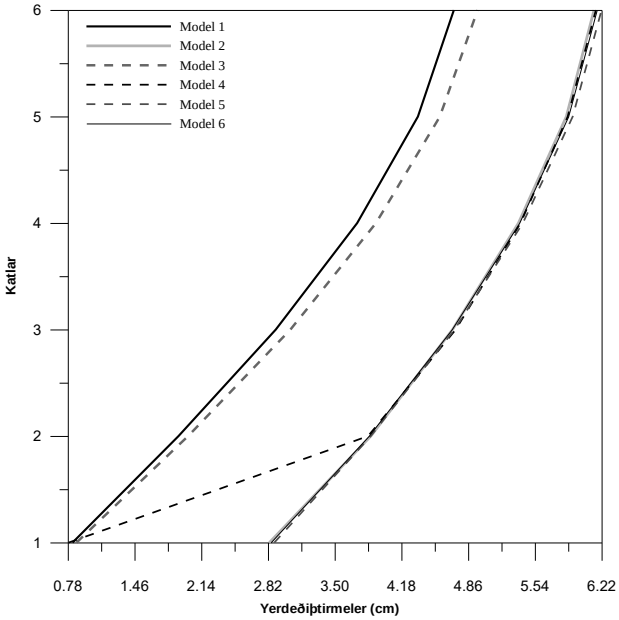
Şekil 13. Z2 zemin sınıfı için dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yerdeğiştirme değerleri



Şekil 14. Z2 zemin sınıfı için dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yerdeğiştirme değerleri



Şekil 15. Z3 zemin sınıfı için dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde x yönündeki yerdeğiştirme değerleri



Şekil 16. Z3 zemin sınıfı için dikkate alınan modellerin kat seviyelerinde y yönündeki yerdeğiştirme değerleri

Bu çalışmada dikkate alınan modellerin Sta4-CAD programıyla, TDY'de önerilen Z3 yerel zemin sınıfı için, gerçekleştirilen yapısal çözümlemelere göre yumuşak kat düzensizliğinin oluşup oluşmadığının kontrolü Çizelge 3'de verilmektedir. Bu çizelgeden de görüldüğü gibi model 1 (referans model) hariç dikkate alınan diğer modellerde yumuşak kat düzensizliğinin meydana geldiği görülmektedir. Oysa Z3 yerel zemin sınıfı için model 1'in bazı yapısal elemanları yetersiz olmasına (bkz. Şekil 3) rağmen yumuşak kat düzensizliğinin oluşmadığı görülmektedir.

Burada bu çalışma kapsamında dikkate alınan tüm modellerde TDY'de önerilen Z1 ve Z2 yerel zemin sınıfları için yumuşak kat (rijitlik) düzensizliğinin oluşmadığını, zemin esnekleştikçe yumuşak kat düzensizliğinin oluştuğunu belirtmek uygun olacaktır.

Çizelge 3. B1 komşu katlar arası yumuşak kat (rijitlik) düzensizliğinin kontrolü.

Modeller	Katlar	TDY'de önerilen Z3 yerel zemin sınıfına göre rijitlik düzensizlik katsayıları ve düzensizlik kontrolü			
		η_{kix}	η_{kiy}	$R(\Delta_i)_{max}/h_i$	$(\theta_i)_{max}$
Model 1	Z	0,77	0,77	0,0159 < 0,02	0,021 < 0,12
	1	1,09	1,09		
	2	1,20	1,20		
	3	1,34	1,34		
	4	1,69	1,69		
	5	0,0	0,0		
Model 2	Z	1,64	1,64	0,0249 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,041 < 0,12
	1	1,24	1,24		
	2	1,24	1,24		
	3	1,38	1,38		
	4	1,72	1,72		
	5	0,0	0,0		
Model 3	Z	0,80	0,76	0,0201 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,023 < 0,12
	1	1,23	1,09		
	2	1,21	1,20		
	3	1,35	1,34		
	4	1,69	1,69		
	5	0	0		
Model 4	Z	0,43	0,43	0,0268 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,042 < 0,12
	1	2,05	2,05		
	2	1,35	1,35		
	3	1,38	1,38		
	4	1,67	1,67		
	5	0,0	0,0		
Model 5	Z	1,76	1,76	0,0255 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,042 < 0,12
	1	1,15	1,15		
	2	1,22	1,23		
	3	1,37	1,37		
	4	1,72	1,72		
	5	0,0	0,0		
Model 6	Z	1,71	1,71	0,0252 > 0,02 Yumuşak kat düzensizliği var	0,041 < 0,12
	1	1,18	1,18		
	2	1,23	1,23		
	3	1,37	1,37		
	4	1,72	1,72		
	5	0,0	0,0		

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu bildiride, TDY'de önerilen farklı zemin türlerine göre yumuşak kat düzensizliği bulunan betonarme bina modellerinin deprem davranışı ve kaba inşaat maliyetine etkileri incelenmiştir. Bu çalışmadan elde edilebilen başlıca sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmektedir.

- TDY'de önerilen yerel zemin sınıflarına göre en düşük toplam demir metrajı değerleri model 1'den (referans modelden) elde edilmektedir. Bu sonuç yumuşak kat düzensizliğinin oluşmadığı model 1'in diğer modellere göre daha ekonomik olduğunu göstermektedir. Ayrıca tüm modellerde en büyük demir metrajı değerleri Z3 yerel zemin sınıfında elde edilmektedir.
- Yumuşak kat düzensizliğinin oluştuğu modellerde peryot değerlerinin yumuşak kat düzensizliği olmayan modele (model 1) göre arttığı ve taban kesme kuvveti değerlerinin azaldığı görülmektedir. Diğer bir ifadeyle yumuşak kat düzensizliği oluşan modellerde taban kesme kuvveti önemli oranda azalmakta dolayısıyla daha küçük deprem yükleri etkisinde yapısal sistemde plastik kesitler oluşmakta ve yapının karşılayabildiği deprem yükü değeri (yapının deprem kapasitesi) azalmaktadır. Elde edilen bu sonuç değişik nedenlerle oluşan yumuşak kat düzensizliğinin betonarme binaların deprem performansını azalttığını göstermektedir. Ayrıca zemin esnekleştikçe taban kesme kuvveti değerlerinin arttığı görülmüştür.
- Yumuşak kat düzensizliği bulunan modellerin kat yerdeğiştirmelerinin arttığı görülmektedir. Bu durum yumuşak kat düzensizliği bulunmayan betonarme binanın yumuşak kat düzensizliği bulunan binalara göre en önemli üstünlüklerinden biri olmaktadır.
- Bu çalışmanın bulgularının tartışılması Türkiye gibi aktif deprem kuşağında bulunan ülkelerde inşa edilen betonarme binaların tasarımında yumuşak kat düzensizliğinin dikkate alınmasının bina kaba inşaat maliyeti açısından da önemli olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışmamıza "*KBÜ-BAP-14/1-YL-022 Kod Nolu Proje*" kapsamında destek sağlayan Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

[1] TDY, Deprem bölgelerinde yapılacak binalar hakkında yönetmelik. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Ankara, 1-159, 2007.

[2] Tezcan, S., Yazıcı, A., Özdemir, Z. ve Erkal, A., Zayıf kat-yumuşak kat düzensizliği. Altıncı Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, Türkiye, 16-20 Ekim, 339-349, 2007.

[3] Karasu, T. O., Erdem, R. T., Demir, A. ve Bağcı, M., Yumuşak kat düzensizliği bulunan betonarme bir binanın performansının incelenmesi. C.B.Ü. Fen Bilimleri Dergisi, 7(2), 61-69, 2011.

[4] Kirac, N., Dogan, M. and Ozbasaran, H., Failure of weak-storey during earthquakes. Engineering Failure Analysis, 18(2), 572-581, 2011.

[5] İnan T. ve Korkmaz, K., Düşey doğrultudaki yapı düzensizliklerinin incelenmesi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(3), 240-248, 2012.

[6] Öz, R., Zayıf kat yapı düzensizliğinin betonarme binaların deprem davranışına ve kaba inşaat maliyetine etkisinin incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, Türkiye, 2014.

[7] Gürsoy, Ş., Öz, R. and Baş, S., Investigation of the effect of weak-story on earthquake behavior and rough construction costs of RC buildings, Computers and Concrete, 16(1), 141-161, 2015.

[8] Sta4-CAD. Structural analysis for computer aided design. ver.13.1., 2010. www.sta.com.tr

[9] TS-500. Betonarme Yapıların Tasarım ve Yapım Kuralları, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.

ASSESMENT OF SEISMIC PERFORMANCE OF STEEL BRACED STRUCTURES WITH VERTICAL STRUCTURAL IRREGULARITIES

DÜŞEYDE DÜZENSİZ ÇELİK ÇAPRAZLI YAPILARIN SİSMİK PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Gökhan Dok[a] ve Muharrem Aktaş[b]
[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: gdok@sakarya.edu.tr
[b]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: muharrema@sakarya.edu.tr

Özet

Yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının ve deprem performanslarının tespit edilmesi amacıyla birçok hesap yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygını ve en çok tercih edilen artımsal tek modlu statik itme analizi, SAP2000 sonlu eleman programı çalışmaya konu olan yapıların analizinde kullanılmıştır. Bu çalışmada, düşeyde düzensiz ve taşıyıcı sistemleri birbirinden farklı çelik çerçeveler için Türk Deprem Yönetmeliği 2007'de tanımlanan merkezi çelik çaprazların yapısal performansa etkisinin araştırılması ve en uygun olan kesit türünün belirlenmesidir. Bu çalışmada kullanılan merkezi çelik çaprazlı perde türü diyagonal çapraz olarak seçilmiştir. Bu perde türlerinde kullanılan kesit geometrileri; daire, kare, I, dikdörtgen ve T kesit olarak belirlenmiştir. Yapı metrajlarının ve yapı ağırlıklarının aynı olmasını sağlamak adına, kesit alanları ve eleman boyları eşit alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda yapı performansının en üst limit değerini veren en ekonomik kesit geometrisi tespiti yapılmıştır. Sonlu eleman analiz sonuçlarında taban kesme kuvveti, çatı deplasmanı, rijitlik, yapı davranış katsayısı, süneklik ve tokluk değerleri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Tüm bu değerlere bakıldığında T kesitin düzenli ve düzensiz yapılarda en iyi performans değerlerine ulaştığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Performansa Göre Tasarım, Güçlendirme, Statik İtme Analizi, Merkezi Çelik Çapraz

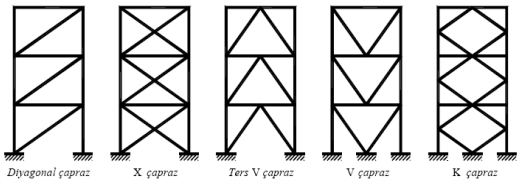
Abstract

The behavior and performance of structures under seismic loads are determined by using different analysis methods. One of the most common and the most preferred method is the nonlinear incremental static single-mode pushover analysis. In this research, two-dimensional pushover analysis is carried out with finite element software package, SAP2000, to discuss the effect of braced system on the performance level of steel structures with vertical structural irregularities. Regular and irregular three-bay and five-story frame systems are used to evaluate effect of braced systems on structural performance. The diagonal braced system which is defined in Turkish Earthquake Code 2007 is chosen with different cross sections; circular, square, rectangular, I, and T cross section. Their cross sectional areas are kept constant to determine the most economical and efficient cross section by comparing their structural performance. According to analysis results, shear force, roof displacement, rigidity, over design factor, ductility and toughness are selected as the comparison criteria. When all these criteria are evaluated T section is found to be the best diagonal choice with its performance.

Keywords: Performance Based Design, Strengthening, Pushover Analysis, Braced System

1. Giriş

Çelik yapılar, deprem etkileri altında süneklik kapasitesi yüksek dolayısıyla deprem enerjisini yüksek oranda sönümleyebilen yapı türleridir. Çelik yapıların deprem yükleri altında iyi performans göstermesini sağlayan çeşitli çerçeve türleri bulunmaktadır. Bu uygulamaların başında çelik ve betonarme perde sistemleri gelmektedir [1]. Çelik perde sistemlerine en güzel örnek ise merkezi çelik çaprazlı sistemlerdir [2]. Merkezi çelik çaprazların etkinliği birçok deneysel çalışma ile ispat edilmiştir [3]. Merkezi çelik çaprazlar, deprem yüklerinden dolayı oluşabilecek kuvvetlere karşı dayanım, rijitlik ve sünekliği arttırmak için tasarlanır [4]. Merkezi çelik çaprazlarla yapının rijitlik değerlerinde artışlar sağlanmıştır [5,6]. Ancak merkezi çapraz uygulamasında kolon, kiriş ve çapraz elemanların eksenlerinde hiçbir şekilde eksantirisite oluşturmayacak birleşim detayları ile imalat gerçekleştirilmesi gerekmektedir [7]. Merkezi çaprazlı çerçeveler, yatay yüklere karşı moment aktaran çaprazsız çerçevelerden daha büyük rijitlik ve dayanım sağlamaktadır [8]. Merkezi çaprazlı çerçeve sistemlerinde çapraz elemanların, tersinir yükler altında hem basınca hem de çekmeye çalışabildikleri için önemli bir avantaja sahip olduğu da unutulmamalıdır [9]. Tüm bu avantajların gerçekleşebilmesi için deprem kuvvetleri etkisinde, birleşim noktaları söz konusu kuvvetleri karşılayarak taşıyıcı sistemin zarar görmesini mümkün mertebe engelleyecek şekilde tasarlanmalıdır [10]. Şekil.1'de Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'de tanımlanan merkezi çelik çapraz tipleri görülmektedir [11].



Şekil 1. Merkezi çelik çapraz tipleri [TDY 2007]

Artımsal tek modlu statik itme analizi yapıların doğrusal olmayan deprem performans değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir [12]. Bu analiz

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

yöntemi, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak yapının hakim modu ile uyumlu olacak şekilde, yapıyı yatay yönde iterek kapasiteye ulaştırarak oluşan deplasman istemini belirlemek amacıyla uygulanır. Hakim modun modal katılım yüzdesi %70 ve üzerinde olmalıdır [13]. Son yıllarda yapılan çalışmalarla statik itme analizine ait bazı dönme sınırları bulunmuş ve bu limit değerlere göre yapısal performans değerlendirilmesi yapılarak yapıların deprem davranışı tespit [14].

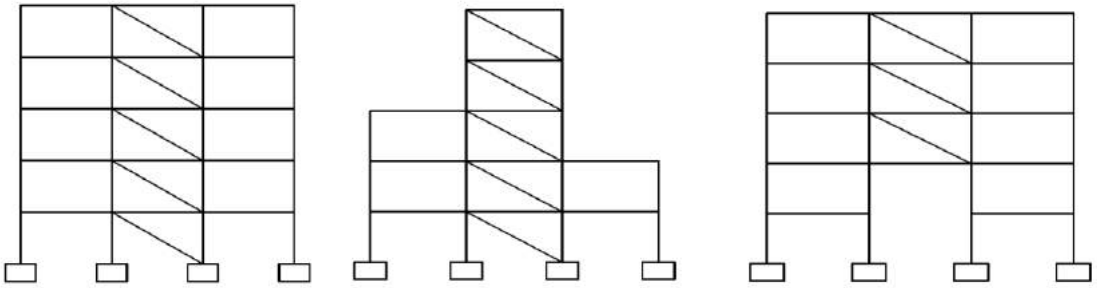
Merkezi çaprazların literatürde bahsedilen bütün olumlu etkilerinden optimum düzeyde faydalanmak adına kullanılacak çapraz elemanın kesit şeklinin önemli olup olmadığı araştırılmalıdır. Bu çalışmada aynı kesit alanına dolayısıyla aynı ağırlığa sahip daire, kare, I, dikdörtgen ve T kesit şekillerine sahip 5 farklı çapraz kesitin performans üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu kesitlerle modellenen merkezi diyagonal çelik çaprazlar farklı taşıyıcı sistemlere sahip 3 açıklıklı ve 5 katlı düşeyde düzensiz yapılarda kullanılarak, artımsal tek modlu statik itme analiziyle performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. Yapı türleri

Düşeyde taşıyıcı sistemi farklı, diyagonal merkezi çelik çaprazlı çelik yapıların performans değerlendirilmesi için 3 açıklıklı 5 katlı 3 farklı çerçeve için artımsal tek modlu statik itme analizi yapılmıştır. Açıklık mesafeleri x yönünde 6 metre, z yönünde 3 metredir. Kirişlerin üzerineçizgisel olarak 10 kN/m'lik düşey yük tanımlanmıştır. Çelik malzeme akma dayanımı 240 N/mm^{2}' dir. Taşıyıcı sistemi oluşturan kolonlar IPE 300, kirişler ise IPE 240 olarak seçilmiştir. Çizelge 1'de kolon ve kirişlere ait kesit özellikleri verilmiştir. Çalışmalarda kullanılacak çerçeveler ise Şekil 2' de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kolon ve kiriş kesit özellikleri

Yapı Elemanı / Profil	Atalet Momenti (mm^4)	Kesit Alanı (mm^2)
Kolon / IPE300	8.356x10^7	5380
Kiriş / IPE240	3.892 x10^7	3910



Çerçeve 1 Düzenli yapı Çerçeve 2 Düşeyde düzensiz yapı Çerçeve 3 Düşeyde düzensiz yapı

Şekil 2. Yapısal modeller



Şekil 3. Çapraz kesitleri ve geometrik özellikleri

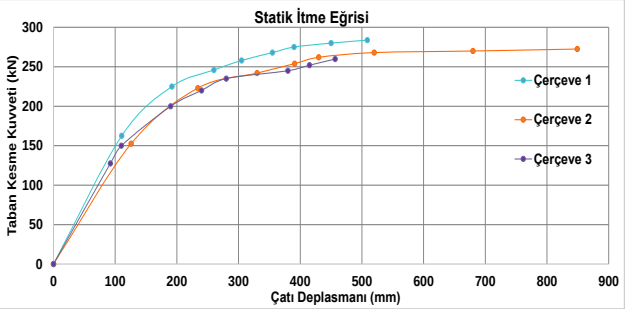
Analizlerde, hem malzeme bakımından, hem de geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan davranış göz önünden bulundurulmuştur. Yapısal modelde geometri değişimi bakımında doğrusal olmama durumu P-Δ etkisiyle tanımlanırken, malzeme bakımından doğrusal olmayan davranış ise Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (FEMA) 356'da tanımlanmış ve yığılı plastisite teorisine göre uygulanan plastik mafsal hipoteziyle sağlanmıştır. Bu anlamda kirişlere FEMA 356'da adı geçen M3 mafsalı, kolonlara ise P-M2-M3 mafsalı tanımlanarak doğrusal olmayan malzeme davranışı modellenmiştir. Yapısal performans açısından en uygun ve maliyet açısından en ekonomik kesit araştırmasını gerçekleştirmek adına Şekil 3'de verilen 5 farklı çelik çapraz kesiti kullanılmıştır.

Analizler merkezi diyagonal çelik çaprazsız ve çaprazlı olacak şekilde her üç yapı modeli için toplamda 18 kere tekrarlanmıştır. Analizlerde taban kesme kuvveti, çatı deplasmanı, yapı davranış katsayısı, deplasman sünekliği ve tokluk (itme eğrilerinin altında kalan alan) değerleri hesaplanmıştır. Diyagonallerin performansları bu değerler karşılaştırılarak belirlenmiştir.

3. Performans Sonuçları

Yapısal modeller öncelikli olarak çaprazsız olarak artımsal tek modlu statik itme yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen itme eğrileri ve süneklik değerleri diyagonal çapraz kullanılarak 5 farklı kesit analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çaprazsız yapı modellerine ait analiz

sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında yapısal modellerde oluşan tokluk, süneklik, başlıngıçtaki rijitlik ile taban kesme kuvveti-deplasman ilişkileri elde edilmiştir. Çaprazsız modellere ait analiz sonuçları ayrıntılı olarak Çizelge 2'de açıklanmıştır. İkinci aşamada, analizler her bir farklı kesitli merkezi çelik çaprazlarla Şekil 2 'de verilen çerçeve türleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Çerçeve 1' de ait sonuçlar Şekil 5 ve Çizelge 3'de, Çerçeve 2'de ait sonuçlar Şekil 6 ve Çizelge 4'de, Çerçeve 3' e ait sonuçlar ise Şekil 7 ve Çizelge 5'de verilmiştir.

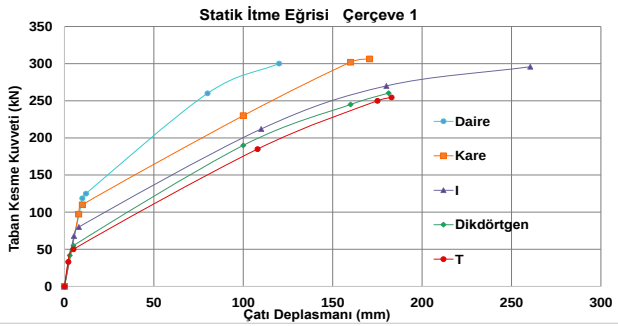


Şekil 4. Çaprazsız yapı modellerine ait statik itme eğrileri

Çizelge 2. Çaprazsız modellere ait analiz sonuçları

Çaprazsız		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Çatı Depl. (mm)	R	μΔ	Rijitlik (kN/m)	Tokluk (kNm)
Ç 1	Elastik	162.5	110.6	1.75	4.60	146.9	978.5
	Plastik	283.8	508.8				
Ç 2	Elastik	152.5	125.9	1.79	6.74	121.1	1632.8
	Plastik	272.5	849.1				
Ç 3	Elastik	127.5	92.2	2.04	4.95	138.3	764.4
	Plastik	259.8	456.6				

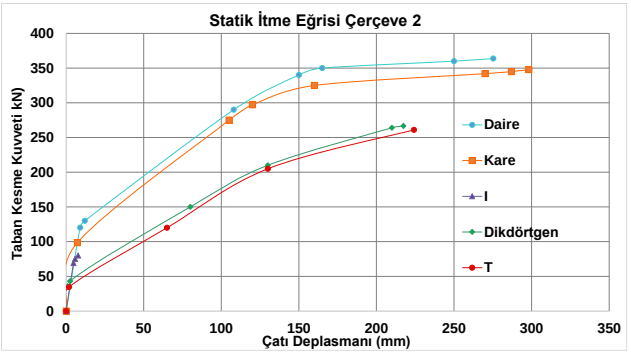
Çaprazsız yapıların çalışma mekanizması yatay hareketi önlenmiş çaprazlı yapıların mekanizmalarına göre oldukça farklı olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada çaprazsız yapı modelleri sadece kıyaslama amacıyla kullanılacaktır.



Şekil 5. Çaprazlı çerçeve 1'e ait statik itme eğrileri

Çizelge 3. Çaprazlı çerçeve 1'e ait analiz sonuçları

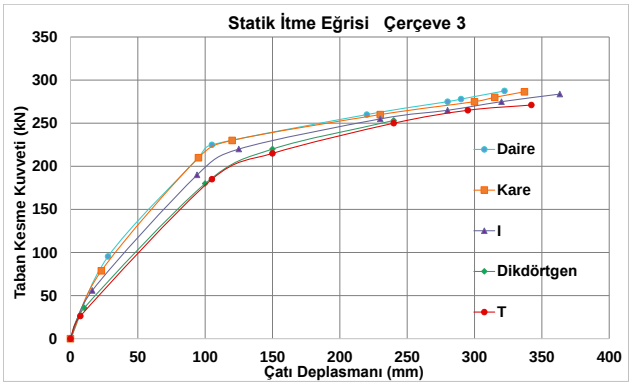
Çerçeve 1		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Çatı Depl. (mm)	R	μΔ	Rijitlik (kN/m)	Tokluk (kNm)
Daire	Elastik	118.6	9.9	2.53	12.12	1197.98	236.3
	Plastik	300	120				
Kare	Elastik	97.3	7.9	3.15	21.56	1231.65	331.7
	Plastik	306.4	170.3				
I	Elastik	68	5.3	4.35	49.15	1283.02	465.8
	Plastik	295.6	260.5				
Dik.	Elastik	42	2.8	6.20	64.68	1500.00	270.2
	Plastik	260.4	181.1				
T	Elastik	33	2.1	7.71	87.10	1571.43	260.3
	Plastik	254.5	182.9				



Şekil 6. Çaprazlı çerçeve 2'e ait statik itme eğrileri

Çizelge 4. Çaprazlı çerçeve 2'e ait analiz sonuçları

Çerçeve 1		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Çatı Depl. (mm)	R	μΔ	Rijitlik (kN/m)	Tokluk (kNm)
Daire	Elastik	120.2	9	3.03	30.59	1335.56	649.9
	Plastik	363.9	275.3				
Kare	Elastik	98.7	7.2	3.53	40.58	1370.83	640.7
	Plastik	348.4	292.2				
I	Elastik	69.1	4.7	1.18	1.55	1470.21	3.58
	Plastik	81.2	7.3				
Dik.	Elastik	43.1	2.5	6.19	86.96	1724.00	333.4
	Plastik	266.7	217.4				
T	Elastik	34.6	1.8	7.55	124.6	1922.22	329.3
	Plastik	261.1	224.3				



Şekil 7. Çaprazlı çerçeve 3'e ait statik itme eğrileri

Çizelge 5. Çaprazlı çerçeve 3'e ait analiz sonuçları

Çerçeve 1		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Çatı Depl. (mm)	R	μΔ	Rijitlik (kN/m)	Tokluk (kNm)
Daire	Elastik	95.4	27.9	3.01	11.55	341.94	576.9
	Plastik	287.5	322.3				
Kare	Elastik	78.7	22.9	3.64	14.72	343.67	582.7
	Plastik	286.5	337.1				
I	Elastik	56	16.2	5.07	22.43	345.68	594.3
	Plastik	283.8	363.3				
Dik.	Elastik	35.7	10.2	7.68	37.94	350.00	585.3
	Plastik	274	387				
T	Elastik	26.2	7.3	10.4	53.30	358.90	572.3
	Plastik	273.1	389.1				

4. Değerlendirme ve Tartışma

Elde edilen verilere göre diyagonal merkez çelik çaprazla oluşturulan çerçevelerde rijitlik artışını sağlamıştır. Buna bağlı olarak başlangıçta çaprazsız çerçevelerde birinci serbest titreşim periyodu sırasıyla 0.285 s, 0.224 s ve 0. 295 s iken çaprazlı çerçevelerde bu değerler sırasıyla 0.113 s, 0.097 s, ve 0.226 s olmuştur.

Çaprazsız sistemin deplasman süneklikleri dikkate alındığında, çaprazlı sistemlerde sadece çerçeve 2'de kullanılan I-kesitli çaprazlı durumda süneklik artışına sebep olmamıştır. Bunun dışında bütün sistemlerde süneklilik artışı farklı oranlarda da olsa görülmüştür. Ancak bütün çerçevelerde, belirgin düzeyde süneklik artışına sebep olan kesit türünün T kesit olduğu gözlemlenmiştir.

TDY 2007'de geçen taşıyıcı sistem davranış katsayıları da çelik çaprazların kullanılmasıyla beraber artmıştır. Bu anlamda katsayıların artışı en net ve belirgin olarak dikdörtgen ve T kesitler için olmuştur.

Her bir çerçeveye yukarıda açıklanan rijitlik, süneklilik ve taşıyıcı sistem davranış katsayılarındaki artış dikkate alınarak ayrı ayrı incelendiğinde;

- Çerçeve 1 için; R taşıyıcı sistem davranış katsayısı başlangıçta 1.75 iken çaprazların eklenmesiyle 0.44-3.4 kat değişim göstererek 2.53 ile 7.71 arasında değişen sayılara kadar artmıştır. Deplasman sünekliği başlangıçta 4.6 iken 1.63-17.93 kat artarak 12.12-87.10 değerlerine ulaşmıştır. Rijitlik ise çaprazsız durumda 146.9 kN/m iken çaprazlı durumda 7.16-9.7 kat artarak 1198-1571.4 kN/m değerlerine kadar artış göstermiştir. Bu sonuçlara bakıldığında artışın en düşük performanstan en iyi performansa doğru kesit sıralaması daire, kare, I, dikdörtgen ve T şeklindedir.
- Çerçeve 2 için, R taşıyıcı sistem davranış katsayısı başlangıçta 1.79 iken çaprazların eklenmesiyle 0.69-3.22 kat değişim göstererek 3.03 ile 7.55 arasında değişen sayılara kadar artmıştır. Ancak mevcut çaprazların I kesit olması durumunda R katsayısı %34 azalarak 1.18'e düşmüştür ve performans açısından kayıp olarak gözlemlenmiştir. Deplasman sünekliği başlangıçta 6.74 iken 3.54-17.49 kat artarak 30.53-124.6 değerlerine ulaşmıştır. Diğer kesitlerden farklı olarak I kesitin kullanıldığı durumlarda ise süneklik %77 azalarak 1.55 olarak tespit edilmiştir. Rijitlik ise çaprazsız durumda 121.1 kN/m iken çaprazlı durumda 10-14.87 kat artarak 1335.56-1922.2 kN/m değerlerine kadar artış göstermiştir. Diğer parametrelerde olduğu gibi I kesit için herhangi bir rijitlik kaybı söz konusu olmamıştır. Elde edilen bu verilere göre en düşük performanstan en iyi performansa doğru kesit sıralaması daire, I, kare, dikdörtgen ve T şeklindedir.
- Çerçeve 3 için, R taşıyıcı sistem davranış katsayısı başlangıçta 2.04 iken çaprazların eklenmesiyle 0.48-4.1 kat değişim göstererek 3.01 ile 10.4 arasında değişen sayılara kadar artmıştır. Deplasman sünekliği başlangıçta 4.95 iken 1.33-9.77 kat artarak 11.55-53.30 değerlerine ulaşmıştır. Rijitlik ise çaprazsız durumda 138.3 kN/m iken çaprazlı durumda 1.47-1.7 kat artarak 341.9-358.9 kN/m değerlerine kadar artış göstermiştir. Bu sonuçlara bakıldığında artışın en düşük performanstan en iyi performansa doğru kesit sıralaması daire, kare, I, dikdörtgen ve T şeklindedir.

Sonuç olarak diyagonal merkezi çelik çaprazlı çerçeve yapılmak istendiğinde T kesitlerin yapısal performansı rijitlik, süneklik ve dayanım gibi deprem anında yapıdan istenen en önemli üç özellik açısından daha iyi sonuçlar vermiştir. Özellikle düşeyde düzensiz yapılarda ise süneklik açısından meydana gelen artış düzenli yapıya göre daha yüksek olmuştur. Bu sonuçlara dayanarak mevcut durumda herhangi bir mühendislik hizmeti almadan inşa edilmiş, düşeyde düzensiz, şartname bakımından daha zayıf olan yapılarda bu tür elemanların daha iyi performans seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir. Bu anlamda bu tür kesitlerin kullanılması yönetmeliklerde geçen performans düzeylerini sağlamak ve daha ekonomik kesitlerle daha verimli tasarım yapmak adına tercih edilmelidir.

Kaynaklar

[1] Güneyisi, E.M., Altay, G.,Seismic behavior of an R/C frame retrofitted by eccentric steel bracing, Sixth International Congress on Advances in Civil Eng., Bogazici Universitesi, Istanbul, 6-8 October 2004.

[2] Korkmaz, Çelik Çapraz Elemanlarla Güçlendirilen Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi. Doğuş Üni.Dergisi, 8 (2), 191-201, 2007.

[3] Kawamata, S. Ohnuma, M., Strengthening effect of eccentric steel braces to existing reinforced concrete frames. Proceeding of 2nd Seminar on Repair and

Retrofit of Structures, Ann Arbor, Michigan, National Science Foundation, pp.262-269, 1981.
[4] D. M. Patil and K. K. Sangle, Seismic Behaviour of Different Bracing Systems in High Rise 2-D Steel Buildings, Structures, vol.3, pp. 282-305, 2015.
[5] Abou-Elfath, H., Ghoborah, A. Behaviour of reinforced concrete frames rehabilitated with concentric steel bracing. Canadian Journal of Civil Engineering. Vol. 27, pp.433-444, 2000.
[6] Abou-Elfath, H., Ghobarah, A. Rehabilitation of a reinforced concrete frame using eccentric steel bracing, Engineering Struc.,vol. 23, pp.745-755, 2001.
[7] Nouri GR, Kalesar HI, Ameli Z., The applicability of the zipper strut to seismic rehabilitation of steel structures. World Acad Sci Eng Technol; 58:402–5, 2009.
[8] D'Aniello M, GLM A, Portioli F, Landolfo R. Modelling aspects of the seismic response of steel concentric braced frames. Steel Compos Structural International Jorunal;15(5): 539–66, 2013.
[9] Çileli, Çok Katlı Çelik Yapılarda Çaprazlı Çerçeve Sistemlerin DBYBHY 2007'ye göre Tasarımı ve süneklik düzeylerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya üniversitesi, 2008.
[10] Akbaş, Endüstriyel Çelik Yapıların Sismik Detaylandırılması. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ODTÜ, Ankara, Ekim 2011.
[11] TDY 2007. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakan., 2007.
[12] Aydınoglu N., A response-spectrum based nonlinear assessment tool for practice: Incremental response spectrum analysis (IRSA), ISET Journal of Earthquake Technology, 481(44): 169–192, 2007.
[13] Chopra A.K., Goel R.K., Modal Pushover Analysis of Sac Buildings, California, (2001)
[14] H. Krawinkler ve G. Seneviratna, Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation, Engineering Structures, pp. 452-464, 1998.

DOĞAL SAHA KOŞULLARINDA AÇIK HENDEK YÖNTEMİYLE BİNA TİTREŞİMLERİN AZALTILMASI

SITE TESTS ON REDUCTION OF BUILDING VIBRATIONS BY USING OPEN TRENCH

Hüseyin Serdar KÜYÜK[a,b], Erkan ÇELEBİ[c] ve Fatih GÖKTEPE[d]

[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: skuyuk@sakarya.edu.tr
[b] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr
[c] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: ecelebi@sakarya.edu.tr
[d] Bartın Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: fgoktepe@bartin.edu.tr

Özet

Deprem yer hareketi dışındaki insan yapısı üretilen yüksek frekanslı titreşim kaynaklarının (ağır makine temelleri, yoğun ve hızlı trafik akış yükleri, masif inşaat aktiviteleri, patlamalar vb.) yayılma alanında oluşturduğu titreşim enerjisinin büyük bir bölümü Rayleigh yüzey dalgaları tarafından yapıya taşınmaktadır. Zemin titreşimlerinin yayılma alanında ve korunacak yapı çevresinde azaltmak için düşey veya yatay konumlandırılmış dalga bariyer uygulamaları inşaat mühendisliği çözümleri arasında yer almaktadır.

Bu çalışmada açık hendek tipi pasif dalga bariyer uygulamasının dalga yayılımına etkisi bina ve serbest zemin yüzeyinde titreşim kaydı alınarak ölçülmüştür. Yapay dinamik yük kaynağından üretilen titreşimler yalıtımlı ve yalıtımsız saha koşulları için seçilmiş gözlem noktalarında ayrı ayrı incelenmiştir. Örnek dalga bariyer modelinin performansı spektrum eğrileri üzerinden gösterilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kompaktör, açık hendek, bina titreşimleri, serbest zemin hareketi, spektrum eğrileri

Abstract

The high frequency vibration energy in wave propagation path induced by not earthquake but human made activities such as heavy machine foundations, density traffic loads, massive construction and blast activities are transmitted to the structures mostly by Rayleigh waves. Applying vertical or horizontal wave barriers is used in civil engineering as an alternative solutions to reduce the soil vibrations in the wave propagation region and surrounding of the structures to be protected.

In this study, the effect of an open trench type passive barrier model on the wave propagation is assessed by obtaining the free field and building vibration measurements. The vibrations generated by artificial dynamic load source were examined separately for both insulated and uninsulated site conditions for chosen location of interests. The performance of the wave barrier is shown by using spectrum curves

Keywords: Compactor, open trench, building vibration, free field motion, spectrum curves

1. Giriş

Konfor bozucu ve hasar yapıcı yapısal titreşimlerin insan ve yapılar üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için dinamik yük kaynağı ile korunacak yapı arasına, titreşim enerjisini doğrudan yayılma alanında sönümleyen dalga bariyer modellerinin performansının doğal saha koşullarında incelenmesi inşaat mühendisliğinin önemli bir uğraş alanı olmuştur. Özellikle son çeyrek asırda gerçekleştirilen çalışmalar yüksek hızlı trenlerin yakın çevre yapılarda oluşturduğu kuvvetli titreşimlerin azaltılmasına odaklanmıştır.

Günümüzde inşaat mühendisliği uygulamalarında açık hendek ve içi farklı malzemelerle doldurulmuş hendek tipi dalga bariyerleri, deprem yer hareketi dışında insan yapısı üretilen büyük genlikli zemin yüzeyi titreşimlerinin azaltılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Böylece dinamik yüklerin neden olduğu kuvvetli yer titreşimlerinin zemin ortamında yayılmasında, dalgaların soğurulmasını, yansımasını veya kırılmasını sağlayarak etkilerini azaltmak ve geciktirmek, dalganın yapıya etkili bir şekilde ulaşmasını engellemek mümkün olmaktadır.

Titreşim problemlerinin yaşandığı yumuşak zeminlerde, düşey [1-8] ve yatay konumlandırılmış dalga bariyer uygulamalarının [9-14] yalıtım performanslarıyla ilgili literatürde sonlu eleman, sınır eleman ya da sınır integral yöntemlerine dayalı önemli sayıda teorik çalışma mevcuttur. Ayrıca gerçek tren yükü yerine yapay yük kaynağından harmonik titreşim dalgaları üretilerek sahada küçük ölçekli modeller üzerinden deneysel çalışmalar yapılmıştır [15-20].

Bu çalışmada açık hendek tipi pasif dalga bariyer modelinin yalıtım performansı bina ve serbest zemin yüzeyinde titreşim kaydı alınarak ölçülmüştür. Yapay dinamik yük kaynağından üretilen titreşimlerin soğurması, yalıtımlı ve yalıtımsız saha koşulları için seçilmiş gözlem noktalarından elde edilen spektrum eğrileri üzerinden değerlendirilmiştir.

2. Yöntem

Dinamik yük kaynaklarının ürettiği titreşimlerin zemin ortamında yayılmasında, dalgaların soğurulmasını, yansımasını veya kırılmasını sağlayarak etkilerini azaltmak ve geciktirmek, dalganın yapıya kuvvetli bir şekilde ulaşmasını engellemek mümkün olabilmektedir. Dalga

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

bariyerlerinin titreşim kaynağının yakınına yerleştirilmesi aktif yalıtım yapıldığını, korunacak yapının yakınında yer alması ise pasif yalıtım yapıldığını göstermektedir.

Çalışmanın ilk aşamasında serbest yüzey yer hareketinin oluşturduğu titreşimleri yayılma alanında azaltmak için herhangi bir önlem alınmadan (yalıtımsız durum) serbest zemin ve bina titreşimleri üç eksenli ivmeölçerlerle saha koşullarında kayıt altına alınmıştır (Şekil 1). Sonraki aşamada ise yapay bir kompaktörün meydana getirdiği enerji dalgalarının yayılma yoluna 0.51m derinliğinde içi boş hendek açılarak (kesit alanı=0.2295m^2) pasif yalıtım durumu incelenmiştir (Şekil 2).



Şekil 1. Çalışma sahasının genel yapısı (yalıtımsız durum)

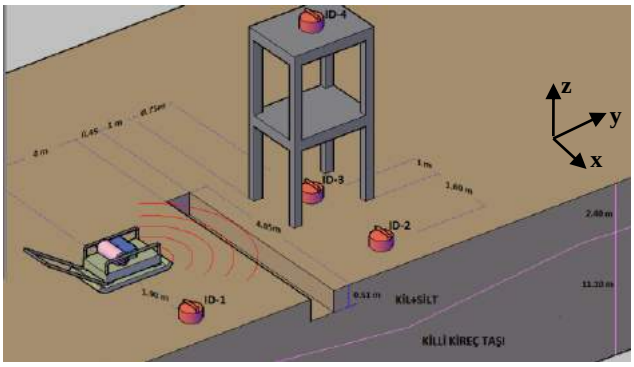
Bu çalışmada, titreşim dalgaları oluşturmak için 73-75 Hz frekans aralığında çalışan 46 KN düşey yük kapasiteli kompaktör kullanılmıştır. Zemin ortamıyla birlikte sismik davranışı incelenen yapı iki katlı 4 m yüksekliğinde olup, çift doğrultuda sürekli 0.5x0.5 m'lik temel kirişi üzerine inşa edilmiştir. Üstyapının kolonları 0.15x0.20 m ve kirişleri 0.15x0.25 m boyutlarına sahip olup döşeme kalınlığı 0.15 m'dir (Şekil 1 ve 2).



Şekil 2. Titreşim etkilerinin azaltılması (pasif yalıtım durum)

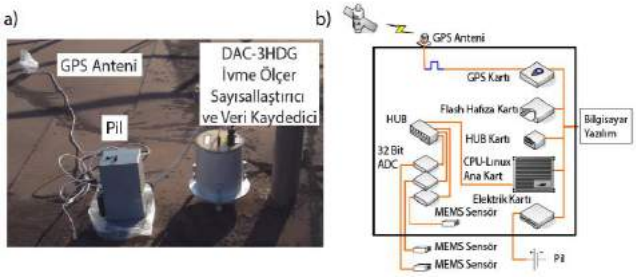
Çalışmada, insan yapısı üretilen yüksek frekanslı titreşim kaynağının oluşturduğu kuvvetli dalgaların zemin ortamında yayılışının incelenebilmesi amacıyla arazi koşullarında sismik deneyler yapılmıştır. Binanın oturduğu zemin ortamı iki katmanlı olup, ilk 2.40 m'lik derinlik killi-silt ve sonraki 11.10 m'lik derinlik ise killi kireç taşı zemin yapısına sahiptir. Rayleigh yüzey dalgasının yayılımı açısından önemli olan ilk katman, 2007 Deprem Yönetmeliğinde Z2 zemin sınıfı olarak tanımlanmıştır.

Araştırma sahasında kullanılan üç eksenli ivmeölçerlerin yerleştirildiği ölçüm noktaları dinamik yük kaynağının yakınında, serbest zemin yüzeyi ile binanın zemin ve üst katı şeklinde düzenlenmiştir. Titreşim etkilerinin kayıt altına alındığı gözlem noktalarının konumu Şekil 3'de gösterilmiştir. Böylece dinamik yük kaynağının meydana getirdiği kuvvetli yer hareketlerinin sebep olduğu yapısal titreşimler ile serbest yüzey titreşim kayıtları yalıtımlı ve yalıtımsız durumlar için zemin koşullarına göre dalga yayılımı açısından incelenmiştir.



Şekil 3. Çalışma sahasının genel şematik yapısı

Çalışma kapsamında kullanılan ivmeölçerler çok düşük gürültü seviyelerine sahip, üç eksenli Capacitive Force Micro-machined sensörler ile zayıf titreşim hareketlerini ölçebilen, DAC-3HDG tipi 32 bit yüksek çözünürlüklü ivmeölçerlerdir. Saha ölçümlerinde kullanılan cihazlar: GPS anteni, enerji kaynağı ve ivmeölçer ana kutusu olmak üzere üç temel parçadan oluşmaktadır (Şekil 4). GPS anteni ve enerji kabloları ivmeölçere iki kablo yardımı ile bağlanırlar. Ana kutunun içinde üç tane MEMS sensörü, ADC sayısallaştırıcı ve ivmelerin kayıt altına alındığı bellek vardır.

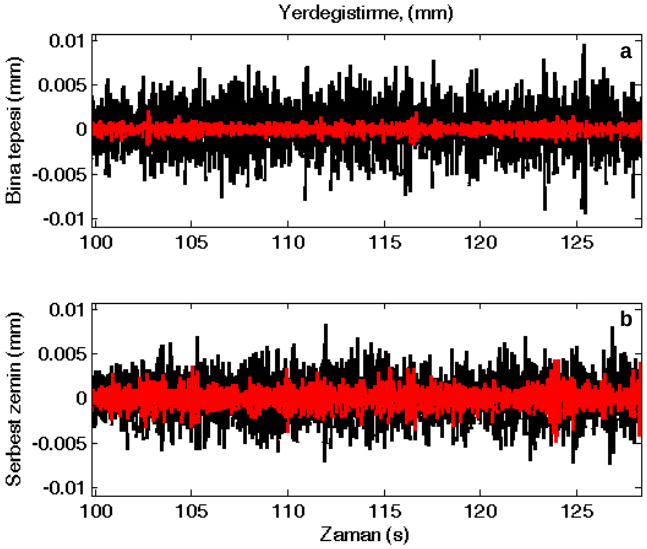


Şekil 4 a) İvmeölçer setinin arazide uygulanması b) İvmeölçer sayısallaştırıcı ve veri kaydedicinin iç dizaynı

3. Bina ve Serbest Zemin Titreşim Kayıtlarının Değerlendirilmesi

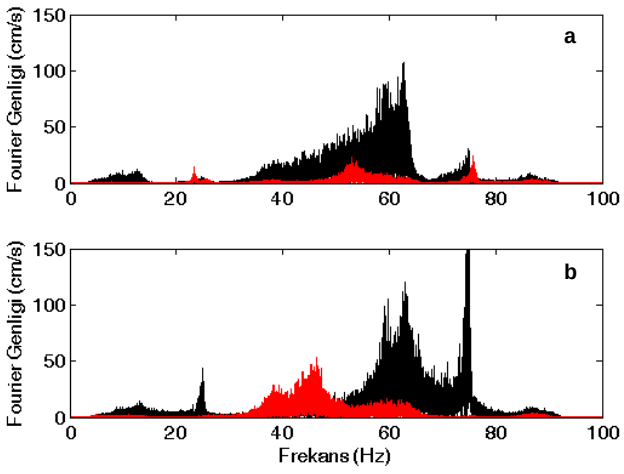
Bina tepe noktasına yerleştirilmiş ID-4 olarak tanımlanan ivmeölçerlerden alınan y doğrultusu titreşim kayıtlardan, bu noktanın yatay yer değiştirme zaman geçmişi yalıtımlı ve yalıtımsız saha koşulları için ayrı ayrı elde edilmiştir (Şekil 5a). Buradan anlaşılıyor ki açık hendek tipi pasif yalıtım uygulaması yapının yatay doğrultudaki titreşimini doğal saha koşullarına göre önemli derecede azaltmıştır.

Yalıtımsız duruma göre dinamik yük kaynağının ürettiği maksimum yapısal titreşimler 0.085 mm iken, yalıtımlı durumda ölçülen değer 0.017 mm'dir. Serbest zemin titreşim kayıtlarından (ID-2) da söz konusu yalıtımın %50 civarında yararı gözlemlenmektedir (Şekil 5b). Ayrıca bina tepe noktası ve serbest zemin için elde edilen hız spektrum eğrileri yalıtımlı ve yalıtımsız saha koşulları için karşılaştırmalı olarak sunulmuştur (Şekil 5b).



Şekil 5. a) Serbest zemin b) bina tepe noktasında elde edilen yerdeğiştirme değerleri (Siyah çizgiler yalıtımsız, kırmızı çizgiler yalıtımlı durumu göstermektedir)

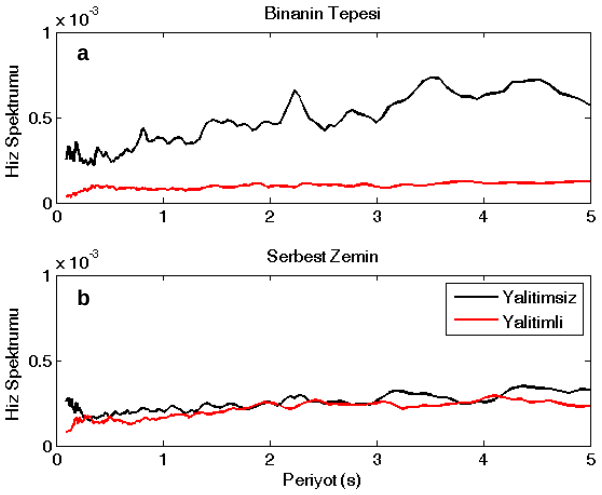
İvme kayıtlarından elde edilen verilerin Hızlı Fourier dönüşümü sonucu hesaplanan frekans içerikleri incelenmiştir (Şekil 6). Şekil 6a'da bina tepe noktasındaki frekans içeriği, Şekil 6b'de ise serbest zemindeki frekans içeriği gösterilmiştir. Kırmızı çizgi yalıtımlı durumdaki ivme değerlerinin frekans içeriği iken, siyah ile gösterilen çizgi yalıtımsız durumdaki frekans içeriğini göstermektedir. Yapı tepe noktasındaki frekans genlikleri tüm bant boyunca azalmaktadır. Özellikle 40-65 Hz bandındaki titreşim kaynağının frekans genliklerinde yaklaşık olarak %90 mertebelerinde azalma gözlenmiştir. 75 Hz civarındaki frekans içeriğinde neredeyse azalma olmaması, açık hendeğin bu bantta az miktarda bir yalıtım yaptığını göstermektedir.



Şekil 6. a) Serbest zemin b) bina tepe noktası ivme değerlerine ait Fourier genlik spektrumu

Şekil 6b incelendiğinde serbest zeminde görünen frekansların neredeyse bütün frekans bantlarında yalıtım yapıldığını görülmüştür. Sadece 40-50 Hz bandında, yalıtımsız duruma göre daha fazla frekans genlikleri oluşmuştur. Burada, deney yapılan sahanın farklı zemin katmanlarına sahip olmasından dolayı bu bantta bir büyütme oluşmuştur.

Yapıda ve serbest zeminde elde edilen ivme kayıtlarının hız spektrumları ayrıca karşılaştırılmıştır (Şekil 7). Şekildeki siyah çizgiler açık hendek olmadığı durumdaki kayıtlardan elde edilen spektrum iken, kırmızı çizgiler ise açık hendek ile yalıtım uygulanan durumu göstermektedir. Açık hendeğin hız spektrum değerlerinin azalmasında binanın tepesinde, serbest zemine göre çok daha etkin olduğu görülmüştür. Açık hendek uygulamasıyla yapısal titreşimlerde ortalama hız değeri yaklaşık olarak %80-90 oranında düşerken, serbest zeminde bu değer büyük periyotlu yapılar için %20-25 oranında azalmaktadır (Şekil 7a-b).



Şekil 7. a) Serbest zemin b) bina tepe noktasına ait hız spektrum eğrileri

4. Sonuçlar

Bu çalışmada açık hendek tipi pasif dalga bariyer modelinin yalıtım performansı bina ve serbest zemin yüzeyinde titreşim kaydı alınarak ölçülmüştür. Genel anlamda, açık hendek tipi pasif yalıtım uygulaması yapının yatay doğrultudaki titreşim etkilerini yalıtımsız duruma göre önemli derecede azaltmıştır. Bununla birlikte, serbest zeminde görünen titreşim frekans değerlerinin neredeyse bütün frekans bantlarında yalıtım yapıldığı tespit edilmiştir. Açık hendek tipi bariyer modeli ile hız spektrum değerlerinin azalmasında ise, bina tepe noktasında meydana gelen titreşimlerin serbest zemine göre daha etkili olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan ivmeölçerlerin alımı, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından Merkezi Araştırma Laboratuvarı kapsamındaki DPT 2011K120350 proje no ile desteklenmiştir. Yazarlar bu destekten dolayı teşekkürlerini sunarlar. Ayrıca saha çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Lütfü İhsan Akpunar, Engin Pullu, Serhat Tatlı, Beyzanur Ceylan'a teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

[1] Jones C.J.C., Block, J.R., Prediction of ground vibration from freight trains, Journal of Sound and Vibration, 193/1:205–213,1996.

[2] Pflanz, G., Hashimoto, K., Chouw, N., Reduction of structural vibrations induced by a moving load, Journal of Applied Mechanics, 5:555–563, 2002.

[3] El Naggar, M.H., Chehab, A.G., Vibration barriers for shock-producing equipment, Canadian Geotechnical Journal, 42:297–306, 2005.

[4] Buonsanti, M., Cirianni, F., Leonardi, G., Santini, A., Scopelliti, F., Mitigation of railway traffic induced vibrations: the influence of barriers in elastic half space, Hindawi Publishing Corporation, Advances in Acoustics and Vibration, 2009/2009:1-7, 2009.

[5] Howard, I.L., Warren, K.A., Finite-element modeling of instrumented flexible pavements under stationary transient loading", Journal of Transportation Engineering, 135/2:53-61, 2009.

[6] Göktepe, F., Yüksek Hızlı Trenlerin Çevre Yapılarda Oluşturduğu Titreşimlerin Önlenmesi İçin Bariyer Sistemlerin Etkinliğinin Parametrik Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, Türkiye, 2013.

[7] Çelebi, E., Kırtel, O., Aktaş, M., Mitigation of The Effects of Vibrations Induced By High Speed Trains on Surrounding Buildings, Journal of The Faculty of Engineering and Architecture Of Gazi University , 28/2: 321-332, 2013.

[8] Chiang C.H., Tsai P.H., A Numerical Study of the Screening Effectiveness of Open Trenches for High-Speed Train-Induced Vibration", Hindawi Publishing Corporation Shock and Vibration, 2014/2014:1-11, 2014.

[9] Chouw, N., Le, R., Schmid, G., Propagation of vibration in a soil layer over bedrock, Engineering Analysis with Boundary Elements, 8/3:125-131, 1991.

[10] Chouw, N., Wave propagation from the source via the subsoil into the building, Proceedings of the 1st. International Workshop Wave'94 and Reduction of Vibrations, Berg-Verlag GmbH, Bochum, Germany, 33-46. 1994.

[11] Takemiya, H., Lineside ground vibrations induced by high-speed train passage, Workshop on Effect of High-Speed Vibration on Structures and Equipment, Dept. Civil Eng., Nat. Cheng Kung Univ., Tainan, Taiwan, R.O.C., 43-49, 1998a.

[12] Takemiya, H., Paraseismic behavior of wave impeding block measured for ground vibration reduction, Workshop on Effect of High-Speed Vibration on Structures and Equipment, Dept. Civil Eng., Nat. Cheng Kung Univ., Tainan, Taiwan, R.O.C., 51-56, 1998b.

[13] Chouw, N., Pflanz, G., Impediment of wave propagation from a moving source via the subsoil into the building, Wave 2003, Chouw&Schmid (eds), Balkema, Rotterdam, 101-111, 2003.

[14] Göktepe F., Çelebi E., Vibration reduction on surrounding buildings induced by high speed trains, Vienna Congress on Recent Advances in Earthquake Engineering and Structural Dynamics (VEESD 2013), C. Adam, R. Heuer, W. Lenhardt & C. Schranz (eds), Vienna, Austria. 2013.

[15] Barkam, D.D., Dynamics of Bases and Foundations. New York, NY, USA: McGraw-Hill, 1962.

[16] Woods, R.D., Screening of surface waves in soils, Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, 94/4:951–979, 1968.

[17] Ahmad, S., Al-Hussaini, T.M., Simplified design for vibration screening by open and infilled trenches, Journal of Geotechnical Engineering, 117/1:67-88, 1991.

[18] Ju, S.H., Lin, H.T., Experimentally investigating finite element accuracy for ground vibration induced by high-speed trains, Engineering Structures, 30:733-746, 2008.

[19] Çelebi, E., Firat, S., Beyhan, G., Cankaya, I., Vural, I., Kirtel, O., Field experiments on wave propagation and vibration isolation by using wave barriers" , Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 29:824-833, 2009.

[20] Ülgen, D., Toygar, O., Investigation on Vibration Isolation Performance of Open Trench Barriers Under Impact Loading", in Geotechnical Engineering: International Civil Engineering & Architecture Symposium for Academicians (ICESA 2014), Antalya, Turkey, 73-80, 2014.

ÇELİK ÇAPRAZLARLA GÜÇLENDİRİLEN BETONARME ÇERÇEVELERİN FARKLI ZEMİN SINIFLARINDA PERFORMANS DEĞERLENDİRİLMESİ

PERFORMANCE EVALUATION OF REINFORCED CONCRETE FRAMES STRENGTHENED WITH STEEL BRACES IN DIFFERENT SOIL CLASS

Hakan ÖZTÜRK, Gökhan DOK, Aydın DEMİR ve Naci ÇAĞLAR

[a]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: hakanozturk@sakarya.edu.tr
[b]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: gdok@sakarya.edu.tr
[c]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: aydindemir@sakarya.edu.tr
[d]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: caglar@sakarya.edu.tr

Özet

Betonarme yapılar için birçok farklı güçlendirme yöntemi bulunmaktadır. Bunlar içerisinde en yaygın kullanılanı ve bilineni betonarme ve çelik olarak tasarlanan taşıyıcı sistem perdeleridir. Betonarme perdeler yapının ağırlığını ve dolayısı ile deprem yükünü artırmaktadır. Çelik çaprazlar kullanılarak yapılan güçlendirmeler ise betonarme perdelere kıyasla yapı ağırlığını ve deprem yükünü önemli ölçüde azaltmaktadır. Çalışmada kullanılan betonarme çerçeve sistem 5 açıklıklı olup 8 katlı ve 25 m yüksekliğinde seçilmiştir. Çerçeve sistemin kolon boyutları 250 x 600 mm, kiriş boyutları 250 x 500 mm olarak belirlenmiştir. Çelik çaprazlar için kesit geometrisi boru kesit olarak alınmıştır. Bu çalışmada farklı zemin sınıflarında yalın ve çelik çaprazlı 8 katlı betonarme yapılar statik tek modlu itme analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Performans analizleri SAP2000 paket programı kullanılmışıdır. Analiz sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak taşıyıcı sistemlere ait taban kesme kuvveti tepe yer değiştirme, kat yer değiştirmeleri ve göreli kat ötelemeleri eğrileri sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Çelik çapraz, Betonarme, Performans

Abstract

There are many different methods to strengthen reinforced concrete structures. Among these are the most commonly used and well-known is shear wall system designed as concrete and steel. Reinforced concrete shear walls are increase the weight of the structures and seismic loads. Reinforcement using steel braces are reduces the weight and seismic loads compared to using reinforced concrete shear walls significantly. The reinforced concrete frame system used in this study were selected 5 spans, 8 storey and 25 m height. Column sizes and beam sizes are determined as 250x600 mm and 250x500 mm respectively. It was taken as the cross-sectional geometry is pipe section for steel braces. In this study simple and steel braced 8 storey reinforced concrete structures were investigated in different soil class using pushover analysis method. SAP2000 package program was used for performance analysis. The data obtained from analysis results are used base shear force-displacement, story displacement and storey drifts curves belong the bearing systems are presented.

Keywords: Steel brace, Reinforced Concrete, Performance

1. Giriş

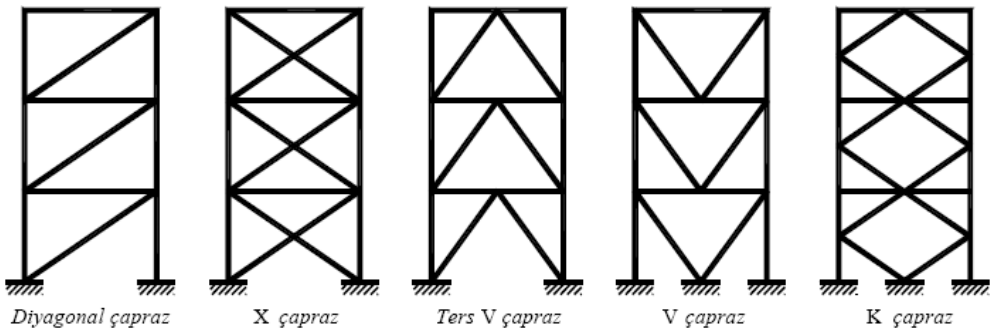
Mevcut ve hali hazırda bulunan betonarme yapıların deprem davranışlarının ve performans seviyelerinin iyileştirilebilmesi için birçok farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerden betonarme yapıların çelik çaprazlarla güçlendirmesi konusu literatürde de sıklıkla karşılaşılan bir uygulamadır. [1, 2, 3, 4, 5]. Betonarme yapıların güçlendirilmesinde çelik çaprazlarla yapılan betonarme yapı güçlendirilmesinde dikkat edilmesi gereken önemli hususlar bulunmaktadır. En önemli husus kolon-kiriş ve çapraz birleşimlerin doğru bir şekilde modellenmesidir. Kolon-Kiriş birleşimi moment aktaran rijit bir birleşim olarak modellenmesi gerektiği yapılan çalışmalarda belirtilmektedir [5]. Yatay yüklerden dolayı oluşan kuvvetlere karşı dayanım ve rijitlik sağlamak amacıyla kullanılan çelik çaprazlar merkezi ve dışmerkez çaprazlar olarak ikiye ayrılabilir. Bu çalışmada merkezi çaprazlı çerçevele sistemler incelenmiştir. Merkezi çaprazlı çerçeveler, eksantirisite oluşturmayacak şekilde kolon, kiriş ve çapraz elemanların birleştirilmesi ile oluşturulur. Bu sistemler, moment aktaran çerçevelerden daha fazla rijitlik ve dayanım sağlamaktadır. Çapraz elemanlar genellikle eksenel çekme ve basınç yükü etkisindedir. Merkezi çaprazlı çerçeve sistemlerinde çapraz elemanlar basınç kuvveti etkisinde burkulma sonucu, çekme kuvvetinde ise akma sonucu enerji tüketirler. Burkularak akma (basınç kuvveti) veya akma (çekme kuvveti) durumlarında, çaprazlar ile betonarme çerçevenin birleşim noktaları bu kuvvetleri karşılayarak taşıyıcı sistemin zarar görmesini engelleyecek şekilde tasarlanmalıdır. [6, 7, 8]. Şekil.1'de TDY2007'de önerilen merkezi çelik çapraz tipleri görülmektedir [9]. Bu çalışmada daha önce yapılan çalışmada belirlenen ve en iyi davranış gösteren X tipi çapraz kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan merkezi çelik çaprazlarla oluşturulan betonarme çerçeve sistem doğrusal olmayan analiz sonuçları dikkate alınarak deprem davranışları açısından karşılaştırılmıştır.

Böylelikle güçlendirilmiş çerçeve sistemlerin davranışları belirlenmiş ve çelik çapraz güçlendirmenin yapısal davranışa katkısı belirlenmiştir.

Dikkate alınan modeller Türk Deprem Yönetmeliğine [9] ve TS500 standartlarına göre boyutlandırılmıştır. Modellerin

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

elastik ötesi davranışları SAP2000 paket programı kullanılarak doğrusal olmayan statik artımsal itme analizleri ile gerçekleştirilmiştir [10].



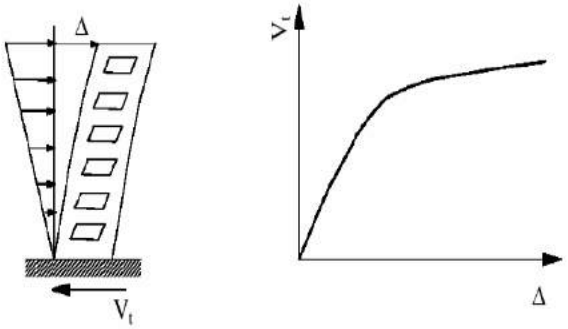
Şekil 1. Çelik çapraz tipleri

2. Genel Teori ve Metot

Taşıyıcı sistemlerin deprem yükleri gibi yatay yükler etkisinde nasıl davrandığının değerlendirilmesi için zaman tanım alanında dinamik analiz ve statik artımsal itme analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Statik artımsal itme analizi, taşıyıcı sistemlerinin yatay yükler etkisinde davranışını temsil eden yatay kuvvet-yer değiştirme ilişkisinin malzeme ve geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan teoriye göre dikkate alınmasına ve bu ilişkinin değerlendirilmesine dayanmaktadır [11].

Statik artımsal itme analizi, taşıyıcı sistemlerin deprem yükleri etkisi altında deprem yer değiştirme taleplerinin ve performanslarının belirlenmesinde dikkate alınan doğrusal elastik olmayan yöntemlerdendir. Statik artımsal itme analizi, teorik alt yapısı bilimsel olarak kabul edilmiş, kullanılabilir ve pratik bir analiz yöntemidir [12]. Bu yöntem yardımıyla taşıyıcı sistem elemanlarında oluşan hasarlar belirlenir. Ayrıca yapı içindeki kuvvet dağılımı, yapının davranışının değişimi gibi birçok veri elde edilebilmektedir [13].

Statik artımsal tek modlu itme (pushover) analizi, belirlenmiş bir yük dağılımı göz önüne alınarak yatay yükler şeklinde sisteme etki ettirilir. Yapı, bu yükler ile belirli bir limit değere kadar adım adım arttırılır. Böylece taşıyıcı sistem elemanları kapasiteye ulaştırılır. Bu limit değer, iki şekilde ortaya çıkabilir. Taşıyıcı sistemin yanal stabilitenin bozulması sonucu veya yapıyı mekanizma durumuna getiren yer değiştirme değerine ulaşılmasının ardından meydana gelebilir.

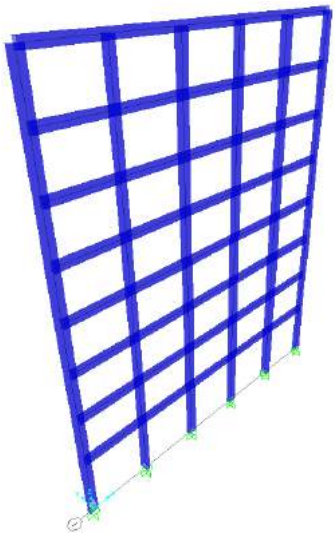


Şekil 2. İtme ve kapasite eğrisi [14].

Artımsal tek modlu itme analizinde her bir adım sonrasında, taşıyıcı sistem elemanlarındaki iç kuvvetler, yer değiştirmeler ve plastik deformasyonlar belirlenir. Bunun sonucu olarak yapının taban kesme kuvveti – tepe yer değiştirme ilişkisi yani kapasite eğrisi (pushover curve) oluşturulur (Şekil 2). Doğrusal elastik olmayan davranışı temsil eden bu eğri, doğrusal ötesi değişimi göstermektedir. [12, 14, 15].

3. Sayısal Çalışma

Çalışmada kullanılan 8 katlı betonarme çerçeve sistem TDY2007 tasarım kuralları dikkate alınarak belirlenmiştir. Taşıyıcı sistemi oluşturan kolon ve kirişler için beton basınç dayanımı 20 Mpa ve donatı akma dayanımı 420 Mpa olarak alınmıştır. Sistem açıklıkları 4 m olarak alınmış ve kat yükseklikleri zemin kat için 4 m üst katlar için 3 m olarak belirlenmiştir.

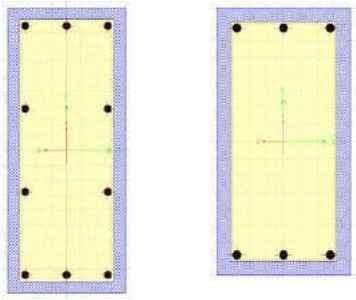


Şekil 3. Taşıyıcı sistem 3B görünüş.

Taşıyıcı sistem için bina önem katsayısı I=1 ve deprem bölgesi $A_0 = 0.4$ (1. derece deprem bölgesi) seçilerek TDY 2007'de tanımlanan 4 farklı zemin sınıfı dikkate alınmıştır (Şekil 3).

Kolon boyutları 250 x 600 mm ve kiriş boyutları 250 x 500 mm olarak alınmıştır (Şekil 4). Kolonlarda boyuna donatı

oranı minimum 0.01 ve maksimum 0.04 olacak şekilde (10Ø16), kirişlerde ise (3Ø16) düz ve (3Ø12) montaj donatısı seçilmiştir. Kolonlarda kullanılan etriye (Ø10/100) ve kirişlerde kullanılan etriye (Ø8/100) şeklindedir.



Şekil 4. Kolon ve kiriş kesiti.

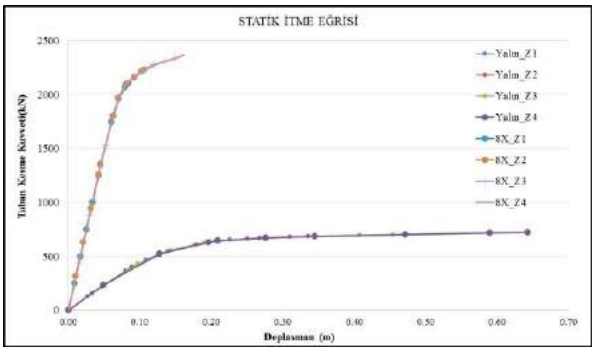
Taşıyıcı sistem elemanları oluşturulurken XTRACT paket programı kullanılmıştır. Mander beton modeli için sargılı ve sargısız durumlar her bir farklı kesit için dikkate alınarak moment eğrilik ilişkileri oluşturulmuştur. Böylece her bir kesite ait plastik mafsal özellikleri tanımlanmıştır. Kolonlarda kirişlerden farklı olarak moment eğrilik ilişkisi tanımlanırken eksenel kuvvet göz önüne alınmıştır. [17]. Beton ve donatı çeliği için TDY 2007'de verilen gerilme-birim şekil değiştirme eğrileri kullanılmıştır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, çelik çapraz elemanlar kullanılarak yapılan betonarme yapı güçlendirilmesinde çapraz elemanların yapının deprem performansına olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla mevcut yapı sistemlerini temsil etmesi amacıyla 5 açıklıklı 8 katlı betonarme çerçeve sistem dikkate alınmıştır. Güçlendirilmiş yapı sistemlerinin mevcut yapı sistemine göre yapısal davranışındaki değişim incelenmiştir. Çelik çapraz elemanların betonarme taşıyıcı sistemlerde kullanılması, yapının iç kuvvet dengesini önemli ölçüde etkilemektedir. Bu etkinin nasıl değiştiği çelik çapraz elemanların nasıl ve ne şekilde yerleştirileceği ile birebir ilişkilidir.

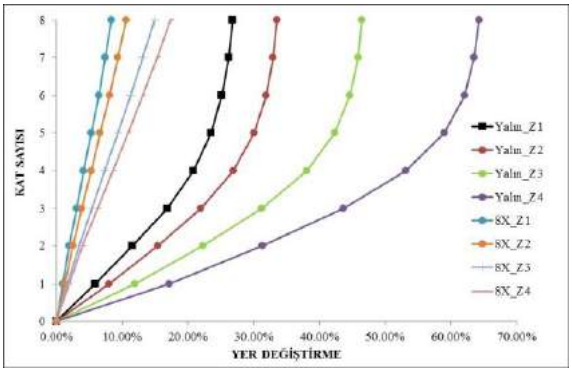
Yapılan analizler sonucunda 1, 3 ve 5. açıklıklara eklenen çelik çapraz elemanların çerçeve taşıyıcı sistemin statik itme (pushover) eğrisine olan katkısı Şekil 5'de sunulmuştur. Grafikte görülen yalın çerçeveler farklı zemin sınıflarına ait çelik çapraz elemanların bulunmadığı tamamen kolon ve kirişlerden oluşan çerçeve sistemi göstermektedir. Diğer taşıyıcı çerçeve sistemler ise farklı zemin sınıflarında üç farklı açıklığına bütün yapı yüksekliği boyunca yerleştirilen çapraz elemanlı sistemi temsil etmektedir.

Yapılan analizler sonucunda farklı zemin sınıflarında yalın ve çaprazlı taşıyıcı sistemler kıyaslanmıştır. Kıyaslama her bir çerçevenin yalın hali ve ait olduğu zemin sınıfı dikkate alınarak yapılmıştır. Farklı zemin sınıflarında, yalın halde ve 1, 3 ve 5. Açıklıklara yerleştirilen çapraz elemanlı sistemlerin taban kesme kuvveti tepe noktası yer değiştirme değerleri ve bu değerlerin yüzde değişimleri Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.



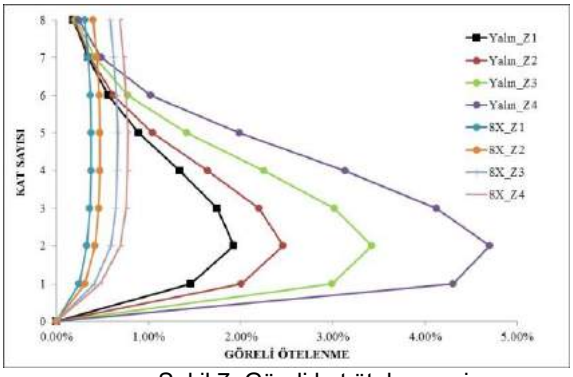
Şekil 5. Statik itme eğrisi.

Farklı zemin sınıflarında bulunan yalın ve çelik çaprazlı çerçeve sistemlere ait katlara göre değişen yer değiştirme değerleri Şekil 5'de grafik halinde verilmiştir. Buradan açıkça görülebileceği gibi çelik çapraz elemanların bulunması sonucu taşıyıcı sistem daha az yer değiştirme talebinde bulunmaktadır. Benzer şekilde zemin sınıfındaki değişime bağlı olarak göreceli olarak rijitliği daha az kabul ettiğimiz zemin sınıfında daha büyük yer değiştirme talepleri ortaya çıkmaktadır.



Şekil 6. Katlara göre yer değiştirme.

Yapılan analiz sonuçlarından elde edilen yer değiştirme değerleri dikkate alınarak katlar arasında oluşan göreli kat ötelemeleri farklı zemin sınıflarındaki yalın ve çelik çaprazlı çerçeve sistemler için grafik şeklinde Şekil 7'de sunulmuştur. Grafikten görülebileceği gibi çelik çapraz elemanların bulunması sonucu taşıyıcı sistem daha ötelenme talebinde bulunmaktadır. Benzer şekilde zemin sınıfındaki değişime bağlı olarak göreceli olarak rijitliği daha az kabul ettiğimiz zemin sınıfında daha büyük ötelenme talepleri ortaya çıkmaktadır.



Şekil 7. Göreli kat ötelenmesi.

Çizelge 2. Z1 Zemin sınıfına göre kıyaslama

	Yalın_Z1	Yalın_Z2	Yalın_Z3	Yalın_Z4	8X_Z1	8X_Z2	8X_Z3	8X_Z4
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	669.561	684.026	701.873	721.123	2106.274	2230.701	2335.258	2384.304
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.268	0.336	0.465	0.643	0.084	0.106	0.149	0.174
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0	2.16	4.83	7.70	214.58	226.11	232.72	230.64
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0	25.37	73.49	139.89	-68.67	-68.46	-67.96	-72.94

Çizelge 1. Zemin sınıflarına göre kıyaslama

	Yalın_Z1	Yalın_Z2	Yalın_Z3	Yalın_Z4	8X_Z1	8X_Z2	8X_Z3	8X_Z4
Maks Taban Kesme Kuvveti (kN)	669.561	684.026	701.873	721.123	2106.274	2230.701	2335.258	2384.304
Maks. Tepe Deplasman (m)	0.268	0.336	0.465	0.643	0.084	0.106	0.149	0.174
Taban Kesme Kuvvetinin Değişimi (%)	0	2.16	4.83	7.70	0.00	5.91	10.87	13.20
Tepe Deplasmanının Değişimi (%)	0	25.37	73.49	139.89	0.00	26.19	77.38	107.14

5. Değerlendirme

Farklı zemin sınıflarında yalın ve çelik çaprazlı çerçeve taşıyıcı sistemler üzerine yapılan çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. 1, 3 ve 5. açıklıklara yerleştirilen çelik çapraz elemanlar taşıyıcı sistemin yer değiştirme talebini azaltmış ve sistem performansını daha iyi hale getirmiştir.
2. Benzer şekilde 1, 3 ve 5. açıklıklara yerleştirilen çelik çapraz elemanlar taşıyıcı sistemin göreli kat ötelenme talebini azaltmış ve sistem performansını daha iyi hale getirmiştir.
3. Farklı zemin sınıflarında yapılan analizler sonucunda yalın ve çelik çaprazlı taşıyıcı sistemler zemin rijitliğinin azalmasına bağlı olarak daha büyük yer değiştirme ve ötelenme talebine maruz kalmışlardır.

Kaynaklar

[1] Kawamata, S. Ohnuma, M. Strengthening effect of eccentric steel braces to existing reinforced concrete frames. Proceeding of 2nd Seminar on Repair and Retrofit of Structures, Ann Arbor, Michigan, National Science Foundation. pp.262-269. 1981.

[2] Abou-Elfath, H., Ghoborah, A. Behaviour of reinforced concrete frames rehabilitated with concentric steel bracing. Canadian Journal of Civil Engineering. Vol. 27, pp.433-444. 2000.

[3] Abou-Elfath, H., Ghobarah, A. Rehabilitation of a reinforced concrete frame using eccentric steel bracing. Engineering Structures. vol. 23, pp.745-755. 2001.

[4] Güneyisi, E.M., Altay, G. Seismic behavior of an R/C frame retrofitted by eccentric steel bracing. Sixth International Congress on Advances in Civil Engineering, 6-8 October 2004 Bogazici Universitesi, Istanbul. 2004.

[5] Korkmaz, Çelik Çapraz Elemanlarla Güçlendirilen Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi. Doğuş üniversitesi dergisi, 8 (2) 2007, 191-201. 2007.

[6] Ay vd., Çaprazlı Çelik Çerçevelerin Sismik Performansı Üzerine Bazı Değerlendirmeler. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 26(1): 7-17. 2010.

[7] Çileli, Çok Katlı Çelik Yapılarda Çaprazlı Çerçeve Sistemlerin DBYBHY 2007'ye göre Tasarımı ve süneklik düzeylerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya üniversitesi. 2008.

[8] Akbaş, Endüstriyel Çelik Yapıların Sismik Detaylandırılması. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı 11-14 Ekim 2011 – ODTÜ – Ankara. 2011.

[9] TDY, 2007. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, 2007.

[10] SAP2000, Integrated Finite Element Analysis and Design of Structures Basic Analysis Reference Manual, Computers and Structures, Inc., California, 2012.

[11] TS 500, Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları. T.S.E, Ankara. 2000.

[12] Korkmaz, Merkezi Çaprazlı Çelik Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi, Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sayı 1, Cilt 26. 2008.

[13] R. Lawson, V. Vance ve H. Krawinkler, Nonlinear static push-over analysis - why, when and how?, Proceedings of. 5th US Conference on Earthquake Engineering, Chicago, 1994.

[14] Koçak, Seçilen bir kamu binasının doğrusal ötesi davranışında beton dayanımı ve etriye aralığının etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi, Denizli, 2007.

[15] O. Güngör, Mevcut bir karayolu köprüsnün doğrusal ve doğrusal olmayan yöntemler ile performans değerndirmesi, İstanbul: İstanbul Teknik Üniversitesi, 2010.

[16] H. Krawinkler ve G. Seneviratna, Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation, Engineering Structures, pp. 452-464, 1998.

[17] Xtract, Cross-sectional X structural analysis of components, Imbsen Software Systems, Sacramento, 2013.

PLANDA DÜZENLİ-DÜZENSİZ ÇOK KATLI MODEL YAPILARIN SARSMA TABLASI ÜZERİNDEKİ DEPREM PERFORMANSININ İNCELENMESİ

PERFORMANCE OF SCALED HIGH RISE BUILDING WITH AND WITHOUT HORIZANTAL STRUCTURAL IRREGULARİTİES ON A SHAKE TABLE

Muharrem AKTAŞ[a] , H. Serdar KÜYÜK[b, c] ve Zeynep YAMAN[d]

[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: muharrema@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: skuyuk@sakarya.edu.tr
[c] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr
[d] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: zdyaman@sakarya.edu.tr

Özet

Kent yaşamı için en önemli risklerden biri olan deprem afeti, binalardaki düzensizliklere bağlı olarak yapısal davranışı değiştirir. Türk Deprem Yönetmeliği (TDY-2007) yapılardaki düzensizlikleri, planda ve düşeyde sınıflandırmıştır. Planda düzensizlikler, burulma düzensizliği (A1), döşeme süreksizliği (A2) ve planda çıkıntıların bulunması (A3) şeklinde gruplandırılmıştır. Yönetmelik, taşıyıcı sistemin mümkün olduğu kadar planda simetrik veya simetriğe yakın düzenlenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu çalışmada, A3 düzensizliğinin etkisi sarsma tablası üzerinde yapılan model yapılar kullanılarak araştırılmıştır. Her iki asal eksen doğrultusunda simetrik aynı oturum alanına sahip iki model çok katlı yüksek bina tasarlanmıştır. Bunlardan dairesel kesitli olanda hiçbir düzensizlik bulunmamaktadır. Dairesel kesitli olmayan bina ise A3 düzensizliğine sahip olacak şekilde tasarlanmıştır. Çok katlı model iki yapı, sarsma tablasında El-Centro deprem kayıtlarıyla titreşime maruz bırakılmıştır. Yapılarda oluşan maksimum tepe yer değiştirmesi ve maksimum tepe ivmesi değerleri kıyaslanarak A3 düzensizliğinin ve farklı simetrik kesit alanlarının etkisi araştırılmıştır. A3 düzensizliği olmamasına rağmen dairesel planlı yapıda eğri kat kirişlerinden dolayı %41 daha fazla rölatif yerdeğiştirme olduğu gözlenmiştir. A3 düzensizliğinin bulunduğu model yapıda ise %8 daha fazla maksimum ivme değeri elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: plan geometrisi, yüksek katlı yapılar, planda düzensizlik, sarsma tablası

Abstract

Earthquake disaster, one of the highest risk to urban life can cause damages to the structure according to their structural irregularities. Turkish Earthquake Code (TEC-2007) classifies these structural irregularities as being in horizontal and in vertical. Horizontal structural irregularities are also grouped as torsional irregularity (A1), discontinuity of slab (A2) and slab overhangs (A3). Design code requires to have a design with either symmetric or close to symmetric in plan. In this study, the effect of A3 irregularity on structural behavior is investigated on shake table. Two high rise multiple story model structures with same cross sectional area having symmetry in both principal axes are designed. Model structure with circular cross plan is designed without any structural irregularities. On the other hand other model without circular plan is designed with A3 irregularity. Both of these two models are subjected to the El-Centro acceleration record on the shaking table. Effects of A3 irregularity and different symmetric plan geometry on the seismic performance of the structure is investigated by comparing peak displacement and acceleration recorded at the top story. Model building without A3 irregularity had 41% more relative displacement due its curved beams in the plan. Model with A3 irregularities had 8% more acceleration when it is compared with structure having no A3 irregularity.

Keywords: plan geometry, high rise building, horizontal structural irregularities, shaking table

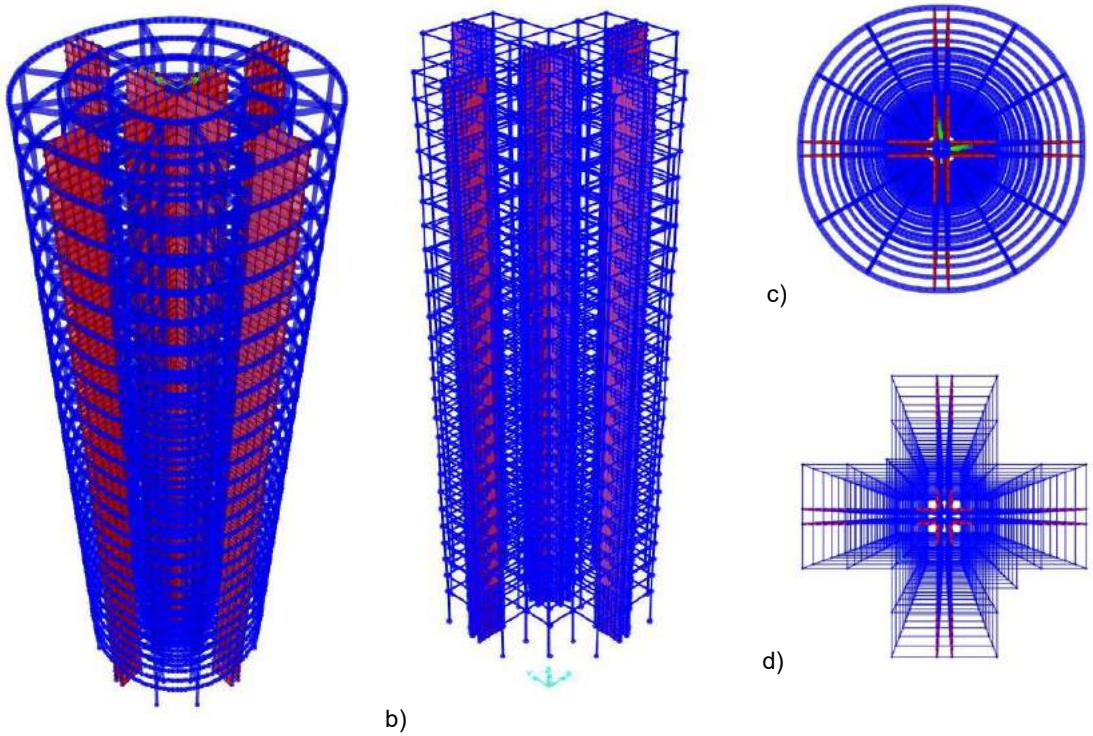
1. Giriş

Yaşanan depremler sonrasında hasar gören yapılar incelendiğinde, birçoğunun yıkılma sebebinin tercih edilen yanlış tasarımdan kaynaklandığı söylenebilir. Özellikle simetrik olmayan düzensiz kat planına sahip yapılarda bu etkiler daha çok gözlemlenmektedir. Bunlardan A3 olarak tanımlanmış planda çıkıntıların bulunması durumu, Türkiye'de uygulamada sıkça rastlanan bir düzensizlik türüdür. Bir yapı planı her iki asal eksende simetrik ve aynı zamanda A3 düzensizliğine sahip olabilir. A3 düzensizliği her iki asal eksende de TDY-2007'ye göre, bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların o katın aynı doğrultudaki toplam plan boyutlarının %20'sinden büyük olması şeklinde tanımlanmıştır. Literatürde, geometri ve rijitlik dağılımındaki düzensizliğin, yatay yükler altında yapı davranışına etkileri nümerik olarak incelenmiştir [1]. Ayrıca her iki eksende simetrik fakat planda çıkıntılar bulunması hali betonarme binaların farklı taşıyıcı sistemler için nümerik analizleri yapılmıştır [2].

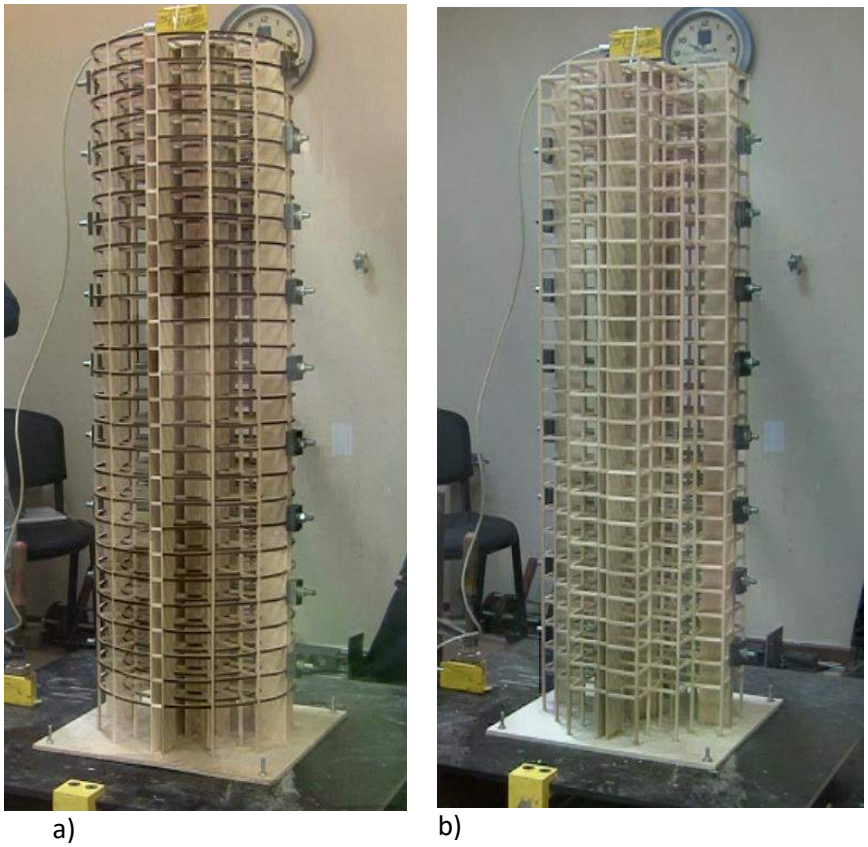
Benzer bir çalışma betonarme perde ve çerçevelerden oluşan yüksek yapılar için de yapılmıştır [3]. Simetrik geometri, rijitlik ve farklı taşıyıcı sistemlere sahip çok katlı yapıların düzensizliği çalışılmıştır [4]. Yapı yüksekliği ve bulunulan yerin depremselliği arttıkça taşıyıcı sistem seçiminde dikkat edilmesi gerekli hususlar, ve esaslar üzerinde de literatürde detaylı çalışmalar vardır [5]. Ancak bu çalışmaların büyük çoğunluğu deneysel ve dinamik yükler altında olmayıp, yapısal bilgisayar modellerine dayanan sayısal çalışmalardır. Bu çalışmada iki asal eksen doğrultusunda simetrik, aynı oturum alanına sahip, iki model

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

çok katlı yüksek bina sarsma tablası üzerinde El-Centro deprem kaydı ile zorlanarak A3 düzensizliğinin yapı davranışı üzerindeki etkisi araştırılmıştır



Şekil 1. Model yapıların boy ve kesit tasarımı a)Dairesel yapı boy görünüşü b)Dairesel olmayan yapı boy görünüşü c) Dairesel yapı plan kesiti d) Dairesel olmayan yapı plan kesiti



Şekil 2. Model yapıların deney düzeneği a) Dairesel yapı deney düzeneği b) Dairesel olmayan yapı deney düzeneği

2. Model Binalar

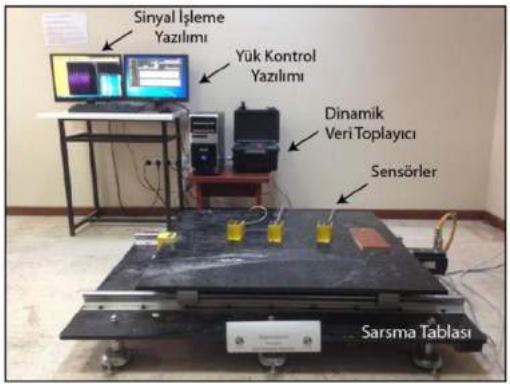
1/60 ölçeğinde perdeli-çerçeveli çok katlı iki adet model yapı tasarlanmıştır. Yapılar balsa ağacından çıtalar kullanılarak imal edilmiştir. Balsa çıtaları çok hafif olduğundan dolayı, hem bina ağırlığını temsil etmesi adına 3 katta bir yapıya 1.5 kg'lık ağırlıklar eklenerek toplu kütleli sistem davranışı elde edilmiştir. Plan geometrisi dairesel olan ve dairesel olmayan iki model tasarlanmıştır (Şekil 1). 27 kat olarak planlanan binalara ait özellikler Tablo1 de verilmiştir. Binalar sarsma tablasına ankastre bağlanmıştır (Şekil 2). Yapının tepe noktasına ve sarsma tablasına ivme ölçer yerleştirilerek titreşim kayıtları alınmıştır.

Çizelge 1 Model Yapıların Özellikleri

	Alan (m^2)	Ağırlık (kg)	Yapı Yüksekliği (m)
Planda dairesel yapı	0.132	2.45	1.40
Planda dairesel olmayan yapı	0.129	1.45	1.36

3. Yöntem

Yapı davranışını belirlemede kullanılan iki ivmeölçeri karşılaştırmak için 250 N kapasiteli servo-elektro motora sahip dinamik sarsma tablası kullanılmıştır (Şekil 3). Tabla boyutu 1000 mmx 1000 mm olan ve 200 mm maksimum yer değiştirme yapabilen sarsma tablası ±2 g ivme oluşturabilecek kapasitededir. Tek eksenli ve pozisyon geri besleme kontrollü sarsma tablasına, sinüzoidal veya deprem yükleri uygulanabilmektedir. Referans ivmeölçerler sarsma tablasına ve model yapının en üst katına uygulanan yük yönünde sabitlenmiştir. Bu ivmeölçerlerle alınan kayıtlar veri toplama sitemi ile bilgisayar ortamına dijital olarak gerçek zamanlı aktarılmıştır.



Şekil 3. Deneylerde kullanılan sarsma tablası, ivmeölçerler ve dijital veri toplayıcı

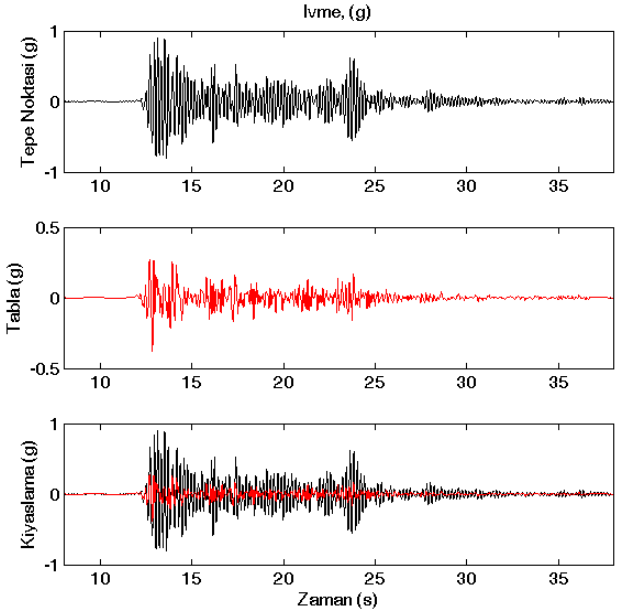
Referans olarak kullanılan ivmeölçer mikro elektromekanik sistem (MEMS) mikroçip tabanlı bir sensöre sahip olup mikro-mekanik ölçekte kuvvet geri besleme teknolojisine sahiptir. 5 mikro-g/Hz gürültü performansındaki ivmeölçerler ±3 g ölçüm kapasitesine sahiptir. Ölçülebilir frekans aralığı 0-400 Hz' dir. Yüksek çözünürlüklü ve düşük gürültülü olması sebebi ile yapı sağlığı takibi, modal analiz ve sismik araştırmalara yönelik olarak kullanılabilir. Bu ivmeölçerlerden alınan kayıtlar dinamik veri toplama cihazı ile kayıt altına alınmıştır(Şekil 3). Dinamik sayısallaştırıcı 24 Bit yüksek çözünürlük, 140 dB' e varan yüksek dinamik aralık ve hızlı, eş-zamanlı örnekleme yeteneğine sahiptir (Şekil 3).

Yapıya El-Centro ivme kayıtları uygulanmıştır. İvmeölçerlerden alınan kayıtlar ilk olarak düzeltme ve filtreleme işlemlerine tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarını mümkün olduğunca hatasız ve kolayca yorumlamak için ivme kayıtlarına önce temel çizgisi hatası düzeltilmesi uygulanmıştır. Butterworth, Bant geçiren filtreleme işlemi 0.1-10 Hz aralığında seçilerek, veri içerisinde istenmeyen gürültüler elenmiştir. Deneyler sırasında referans ivmeölçerden saniyede 100 veri alınmıştır.

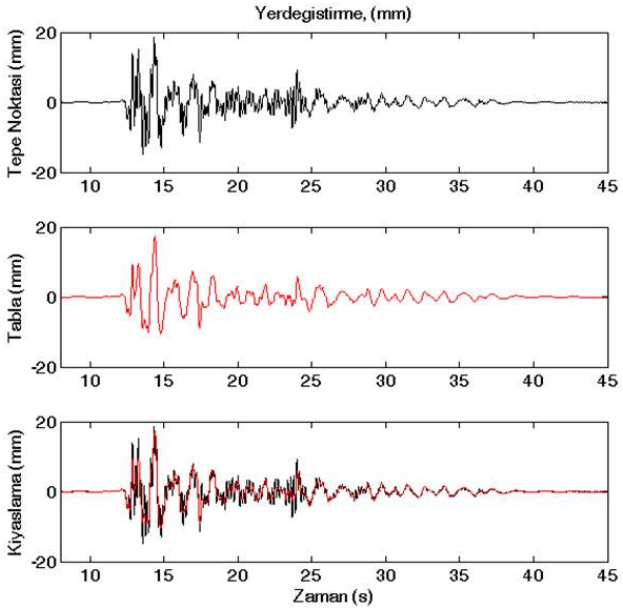
4. Deney Sonuçları

Planda dairesel yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları Şekil 4'de gösterilmiştir. Kırmızı renkte çizilen tablanın üstünde ölçülen kayıt değerleri, siyah ile çizilen ise yapının tepe noktasından ölçülen kayıt değerleridir. Gerekli filtrelemelerden geçirildikten sonra çift integrasyon ile hesaplanan yer değiştirmeler ise Şekil 5'de verilmiştir.

Planda dairesel olmayan yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları Şekil 6'da gösterilmiştir. Kırmızı renkte çizilen tablanın üstünde ölçülen kayıt değerleri , siyah ile çizilen ise yapının tepe noktasından ölçülen kayıt değerlerdir. Yer değiştirmeler ise Şekil 7'de gösterilmiştir.

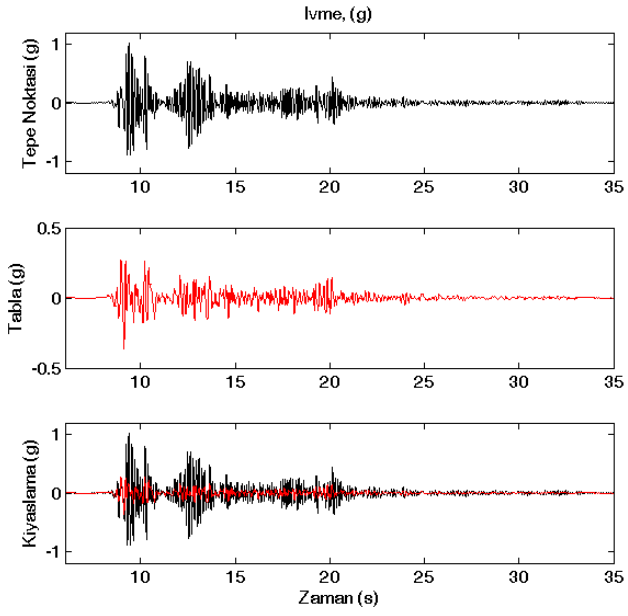


Şekil 4. Planda dairesel yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları

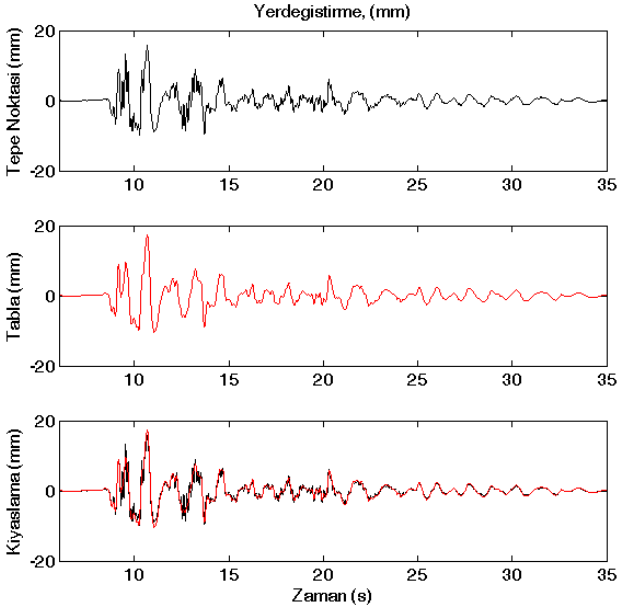


Şekil 5. Planda dairesel yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki yer değiştirme kayıtları

İki yapı için de sarsma tablası test sonuçlarından elde edilen verilerin maksimum değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Tepe noktasındaki ivme kayıtları incelendiğinde planda dairesel olmayan yapının (1.03 g), planda dairesel yapıya göre (0.90 g) %8 daha fazla ivme değerine ulaştığı görülmüştür. Tepe noktasındaki yer değiştirme farklarına bakıldığında ise bu sıralamanın değiştiği ve planda dairesel olmayan yapı 15.63 mm deplasman yapmışken, planda dairesel yapı 18.57 mm deplasman yaptığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6. Planda dairesel olmayan yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları



Şekil 7. Planda dairesel olmayan yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki yer değiştirme kayıtları

Her iki yapı içinde sarsma tablası ile yapı tepe noktaları arasındaki farklara bakıldığında ivmeler 0.92 g ve 0.99 g olarak ölçülmüştür. Yer değiştirmelerde ise göreceli fark 8.33 mm ve 5.89 mm olarak bulunmuştur. İvme değerlerine bakıldığında planda dairesel olmayan yapıda oluşan genlikler planda dairesel yapıya kıyasla fazladır. Yer değiştirme değerlerinde ise bunun tersi görülmüştür.

Çizelge 2 Planda dairesel olan ve dairesel olmayan yapılardan elde edilen davranışların karşılaştırılması.

		Tepe noktası	Tabla	Fark	Yapı Yüksekliği
Planda dairesel yapı	İvmeler (g)	0.90	0.38	0.92	1.40 m
	Yer değiştirme (mm)	18.57	17.22	8.33	
Planda dairesel olmayan yapı	İvmeler (g)	1.03	0.37	0.99	1.36 m
	Yer değiştirme (mm)	15.63	17.26	5.89	

4. Sonuç

Aynı oturma ve perde alanına sahip iki çok katlı bina ile yapılan deneyler sonucunda, her iki eksende simetrik olan bu yapılarda, ivme değerleri arasındaki farkın, yapı ağırlıklarının eşit olmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Her iki eksende simetrik ve hiçbir düzensizliğe sahip olmayan planda dairesel binanın, her iki eksende simetrik fakat A3 düzensizliğine sahip binaya oranla tepe noktasında %41 daha fazla rölatif yerdeğiştirme yapmasının, eğri kat kirişlerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada yapı modelinin kurulmasında yardımcı olan Ouzhan Yılmaz, Eyüphan Aycibin ve ekip arkadaşlarına teşekkür ederiz. Ayrıca 2013-01-04-027 proje numarası ve "Sarsma Tablası Deney Düzeneği ile Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi" isimli araştırma projesini

destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkalığına teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

[1] Özmen, G. (2001). Plan Geometrisinin Burulma Düzensizliğine Etkisi. Türkiye Mühendislik Haberleri, 46.

[2] Bahçecioğlu, A. Ş. (2015). Planda Düzensiz Yapıların Deprem Etkileri Altındaki Davranışı (Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[3] I Işık, M. (2015). Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi (Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[4] Demir, A. ve Dönmez, D. (2008). Çok Katlı Yapılarda Burulma Düzensizliğine Etki Eden Faktörler. Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4(1).

[5] Polat, G. (2015). Betonarme Yüksek Yapılarda Kullanılabilecek Taşıyıcı Sistemler Ve Perde-Çerçeveli Bir Yapının Statik Ve Dinamik Hesabı (Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

PERDE SAYISI FARKLI, ÇOK KATLI MODEL YAPILARIN SARSMA TABLASI ÜZERİNDEKİ DEPREM PERFORMANSI

EARTHQUAKE PERFORMANCE OF HIGH RISE MODEL BUILDING WITH DIFFERENT NUMBER OF SHEAR WALLS ON SHAKE TABLE

Zeynep YAMAN[a], Muharrem AKTAŞ[b] ve H. Serdar KÜYÜK[c,d]

[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: zdyaman@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: muharrema@sakarya.edu.tr
[c] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: skuyuk@sakarya.edu.tr
[d] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr

Özet

Afet bölgelerinde inşa edilen yapılarda yatay deprem yüklerine karşı çoğunlukla perde elemanlar kullanılmaktadır. Bu yüzden kullanılması yönetmelikler tarafından tasarımcının inisiyatifine bırakılan perde elemanların optimum kullanım oranının belirlenmesi için yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada ölçekli iki adet çok katlı model yapı hazırlanmıştır. Her iki modelde de perdeli çerçeveli taşıyıcı sistem seçilmiştir. Modellerin bir tanesinde 16 adet perde bulunurken diğerinde 8 adet perde bulunmaktadır. Yapılar El-Centro depremi ivme kayıtlarıyla sarsılmıştır. Yapının ivme zaman tepkisi, ivmeölçerler yardımıyla elde edilmiştir. Perde sayısının model yapıların tepe noktası maksimum rölatif deplasmanı ve maksimum ivme değerleri üzerinde yaptığı etki incelenmiştir. Bunun için pik ivme ve yerdeğiştirme değerlerinde meydana gelen farklılıklar karşılaştırılmıştır. Model yapılarda yapılan deneyler sonucunda perde sayısı fazla olan yapıda maksimum tepe yer değiştirmesi perde sayısı az olan yapıya göre %14 daha az olduğu bulunmuştur. Tepe noktası maksimum ivme değerleri arasında ise %10' luk bir fark oluştuğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: perde sayısı, dinamik yükler altında yapı davranışı, sarsma tablası, çok katlı model bina

Abstract

Shear walls are generally used in structures to overcome earthquake induced loads in disaster prone regions. There is need for investigation to address the optimum value for amount of shear walls to be used in structure which is not detailed in specifications. Two scaled model structures are constructed for this study. In both model shear wall frame structure is selected; one with 16 shear walls and one with 8 shear walls. Each model are fixed to the shaking table and each one is excited with El-Centro earthquake acceleration record. Acceleration response is recorded by accelerometers located at the top floor. Maximum deflection and acceleration recorded at the top of the structures are used to discuss the effect of number of shear walls at the structure on seismic response. Results obtained from both structures are compared. According to the experimental results, structures with less shear walls have 14% more deflection values than structures structure with more shear walls. This difference reduced to 10% when maximum accelerations at the top floor is considered.

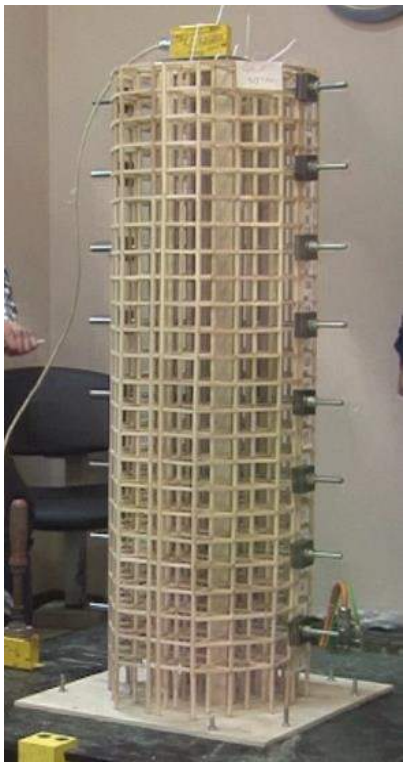
Keywords: number of shear walls, behavior of structure under dynamic loads, shaking table, high rise model building

1. Giriş

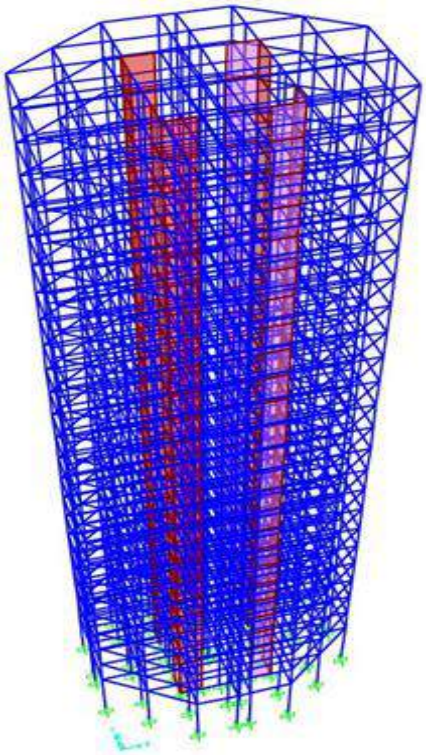
Deprem sonrası afet bölgelerinde yapılan saha incelemelerinde perdeli çerçeveli yapıların deprem performansının sadece çerçeveli yapılara göre daha iyi olduğu gözlemlenmiştir [1]. Yüksek yapılarda yatay yüklerin karşılanmasında perdeler etkili bir rol oynar. Perdeler, şiddetli depremlerde çok katlı binalarda önemli hasarlara neden olan göreli kat ötelemelerini önemli ölçüde azaltırlar. Perdeler çerçevelerle birlikte daha sünek sistemler oluşturur. Sadece perdeli sistemlerde katlar arası en büyük yer değiştirme üst katlarda meydana gelirken sadece çerçeve sistemlerde ise yatay ötelemeler kat rijitliklerine bağlı olarak kesme kuvvetinin en büyük olduğu alt katlarda meydana gelir ve üst katlara doğru azalır. Perdeli-çerçeve sistemlerde ise taşıyıcı sistem hem eğilme, hem kayma davranışı etkisinde olacağından yapının üst kısmındaki perde eğilmesi çerçeveler tarafından, çerçevelerin alt katlardaki yatay ötelenmeler ise perdeler tarafından engellenir [2,3,4].

Yapıya gelen yatay yüklerin karşılanmasında önemli bir rolü olan betonarme perdeler, rijitlik, dayanım ve süneklik kriterlerine göre literatürde incelemiştir [4]. Perdeli çerçeveli yapılarda, perde kalınlığının, perde konumunun değişmesiyle perde ve kolonlara gelen kesme kuvvetlerinin değişimi incelenmiştir [5,6,7]. Betonarme yüksek binalarda perde konumu ve sayısının etkilerini incelemek için nümerik analizler yapılmıştır [8]. Yine betonarme perde ve çerçevelerden oluşan yüksek yapıların çeşitli taşıyıcı sistemleri, sonlu elemanlarda değişik analiz yöntemleri ile deprem yükleri etkisindeki davranışı nümerik olarak incelenmiştir [9]. Var olan çalışmalarda perdeli çerçeveli yapılardaki perde kesitleri, malzemeler, konum gibi değişkenler kullanılarak sonlu eleman modelleri üzerinden binaların deprem yükleri etkisi altında nümerik analizleri yapılmıştır. Perde varlığı ve yokluğunun davranışı bu denli değiştirdiği bir ortamda optimum kullanılacak perde oranının belirlenmesi gerekmektedir. Perdeli çerçeveli yapı deneylerin gerçek yapı boyutlarında denenmesi neredeyse olanaksızdır. Bunun yerine ya tek çerçeve üzerinde pseudo dinamik testler ya da sarsama düzeneğinde ölçekli modellerle testler yapılması gerekmektedir.

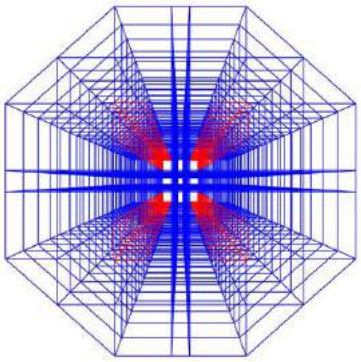
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



a)

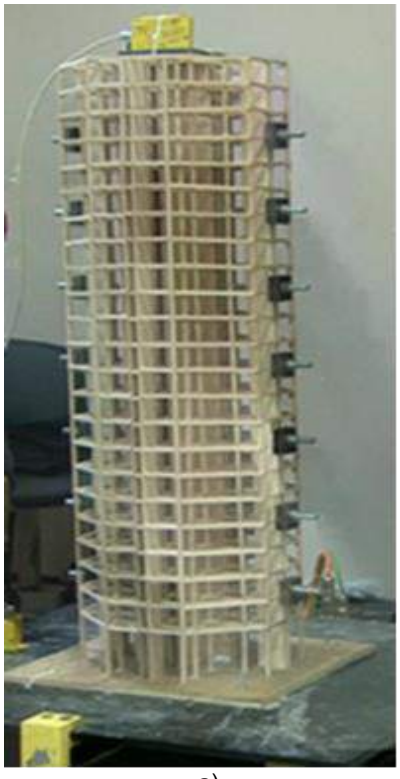


b)

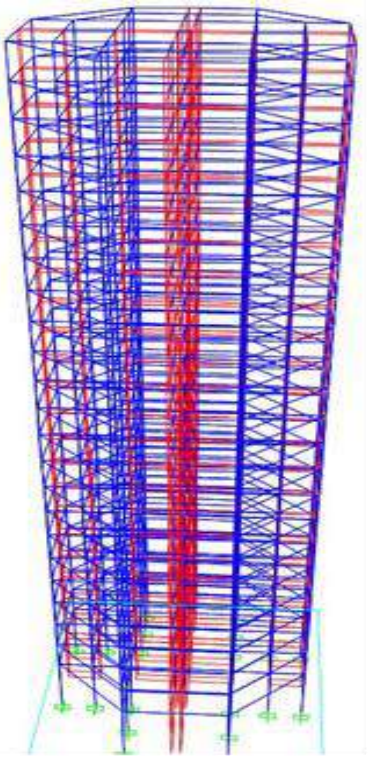


c)

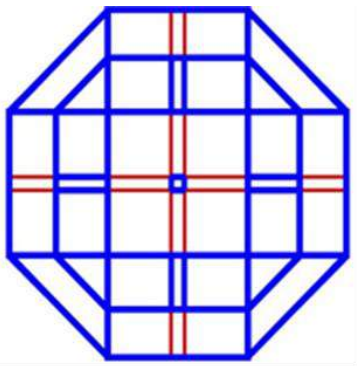
Şekil 1. Model yapı a) Perde sayısı az olan yapıya ait deney düzeneği b) Perde sayısı az olan yapının boy görünüşü c)Perde sayısı az olan yapının plan kesiti



a)



b)



c)

Şekil 2. Model yapı a) Perde sayısı fazla olan yapıya ait deney düzeneği b) Perde sayısı fazla olan yapının boy görünüşü c)Perde sayısı fazla olan yapının plan kesiti

Bu çalışma ile deprem yükleri etkisindeki çok katlı model binalarda perde sayısındaki değişimin bina performansını belirleyen yer değiştirme ve ivme değerlerindeki değişiklikler gözlenmiştir. Çok katlı ve farklı perde sayısı olan yüksek iki bina modeli oluşturulmuş ve bu bina modelleri sarsma tablasında El-Centro deprem ivmesi altında test edilmiştir.

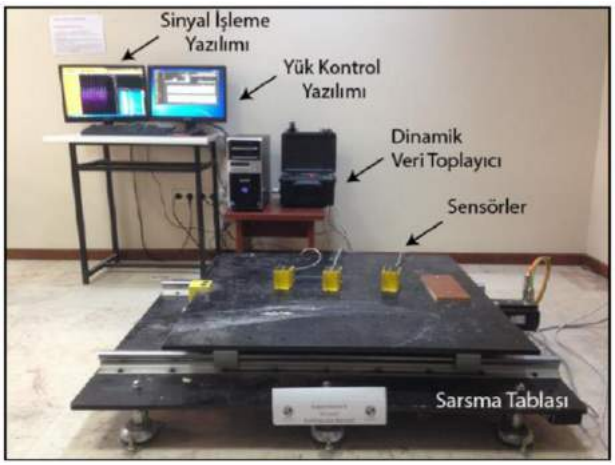
2. Model Bina Özellikleri

Farklı sayıda perdeye sahip yapıları temsil etmek üzere balsa ağacından yapılan çıtalar kullanılarak perdeli-çerçeveli çok katlı iki yapı modeli tasarlanmıştır (Şekil 1 ve Şekil 2). Model yapılar, gerçek bir bina ölçeğinin 1/60'ı boyutlarındadır. Model yapılarda döşeme plakaları olmadığından dolayı her 3 katta bir yapıya 1.5 kg'lık çelik çubuklar eklenerek toplu kütleli sistem oluşturulmuştur.

Tasarlanan model binalar 24 katlıdır. Binaların her ikisinin de plan kesit alanları 0.11 m^2. Yapıların ağırlığı perde sayısı fazla ve az olan için sırasıyla 2.80 kg ve 2.15 kg'dır. Binalar sarsma tablasına bulonlar vasıtasıyla ankastre bağlanmıştır. Yapının tepe noktasına ve zemin katına ivme ölçerler yerleştirilerek ivme kayıtları alınmıştır. Her iki yapıya da El-Centro ivme kayıtları uygulanmıştır.

3. Yöntem

Yapı davranışını belirlemede kullanılan iki ivmeölçeri karşılaştırmak için 250 N kapasiteli servo-elektro motora sahip dinamik sarsma tablası kullanılmıştır (Şekil 3). Tabla boyutu 1000 mm x 1000 mm olan ve 200 mm maksimum yer değiştirme yapabilen sarsma tablası ±2 g ivme oluşturabilecek kapasitededir. Tek eksenli ve pozisyon geri besleme kontrollü sarsma tablasına, sinüzoidal veya deprem yükleri uygulanabilmektedir. Referans ivmeölçerler sarsma tablasına ve model yapının en üst katına uygulanan yük yönünde sabitlenmiştir. Bu ivmeölçerlerle alınan kayıtlar veri toplama sitemi ile bilgisayar ortamına dijital olarak gerçek zamanlı aktarılmıştır.



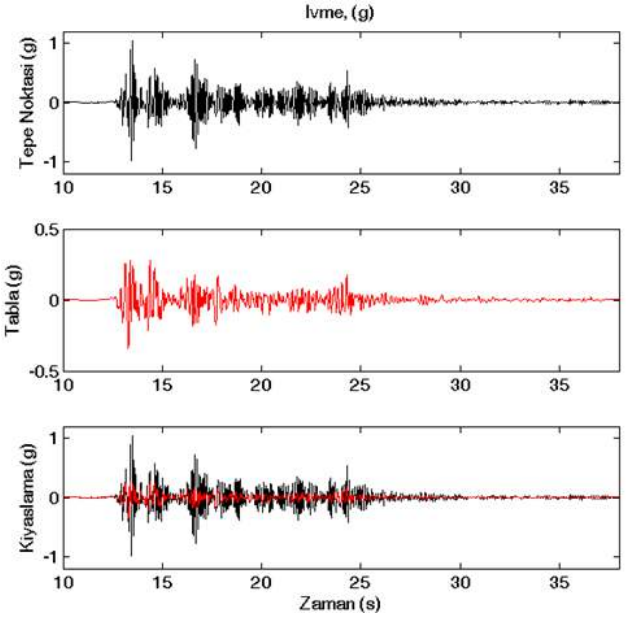
Şekil 3. Deneylerde kullanılan sarsma tablası, ivmeölçerler ve dijital veri toplayıcı

Referans olarak kullanılan ivmeölçer mikro elektromekanik sistem (MEMS) mikroçip tabanlı bir sensöre sahip olup mikro-mekanik ölçekte kuvvet geri besleme teknolojisine sahiptir. 5 mikro-g/Hz gürültü performansındaki ivmeölçerler ±3 g ölçüm kapasitesine sahiptir. Ölçülebilir frekans aralığı 0-400 Hz' dir. Yüksek çözünürlüklü ve düşük gürültülü olması sebebi ile yapı sağlığı takibi, modal analiz ve sismik araştırmalara yönelik olarak kullanılabilir. Bu ivmeölçerlerden alınan kayıtlar dinamik veri toplama cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Dinamik sayısallaştırıcı 24 Bit yüksek çözünürlük, 140 dB' e varan yüksek dinamik aralık ve hızlı, eş-zamanlı örnekleme yeteneğine sahiptir.

İvme ölçerlerden alınan kayıtlar öncelikli olarak düzeltme ve filtreleme işlemlerine tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarını mümkün olduğunca hatasız ve kolayca yorumlamak için ivme kayıtlarına önce temel çizgisi hatası düzeltilmesi uygulanmıştır. Veri içerisindeki istenmeyen gürültüler Butterworth, Bant geçiren filtreleme işlemi 0.1-10 Hz aralığında seçilerek, elenmiştir. Deneyler sırasında referans ivmeölçerden saniyede 100 veri alınmıştır.

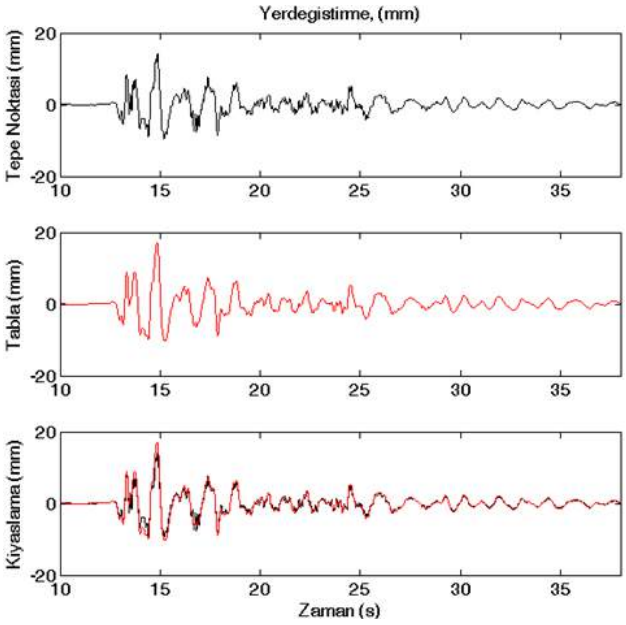
4. Deney Sonuçları

Perde sayısı farklı iki yapının El-Centro depremi altındaki davranışlarından elde edilen maksimum ivme kayıtları filtrelendikten sonra incelenmiştir. İncelenen birinci yapıda perde sayısı 16 iken ikinci yapıda 8 adet perde kullanılmıştır. Birinci yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları Şekil 4'de gösterilmiştir. Tablanın üstünde ölçülen kayıt kırmızı renkte, yapının tepe noktasından ölçülen kayıt ise siyah renkte gösterilmiştir. Filtrelenmiş ivme kayıtlarından çift integrasyon yöntemiyle yer değiştirmeler elde edilmiştir (Şekil 5).



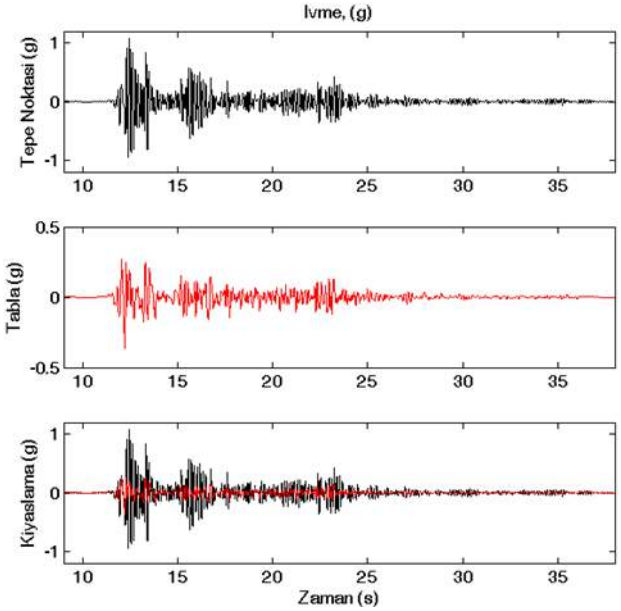
Şekil 4 Perde sayısı fazla olan yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları

İkinci yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları Şekil 6'da gösterilmiştir. Kırmızı renkte çizilen tablanın üstünde ölçülen kayıt, siyah ile çizilen ise yapının tepe noktasında ölçülen değerlerdir. Yer değiştirmeler ise Şekil 7'de gösterilmiştir.

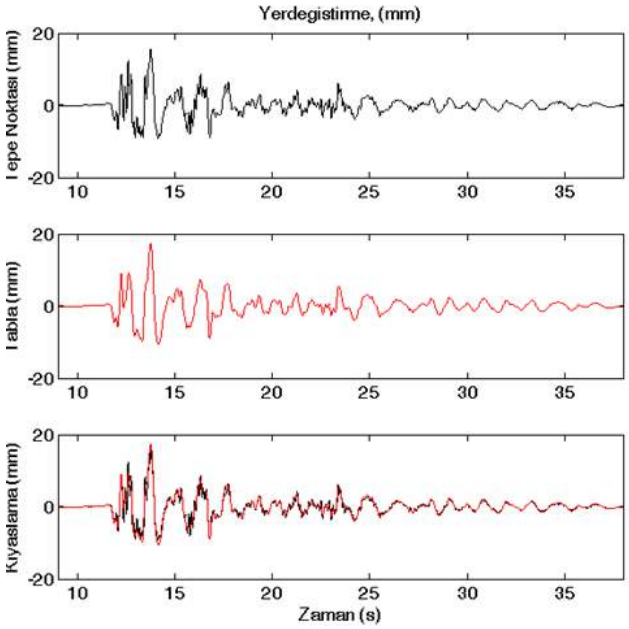


Şekil 5 Perde sayısı fazla olan yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki yer değiştirme kayıtları

İki yapı için de sarsma tablası test sonuçlarından elde edilen verilerin maksimum değerleri Çizelge 1' de verilmiştir. Tepe noktasındaki ivme kayıtları incelendiğinde birinci yapıda (1.04 g), ikinci yapıya göre (1.07 g) daha az ivme değeri elde edilmiştir. Benzer ilişki, tepe noktasındaki yer değiştirme farklarında da gözlenmiştir. Birinci yapı 14.12 mm deplasman yapmışken, ikinci yapı 15.60 mm deplasman yapmıştır. İvme ve yer değiştirme değerlerine bakıldığında ikinci yapıda oluşan genlikler birinci yapıya kıyasla daha fazladır.



Şekil 6. Perde sayısı az olan yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları



Şekil 7. Perde sayısı az olan yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki yer değiştirme kayıtları

Her iki model yapı için, sarsma tablası ve yapı tepe noktaları arasındaki rölatif değişimlere bakıldığında perde sayısı fazla olan ve olmayan yapılar için ivmelerde sırasıyla 0.90 g ve 1.00 g değerleri elde edilmiştir. Rölatif yerdeğiştirme değerleri ise sırasıyla 4.86 mm ve 5.52 mm olarak ölçülmüştür. Yapı tepe noktalarındaki rölatif ivme değişimi, deplasmanlardaki değişime göre daha az bulunmuştur.

Çizelge 1. Perde sayısı az ve perde sayısı fazla olan yapılardan elde edilen davranışların karşılaştırılması

		Tepe noktası	Tabla	Rölatif Değişim	Yapı Yüksekliği (m)
Perde sayısı fazla yapı	İvmeler (g)	1.04	0.34	0.90	1.20
	Yer değiştirme (mm)	14.12	17.08	4.86	
Perde sayısı az yapı	İvmeler (g)	1.07	0.36	1.00	1.24
	Yer değiştirme (mm)	15.60	17.21	5.52	

5. Sonuç

Bu çalışmada, aynı plana sahip fakat farklı sayıda perde ile imal edilmiş iki model yapının dinamik davranışları deneysel olarak incelenmiştir. İki model yapı sarsma tablası üzerinde El-Centro deprem ivme kaydı ile teste tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda perde sayısı az olan yapının maksimum tepe yer değiştirmesindeki göreceli farkın perde sayısı fazla olan yapıya göre %14 daha fazla olduğu bulunmuştur. Tepe noktası maksimum ivme değerlerindeki göreceli farklara bakıldığında da perde sayısı az olan yapının perde sayısı fazla olan yapıya göre %13 daha fazla bir ivme oranı ile titreştiği gözlemlenmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmada yapı modelinin kurulmasında yardımcı olan öğrencilerimiz Kemal Savcı, Esra Coşkun, Hatice Rumeysa Hoşgör, Özcan Avcı, Mazlum Tayfur, Erdem Danış ve Tamer Öztürk' e teşekkür ederiz. Ayrıca 2013-01-04-027 proje numarası ve "Sarsma Tablası Deney Düzeneği ile Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi" ile 2010-01-04-011 proje numarası ve "Gerçek Zamanlı Çevrimiçi Yapı Sağlığı İzleme Sistemi Geliştirilmesi" isimli araştırma projelerini destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkalığına teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

[1] Erkan Celebi, Muharrem Aktas, Naci Caglar, Askın Ozocak, Mustafa Kutanis, Necati Mert and Zeki Ozcan "October 23, 2011 Turkey/Van–Ercis earthquake: structural damages in the residential buildings", Natural Hazard, Vol. 65, pp. 2287 – 2310, ISSN:0921-030X, DOI: 10.1007/s11069-012-0478-9, February, 2013.

[2] Y. Akkaya, Deprem Kuvvetlerine Karşı Betonarme Perdelerin Davranışı Ve Boyutlandırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 2007, İstanbul.

[3] Z. Celep, N. Kumbasar, "Betonarme Yapılar", Sema Matbaacılık, 1998, İstanbul.

[4] Aktan, S., ve Kıraç, N. (2010). Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri. Journal Of Engineering And Architecture Faculty Of Eskişehir Osmangazi University, 23 (1).

[5] Kasap, H., ve Kolay, İ. (2003). Perdel İ-Çerçeveli Sekiz Katli Bir Sistemde Perde Kallnliginin Degişmesinin Perdeler Ve Kolonlor Arasindaki Kesme Kuvvet Dağilimina Etkisi,. *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, *7* (2), 132-138.

[6] Kasap, H., ve Varol, C. (2003). Perdeli-Çerçeveli Sistemlerde Planda Perde Yerinin Degişmesinin Perdeler Ve Çerçeveler Arasindaki Kesme Kuvveti Dagilimina Etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(1), 190-197.

[7] Kasap, H., ve Akyüncü, V. (2002). Perde Boyut Orani Degişiminin Perdeler Ve Çerçeve Arasinda Kesme Kuvveti Dagilimina Etkisi. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 6(1), 51-58.

[8] Kutlu, T. (2015). 20 Katlı Bir Betonarme Binanın Tasarımı (Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[9] Işık, M. (2015). Çok Katlı Betonarme Yapılarda Taşıyıcı Sistem Etkisi (Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).

DEPREMDEN ETKİLENEN TÜNEL ZEMİNİNİN DİNAMİK DAVRANIŞI

DYNAMIC SOIL BEHAVIOR AROUND TUNNELS UNDER EARTHQUAKE EXCITATION

Bilal ÖZASLAN[a], Ümit KARADOĞAN[b], Seyed Mohsen SEYEDI VIAND[c], Evrim GÜLEY[d], Maryam MASSAH FARD[e], Leila MOKHBERIOSKOUEI[f], Ayfer ERKEN[g]

[a] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: ozaslanb@itu.edu.tr
[b] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: karadoganum@itu.edu.tr
[c] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: seyediviand@itu.edu.tr
[d] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: eguley@itu.edu.tr
[e] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: massahfard@itu.edu.tr
[f] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: mokhberioskouei@itu.edu.tr
[g] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: erken@itu.edu.tr

Özet

Dünya genelinde meydana gelen depremler sırasında yapılarda oluşan hasarlar incelenmiş ve hasarların sebeplerini belirlemek için yapılan araştırmalar üst yapı ve zemin davranışına odaklanmıştır. Giderek artan ve gelişen makineleşme süreci ile yer altı yapılarının yaygınlığı, son yirmi yılda bu yapıların içinde bulunduğu zeminlerin deprem yükleri altında ki davranışlarının belirlenmesi ihtiyacını doğurmuştur. Bu noktada geoteknik ve deprem mühendisliği donanımlarıyla zeminin dinamik yükler altında ki davranış şekli sebebiyle hasara uğrayan bir karayolu tüneli incelenmiştir. Tünellere ait zeminde yapılan CPT verileri kullanılmış, zeminde dinamik yükleri meydana getiren deprem verileri hasarın oluştuğu bölgeye, ilgili deprem istasyonundan alınarak Deepsoil yazılımında yapı derinliğine taşınmıştır. Spektral ivme ve zemin sıvılaşma analizi sonuçları arazi deprem karakteristiğine bağlı olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Dinamik zemin davranışı, sıvılaşma, tüneller.

Abstract

After damaging earthquakes, lots of researches have been done to determine the sources and causes of damages occured in structures, especially in superstructures. The prevailing usage and increasing process of underground structures development, in the last twenty years, has proposed a concern to determine the behavior of these structures under seismic loadings. In this study, utilizing Geothechnical Earthquake Engineering approaches, dynamic soil behavior around a tunnel under earthquake excitation was evaluated. A Cone Penetration Test (CPT) results were employed as inputs of analysis. Dynamic soil propertis in different layers according to applied earthquake were extracted from DEEPSOIL, a ground response analysis software. As a conclusion, spectral responce analysis and liquefaction analysis were performed based on site specific earthquake records.

Keywords: Soil dynamics, tunnels, liquefaction.

1. Giriş

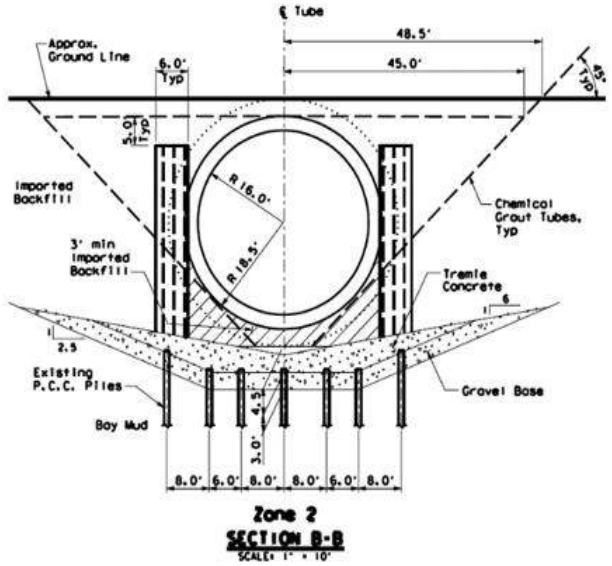
Tünel kazmak belki de insanlığın inşaat mühendisliği alanındaki ilk uygulamalarından biridir. Eski Mısırlıların mezar yapımında kullanılacak su için tüneller kazdıkları bilinmektedir. Günümüzde ise tüneller birçok kullanım alanına sahiptirler. Ancak temel kullanım amaçları motorlu taşıt, demiryolu ulaşımı sağlamak ve su taşınmasıdır. Tüneller genelde kayaların oyulmasıyla inşa edilmektedir. Lakin şehirlerdeki nüfusun giderek yüksek rakamlara ulaşması, tünellerin her zeminde inşasını zorunlu kılmaktadır. Tüneller işlevi sebebiyle yaşayan nüfusun çoğunluğunun ortak kullanımına sunulan altyapı projeleridir. Bu nedenle yapı ömrünün belirlenmesi, tasarım kriterlerinin seçilmesi ve projeye ait yapısal analizlerin çeşitliliği artmakta, elde edilecek sonuçlarda en doğru değerlendirmelerin yapılması önem arzetmektedir. Bu çalışmada, Kuzey Kaliforniya'da bulunan Alameda ve Oakland şehirlerini birbirine bağlayan denizin altında bir hat boyunca prekast tünel segmentleri ile inşa edilen Posey ve Webster Tünelleri incelenmiştir. CPT deney verileri yardımı ile zemin profili oluşturulup, deprem etkisi altında tünelin bulunduğu zeminin sıvılaşma potansiyeli arazi eşdeğer tekrarlı gerilme oranı CSR ve CRR zemin tekrarlı direnç oranı, Seed & Idriss basitleştirilmiş sıvılaşma analizi metodu uygulanarak belirlenmiştir [1].

2. Posey ve Webster tünelleri hakkında genel bilgi

Posey tüneli 1928 yılında Kuzey Kaliforniya şehirleri Alameda ve Oakland şehirlerini bağlamak için denizin altından bir hat boyunca prekast yapı segmentleri ile yapılmıştır. Tünelin toplam uzunluğu yaklaşık 1370 m olup 61 m uzunluğunda 21 m derinlikte farklı prekast beton elemanların birbirine bağlanması ile oluşturulmuş olup Amerika'da bu elemanlar kullanılarak yapılmış ilk ve en büyük tüneldir. Uzun yıllar boyunca Posey tüneli Oakland Körfezi'nde iki yönlü trafiğe imkan sağlamıştır [2]. Aynı yılda, Kaliforniya Ulaştırma Departmanı tarafından araç kapasitesini arttırabilmek amacıyla finanse edilen Webster Caddesi tüneli, Posey tüneline benzer şekilde deniz seviyesinin 21 m altında inşa edilmiştir. Ayrıca, inşa sistemi yönünden de Posey tüneline benzerlikler göstermekte olan Webster Caddesi tüneline ait tüplerin dış çapları 11.2 m ve dairesel duvarlarını kalınlıkları 0.672

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

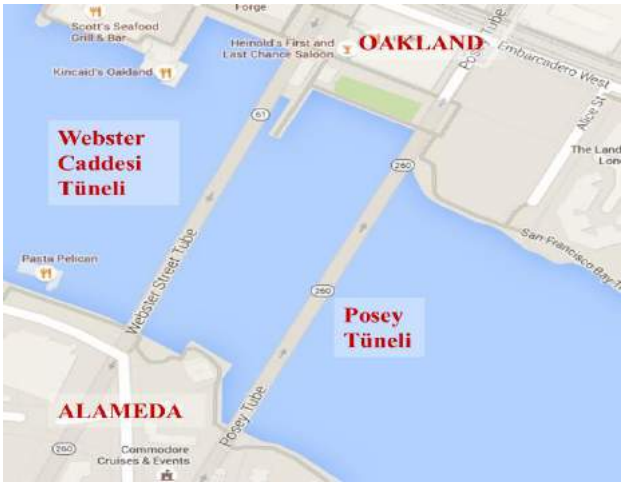
metredir. Tüpler toplamda 1067 metreden daha fazla gömülü havalandırma kesitlerinden oluşmaktadır. Tünel geometrisi Şekil 1. 'de verilen kesitte gösterilmiştir.



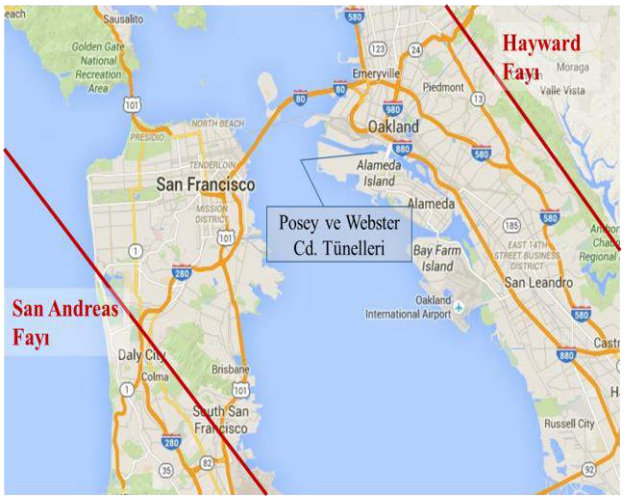
Şekil 1. Webster tüneli birleşim bölgesine ait tipik enkesit çizimi [2,3].

Her iki tünel de iki ana fay hattı, San Andreas ve Hayward, arasında inşa edilmiş olup, tünellerin Hayward fayına uzaklığı yaklaşık 6 km, San Andreas'a olan uzaklığı ise 23 km'dir. Furlong ve Brocher vd. yaptıkları çalışmalarda San Fransicco körfezinde bulunan Hayward Fayının, diğer faylarla etkileşimde ve bağlantıda olmasından dolayı San Andreas Fay hattından daha büyük ve daha etkili bir deprem oluşturabilme potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir [3, 4]. Bu bulgular Kozak vd tarafından yapılan çalışma ile bir kere daha desteklenmiş olup bölgenin depremselliğinin Hayward fayı tarafından kontrol edildiği vurgulanmıştır [2]. Yürütülen çalışmalar neticesinde tünellerin bu fayın üreteceği maksimum büyüklüğü 7.25 olan depreme maruz kalabileceği tespit edilmiştir. Bu büyüklükteki bir depremin kayada, yatayda 0.76g, düşeyde 0.80g'lik maksimum ivme üreteceği ve depremin süresinin 45 saniyeyi aşacağı düşünülmüştür. Bu tasarım depreminin kayadaki maksimum ivme değerinin yüksek ve deprem süresinin uzun olması boşluk suyu basıncının artmasına, bunu takiben yoğun sıvılaşma meydana gelmesine ve sonuçta tünellerin yapısal hasara uğramasına sebep olabileceği öngörülmüştür. Buna mukabil, bölgede oluşmuş olan en büyük ve en yeni deprem 1989 Loma Prieta depremi olup, bu deprem yatayda 0.2g'lik ivmeye sahiptir. Her ne kadar Loma Prieta depremi Oakland körfez köprüsünde ağır hasara yol açsa da Webster ve Posey tünelleri hafif hasarlarla depremi atlatmışlardır [2, 5]

1989 Loma Prieta depreminde, Webster tünelinin Alameda şehri tarafında suya doygun kum tabakanın 1.5 m üzerinde bulunan tüp segmentlerinde sıvılaşmaya bağlı olarak meydana gelen kaldırma kuvvetleri nedeniyle küçük çatlaklar oluşmuştur. Aynı zeminde ve derinlikte inşa edilen Posey tünelinde de Webster tüneline benzer şekilde sıvılaşma sonucunda oluşan hasarlar belirlenmiştir.



Şekil 2. Webster ve Posey tünellerinin yerleşimi.



Şekil 3. Faylar ve Tünellerin yerleşim yerleri.

3. Tünnel Zemininde Deprem Kaynaklı Hasarların İncelenmesi

3.1. CPT Deney Sonuçları Kullanılarak ve Zemin Profilinin Oluşturulması

Koni Penetrasyon Deneyi (CPT) çapı 35 mm, koni başlık açısı 60° ve izdüşüm alanı 10 cm^2 olan bir konik ucun zemine 20 tona kadar olan hidrolik bir güç ile 2 cm/sn hızla itilmesiyle yapılmaktadır. Bu itilme süresince koninin uç kısmında oluşan uç direnci (qc), koninin yüzey kısmında oluşan sürtünme direnci (fs) her 2 cm'de ölçülerek kaydedilir ve sürtünme oranı (FR) hesaplanır. Günümüzde kullanımda olan halini 1917 İsveç Demiryolları İşletmesi tarafından yapılan geliştirmelerle almıştır. CPT, 1927 de Danimarka'da, 1934 den sonra da Hollanda'da geliştirilerek kullanılmıştır. 1950 li yıllardan sonra Avrupa'dan İngiltere, ABD ve dünyanın diğer bölgelerine yayılmıştır [6]. Türkiye'de ise kullanımı 1970'li yıllarda başlamış olmasına rağmen 1990 yıllarından sonra yaygınlaşmıştır.

Tünelde oluşan hasarların nedenlerini araştırmak için bölgede Hayward ve San Andreas fayları arasında kalan

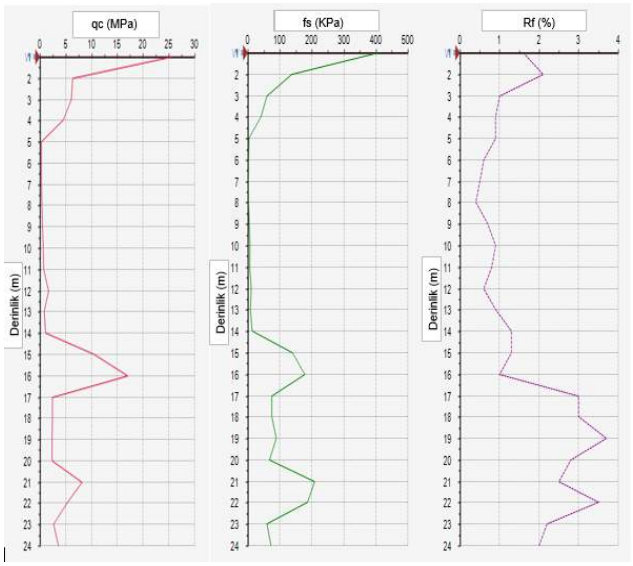
alanda çok sayıda CPT çalışması USGS tarafından yürütülmüş ve veri tabanında toplanan bu deney sonuçları ham veri olarak araştırma amaçlı kullanıcıya sunulmuştur. Çalışmada ele alınan zeminin mühendislik özelliklerinin tespitinde bölgede yapılan deneyler arasından tünel hattı boyunca yapılmış olan iki adet CPT deney sonucundan kritik olduğu öngörülen noktadaki deney seçilmiş ve zemin profili oluşturuluştur.

Alınan CPT verileri ALC013 ve OAK063 kodlarıyla isimlendirilmiş olup, deney sonuçları ham datalar kullanılarak incelenmiş ve seçilen ALC013 deney verisi tablolar halinde sunulmuştur.

Aşağıda Şekil.2.'de verilen grafikler verilerin derinlikle değişmini göstermektedir.

- Uç direnci qc ölçümleri Şekil.2.a
- Sürtünme direnci fs ölçümleri Şekil 2.b
- Hesaplanan normalize sürtünme oranı

$$Rf = \frac{fs}{q_t - \sigma_{vo}}.100(\%) \quad (1) \text{ Şekil 2.c}$$



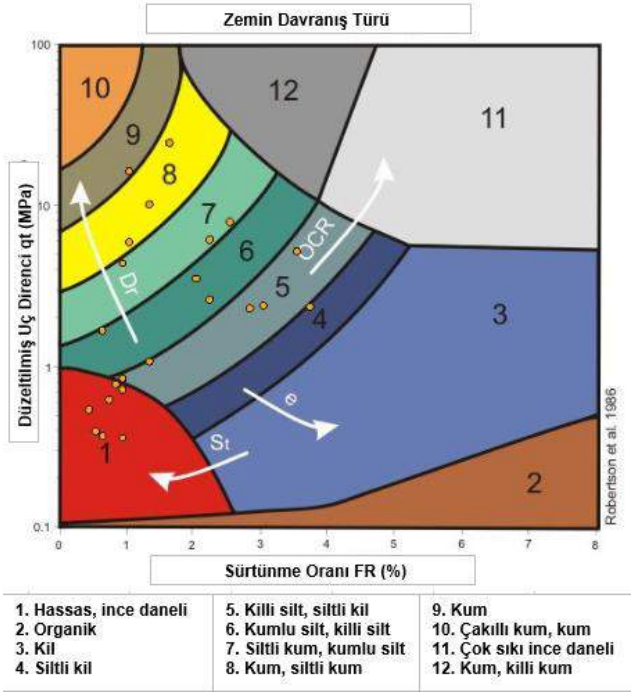
(a) (b) (c)

Şekil 2. (a) CPT uç direnci, (b) sürtünme direnci (c) sürtünme oranı (Deney verileri USGS'den alınmıştır).

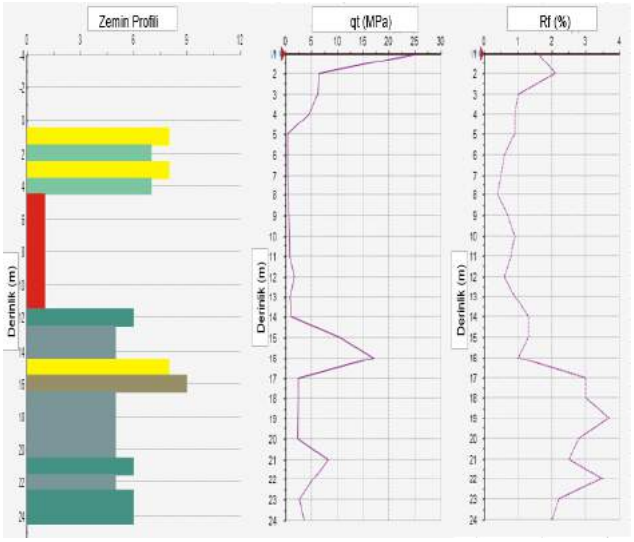
Tünel ait kritik zemin profili ALC013 CPT verileri; normalize sürtünme oranı Rf ve net uç direnci q_t kullanılarak, NovoCPT yazılımında Robertson yaklaşımı ile belirlenmiştir [6]. . Zemin profili Şekil 4.a içinde, normalize uç direnci hesabı ise formul 2 ile verilmiştir.

$$qt_n = \frac{qt - \sigma_{vo}}{\sigma_{vo}^{'}} \quad (2) \text{ Şekil 4.b}$$

σv : Zemin derinliğine ve birim hacim ağırlığına bağlı hesab edilen gerilme değeri.
σv' : Boşluk suyu basıncının çıkarılması ile elde edilen efektif gerilme değeri.



Şekil 3. Zemin türünün belirlenmesi [6].



(a) (b) (c)

Şekil 4. CPT ile zemin profilinin oluşturulması [6].

3.2. Sıvılaşma Analizi

Sıvılaşma deprem durumunda zemini oluşturan taneciklerin birbirine olan sürtünme kuvvetini (kayma mukavemetini) kaybetmesi olarak tarif edilebilir. Dolayısıyla sıvılaşma daha çok kohezyonsuz ve düşük plastisiteli ince kum ve siltli zeminlerde gözlenmektedir. Sıvılaşabilen zeminlerde kayma mukavemeti bazen tamamen yok olurken bazen de normalden düşük bir değere düşer ve zeminin taşıma kapasitesinin kaybolmasına, zeminlerin yanal yayılmasına, yapıların

çökme ve dönmesine, gömülü yapıların ise yüzeye çıkmasına yol açar.

Sıvılaşmaya deprem ivmesi ve süresi, zemin tipi ve relatif sıkılığı, yeraltı su seviyesi ve dane boyu dağılımı gibi çeşitli faktörler etken olur. Çok gevşek veya gevşek kohezyonsuz zeminler (ince oranı %30-35'den az), yüksek yeraltı su seviyesi, yüksek riskli deprem bölgesi zeminlerde sıvılaşma potansiyelinin varlığını işaret eder [3].

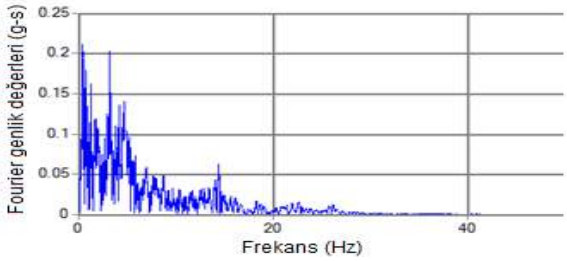
Seçilen bölgede yapılacak sıvılaşma analizi için; zemin tabakalanması, yeraltı suyu seviyesi CPT arazi deneyi sonuçları ile belirlenmiştir. Yüzeydeki yerel tehlikenin (Yer sarsıntısı haritasından yüzey seviyesi için elde edilen sonuçlar) belirlenmesi bölgenin karakteristik deprem ivme verisinin en yakın istasyondan alınması, zemin türü ve tabaka kalınlıkları etkisiyle zemin-yapı etkileşimi noktalarında oluşacak en yüksek ivme, deplasman değerlerinin tayini ile mümkündür.

Zeminin sıvılaşma potansiyeli arazi eşdeğer tekrarlı gerilme oranı CSR ve CRR zemin tekrarlı direnç oranı kullanılarak, Seed ve Idriss basitleştirilmiş sıvılaşma analizi uygulanarak belirlenmiştir [1].

3.3. Araziye Özel Deprem Karakteristiği ve Etkin Yer İvmesinin Belirlenmesi

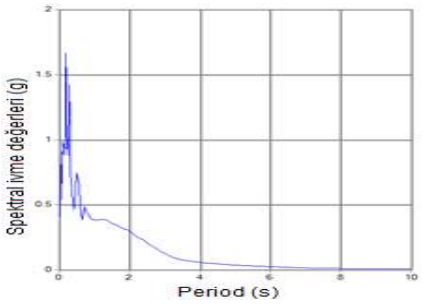
Sıvılaşma olasılığının tanımlanması için araziye özel analiz ile yüzeyde oluşacak yer sansıntısının karakteristiği tespit edilmelidir.

Bölgeye ait karakteristik deprem 1989 Loma Prieta depremidir. Araziye özel deprem karakteristiğinin belirlenmesinde anakayada yapılan ivme ölçümlerinin ivme-zaman grafiklerinden ivme-frekans şekline dönüşümü FFT (Fast Fourier Transform) metodu ile çalışan Deepsoil yazılımı kullanılmıştır. Depreme ait ivme-zaman kaydı Santa Cruz MTNS (Loma Prieta) istasyonundan alınmıştır .

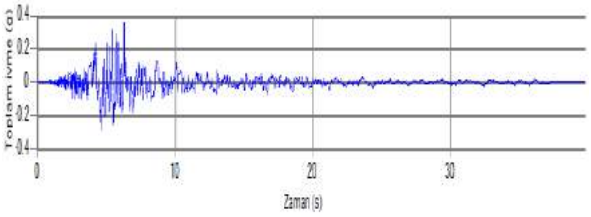


Şekil 5. Ana kayada kaydedilen ivme değerlerinin frekans cinsine dönüştürülmesi.

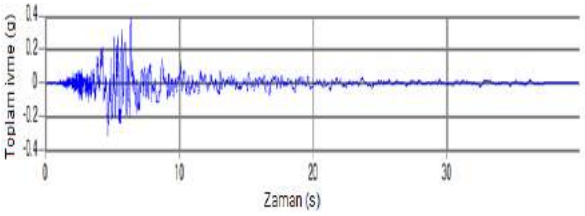
Fast Fourier Transform fonksiyonu kullanılan yöntem ile deprem ivme kaydının frekans tabanlı dönüşümü yapılmış ve zemine özel karakteristik Fourier transfer fonksiyonu elde edilerek iki değer çarpılmış, ivme değerleri ana kayadan yapı derinliğine taşınmıştır.



Şekil 6. Tünel derinliğinde zeminde elde edilen spektral ivme değerleri.



Şekil 7. Ana kayada kaydedilen ivme-zaman değerleri.



Şekil 8. Tünel derinliğine taşınan ivme-zaman değerleri.

Tünel-zemin etkileşim yüzeyinde meydana gelen dinamik etkinin analiz sonucu elde edilen değerleri Tablo 1 de verilmektedir. En büyük yer değiştirmeler yaklaşık 12 cm olmuştur. Zemin büyütme değeri ise 4.36 olarak elde edilmiştir.

Tablo 1 Dinamik analiz sonuçları.

En büyük ivme	0,39 (g)
En büyük hız	0,3289 (m/sn)
En büyük yer değiştirme	0,1198 (m)
Hakim Period	0,6400 (sn)
En büyük Spektral ivme	1,7 (g)
Zemin büyütmesi değeri	4,36

3.4. Zemin Sıvılaşma Durumunun İncelenmesi

Tünela ait zemin profilinde sıvılaşma olasılığı Seed & Idriss yöntemle belirlenmiştir [1]..

$$CSR = 0{,}65.\frac{a_{maks}}{g}.\frac{\sigma_v}{\sigma_v'}.r_d \qquad (3)$$

amaks = yüzeydeki en büyük yatay ivme
g = yerçekimi ivmesi

σ_v= toplam düşey gerilme
σ'_v= efektif düşey gerilme
r_d= gerilme azaltma faktörü
olmakta ve rd aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$z < 9.15m \qquad r_d = 1.0 - 0.00765z \tag{4}$$

$$9.15m < z < 23m \qquad r_d = 1.174 - 0.00267z \tag{5}$$

z = zemin yüzeyinden ölçülen derinlik

$$CRR = e^{\left\{\frac{q_{c1N}}{540}+(\frac{q_{c1N}}{67})^2-(\frac{q_{c1N}}{80})^3+(\frac{q_{c1N}}{114})^4-3\right\}} \tag{6}$$

Koni uç direnci q_c ilk olarak 100kPa (yaklaşık 1 atm) değeri ile normalize edilerek normalize uç direnci q_{c1N} hesaplanmaktadır: Burada;

$$q_{c1N} = C_Q(q_c / P_a) \tag{7}$$

$$C_Q = (P_a / \sigma_v^{'})^n \tag{8}$$

C_Q = koni uç direnci için normalizsyon faktörü
Pa = σ'v için kullanılan birim ile aynı birimde 1 atm basınç
n = zemin türüne göre üs değeri
q_c = arazide ölçülen koni uç direnci

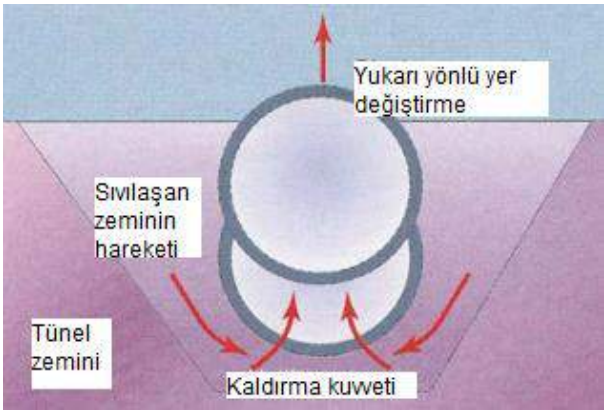
olmaktadır. Zemin yükünün az olması nedeni ile küçük derinlikler için, C_Q artmaktadır. Bu durumlar altında 1.7'den büyük değerler alınmamalıdır [7]. n değeri zeminlerin dane özelliklerine bağlı olarak 0.5 – 1.0 arasında değişmektedir [8]. Kil zeminler için n = 1.0 seçmek yaklaşık olarak uygundur. Temiz kumlar için 0.5, silt ve kumlu siltler için ise 0.5 ve 1.0 arasında değişen değerler seçmek genel olarak uygundur.

Tünel zeminine ait analiz sonuçları Şekil 9.'da derinliğe bağlı olarak gösterilmiştir. CRR değerinin CSR değerinden küçük olduğu derinliklerin 11.2 m de başladığı ve 17.7 m derinliğine kadar zemine ait çevrimsem direnç oranının çevrimsel gerilme oranından küçük olduğu görülmektedir. Güvenlik saysı-derinlik grafiğide sunulmuş ve 1 değerinden küçük olan derinliklerin riskli zemin bölgeleri olduğu gösterilmiştir.

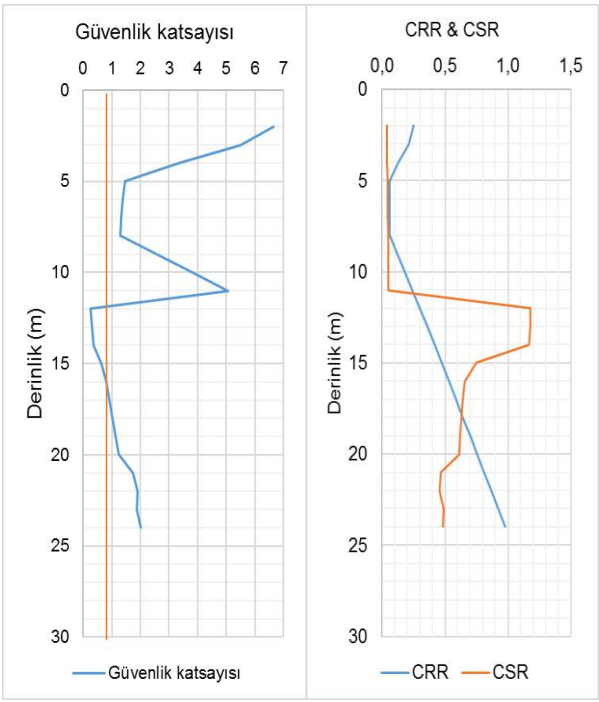
Tünellerde oluşan hasarların tespiti için yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar yapılan araştırmayı doğrular niteliktedir. Araziye özel karakteristik depremin, zemin büyütmesi ile yapı derinliğine taşındığında oluşan dinamik etkinin, yapının altında ve çevresinde bulunan suya doygun kum ve siltli kumdan oluşan zeminde sıvılaşmaya bağlı deplasmanlara neden olabileceği belirlenmiştir. Şekil 9.'da sıvılaşma etkisinde tünelde oluşacak kaldırma kuvvetinin oluşumu gösterilmiştir.

4. Sonuç

Zemin koşullarının statik olarak nitelendirilemeyeceği ülkemiz ve onun gibi sismik aktiviteye sahip bölgelerde yapısal tasarımın önemli bir parçası olan zemininin deprem yükleri altında davranışının anlaşılması, laboratuvar deneyleri ile incelenmesi ve arazi sismik deneylerinin yapılması önem kazanmaktadır. Yol ve yapı temel zeminlerinin tasarımında deprem yüklerinin dikkate alınması gerekmektedir. Araştımanın sonuçlarına ve depremde oluşan hasarlara bakılarak yapılan incelemede sıvılaşma sonucu zeminde oluşan deformasyonların tünel yapısını önemli ölçüde etkilediği görülmüştür. Bu nedenledir ki yapısal yıkımın ve can kayıplarının en önemli sebebi olan deprem ve etkileri iyi anlaşılmalı, tasarım ve yapımda bu etkileri en aza indirecek mühendislik yaklaşımı izlenmelidir.



Şekil 9. Sıvılaşan zeminin tünelin yer değiştirmesine etkisi [1].



Şekil 10. Sıvılaşma güvenlik sayıları, CRR ve CSR değerlerinin derinliklere bağlı değişimi.

5. Kaynaklar

[1] Seed, H. B., & Idriss, I. M., ''Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential.'' J. Geotech. Engrg. Div., ASCE, 97(9), 1249–1273. 1971
[2] Kozak, A., Sederat H., Krimotat A., "Alameda Tubes seismic retrofitt studies" *Computers and Structures* 72, 233- 252, 1999.
[3] Furlong, K.P. "Thermal-rheologic evolution of the upper mantle and the development of the San

Andreas Fault System." *Tectophysics* 223, 149-164,1993

[4] Brocher, T.M., J., McCarthy, P.E. Hart, W.S. Holbrook, K.P. Furlong, T.C. McEvilly, J.A. Hole, and S.L. Klemperer. "Seismic evidence for a lower-crustal detachment beneath San Fransico Bay California", *Science*, 265, 1436-1439, 1994.

[5] Marcia, E. K., Lee, T., Murray, R.,, "Seismic retrofit of the posey and webster Street tubes in Oakland, California: an evaluation of the q/a q/c program for triple fluid jet grout columns," in *Geoline 2005*, Lyon,France- 23, 2005 .

[6] Robertson. P.K., Campanella, R.G., Gillespie, D., and Greig, J.. Use of Piezometer Cone data. In-Situ'86 *Use of In-situ testing in Geotechnical Engineering*, GSP 6 , ASCE, Reston,VA, Specialty Publication, pp 1263-1280, 1986

[7] Youd, T., Idriss, I., Andrus, R., Arango, I., Castro, G., Christian, J., Dobry, R., Finn, W., Harder, L., Jr., Hynes, M., Ishihara, K., Koester, J., Liao, S., Marcuson, W., III, Martin, G., Mitchell, J., Moriwaki, Y., Power, M., Robertson, P., Seed, R., and Stokoe, K., II. "Liquefaction Resistance of Soils: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils." *J. Geotech. Geoenviron. Eng.*, 10.1061/(ASCE)1090-0241(2001)127:10(817), 817-833., 2001

[8] Olsen, R. S., " Cyclic Liquefaction Based on the Cone Penetrometer Test.", Proc. of the NCEER Workshop on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, Dec., 1997, University of California, PP.225-276. 1997

AĞIR HASARLI KOLONUN VE PERDENIN TOPLAM HASAR ORANINA ETKİSİ

EFFECT OF HEAVILY DAMAGED COLUMN AND SHEAR WALL ON TOTAL DAMAGE RATIO

Cemal YILMAZ[a] ve Muharrem AKTAŞ[b]
[a] Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: cyilmaz@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: muharrema@sakarya.edu.tr

Özet

Türkiye'de depremden hasar gören yapıların hasar tespit çalışmaları, ön ve kesin hasar tespiti olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Ön hasar tespitinde, Başbakanlık AFAD kurumu tarafından hazırlanan matbu formlar kullanılmaktadır. Depremlerden hemen sonra her bir binaya ait düşey taşıyıcı elemanlarının sayısı ve hasar durumları bu formlara işlenmektedir. Bina için hasar düzeyi, alınan bu kayıtlara göre belirlenmektedir. Bu çalışmada, kolon ve perdelerdeki hasar düzeylerinin yapı hasar düzeyine etkisini incelemek üzere dört farklı düşey taşıyıcı sisteme sahip yapılar tasarlanmıştır. Her bir sistemin hasarsız durumu ile farklı hasarlı durumları ön hasar tespit formuna işlenerek, 40 farklı hasar durumu oluşturulmuştur. Bu farklı hasar durumlarında yapının toplam hasar oranı üzerinde her bir kolon ve perdenin etkisi sayısal olarak ifade edilmiştir. İstatistiksel karşılaştırmalar sonucunda bir adet ağır hasarlı kolon ve bir adet ağır hasarlı perdenin, toplam hasar oranı içindeki katkısı yüzdesel olarak ifade edilmiştir. Buna göre, ağır hasarlı perdelerin ağır hasarlı kolonlara göre yapının toplam hasar oranına katkısı iki kat olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Hasar Tespiti, Kolon, Perde, Betonarme

Abstract

In Turkey damage assessment process includes two stages; pre-assessment and final assessment. Pre-assessment is done by using official printed form prepared by Prime Ministry Disaster and Emergency Management Authority. After the earthquakes number of vertical structural elements such as columns and shear walls are recorded with their damage conditions for each examined building during the site investigation. Also, damages of non structural elements and ground subsidence are recorded in the same form. The level of damage induced to the structure is determined according to these records taken on the forms. In this study 4 structure with different vertical structural type are artificially constructed to see the effect of individual damages of structural elements to the overall structural damage of building. Total of 40 different damage cases are created by varying all the parameters given in the form. Damage ratios are defined numerically for artificially created structures considering the damages in columns and shear walls. At the end of the study effect of one heavily damaged column and one heavily damaged shear wall on the overall damage ratio is determined as a percentage value of total damage. The effect of one heavily damaged shear wall on the overall damage ratio is found to be the twice of that calculated for heavily damaged column.

Keywords: Damage Assessment, Column, Shear Wall, Reinforced Concrete

1. Giriş

Afetler, büyük oranda veya tamamen insanların kontrolü dışında gerçekleşen, mal ve can kaybına neden olabilen, çoğunlukla tahmin edilemeyen doğa olaylarıdır. Deprem, sel, çığ gibi doğa olaylarının genel hayata etki durumu, afetin toplumdaki çarpan etkisi olarak tanımlanır. Toplumda çarpan etkisi en yüksek olan olaylardan biri de depremdir.

Deprem hasarlarının bilimsel yöntemlerle tahmin edilmesi için yapılan çalışmalar 2005 yılına kadar oldukça sınırlı düzeyde kalmıştır. Bu düzeyin arttırılması amacıyla, 2005-2014 dönemi için yapılan ve yapılması gereken ARGE çalışma raporları hazırlanmıştır [1, 2]. 2010-2013 yılları arasında T.C. Başbakanlık AFAD tarafından finanse edilen ve İstanbul Teknik Üniversitesince yürütülen "hasar tespit sisteminin iyileştirilmesi" isimli proje gerçekleştirilmiştir. Bu proje sonunda bir form yayınlanmış ve betonarme yapıların ön hasar tespiti bu form ile gerçekleştirilmeye başlanmıştır [3]. Ön hasar tespit formu ile ağır hasar gören yapılar belirlenerek, bu yapılarda ikamet eden insanların tahliye edilmesiyle can kayıplarının önlenmesi, hasarın yoğun olduğu bölgelerin ve bu bölgelerde bulunan acil yıkımı gerektiren binalar ile kullanılabilir olan binaların tespiti amaçlanmaktadır [4, 5, 6, 7]. Eğer yapı hasar görmüş ise, hasarın tespiti ve özellikle yapının kullanılabilirlik araştırmaları depremin ardından başlayıp kısa sürede ve acil bir durumda yapılması gerekmektedir [8]. Meydana gelen bir afetin genel hayata etki durumu bu çalışma sonuçlarına göre değerlendirilir [4].

7269 sayılı yasa gereğince [6], bir afet sonrasında hasar tespit çalışmaları yapılmaktadır. Hasar tespit çalışmalarında, hasarlı binalar tek tek incelenir ve hasar derecelerine göre sınıflandırılırlar. Çalışma esnasında binaya ait teknik ve idari bilgiler standart formlar ile toplanır

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

[5]. Bir binaya afetten sonra yapılan hasar çalışması, sadece afetten dolayı meydana gelen hasar tespitini içerir. Önceki afetlerin binada meydana getirdiği hasarlar, ya da binanın bakımsızlığı, ekonomik ömrünü tamamlamış olması gibi nedenlerle oluşan hasarlar, projelendirme ve imalat hataları bu çalışmalarda dikkate alınmaz [4]. Betonarme yapıların ön hasar tespitlerinde çerçeve hasarı, kiriş hasarı, kolondaki kesme hasarı, dolgu duvar hasarları, kirişlerde eğik çekme çatlakları, perde duvarı hasarı temel alınarak değerlendirmeler yapılır. Yapının hasar düzeyini, özellikle kolon, kiriş ve perde elemanlarındaki hasarlar belirler [9, 7].

Perde duvarlar; depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından son derece önemli yapı elemanlardır. Deprem yükleri altında yapının yatay deplasmanını azaltan perdeler, doğru yerde kullanıldıklarında yapılar için göçmeye karşı direncini arttırmaktadır [10]. Perdeli binaların depreme karşı olan direncinin çerçeveli sistemlere oranla daha iyi olduğu ve daha az hasar gördüğü de tespit edilmiştir [11]. Kolonlar bir yapıda sadece çerçeve sistem olarak yapılabildiği gibi, perde-çerçeve sistemle birlikte de kullanılabilmektedir [12]. Perdeler çerçevelerle birlikte kullanıldığında daha sünek sistemler elde edilir [13]. Kolona ve perdeye etki eden kuvvetlerin kolon taşıma kapasitesinden fazla olması durumunda hasar ortaya çıkmaktadır [14].

Bu çalışmada, düşey taşıyıcı sistemi çerçeve ve karma sistemi olarak 4 farklı tipte yapı tasarımı yapılmıştır. Ön hasar tespit formu ile bu yapıların hasarlı ve hasarsız durumları eleman bazında incelenmiştir. Kolon ve perdelerin hasar oranının, yapının toplam hasar oranı içindeki payı sayısal olarak incelenmiş ve yapı tiplerine göre, betonarme kolon ve perdelerin hasar katkı düzeyleri belirlenmiştir.

2. Yöntem

Yapının hasar durumuna bağlı olarak hasar derecesi "ön tasar tespit formu [15]" kullanılarak yapılmıştır. Hasar tespit formunda ağır, orta ve hasarsız kolon ve perdelerin sayısı girilerek (Çizelge 1), ağırlıklı düşey eleman sayısı (T) ve ağırlıklı ağır ve orta hasarlı kolon/perde sayısı (H) değerleri (1) ve (2) formülleriyle belirlenir.

Çizelge 1. Hasarlı/hasarsız kolon ve perde sayıları

Ağır Hasarlı Düşey Eleman Sayısı	
Kolon (adet)	Perde (adet)
C1 = _____	P1 = _____
Orta Hasarlı Düşey Eleman Sayısı	
Kolon (adet)	Perde (adet)
C1 = _____	P1 = _____
Diğer Hasarlı Düşey Eleman Sayısı	
Kolon (adet)	Perde (adet)
C1 = _____	P1 = _____
Toplam Düşey Eleman Sayısı	
$\sum_{i=1}^{3} Ci =$ _____	$\sum_{i=1}^{3} Pi =$ _____

$$T = \sum_{i=1}^{3} Ci + 2 * \sum_{i=1}^{3} Pi \quad (1)$$

$$H = C1 + 2 * P1 + 0.9 * (C2 + 2 * P2) \quad (2)$$

Betonarme kirişlerin hasar durumunun olup olmayacağına göre, hasara katkı oranı (HK1) belirlenir (Çizelge 2). Mesnetlere yakın bölgelerde birden fazla kirişte, kayma ve/veya eğilme çatlağı genişliği 2 mm'den büyük ise, HK1'in olduğu varsayılır.

Temel zeminine bağlı hasar durumunun olup olmamasına göre, zemin oturma oranı (Z) belirlenir (Çizelge 2). Sıvılaşmaya bağlı olarak bina çevresinde gözlenen oturma nedeniyle oluşan hasar durumu olması durumunda Z'nin olduğu varsayılır.

Çatı/kalkan duvar hasarı (N1), merdiven hasarı (N2), baca/parapet hasarı (N3), bölme duvarlarında kayma hasarı (N4) belirlenerek, taşıyıcı olmayan sistem elemanlarına ait hasar durumu olup olmamasına göre, HK2 (3) denklemi ile bulunur (Çizelge 2).

$$HK2 = 0.0125\ x\ (N1 + N2 + N3 + N4) \quad (3)$$

Çizelge 2. Hasar oranları

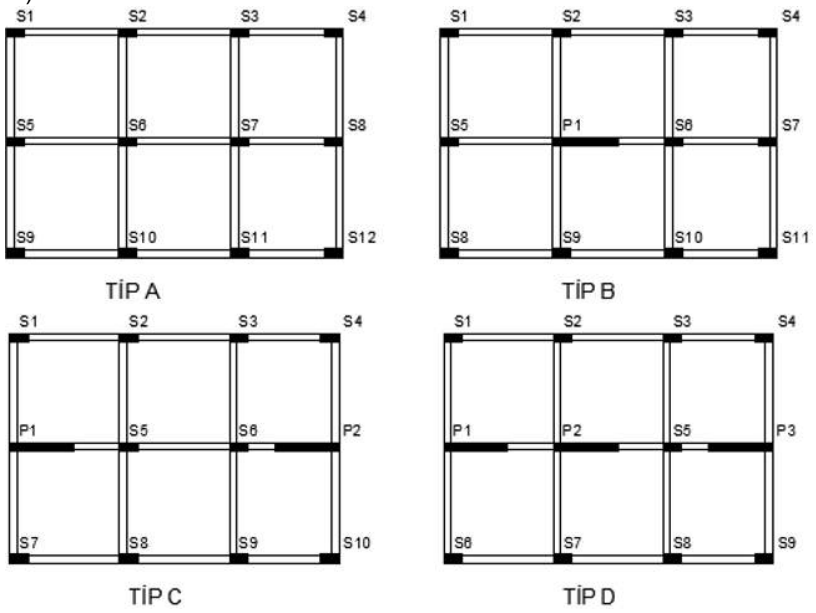
HK1	Var=1.00
	Yok=0.00
Z	Var=1.20
	Yok=1.00
N1	Var=1.00
	Yok=0.00
N2	Var=1.00
	Yok=0.00
N3	Var=1.00
	Yok=0.00
N4	Var=1.00
	Yok=0.00

Son aşamada ise, taşıyıcı sistem elemanlarının hasarın derecelendirilmesini yapmak için hasar oranı (HO), (4) denklemi ile ve toplam hasar oranı (THO), (5) denklemi ile bulunur.

$$HO = \left(\frac{H}{T}\right) \quad (4)$$

$$THO = HO * Z + HK1 + HK2 \quad (5)$$

Belirlenen yöntemin uygulanması için ön hasar tespit formu temel alınarak, taşıyıcı sistem durumuna göre 4 farklı yapı tipi belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Taşıyıcı sistem durumuna göre yapı tipleri

Yapılar 12 adet düşey taşıyıcı elemana sahip olarak; Tip A, Tip B, Tip C ve Tip D olarak isimlendirilmiştir. Tip A yapı sisteminde 12 adet kolon, Tip B yapı sisteminde 11 kolon ve 1 perde, Tip C yapı sisteminde 10 kolon ve 2 perde, Tip D yapı sisteminde ise 9 kolon ve 3 perde düşey taşıyıcı eleman bulunmaktadır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Yapı tipi ve parametreleri

Yapı Tipi	Kolon Sayısı	Perde Sayısı
Tip A	12	0
Tip B	11	1
Tip C	10	2
Tip D	9	3

Yapı tiplerinin hasar durumu ön hasar tespit formu kullanılarak derecelendirilmiştir. Ağır hasarlı kolon sayısının yapı tiplerinde (Tip A, Tip B, Tip C, Tip D) ve Ağır hasarlı perde sayısının yapı tiplerinde (Tip B, Tip C, Tip D) meydana getirdiği toplam hasar oranı (THO) içindeki katkı düzeyleri oransal olarak belirlenmiştir. Kolona ve perdeye ait ağır hasarlı elaman sayılarının yapı tiplerine göre dağılımları yapılmıştır (Çizelge 4). THO içinde kolonun hasara katkı oranının tespit amacıyla; Tip A, Tip B, Tip C, Tip D; "0" adet kolon hasarı, "1" adet kolon ağır hasarı", "2" adet kolon ağır hasarı ve "3" adet kolon hasarı değişken parametreleri kullanılmıştır.

THO içinde perdenin hasara katkı oranının tespit amacıyla; Tip A'da "0" adet perde hasarı; Tip B'de "0" adet perde hasarı, "1" adet perde ağır hasarı; Tip C'de "0" adet perde hasarı, "1" adet perde ağır hasarı, "2" adet perde ağır hasarı,; Tip D'de "0" adet perde hasarı, "1" adet perde ağır hasarı; "2" adet perde ağır hasarı; "3" adet perde ağır hasarı değişken parametreleri kullanılmıştır. Ön hasar tespit formunda, bütün yapı tipleri için betonarme kirişlerinin eğilme ve kayma çatlak genişliklerinin 2 mm'den küçük olduğu kabul edilerek, HK1=0 değeri alınmıştır. Zeminde herhangi bir oturma olmadığı kabul edilerek Z=1.00 değeri alınmıştır. Sadece düşey taşıyıcı sistemden kaynaklanan hasarlar dikkate alınıp kıyaslamalar yapılmıştır. Yapıda ağır hasar meydana geldiğinde taşıyıcı olmayan unsurların da hasar alabileceği düşünülerek, taşıyıcı olmayan sistem elemanlarının, hasarlı olduğu kabul edilmiştir. Ağır hasarlı kolon sayıları ve ağır hasarlı perde sayıları oluşturularak toplam hasar oranı tespit edilmiştir. (1) denklemi ile T, (2) denklemi ile H, (3) denklemi ile HK2, (4) denklemi ile HO, (4) denklemi ile THO tespit edilmiştir.

3. Bulgular

Taşıyıcı sistem durumuna göre belirlenen 4 yapı tipi, ön hasar tespit formuna göre değerlendirilmiş ve 40 farklı hasar durumu (6), (7), (8) formülleri ile elde edilmiştir.

$THO * 100 < 20$ = Hafif hasarlı (6)

$20 \leq THO * 100 < 40$ = Orta hasarlı (7)

$THO * 100 \geq 40$ = Ağır hasarlı (8)

Elde edilen bulgular, bütün hasar oranları için aynı yapı sistemi şartlarını sağlayarak elde edilmiştir. Buna göre 40 farklı hasar oranı için aynı olduğu kabul edilen sistem şartları aşağıdaki şekildedir;

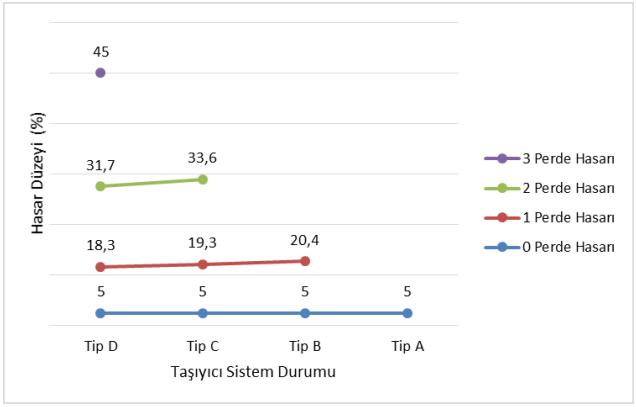
- Orta hasarlı kolon ve orta hasarlı perde sayısı olmadığı kabul edilerek $C1_{orta}=0$ ve $P1_{orta}=0$ değeri bulunmuştur.
- Zemin oturma durumunun olmadığı kabul edilerek Z=1.00 değeri bulunmuştur.
- Yapı tipleri ağır hasar aldıkları için, taşıyıcı olmayan sistem elemanlarının hasar aldıkları kabul edilmiştir.

Buna göre; çatı/kalkan duvar hasarı (N1=1.00), merdiven hasarı (N2=1.00), baca/parapet hasarı (N3=1.00), bölme duvarlarında kayma hasarı (N4=1.00), değerleri alınarak HK2 değeri bulunmuştur.

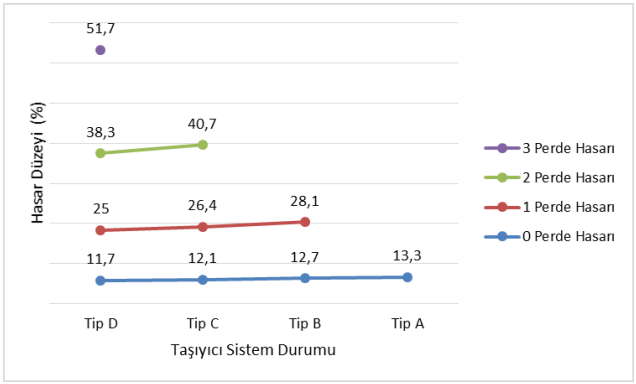
$$HK2 = 0.0125\ x\ (1 + 1 + 1 + 1) = 5$$

Çizelge 4. Yapı sistemine göre toplam hasar oranı

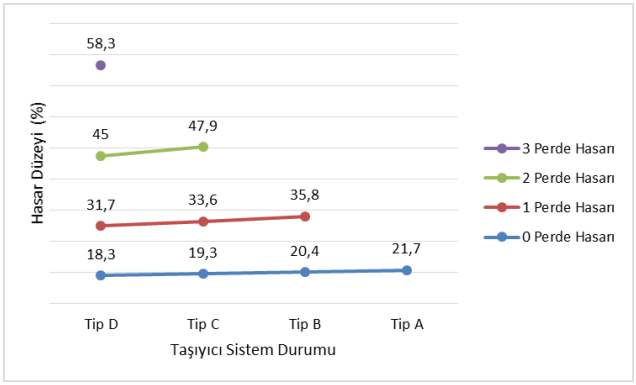
Yapı Tipi	Ağır Hasarlı		THO	Hasar Durumu
	Kolon	Perde		
Tip A	0	0	5	Hafif
	1	0	13,3	Hafif
	2	0	21,7	Orta
	3	0	30	Orta
Tip B	0	0	5	Hafif
	1	0	12,7	Hafif
	2	0	20,4	Orta
	3	0	28,1	Orta
	0	1	20,4	Orta
	1	1	28,1	Orta
	2	1	35,8	Orta
	3	1	43,5	Ağır
Tip C	0	0	5	Hafif
	1	0	12,1	Hafif
	2	0	19,3	Hafif
	3	0	26,4	Orta
	0	1	19,3	Hafif
	1	1	26,4	Orta
	2	1	33,6	Orta
	3	1	40,7	Ağır
	0	2	33,6	Orta
	1	2	40,7	Ağır
	2	2	47,9	Ağır
	3	2	55	Ağır
Tip D	0	0	5	Hafif
	1	0	11,7	Hafif
	2	0	18,3	Hafif
	3	0	25	Orta
	0	1	18,3	Hafif
	1	1	25	Orta
	2	1	31,7	Orta
	3	1	38,3	Orta
	0	2	31,7	Orta
	1	2	38,3	Orta
	2	2	45	Ağır
	3	2	51,7	Ağır
	0	3	45	Ağır
	1	3	51,7	Ağır
	2	3	58,3	Ağır
	3	3	65	Ağır



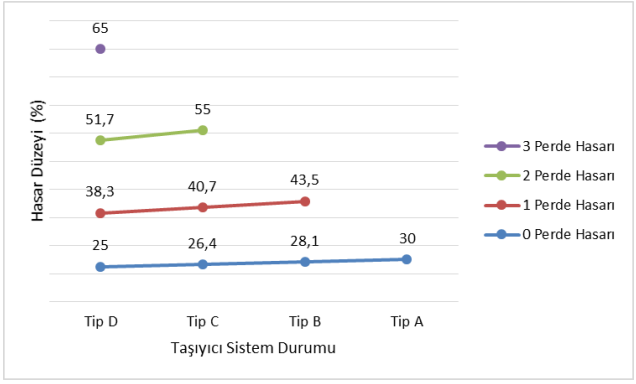
Şekil 2. Hasarsız kolon ve perde etkileşimi



Şekil 3. 1 adet hasarlı kolon ve perde etkileşimi



Şekil 4. 2 adet hasarlı kolon ve perde etkileşimi



Şekil 5. 3 adet hasarlı kolon ve perde etkileşimi

Şekil 2'de verilen yapı tiplerinin kolonları hasarsız, perdeleri ise değişken oranlarda hasarlıdır. Şekil 3'de, 4 farklı yapı tipi kolonlarından 1 adedi hasarlı, perdeleri ise değişken hasarlıdır. Şekil 4'de, 4 farklı yapı tipi kolonlarından 2 adedi hasarlı, perdeleri ise değişken hasarlıdır. Şekil 5'de, 4 farklı yapı tipi kolonlarından 3 adedi hasarlı, perdeleri ise değişken hasarlıdır.

Toplam hasar oranı değişimleri;

"0" perde hasarı: Bütün yapı tipleri %5 oranında HK1 hasarına sahiptir.

Hasarlı perdelerin artış oranları irdelenirken bir önceki hasar düzeyi temel alınarak, Tip A'da %8,3; Tip B'de %7,7; Tip C'de %7,1; Tip D'de %6,7;

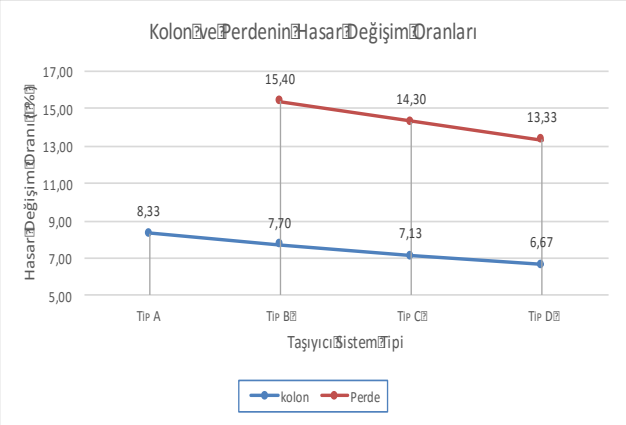
"1" perde hasarı: "0" perde hasarı temel alınarak, Tip B'de %15,4; Tip C'de %14,3; Tip D'de %13,3;

"2" perde hasarı: "1" perde hasarı temel alınarak, Tip C'de %14,3; Tip D'de %13,4;

"3" perde hasarı: "2" perde hasarı temel alınarak, Tip C'de %14,3; Tip D'de %13,4 hasar artışları gözlenmiştir.

Çizelge 5. Toplam hasar oranı içinde kolon ve perdelerin seviyeleri

Parametreler	**Tip A**	**Tip B**		**Tip C**			**Tip D**			
Kolon Sayısı	12	11	11	10	10	10	9	9	9	9
Perde Sayısı	0	1	0	2	1	0	3	2	1	0
Perde / Kolon Hasar Durumu	**THO**	**THO**		**THO**			**THO**			
Hasarsız Kolon	5	5	20,4	5	19,3	33,6	5,00	18,30	31,70	45,00
1 Ağır Hasarlı Kolon	13,3	12,7	28,1	12,1	26,4	40,7	11,70	25,00	38,30	51,70
2 Ağır Hasarlı Kolon	21,7	20,4	35,8	19,3	33,6	47,9	18,30	31,70	45,00	58,30
3 Ağır Hasarlı Kolon	30	28,1	43,5	26,4	40,7	55	25,00	38,30	51,70	65,00
Kolon Hasar Durumu	**Kolon Hasar Artış Oranı**									
Hasarsız Kolon	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
1 Ağır Hasarlı Kolon	8,30	7,70	7,70	7,10	7,10	7,10	6,70	6,70	6,60	6,70
2 Ağır Hasarlı Kolon	8,40	7,70	7,70	7,20	7,20	7,20	6,60	6,70	6,70	6,60
3 Ağır Hasarlı Kolon	8,30	7,70	7,70	7,10	7,10	7,10	6,70	6,60	6,70	6,70
Taşıyıcı Sistem Ortalaması	**8,33**	**7,70**	**7,70**	**7,13**	**7,13**	**7,13**	**6,67**	**6,67**	**6,67**	**6,67**
Kolon Tip Ortalaması	**8,33**	**7,70**		**7,13**			**6,67**			
Perde Hasar Durumu	**Perde Hasar Artış Oranı**									
Hasarsız Perde	0,00	0,00	15,40	0,00	14,30	14,30	0,00	13,30	13,40	13,30
1 Ağır Hasarlı Perde	0,00	0,00	15,40	0,00	14,30	14,30	0,00	13,30	13,30	13,40
2 Ağır Hasarlı Perde	0,00	0,00	15,40	0,00	14,30	14,30	0,00	13,40	13,30	13,30
3 Ağır Hasarlı Perde	0,00	0,00	15,40	0,00	14,30	14,30	0,00	13,30	13,40	13,30
Taşıyıcı Sistem Ortalaması	**0,00**	**0,00**	**15,40**	**0,00**	**14,30**	**14,30**	**0,00**	**13,33**	**13,35**	**13,33**
Perde Tip Ortalaması	**0,00**	**15,40**		**14,30**			**13,33**			



Şekil 6. Ağır hasarlı kolonun ve perdenin toplam hasar oranına etkisi

Yapı tiplerine bağlı olarak elde edilen 40 farklı hasar durumu, taşıyıcı sistem durumuna göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 5). Ağır hasar verilen her bir kolon ve perde elemanlarının A, B, C ve D yapı tiplerinde meydana getirdiği hasar oranları yüzdesel olarak elde edilmiştir. Son olarak elde edilen değerlerin Yapı tipine göre ortalaması alınarak, ağır hasarlı bir kolonun, Yapı tipinin toplam hasar oranı içindeki, hasar katkı yüzdesi elde edilmiştir (Şekil6). Şekil 6'ya göre perde sayısının azalması, yapı sisteminin toplam hasar oranını arttırdığı ve ağır hasarlı bir perde, ağır hasarlı bir kolona göre hasar oranını yaklaşık 2 kat arttırdığı görülmüştür.

4. Sonuçlar

Çalışmada verilen % 5 Hafif Hasarlı iki farklı yapı tipi incelendiğinde (aynı yapı sistemi şartlarında) Tip A yapı sisteminde 2 kolonun ağır hasar alması yapıyı Orta Hasar seviyesine çıkarırken, Tip B yapı sistemi Hafif Hasarlı durumunu korumaktadır. Diğer yapı tiplerinde de benzer durumun olduğu söylenebilir. Elde edilen bu sonuçlara göre; ön hasar tespit formuna göre yapılan hasar değerlendirmelerinde, yapı sisteminde en az bir perdenin

eklenmesi yapının hasar düzeyini olumlu yönde değiştirmektedir. Çalışma sonuçlarına göre, ağır hasarlı perdelerin ağır hasarlı kolonlara göre yapının toplam hasar oranına katkısı iki kat olmaktadır.

5. Kaynaklar

[1] T.C. Başbakanlık, Türkiye Ulusal Deprem Araştırmaları Programı Raporu, Ankara, Eylül 2005.

[2] T.C. Başbakanlık, "Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı", AFAD, Ankara, Mart 2013.

[3] https://www.afad.gov.tr/tr/HbIcerikDetay.aspx?ID=164 10.12.2015.

[4] http://www.aydinafad.gov.tr/documents. 11.12.2015.

[5] Gökçe, O., Tetik, Ç., "Teoride ve Pratikte Afet Sonrası İyileştirme Çalışmaları", AFAD, Ankara, 2012.

[6] TBMM, "Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun", Resmi Gazete, Mayıs 1959.

[7] Yüksel, İ., "Betonarme Binaların Deprem Sonrası Acil Hasar Değerlendirmeleri", Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 24 (1-2) 260 – 276, Kayseri, 2008.

[8] Başyiğit, C., Çomak, B., Kılınçarslan, Ş., Kamacı Z., "Depremde Hasar Görmüş Betonarme Yapıların Beton Kalitesini Belirlemede Yeni Yaklaşımlar: Görüntü İşleme Örneği", 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, 25-27 Eylül 2013.

[9] Baltacıoğlu, A.K., Yavaş, A., Civalek, Ö., Öztürk, B., Akgöz, B., "Yapıların Deprem Hasarlarının Hızlı Tespitinde Bulanık Kural Tabanlı Uzman Sistemlerin Kullanımı", BAÜ FBE Dergisi, 12 (1), 65-74 Temmuz 2010.

[10] Atımtay, E., "Çerçeve ve Perdeli Betonarme Sistemlerin Tasarımı Temel Kavramlar ve Hesap Yöntemleri", Bizim Büro Basımevi, 2 cilt., Ankara, 2000.

[11] Öztürk T., 2005, "Betonarme Binalarda Deprem Perdelerinin Yerleşimi Ve Tasarımı", İlkbahar-Yaz Dönemi Meslekiçi Eğitim Kursları, İMO, İstanbul.

[12] Şahin H.,, Alyamaç K.E.,, Erdoğan, A.S., "Perdeli Çerçeveli Yapılarda Zemin Sınıfı ve Kat Adedi Dikkate Alınarak Gerekli Perde Oranının Tespiti", SDU International Technologic Science , 5(1) 74-86, June 2013.

[13] Aktan, S., Kıraç, N, "Betonarme Binalarda Perdelerin Davranışa Etkileri", Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, XXIII,(1), 2010.

[14] Özdener, N., "Betonarme Binaların Deprem Güvenliğinin, Bina Dışından Uygulanan Betonarme Prefabrik Paneller İle Arttırılması", Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Mart 2011.

[15] Taşkın, B., "Deprem Sonrasında Betonarme Binaların Hasar Sınıflandırılmasında Kullanılacak Yeni AFAD Hasar Tespit Formları", İMO Meslek içi Seminerleri, Aralık 2015.

ÇELİK ÇAPRAZLI ÇERÇEVLERİN SARSMA TABLASINDA İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF STEEL BRACED FRAMES ON SHAKE TABLE

H. Serdar KÜYÜKK[a,b] ve Muharrem AKTAŞ[c]
[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: serdarkuyuk@gmail.com
[b] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr
[c] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: muharrema@sakarya.edu.tr

Özet

Afet bölgelerinde inşa edilen çelik endüstriyel hangar tipi yapılarda, yatay deprem yüklerine karşı çoğunlukla çelik çaprazlar kullanılmaktadır. Yönetmelikler tarafından düzenlenen bu çaprazlar, çerçeveler arası yatay ötelenmeleri azaltmak için en etkin önlemlerden biridir. Buna karşın çaprazların dinamik yükler altında hangi miktarda azaltma sağladığı deneysel olarak yeterince incelenmemiştir. Bu çalışmada ölçekli model bir çerçevenin çapraz ile güçlendirilmesi durumundaki performansı araştırılmıştır. Bunun için 19 kg ağırlığında, 540 mm açıklığında ve 938 mm yüksekliğinde bir çerçeve sarsama tablası üzerinde 1999 Kocaeli deprem Sakarya ivme kaydı altında sarsılmıştır. Çerçevenin ivme zaman tepkisi, ivmeölçerler yardımıyla elde edilmiştir. Çaprazların model çerçevenin sönümünde ve rijitliğinde yaptığı değişim bulunmuştur. Pik ivme ve yerdeğiştirme cinsinden meydana gelen farklılıklar karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak, sarsma tablası ile yapı arasındaki göreceli farklara bakıldığında, çaprazlı çerçevenin pik ivmesinde %30 azalma, yerdeğiştirmede ise yaklaşık %90 mertebelerinde azalma bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: çelik çapraz, sarsma tablası, dinamik analiz

Abstract

Steel bracing is generally used against horizontal earthquake loadings in steel industrial type structures to be built in disaster prone regions. These bracings regulated by design codes are one of the most effective way to limit the horizontal displacements between frames. However, the amount of reduction of lateral displacement achieved by braces has not been experimentally investigated extensively. Performance of a model steel frame strengthened with a brace is investigated in this study. For such purpose, a frame in 19 kg weight, 540 mm span and 938 mm height is excited with shake table by applying accelerations recorded in Sakarya for 1999 Kocaeli Earthquake. Acceleration response of the frame is obtained by use of accelerometers. Effects of brace on the variation of damping and rigidity are observed. Differences in terms of peak acceleration and displacement values are compared. When relative differences between shake table and structure are examined 30% and 90% decrease is found in peak acceleration and displacement, respectively for braced frames.

Keywords: steel brace, shake table, dynamic analysis

1. Giriş

Deprem yükleri gibi kuvvetli dinamik etkiler altındaki yapıların korunması deprem mühendisliğinin başlıca konusudur. Depremlerden dolayı oluşan yapılardaki yatay ötelenmeler, perdeler, kolonlar ve kirişler vasıtası ile yönetmeliklerde verilen sınırlar dâhilinde olması sağlanır. Binadan talep edilen enerji çerçeve tipi yapılarda kolonlar vasıtası ile sönümlenir. Sismik enerjiyi, kolonlarda yapısal hasar oluşması kabulüne dayanarak tüketme yerine, çelik çapraz sistemler gibi ek sönüm sistemleri ile tüketme alternatif bir yaklaşım olarak görülmektedir ([1-4]).

1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra Türkiye'deki mevcut yapı stokunun değerlendirilmesi ve güçlendirilmesi konusunda gerek bilimsel ortamda gerekse özel firmalar bazında çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Var olan taşıyıcı sistemi çaprazlar ekleyerek güçlendirme yöntemleri birçok durumda maliyet ve bina dayanımı açısından yeterli olabilmekte, alternatif ve ileri teknoloji gerektiren sönümleyici sistemlere gerek kalmamaktadır. Çaprazlar ile güçlendirme nispeten daha bilinir ve yaygın olması, bu yöntemlerin uygulayabilecek tecrübeli yüklenici firmaların çokluğu ülkemizde bu tarz güçlendirme yönteminin tercih edilir olmasını sağlamıştır ([5,6]).

Bu çalışmada, sönüm oranı çok düşük bir çerçevenin çelik çaprazlar ile güçlendirildikten sonraki performansı incelenmiştir. Çerçevenin performansı sarsma tablası üzerinde 1999 Kocaeli depremi Sakarya ivme kayıdı kullanarak hesaplanmıştır. İki adet MEMS sensörü kullanılarak, çaprazlı ve çaprazsız yapının tepe noktasındaki pik genlikler yer değiştirme ve ivme cinsinden elde edilmiş ve karşılaştırılmıştır.

2. Çerçevenin Özellikleri

Tasarlanan çerçeve tek serbestlik dereceli olarak imal edilmiştir. Çelik kirişin üzerine yerleştirilen kiriş kütlesi, kolon kütlesine göre çok büyük seçilerek, çubuk kütlesinin önemsiz hale gelmesine ve sistem davranışının tek serbestlik dereceli sisteme yaklaşması sağlanmıştır. Çerçevenin açıklığı 540 mm ve yüksekliği 938 mm'dir. Model yapının kütlesi toplamda 19 kg olarak hesaplanmıştır. Model üretimi esnasında kütleler kiriş üzerine simetrik olacak şekilde çelik plakalar ile monte edilmiştir. Çerçeveyi oluşturan kolon-kiriş, ve kiriş-çapraz birleşimleri bulonlu bağlantı olarak üretilmiştir. Model çelik 8 mm gijonlar ile sarsma tablası üzerinde bulunan 10 mm delikler geçirilerek her iki yüzeyden bulonlar ile bağlanarak ankestre özellik kazandırılmıştır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Kolon kesiti olarak Ø8 kesitine sahip çelik çubuk seçilmiş ve sarsma tablasına ankestre bağlanmıştır. Sistemdeki kiriş ebatları RHS60*3 profilinden üretilmiştir. Hazırlanan model sarsma tablasına monte edilmiştir. İlk olarak çaprazlar olmadan deprem dinamik yüklerine tabi tutulmuştur. Gerekli ivme kayıtları aldıktan sonra sisteme çapraz bağlantısı yapılmış ve aynı deprem kayıtları ile yükleme yapılarak sonuçlar karşılaştırılmıştır.

3. Deney Düzeneği

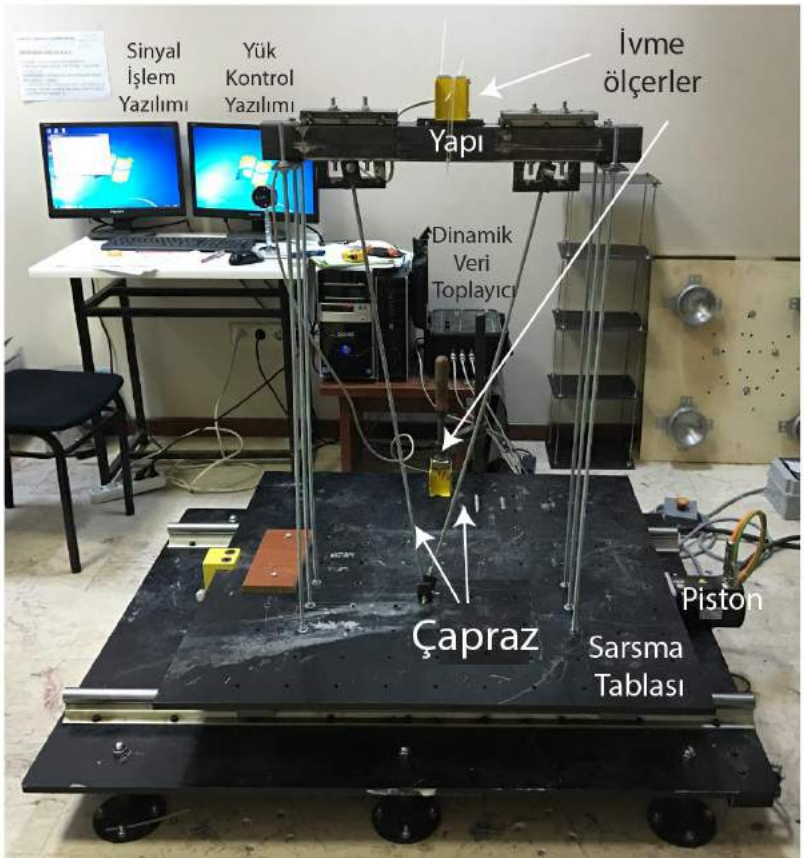
Deneyler Sakarya Üniversitesi İnşaat Mühendisliğinde Deprem Araştırmaları Laboratuvarında (DEPAR) bulunan sarsma tablası kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sarsma tablası 2500 N kapasiteli servo-elektro motora sahiptır (Şekil 1). Tabla boyutu 1000 mmx 1000 mm olan ve 200 mm maksimum yer değiştirme yapabilen sarsma tablası ±2 g ivme oluşturabilecek kapasitededir. Tek eksenli ve pozisyon geri besleme kontrollü sarsma tablasına, sinüzoidal veya deprem yükleri uygulanabilmektedir. Referans ivmeölçerler sarsma tablasına ve model yapının en üst katına uygulanan yük yönünde sabitlenmiştir. Bu ivmeölçerlerle alınan kayıtlar veri toplama sitemi ile bilgisayar ortamına dijital olarak gerçek zamanlı aktarılmıştır.

Referans olarak kullanılan ivmeölçer mikro elektromekanik sistem (MEMS) mikroçip tabanlı bir sensöre sahip olup mikro-mekanik ölçekte kuvvet geri besleme teknolojisine sahiptir. 5 mikro-g/Hz gürültü performansındaki ivmeölçerler ±3 g ölçüm kapasitesine sahiptir. Ölçülebilir frekans aralığı 0-400 Hz'dir. Yüksek çözünürlüklü ve düşük gürültülü olması sebebi ile yapı sağlığı takibi, modal analiz ve sismik araştırmalara yönelik olarak kullanılabilir. Bu ivmeölçerlerden alınan kayıtlar dinamik veri toplama cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Dinamik sayısallaştırıcı 24 Bit yüksek çözünürlük, 140 dB' e varan yüksek dinamik aralık ve hızlı, eş-zamanlı örnekleme yeteneğine sahiptir.

İvmeölçerlerden alınan kayıtlar ilk olarak düzeltme ve filtreleme işlemlerine tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarını mümkün olduğunca hatasız ve kolayca yorumlamak için ivme kayıtlarına önce temel çizgisi hatası düzeltilmesi uygulanmıştır. Butterworth, Bant geçiren filtreleme işlemi 0.1-10 Hz aralığında seçilerek, veri içerisinde istenmeyen gürültüler elenmiştir. Deneyler sırasında referans ivmeölçerden saniyede 100 veri alınmıştır.

3. Deneylerin Gerçekleştirilmesi ve Verilerin İşlenmesi

1/5 ölçekli çerçeve yapı iki farklı şekilde teste tabi tutulmuştur. İlkinde yatay hareketi engellenmemiş çerçeve yüklenmiştir. İkincisin de, çapraz elemanlar kullanılan yatay hareketi engellenmiş çerçeve test edilmiştir. Sarsma tablası üzerindeki ve çerçeve üzerindeki kayıtlar ayrı ayrı incelenmiştir. Çift integrasyon ile kayıt edilen ivme zaman bilgisi yerdeğiştirme zaman bilgisine dönüştürülmüştür.

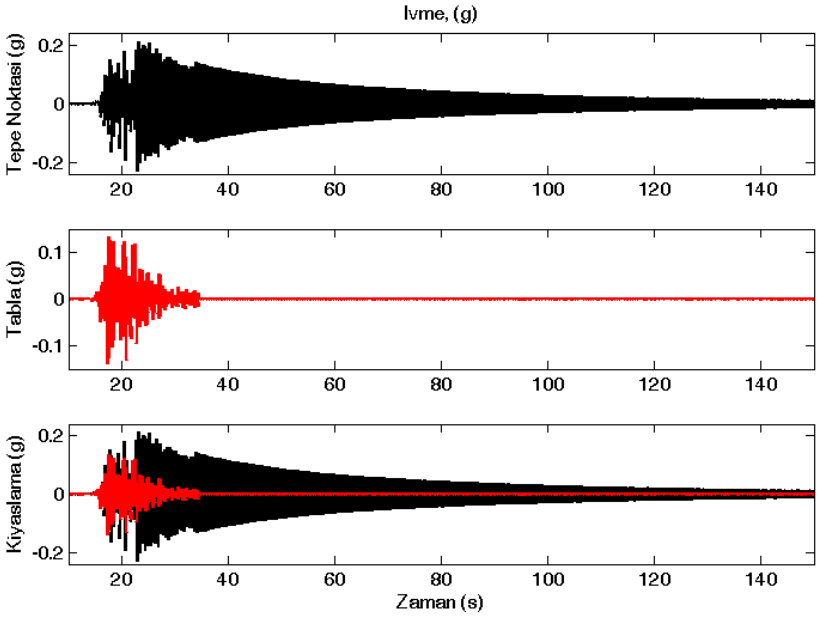


Şekil 1. Sarsma tablası düzeneği ve ölçekli model çerçevenin görünüşü

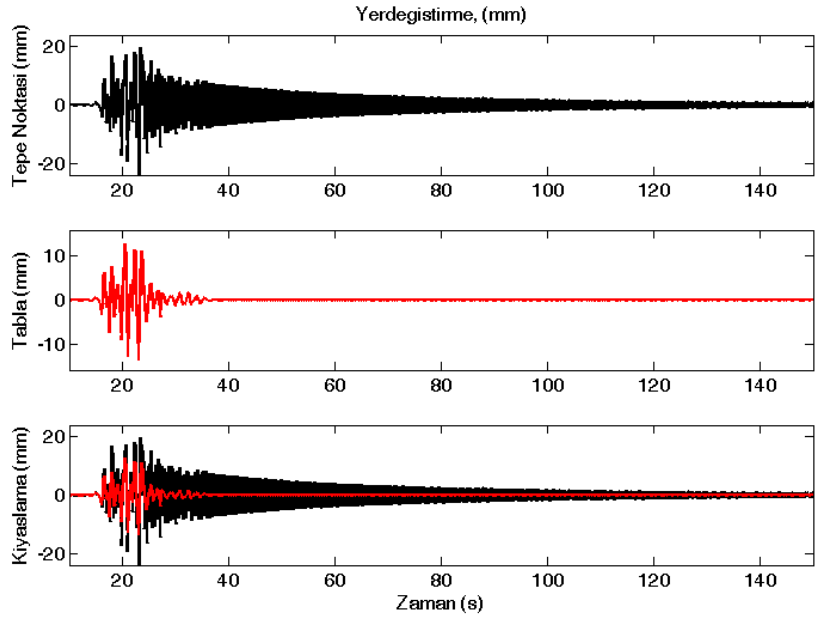
4. Sonuçlar

4.1. Yatay Hareketi Engellenmemiş Çerçeve

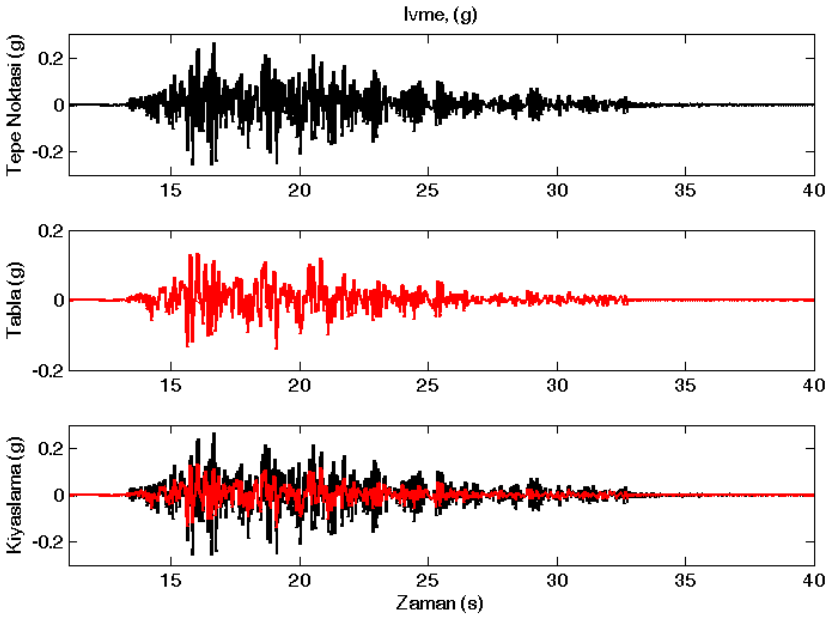
Şekil 2'de ilk deneyden elde edilen sonuçların ivme zaman değerleri gösterilmiştir. İlk şekil yapı tepe noktasından elde edilen ivme kayıtlarıdır. Sakarya ivme kayıdı yaklaşık 38. saniyelerde sonlanmaktadır. Fakat yapı 25 saniyeden itibaren şiddetli bir şekilde sallanmakta, kayıt bittikten sonra ise serbest salınım yapmaktadır. Çerçevenin sönümü çok düşük olduğu için salınımlar 100 saniyeden fazla sürmüştür. İkinci grafikte kırmızı ile çizilen ivme zaman şekli sarsma tablası üzerinde elde edilen kayıttır. Tabla'dan ve çerçeveden elde edilen kayıtlar Şekil 2 üçüncü grafikte kıyaslanarak çizilmiştir. Çerçeve tepe noktasından, sarsma tablasından elde edilen yerdeğiştirme kayıtları Şekil 3'de sunulmuştur. Şekil 2'de ivme zaman grafiklerin görülen benzer davranışlar yerdeğiştirme grafiklerinde de görülmektedir.



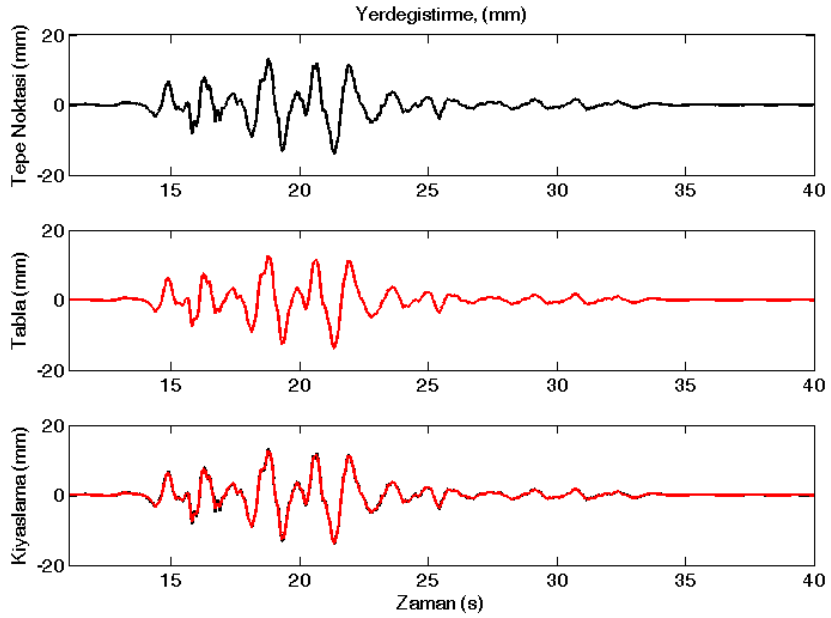
Şekil 2. Yatay hareketi engellenmemiş model çerçeve deneyi ivme kayıtları



Şekil 3. Yatay hareketi engellenmemiş model çerçeve deneyi yerdeğiştirme kayıtları



Şekil 4. Yatay hareketi çaprazla engellenmiş model çerçeve deneyi ivme kayıtları



Şekil 5. Yatay hareketi çaprazla engellenmiş model çerçeve deneyi yerdeğiştirme kayıtları

4.2. Yatay Hareketi Çaprazlarla Engellenmiş Çerçeve

Şekil 4'de ikinci deneyden elde edilen sonuçların ivme zaman değerleri gösterilmiştir. İlk şekil yapı tepe noktasından elde edilen ivme kayıtıdır. Sakarya ivme kayıdı yaklaşık 33. saniye civarlarında sonlanmaktadır. Yapı sarsma tablasındaki ivme ile paralel bir şekilde sallanmakta ve durmaktadır. Çerçevenin sönümü ve rijitliği çok yükseldiği için salınımlar çaprazsız çerçeveye göre çok çabuk sönümlenmektedir. İkinci grafikte kırmızı ile çizilen ivme zaman şekli sarsma tablası üzerinde elde edilen kayıttır. Tabla'dan ve çerçeveden elde edilen kayıtlar Şekil 4 üçüncü grafikte kıyaslanarak çizilmiştir. Çerçeve tepe noktasından, sarsma tablasından elde edilen yerdeğiştirme kayıtları Şekil 5'de sunulmuştur. Şekil 4'de ivme zaman grafiklerinde görülen benzer davranışlar bu grafikte de görülmektedir.

5. Tartışma

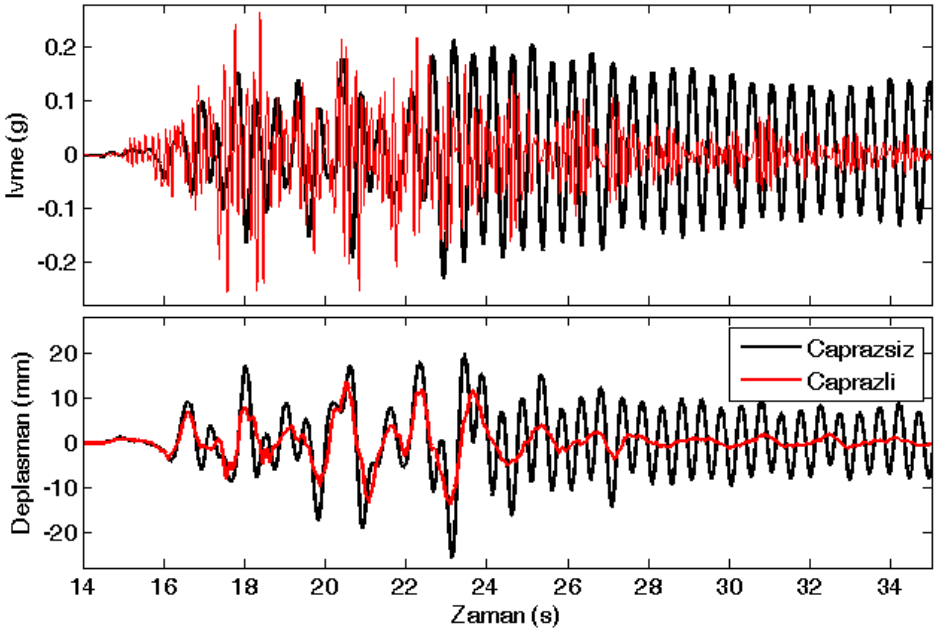
Yapılan iki deney sonucu elde edilen pik değerler Çizelge 1'de sunulmuştur. Çaprazlı çerçevede yer değiştirme değeri (13.99 mm) çaprazsız çerçeveye göre neredeyse %50 oranında (25.91 mm) azalmaktadır. Pik ivme değerlerine bakıldığında ise daha rijit davranış gösteren çaprazlı çerçevede (0.27 g) çaprazsız çerçeveye (0.23) göre az miktarda olsa daha fazla ivme ölçülmüştür. Diğer yandan göreceli farklara bakıldığında, (yani sarsma tablası

ile yapı arasındaki ivme ve yerdeğiştirme) ivmelerde %30, yerdeğiştirmede ise yaklaşık %90 daha az değerler çaprazlı çerçevede görülmüştür.

Çaprazsız ve çaprazlı çerçevelerin ivme ve yerdeğiştirme zaman grafikleri aynı anda çizildiğinde aradaki farklar daha rahat görülebilir (Şekil 6). İvme zaman grafiğine bakıldığında 23. saniyeden itibaren çaprazsız sistem salınımına devam ederken, çaprazlı sistem hızlı bir şekilde sönümlenmektedir. Benzer davranış yerdeğiştirme zaman grafiğinde de görülmüştür.

Çizelge 1. Yapılan iki deney sonucu elde edilen pik değerler.

		Tepe noktası	Tabla	Göreceli Fark
Çaprazsız	İvmeler (g)	0.23	0.14	0.27
	Yer değiştirme (mm)	25.91	13.63	14.52
Çaprazlı	İvmeler (g)	0.27	0.14	0.18
	Yer değiştirme (mm)	13.99	13.62	1.05



Şekil 6. Yatay hareketi çaprazla engellenmemiş ve engellenmiş model çerçevenin ivme ve yerdeğiştirme kayıtlarının karşılaştırılması

Teşekkür

Bu çalışmada yapı modelinin kurulmasında yardımcı olan Oja Morina, Muhammet Bayrami Muhammet Soydan ve Uğur Özen'e teşekkür ederiz. Ayrıca 2013-01-04-027 proje numarası ve "Sarsma Tablası Deney Düzeneği ile Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi" destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkalığına ile 115M363 nolu, "Depreme Duyarlı Yapıların Yarı-Aktif Manyeto-Reolojik Damperler ile Kontrolü" isimli Tübitak projesine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

[1] Sabelli, R., Mahin, S., & Chang, C. (2003). Seismic demands on steel braced frame buildings with buckling-restrained braces. Engineering Structures, 25(5), 655-666.

[2] Kiggins, S., & Uang, C. M. (2006). Reducing residual drift of buckling-restrained braced frames as a dual system. Engineering Structures, 28(11), 1525-1532.

[3] Black, C. J., Makris, N., & Aiken, I. D. (2004). Component testing, seismic evaluation and characterization of buckling-restrained braces. Journal of Structural Engineering, 130(6), 880-894.

[4] Tremblay, R. (2002). Inelastic seismic response of steel bracing members.Journal of Constructional Steel Research, 58(5), 665-701.

[5] Di Sarno, L., & Elnashai, A. S. (2009). Bracing systems for seismic retrofitting of steel frames. Journal of Constructional Steel Research, 65(2), 452-465.

[6] Apostolakis, G., & Dargush, G. F. (2010). Optimal seismic design of moment-resisting steel frames with hysteretic passive devices. Earthquake Engineering & Structural Dynamics, 39(4), 355-376.

DÜŞEYDE DÜZENLİ VE DÜZENSİZ ÇOK KATLI MODEL YAPILARIN SARSMA TABLASI ÜZERİNDEKİ DEPREM PERFORMANSININ İNCELENMESİ

PERFORMANCE OF SCALED HIGH RISE BUILDING WITH AND WITHOUT VERTICAL STRUCTURAL IRREGULARITIES ON SHAKE TABLE

, H.Serdar KÜYÜK[a,b] Zeynep YAMAN[c] ve Muharrem AKTAŞ[d]

[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: skuyuk@sakarya.edu.tr
[b] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr
[c] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: zdyaman@sakarya.edu.tr
[d] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: muharrema@sakarya.edu.tr

Özet

Yapıların düşeyde düzensizliği, yapıların dinamik davranışına etki eden en önemli faktörlerden bir tanesidir. Türk Deprem yönetmeliğinde B1, B2 ve B3 olarak belirtilen düşey doğrultuda düzensizlik durumlarının yer alacağı çok katlı bir yapı ile düşey doğrultuda düzensizlik durumu içermeyen yapıların davranışları kıyaslanarak, tasarımda dikkat edilecek hususlar belirtilmiştir. Bu düzensizliğin yapılardaki davranış farklarının, ölçeklenmiş model yapılarda sarsma tablası kullanılarak incelenmesi yeterince araştırılmamıştır. Bu çalışmada, düşey düzensizlik içeren ve içermeyen iki model yapı, sarsma tablasında El-Centro depremi altında titreşime maruz bırakılarak yapıların dinamik davranışı deneysel olarak incelenmiştir. Yapılarda oluşan maksimum tepe yer değiştirmesi ve maksimum tepe ivmesi değerleri kıyaslanarak düşey düzensizliğin davranışa etkisi araştırılmıştır. Model yapılarda yapılan deneyler sonucunda düzensiz yapının maksimum tepe yer değiştirmesi düzenli yapıya göre %64 daha fazla olduğu bulunmuştur. Tepe noktası maksimum ivme değerleri arasında ise %13'lük bir fark oluştuğu gözlemlenmiştir.

Anahtar kelimeler: yapılarda düşey düzensizlik, dinamik yükler altında yapı davranışı, sarsma tablası, çok katlı model bina

Abstract

One of the important factors effecting dynamic behavior of structure is Vertical Structural Irregularities (VSI). Special consideration that needs to be considered for structures with and without VSI is defined in Turkish Earthquake Code as B1, B2 and B3. Effect of VSI on structural behavior is not studied enough on scaled models which are excited with shaking table. In this study dynamic behavior of two high rise building designed with and without VSI is investigated experimentally by exciting them with El-Centro earthquake records on shake table. Maximum deflection and acceleration recorded at the top of the structures are used to discuss the effect of VSI in structural behavior. According to the experimental results, structures with VSI have 64% more deflection values than structures that in structure with VSI. That difference reduced to 13% when maximum accelerations at the top floor is considered.

Keywords: structural vertical irregularities, structural behavior under dynamic loads, shake table, high rise model building

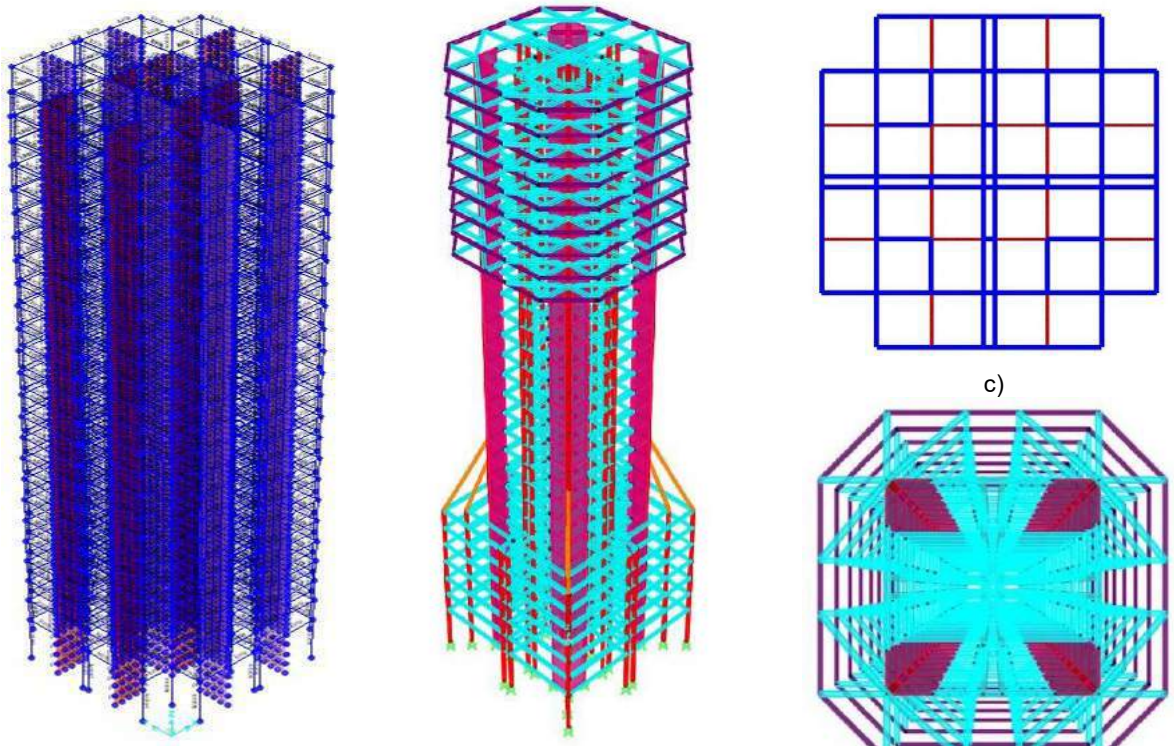
1. Giriş

Şiddetli depremler sonucu, yapıların bir kısmı düşey doğrultudaki düzensizliklerden dolayı büyük zararlar görebilmektedir. Taşıyıcı sistemin deprem davranışını zayıflatan düşey düzensizliklerin, binalardaki hasarı arttırdığı ve binaların göçmesini kolaylaştırdığı yaşanan depremler sonrası gözlemlenmiştir. Yatay ve düşey yüklerin, süreksiz düşey elemanlar vasıtası ile temele aktarılması, taşıyıcı sisteme, ilave kesme kuvvetleri getirmektedir. Düşey düzensizliklerden kaçınmak için Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelikte B1: Komşu katlar arası dayanım düzensizliği, B2: Komşu katlar arası rijitlik düzensizliği ve B3: Taşıyıcı sistemin düşey elemanlarının süreksizliği olarak üç şekilde tanım yapılmıştır.

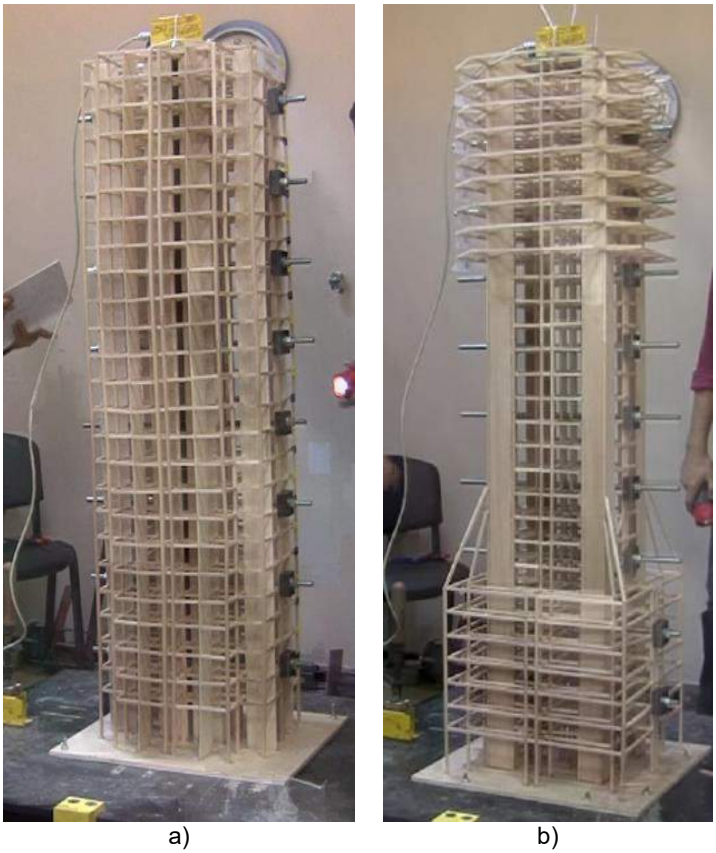
Literatürde yapısal düzensizliklerin binaların deprem performansına olan etkisini inceleyen çok sayıda çalışmada özellikle, zayıf kat, yumuşak kat ve burulma düzensizliği konuları incelenmiştir [1,2,3]. Ayrıca döşeme süreksizliklerini ve plandaki çıkıntıların etkilerini inceleyen çalışmalar da mevcuttur [4,5]. Düşey düzensizliklerden biri olan kolon süreksizliği mevcut yapılarda sonlu eleman programı kullanarak numerik olarak incelenmiştir [6,7,8]. Benzer şekilde, planda düzensiz betonarme bir binanın performansı, farklı malzeme kaliteleri ile nümerik çözümlenmiş, düzenli ve düzensiz durumların karşılaştırması yapılmıştır [9]. Yapılan bu çalışmaların çoğu nümerik çalışmalar olup deneysel çalışmalar yetersizdir [10-14]. Düşey düzensizliklerin yapısal davranışa etkileri deneysel olarak dinamik yükler altında incelenmelidir.

Bu çalışmanın amacı, düşey düzensizliğin yapısal davranışa etkisinin deneysel olarak incelenmesidir. Bu amaçla düşeyde düzenli ve düzensiz yapı elemanlarından oluşan iki model bina tasarlanmış ve inşa edilmiştir. Yapıların, sarsma tablası ile El-Centro deprem kaydı etkisinde dinamik deneyleri gerçekleştirilmiştir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Model yapıların boy ve kesit tasarımı a) Düzenli yapı boy görünüşü b)Düzensiz yapı boy görünüşü c) Düzenli yapı plan kesiti d) Düzensiz yapı plan kesiti



Şekil 2. Model yapıların deney düzeneği a)Düzenli yapı deney düzeneği b)Düzensiz yapı deney düzeneği

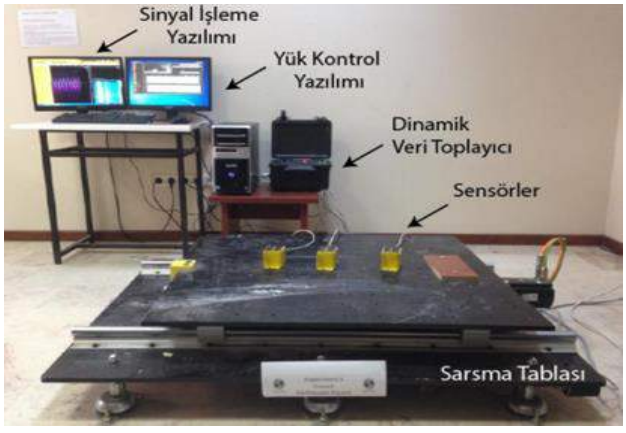
2. Model Bina Özellikleri

Düşeyde düzensiz yapıları temsil etmek üzere 1/60 ölçeğinde balsa ağacından yapılan çıtalar kullanılarak perdeli-çerçeveli çok katlı iki model yapı tasarlanmıştır (Şekil 1). Model yapılarda döşeme plakaları olmadığından dolayı her 3 katta bir yapıya 1.5 kg'lık çelik çubuklar eklenerek toplu kütleli sistem oluşturulmuştur. 29 kat olarak planlanan binalardan düşeyde sürekli olan yapının bina oturum alanı 0.1211 m^2 iken düşeyde süreksiz olanın bina oturum alanı 0,1535 m^2'dir (Şekil 1). Her iki binanın ağırlığı sırasıyla 2.60 kg ve 2.15 kg'dır. Binalar sarsma tablasına ankastre bağlanmıştır. Yapının tepe noktasına ve sarsma tablasına ivme ölçerler yerleştirilerek titreşim kayıtları alınmıştır (Şekil 2).

3. Yöntem

Yapı davranışını belirlemede kullanılan iki ivmeölçeri karşılaştırmak için 250 N kapasiteli servo-elektro motora sahip dinamik sarsma tablası kullanılmıştır (Şekil 3). Tabla boyutu 1000 mm x 1000 mm olan ve 200 mm maksimum yer değiştirme yapabilen sarsma tablası ±2 g ivme oluşturabilecek kapasitededir. Tek eksenli ve pozisyon geri besleme kontrollü sarsma tablasına, sinüzoidal veya deprem yükleri uygulanabilmektedir. Referans ivmeölçerler sarsma tablasına ve model yapının en üst katına uygulanan yük yönünde sabitlenmiştir. Bu ivmeölçerlerle alınan kayıtlar veri toplama sitemi ile bilgisayar ortamına dijital olarak gerçek zamanlı aktarılmıştır.

Referans olarak kullanılan ivmeölçer mikro elektromekanik sistem (MEMS) mikroçip tabanlı bir sensöre sahip olup mikro-mekanik ölçekte kuvvet geri besleme teknolojisine sahiptir. 5 mikro-g/Hz gürültü performansındaki ivmeölçerler ±3 g ölçüm kapasitesine sahiptir. Ölçülebilir frekans aralığı 0-400 Hz' dir. Yüksek çözünürlüklü ve düşük gürültülü olması sebebi ile yapı sağlığı takibi, modal analiz ve sismik araştırmalara yönelik olarak kullanılabilir. Bu ivmeölçerlerden alınan kayıtlar dinamik veri toplama cihazı ile kayıt altına alınmıştır. Dinamik sayısallaştırıcı 24 Bit yüksek çözünürlük, 140 dB' e varan yüksek dinamik aralık ve hızlı, eş-zamanlı örnekleme yeteneğine sahiptir.

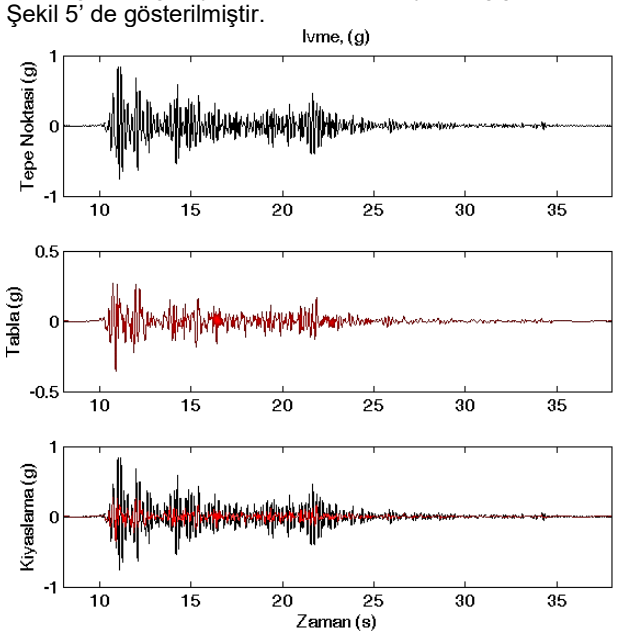


Şekil 3. Deneylerde kullanılan sarsma tablası, ivme ölçer ve çevre üniteleri

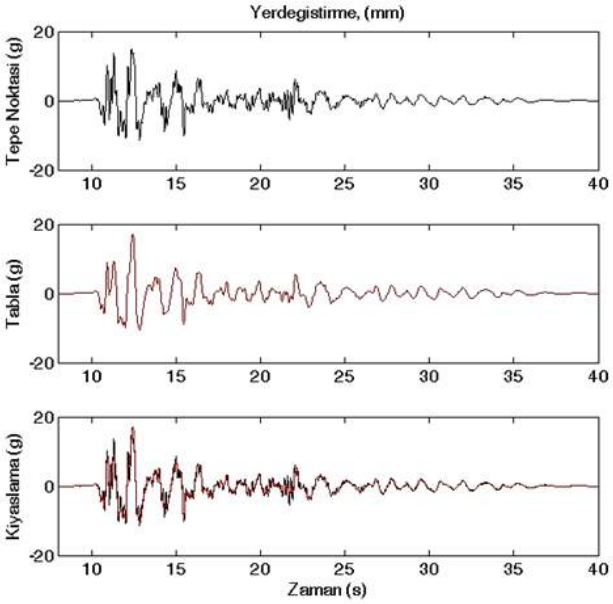
Sarsma tablasına El-Centro depremi ivme kaydı uygulanmıştır. İvmeölçerlerden alınan kayıtlar öncelikli olarak düzeltme ve filtreleme işlemlerine tabi tutulmuştur. Analiz sonuçlarını mümkün olduğunca hatasız ve kolayca yorumlamak için ivme kayıtlarına önce temel çizgisi hatası düzeltilmesi uygulanmıştır. Veri içerisindeki istenmeyen gürültüler Butterworth, Bant geçiren filtreleme işlemi 0.1-10 Hz aralığında seçilerek, elenmiştir. Deneyler sırasında referans ivmeölçerden saniyede 100 veri alınmıştır.

4. Deney Sonuçları

Düşeyde düzenli yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları Şekil 4'de gösterilmiştir. Kırmızı renkte çizilen çizgi ile sarsma tablasının üstünde ölçülen kayıtlar, siyah çizgi ile ise yapının tepe noktasında ölçülen kayıtlar gösterilmiştir. Gerekli filtrelemelerden geçirildikten sonra çift integrasyon ile hesaplanan yer değiştirmeler ise Şekil 5' de gösterilmiştir.

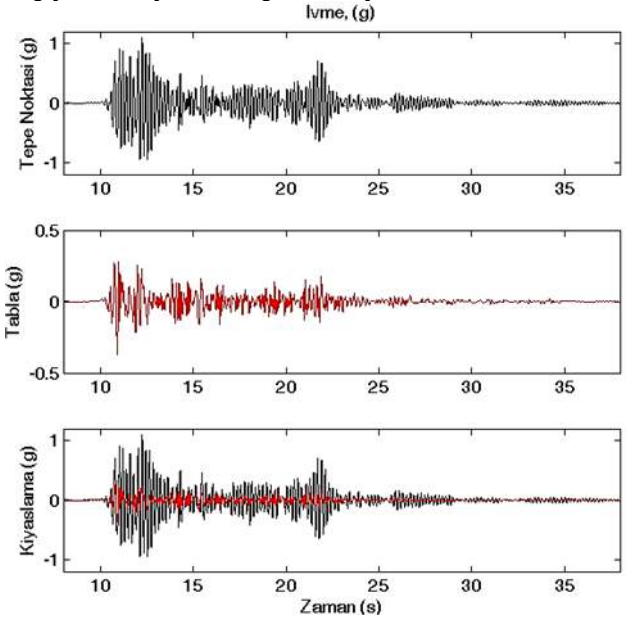


Şekil 4. Düşeyde düzenli yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları



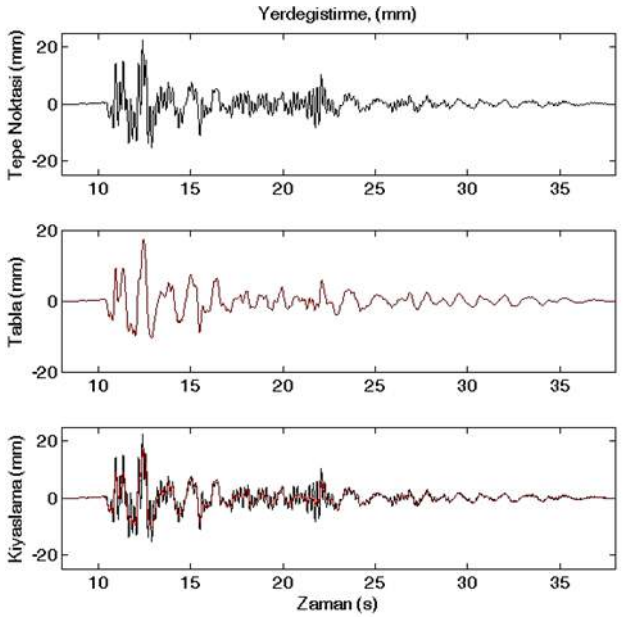
Şekil 5. Düşeyde düzenli yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki yer değiştirme kayıtları

Düşeyde düzensiz yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları Şekil 6'da gösterilmiştir. Kırmızı renkte çizilen tablanın üstünde ölçülen kayıt değerleri, siyah ile çizilen ise yapının tepe noktasından ölçülen kayıt değerlerdir. Zaman tanım alanında elde edilen yer değiştirmeler Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 6 Düşeyde düzensiz yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki ivme kayıtları

İki yapı içinde, sarsma tablası test sonuçlarından elde edilen verilerin maksimum değerleri Çizelge 1' de verilmiştir. Tepe noktasındaki ivme kayıtları incelendiğinde düşeyde düzensiz yapının (1.10 g), düzenli yapıya göre (0.84 g) daha fazla ivme değerine ulaştığı görülmüştür. Benzer ilişki tepe noktasındaki yer değiştirme farklarında da gözlenmiştir. Düzenli yapı 14.98 mm yer değiştirme yaparken, düzensiz yapı 22.61 mm deplasman yapmıştır.



Şekil 7 Düşeyde düzensiz yapının tepe noktasındaki ve tabla üzerindeki yer değiştirme kayıtları

Her iki yapı içinde sarsma tablası ile yapı tepe noktaları arasındaki göreceli farklara bakıldığında ivme değerlerinin 0.92 g ve 1.04 g olduğu, yer değiştirmelerde ise 6.65 mm ve 10.87 mm olduğu bulunmuştur. İvme ve yer değiştirme değerlerine bakıldığında düzensiz yapıda oluşan genlikler her zaman düzenli yapıya kıyasla fazladır.

Çizelge 1. Düşeyde düzenli ve düzensiz yapılardan elde edilen davranışların karşılaştırılması

		Tepe noktası	Tabla	Göreceli Fark	Yapı Yüksekliği (m)
Düşeyde Düzenli Yapı	İvmeler (g)	0.84	0.36	0.92	1.45
	Yer değiştirme (mm)	14.98	17.03	6.65	
Düşeyde Düzensiz Yapı	İvmeler (g)	1.10	0.37	1.04	1.50
	Yer değiştirme (mm)	22.61	17.25	10.87	

5. Sonuç

Bu çalışmada, düşeyde düzenli ve düzensiz iki model yapı inşa edilerek, düşey düzensizlik etkisi dinamik yükler altında deneysel olarak incelenmiştir. Bunun için iki model yapı sarsma tablası üzerinde El-Centro deprem kaydı altında teste tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda düzensiz yapının maksimum tepe yer değiştirmesindeki göreceli fark, düzenli yapıya göre %64 daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tepe noktası maksimum ivme değerlerindeki göreceli farklara bakıldığında aralarında %13'lük bir fark oluştuğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada yapı sistemlerinin tasarımında düşey düzensizliklerden kaçınılması gerektiği deneysel olarak vurgulanmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmada yapı modelinin kurulmasında yardımcı olan Ceren Mıdık Ahmet Özmert Resul Tutkun Nermin Melis Gedik Özgür Kürşat Kayrak Seda Temel Zeynel Yıldız Didem Gencer isimli öğrencilerimize teşekkür ederiz. Ayrıca yazarlar, 2013-01-04-027 proje numarası ve "Sarsma Tablası Deney Düzeneği ile Yapı-Zemin Etkileşiminin İncelenmesi" ile 2010-01-04-011 proje numarası ve "Gerçek Zamanlı Çevrimiçi Yapı Sağlığı İzleme Sistemi Geliştirilmesi" isimli araştırma projelerini destekleyen Sakarya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkalığına teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

[1] Tezcan, S. And Alhan, C. 2001. Parametric analysis of irregular structures under seismic loading according to the new Turkish Earthquake Code, Engineering Structures, 23, 600–609.

[2] Ozmen C. and Unay, A.I. 2007. Commonly encountered seismic design faults due to the architectural design of residential buildings in Turkey", Building and Environment, 42, 1406–1416

[3] İnan, T., Korkmaz, K., 2012, Düşey Doğrultudaki Yapı Düzensizliklerinin İncelenmesi, Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 28(3):240-248

[4] Öztürk, O., Aksoylu, C., & Arslan, M. H. Çerçeve Türü Betonarme Binalardaki Taşıyıcı Sistemin Düşey Elemanlarının Süreksizliği Üzerine Bir İrdeleme, International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015) Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu 7-9 May 2015, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye

[5] Öztürk T. 2013. Binalarda Döşeme Boşluklarının Taşıyıcı Sistem Davranışına Etkisi, İMO Teknik Dergi, 2013 6233-6256, Yazı 393.

[6] Ateş, A. O. (2013). Kolon Süreksizliğinin Taşıyıcı Sistem Deprem Davranışına Etkisi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[7] Üner, E. (2009). Düşeyde Düzensiz Betonarme Bir Binanın Deprem Etkisi Alttındaki Yapısal Perormansının Belirlenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[8] Kartal, İ. Ö. (2015). Düşeyde Düzensiz Yapıların Performans Yaklaşımıyla İncelenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[9] Dinkci, H. C. (2009). Planda Düzensiz Betonarme Bir Binanın Deprem Etkisi Altındaki Yapısal Performansının Belirlenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[10] Şahbaz, U. (2015). Planda Çıkıntı Düzensizliğine Sahip Betonarme Yapıların Deprem Yükü Etkisi Altında Karşılaştırmalı Analizi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[11] Demirpolat, C. (2013). Düşey Düzensizliğe Sahip Mevcut Betonarme Binaların Deprem Performanslarının Karşılaştırılması (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[12] Orak, M. S. (2012). Planda Ve Düşey Doğrultudaki Düzensizliklerin Betonarme Perde-çerçeveli Binaların Davranışına Etkisi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).

[13] Chen, S. T., Xu, J., & Xie, H. H. (2015, January). Test Study on Seismic Performance of Cantilevered Vertical Irregular Model Frame Structure. InAdvanced Materials Research (Vol. 1065, pp. 1035-1041).

[14] Ferraioli, M. (2015). Case study of seismic performance assessment of irregular RC buildings: hospital structure of Avezzano (L'Aquila, Italy).Earthquake Engineering and Engineering Vibration, 14(1), 141-156.

YAPININ DİNAMİK DAVRANIŞINA KAT PLAN ÇIKINTILARININ ETKİSİ

EFFECT OF PLAN BALCONIES ON DYNAMIC BEHAVIOUR OF THE STRUCTURE

Mohammad Manzoor NASERY[a] ve Metin HÜSEM[b]

[a] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, E-posta: mnasery@ktu.edu.tr
[b] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, E-posta: mhusem@ktu.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, kat plan çıkıntıların yapının dinamik davranışına etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, aynı plan geometrisine sahip 6 model üzerine analizler yapılmıştır. Modellerde hiç plan çıkıntısı olamayan model ile başlanarak kademeli olarak beş farklı plan çıkıntısına sahip modeller inceleme altına alınmıştır. Plan çıkıntısının yapılardaki burulma düzensizliği katsayıları, mod şekilleri, yapı periyotları, frekansları, göreli kat ötelemeleri ve kat deplasmanları gibi dinamik parametrelerinin üzerindeki etkileri grafik ve tablolar yardımıyla sunulmuştur. Yapılan analizler sonucunda kat plan çıkıntılarının yapıdaki dinamik davranışını doğrudan etkilediği görülmüştür**.**

Anahtar kelimeler: Burulma düzensizliği katsayısı, dinamik davranış, plan çıkıntıları

Abstract

This paper mainly focuses on the effects of plan balconies on dynamic behavior of the structure. Six model structures with identical plan geometry are taken into consideration for the analysis purpose. The analysis is conducted starting from the structure without any plan balcony and carried out with five different layouts of the plan balconies. The result of the analysis comprises computation of torsional irregularity coefficients, mod shapes, structure periods, frequencies, story drifts and story displacements for each model, and have been visualized with graphs and tables. To sum up, plan balconies directly affect the dynamic behavior of the structure.

Keywords: Dynamic behavior, plan balconies, torsional irregularity coefficient

1. Giriş

Günümüzde dünya nüfusunun büyük çoğunluğu şehirler ve sanayi bölgelerinde ikamet etmekte, şehirlerdeki arazilerin optimum kullanılması kaçınılmaz hale gelmektedir. Özellikle metropol şehirlerdeki değerli arazilere yüksek yapılar inşa etmek ile optimum şekilde değerlendirilmektedir. Ancak bu durumda, yapıların üst katlarında kullanım alanını artırmak amacıyla planda çıkıntılı ve düzensiz tasarımlara gidilmektedir.
Tasarım aşamasında düzensiz taşıyıcı sistemlerin kullanılması deprem yükleri %95'nin deprem tehlikesi altında yaşadığı ve ayrıca büyük sanayi merkezlerinin %98'i ve barajlarımızın %93'nün deprem bölgesi altında olduğu düşünülürse taşıyıcı sistem seçimi ve tasarımının ne oranda önemli olduğu anlaşılmaktadır. Fakat mimari sebepler, bina sahibinin istekleri, mimar ile mühendisin ortak çalışmaması, binanın inşa edileceği arsanın neden olabileceği kısıtlamalar, taşıyıcı sistem seçimine yeterli özenin gösterilmemesi, inşa aşamasında projeye uyulmaması ve denetim eksikliği gibi nedenlerden dolayı düzensiz binalar inşa edilmektedir. Bu tür yanlışlıkları en aza indirmek amacıyla depreme dayanıklı yapı tasarım konusunda en önemli referansımız olan Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik'te (DBYBHY, 2007) [1] taşıyıcı sistem seçiminde ve tasarımında sıklıkla oluşturulan düzensizliklere detaylı olarak değinilmiştir. Düzgün olmayan taşıyıcı sistem yapının deprem sırasındaki dinamik davranışını olumsuz etkilemesi nedeniyle düzensiz yapı yapılmaması vurgulanmaktadır. Ancak düzensizliklerin zorunlu hale gelmesi durumlarda ise ek kurallar getirilerek yapıların dayanım düzeyi yükseltilmeye ve depreme dayanıklı olmasına çalışılmaktadır [2]. Tüm dünya'da kullanılan çağdaş yönetmeliklerde en fazla üzerinde durulan düzensizlik türü planda burulma düzensizliğidir. Bu düzensizliğin oluşturabileceği olumsuz etkilere karşı kabul edilen genel durum; her iki deprem doğrultusu için %5 standart dış merkezlikli yüklemelerden elde edilen burulma düzensizliği katsayılarının hesaplanması, bu değerin belirli bir sınır değeri aşmaması halinde, arttırılmış dış merkezliklere göre hesap yapılmasıdır [3].

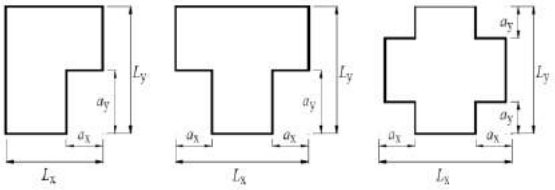
Yapıların sismik analizi ve dinamik yükleme altındaki davranışı ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğu yapılardaki yatay ve düşey düzensizliklerini ve bu düzensizliklerin sonucu ortaya çıkan davranışları incelemektedir [4-13]. Burulma düzensizliğine neden olan başlıca etmenler; yapının plan geometrisi ve planda rijitlik dağılımıdır [14]. Deprem etkisinde kalan bir yapıda burulmanın hiç oluşmaması için, kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması gerekmektedir. Deprem kuvvetleri kat kütle merkezine etkimektedir. Eğer rijitlik merkezi ile kütle merkezi çakışmıyorsa, kat düzeyinde burulma momenti oluşacaktır [15]. Kat burulma momenti kolonlarda ek kesme kuvveti oluşturur. Özellikle çerçeve taşıyıcı sistemindeki kolonlar rijitlikleri oranında deprem yükleri altında büyük kesme kuvvetlerine maruz kalmaktadır. Bir de burulmadan dolayı ilave bir kesme kuvveti oluşması depreme dayanıklı yapı tasarımı açısından istenmeyen bir durumdur. Oysa kütle ve rijitlik merkezlerinin çakışması durumunda, yani deprem yükünün doğrudan rijitlik

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

merkezine etkimesi durumunda kat uniform bir ötelenme yapacağından burulma momenti oluşmayacaktır.
Yapının üzerine inşa edileceği arazinin getirdiği kısıtlamalardan dolayı, yapının plan geometrisi kare ya da dikdörtgen gibi basit geometrik şekillerde tasarlanamamaktadır. Bu yüzden, kat planında bir takım girinti ya da çıkıntılar oluşmaktadır. Bu çalışmada kat planında bir takım çıkıntıların bulunmasının yapının dinamik davranışı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma kapsamında plan çıkıntısının yapılardaki burulma düzensizliği katsayıları, mod şekilleri, yapı periyotları, frekansları, göreli kat ötelemeleri ve kat deplasmanları üzerindeki etkileri grafik ve tablolar yardımıyla sunulmuştur.

2. Planda Çıkıntıların Bulunması

Planda çıkıntılara gitmenin ana sebepleri mimari estetik, ekstra faydalı kullanım alan ve balkonlar gibi farklı amaçlar için kullanılabilen alanların elde edilmesidir. Bu çıkıntılar yapı performansını doğrudan etkileyeceği için DBYBHY'de tanımlanmış olup bir kısıtlama getirilmiştir. Depreme karşı dayanıklı bir yapı tasarlayabilmek ve binanın deprem sırasında düzgün bir yapısal davranış gösterebilmesini sağlayabilmek için bu hususlara dikkat edilmesi gerekmektedir. Bina kat planlarında çıkıntı yapan kısımların birbirine dik iki doğrultudaki boyutlarının her ikisinin de, binanın o katının aynı doğrultulardaki toplam plan boyutlarının %20'sinden daha büyük olması durumu A3 (Planda Çıkıntılar Bulunması) düzensizlik olarak tanımlanmaktadır [1].



Şekil 1. A3 türü düzensizlik durumu: ax > 0.2 Lx ve aynı zamanda ay > 0.2 Ly

3. Analitik Çalışma

Bu çalışmada Şekil 2'de kalıp planı verilen 6 modelin plandaki çıkıntılarının yapı dinamik davranışına etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla 1. derece deprem bölgesinde, süneklik düzeyi yüksek, taşıyıcı sistem davranış katsayısı R(x,y)=7 ve Z3 yerel zemin sınıfına sahip 6 farklı model üzerinde, İde CAD statik paket programı [16] yardımıyla mod birleştirme yöntemi kullanılarak analizler yapılmıştır. Analizlerde kullanılan malzeme ve taşıyıcı eleman en kesitleri Tablo1 ve 2'de verilmiştir.

Tablo 1 Taşıyıcı sistem malzeme özellikleri.

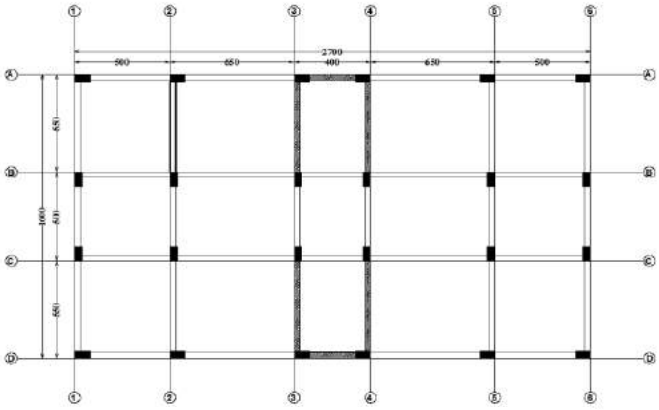
Açıklama	Değer
Beton sınıfı (MPa)	C30/37
Elastisite Modülü (kN/m^2)	3,2E^7
Poisson oranı	0,2
Birim hacim ağırlığı (kN/m^3)	25
Zemin Yatak Katsayısı (kN/m^3)	50E^3

Tablo 2 Taşıyıcı sistem elemanlarının enkesit özellikleri.

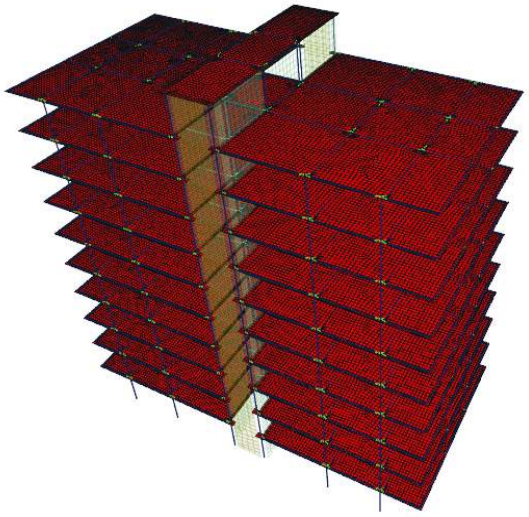
Taşıyıcı Eleman	Şekli	b(m)	h(m)	Alan(m^2)
Kiriş	Dikdörtgen	0,25	0,50	0,125
Kolon	Kare	0,40	0,80	0,320
Perde	Dikdörtgen	0,25	3,60	0,900
Perde	Dikdörtgen	0,25	2,00	0,500
Perde	Dikdörtgen	0,25	1,80	0,450

Şekil 2'de kalıp planı verilen M0 modeli baz alınarak x-doğrultusunda plan çıkıntıları giderek artırılmıştır. M1 modelinde binanın x-doğrultusundaki uzunluğunun %5'i kadar plan çıkıntısı oluşturulmuştur, sırasıyla M2'de %10, M3'de %15, M4'de % 20 ve M5'de %25 plan çıkıntısı verilmiştir. Geri kalan tüm parametreler sabit tutularak sadece kat plan çıkıntıları değiştirilmiştir.

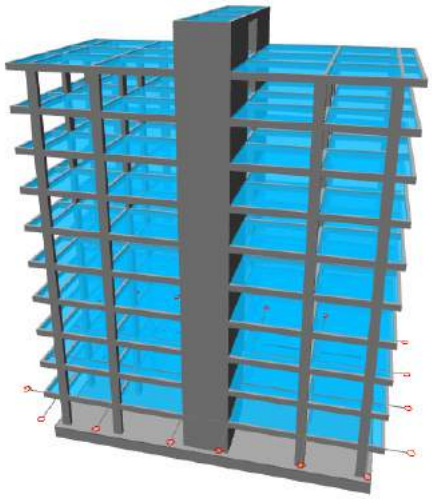
Modellerin kalıp planı, üç boyutlu analitik modeli ve üç boyutlu sonlu elemanlar modeli sırasıyla Şekil 2-5'de verilmiştir.



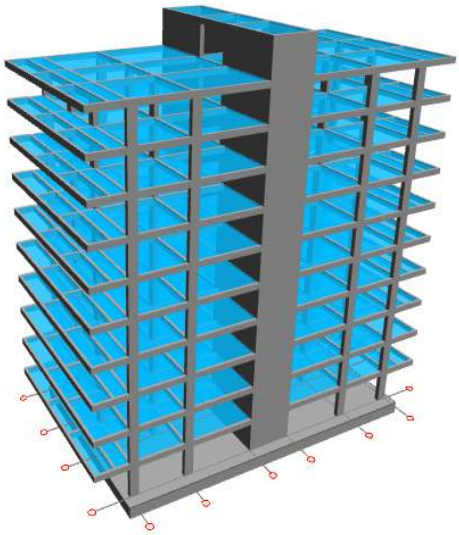
Şekil 2. M0 modeline ait kat planı.



Şekil 3. M1 modeline ait analitik model.



Şekil 4. M3 modellerine ait üç boyutlu sonlu eleman modeli.



Şekil 5. M4 modellerine ait üç boyutlu sonlu eleman modeli.

Tüm sonlu eleman analizlerinde kat döşemeleri için rijit diyafram kabulü yapılmıştır. Rijit diyafram kabulünde döşemelerin sonsuz rijit olduğu, şekil değiştirmelerinin ihmal edilecek kadar küçük olduğu kabul edilmektedir. Düğüm noktalarına ait deplasmanlar, iki yatay eksen doğrultusunda ötelenme ve düşey eksen doğrultusunda dönme şeklindedir. Kirişlerin eksenel deformasyonları rijit diyafram içinde kaldığından dikkate alınmamaktadır [17].

4. Sayısal Sonuçlar ve Tartışma

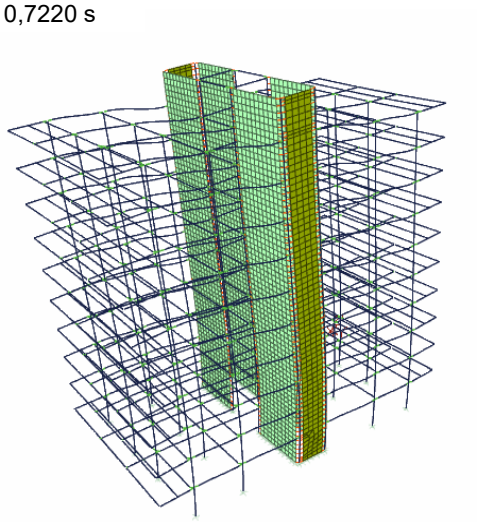
Yukarıda tanımlanan farklı kat plan çıkıntılarına sahip 6 farklı model üzerinde yapılan deprem analizleri ile burulma düzensizliği katsayıları, mod şekilleri, yapı periyotları, frekansları, göreli kat ötelemeleri ve kat deplasmanları ile ilgili aşağıdaki sayısal sonuçlar elde edilmiştir.

Modal analiz sonucunda her bir moda karşılık gelen periyot değerleri Tablo 3'te, mod şekilleri ise Şekil 6-7'de verilmiştir.

Tablo 3 Tüm modeller için her bir moda karşılık gelen periyot değerleri.

Mod	M0	M1	M2	M3	M4	M5
1.	0,664	0,700	0,722	0,734	0,749	0,803
2.	0,507	0,569	0,641	0,685	0,702	0,765
3.	0,504	0,526	0,543	0,552	0,563	0,576
4.	0,172	0,181	0,187	0,193	0,209	0,225
5.	0,142	0,161	0,181	0,190	0,194	0,198

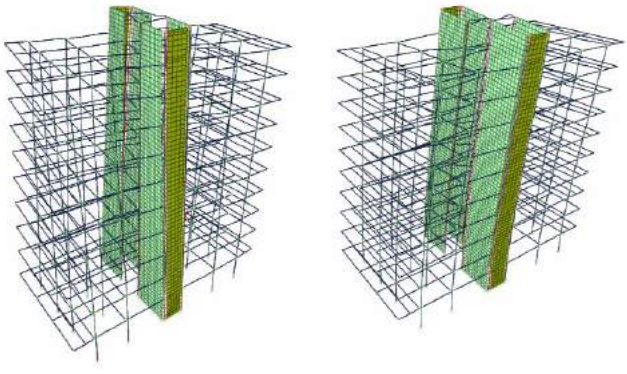
Mod 1
Frekans: 1,3851 Hz
Periyot: 0,7220 s



Şekil 6. M2 modelinin 1.mod şekli, frekans ve periyodu.

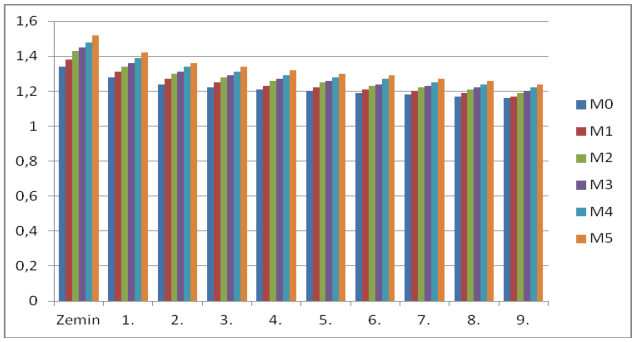
Mod 2
Frekans: 1,5588 Hz
Periyot: 0,6415 s

Mod 3
Frekans: 1,8415 Hz
Periyot: 0,5430 s



Şekil 7. M2 modelinin 2. ve 3. mod şekilleri, frekansları ve periyotları.

Farklı kat plan çıkıntılarına sahip 6 farklı model üzerinde yapılan deprem analizleri sonucunda Şekil 8'de görülen burulma düzensizliği katsayısı değerleri grafiksel olarak elde edilmiştir.



Şekil 8. Her bir modele ait burulma düzensizliği katsayısı değerleri.

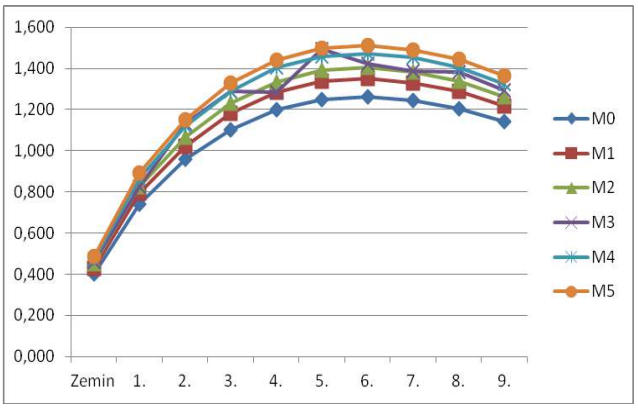
Yatay deprem kuvvetleri etkisi altında tüm modellerin hem x hem de y doğrultularında oluşan kat ötelenmeleri değerleri Tablo 4-5'de ve göreli kat ötelenmeleri ise grafiksel olarak Şekil 9-10'da verilmiştir.

Tablo 4. Tüm modellere ait x-doğrultusundaki kat deplasmanları (cm).

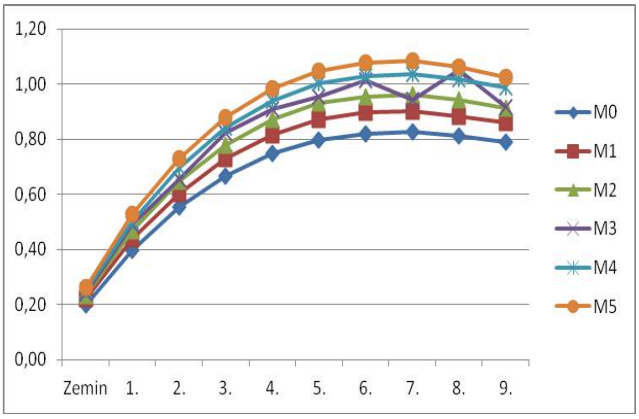
Katlar	M0	M1	M2	M3	M4	M5
Zemin	1,21	1,29	1,35	1,38	1,42	1,46
1.	3,43	3,67	3,82	3,85	4,02	4,14
2.	6,3	6,74	7,02	7,25	7,38	7,59
3.	9,61	10,29	10,71	11,12	11,25	11,58
4.	13,21	14,14	14,71	14,97	15,46	15,90
5.	16,96	18,15	18,88	19,45	19,83	20,40
6.	20,74	22,2	23,10	23,72	24,25	24,94
7.	24,47	26,19	27,25	27,88	28,61	29,41
8.	28,08	30,05	31,26	32,02	32,82	33,74
9.	31,50	33,7	35,05	35,90	36,79	37,83

Tablo 5. Tüm modellere ait y-doğrultusundaki kat deplasmanları (cm).

Katlar	M0	M1	M2	M3	M4	M5
Zemin	0,6	0,66	0,70	0,72	0,76	0,79
1.	1,79	1,97	2,10	2,19	2,27	2,37
2.	3,45	3,78	4,04	4,15	4,36	4,56
3.	5,45	5,97	6,37	6,62	6,89	7,20
4.	7,69	8,42	8,98	9,35	9,71	10,15
5.	10,08	11,03	11,77	12,21	12,72	13,29
6.	12,54	13,72	14,63	15,25	15,81	16,52
7.	15,02	16,42	17,51	18,08	18,92	19,77
8.	17,46	19,07	20,34	21,23	21,97	22,96
9.	19,83	21,65	23,08	23,98	24,93	26,04

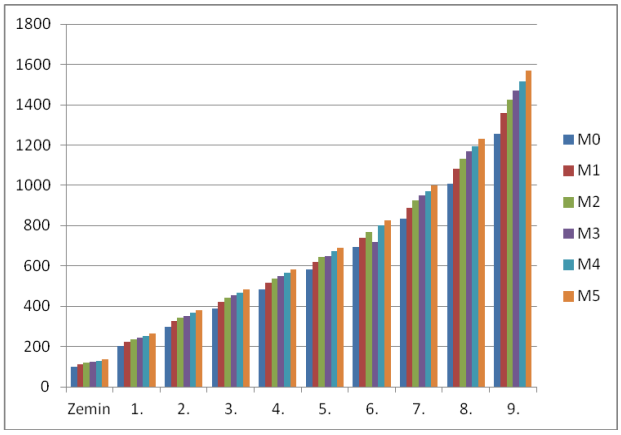


Şekil 9. Tüm modellere ait x-doğrultusundaki göreli kat ötelemeleri değerleri(cm).

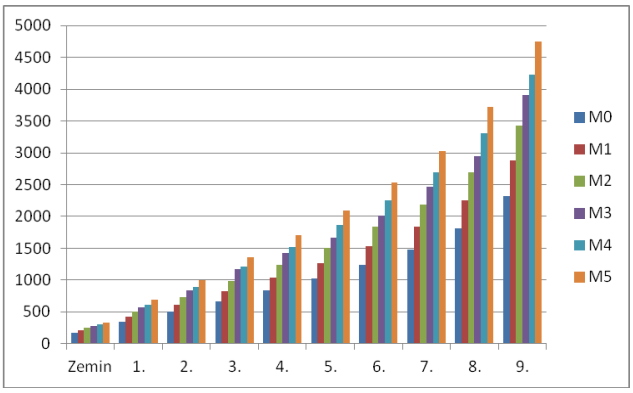


Şekil 10. Tüm modellere ait y-doğrultusundaki göreli kat ötelemeleri değerleri(cm)

Yatay deprem kuvvetleri etkisi altında tüm modellerin hem x hem de y doğrultularında oluşan kat kesme kuvvetleri değerleri grafiksel olarak Şekil 11-12'de verilmiştir.



Şekil 11. Tüm modellere ait x-doğrultusundaki kat kesme kuvvetleri (kN).



Şekil 12. Tüm modellere ait y-doğrultusundaki kat kesme kuvvetleri (kN).

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada plandaki çıkıntıların yapının dinamik davranış üzerindeki etkileri yapılan deprem analizleri ile araştırılmıştır. Analiz sonuçlarında plandaki farklı boyuttaki çıkıntı durumlarının, burulma düzensizliği katsayıları, mod şekilleri, yapı periyotları, frekansları, göreli kat ötelemeleri ve kat deplasmanları gibi binanın dinamik parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmaktadır;

- Binanın burulma modu, M0 ve M1 modellerinde 3. mod, M2 ve M3 modellerinde 2. mod, M4 ve M5 modellerinde ise 1. mod olarak elde edilmiştir. Elde edilen bu sonuçlardan anlaşılacağı üzere; kat planlarındaki çıkıntı boyunun artması binanın mod şeklini doğrudan etkilemektedir. Depreme dayanıklı yapı tasarım ilkelerine göre binanın birinci ve ikinci modunun öteleme üçüncü modunun ise burulma şeklinde olması istenmektedir.
- Kat planlarında büyük çıkıntıların oluşturulması binanın kütlesinin dolayısıyla da periyodunun artmasına neden olmaktadır. Özellikle Z3 ve Z4 yerel zemin sınıfa sahip bölgelerde taşıyıcı sistem tasarımında bilinçsizce girinti ve çıkıntıların oluşturulması, binaları rezonans tehlikesi ile karşı karşıya getirmektedir.
- Kat planlarındaki girinti ve çıkıntı boyu ile kat deplasmanları, göreli kat ötelenmeleri ve kat kesme kuvvetleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Büyük yer değiştirmeler ve kat kesme kuvvetleri özellikle düşey taşıyıcı elemanlarda büyük gerilmeler oluşturmaktadır. Bu durum ise ekonomik olmayan tasarımların yapılmasına neden olmaktadır.

6. Teşekkür

Mohammad Manzoor Nasery, doktora çalışmasını 2215 programı kapsamında, ekonomik olarak destekleyen Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumuna (TÜBİTAK) teşekkür eder.

Kaynaklar

[1] DBYBHY (2007). Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Tarihi: 06.03.2007, Resmi Gazete Sayısı: 26454, Ankara, Türkiye.

[2] Celep Z. , Kumbasar N., Deprem Mühendisliğine Giriş ve Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.

[3] Aka, İ. ve Keskinel, F.,Arad, T.S. Betonarme Yapı Elemanları, Birsen Yayınevi, 1996.

[4] Au, E.V., Simplified Methodology for the Seismic Response of Torsionally Irregular Structures, Third Professional Project Report, Department of Civil Engineering, University of Canterbury, 2007.

[5] Özmen, G.,Torsional Irregularity in Symmetric Structures, Turkish Chamber of Civil Engineers Digest 2002, Volume 13, Aralık 2002.

[6] Chintanapakdee, C., Chopra A.K., Evaluation of Modal Pushover Analysis Using Vertically Irregular Frames, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Vancouver, B.C., Canada, Paper No:2139, 2004.

[7] Lucchini, A., Monti, G., Kunnath, S., Investigation on the Inelastic Torsional Response of Asymmetricplan Buildings, Fifth European Workshop on the seismic behavior of Irregular and Complex Structures, 27-39, 2008.

[8] Cosenza, E., Manfredi, G., Realfonzo, R., Torsional Effects And Regularity Conditions in RC Buildings" 12 WCEE, 2551, 2000.

[9] Demir, A., Demir, D. D., Erdem, R. T., and Bağcı. M.,Torsional Irregularity Effects Of Local Site Classes In Multiple Storey Structures, IJRRAS, August 2010.

[10] N. Özhendekci and Z. Polat Torsional Irregularity of Buildings, The 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China ,October 12-17, 2008.

[11] Rajeev, P. and Tesfamariam, s., Seismic fragilities for reinforced concrete buildings with consideration of irregularities, Structural Safety,1-13, 39 ,2012.

[12] A. Sivakumar, A. and Karthikeyan, K., Dynamic behavior of torsionally sensitive reinforced concrete framed structures, Journal of Civil Engineering and Construction Technology Vol. 3(7), pp. 204-211, August, 2012.

[13] Athanassiadou, C. J., Seismic performance of R/C plane frames irregular in elevation, Engineering Structures, 1250–1261, 30, 2008.

[14] Özmen, G., Excessive Torsional Irregularity in Multi-Storey Structures, İnşaat Mühendisleri Odası Teknik Dergi Digest, Vol.15, No.1, pp:3331-3144 ,2004.

[15] Kara, E., Yapılara Etki Eden Deprem Kuvvetleri İle Yapıların Taşıyıcı Sistemlerinin Tasarlanması Arasındaki İlişkilerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2001.

[16] İdeCAD Statik Version 7.022 (2013), Ideyapi, İstanbul.

[17] Doğan,O., Bakırcı Er Ş. Hareketli Yük Dağılımının Burulma Düzensizliğine Etkisinin İncelenmesi, International Journal of Engineering Research and Development, Vol.2, No.2, June 2010.

DEPREM YÖNETMELİĞİ İLE UYUMLU ZAMAN TANIM ALANINDA DOĞRUSAL ANALİZ İLE ELDE EDİLEN ÖTELENME TALEPLERİNİN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF DISPLACEMENT DEMANDS OBTAINED BY EARTHQUAKE CODE COMPATIBLE LINEAR TIME HISTORY ANALYSIS

Ahmet DEMİR[a] ve Ali Haydar KAYHAN[b]
[a] Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, E-posta: ademir@pau.edu.tr
[b] Pamukkale Üniversitesi, Denizli, Türkiye, E-posta: hkayhan@pau.edu.tr

Özet

Mevcut yapıların değerlendirilmesi ya da yeni yapıların tasarımı için dikkate alınan önemli parametrelerden birisi de maksimum ötelenme talebidir. Deprem Yönetmeliği'ne göre bina ve bina türü yapıların deprem hesabı için zaman tanım alanında doğrusal ya da doğrusal olmayan analizler kullanılabilmektedir. Bu çalışmada, Deprem Yönetmeliği ile uyumlu zaman tanım alanında doğrusal analiz ile elde edilen maksimum ötelenme talepleri incelenmiştir. Bu amaçla farklı periyoda sahip 9 tek serbestlik dereceli sistem dikkate alınmıştır. Analizlerde, Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfları için tanımlanmış tasarım spektrumlarının her biri ile uyumlu 5 farklı ivme kaydı seti kullanılmıştır. Sonuçlar, herhangi bir tek serbestlik dereceli sistem için aynı tasarım spektrumu ile uyumlu farklı ivme kaydı setleri ile birbirinden farklı ötelenme talepleri elde edildiğini göstermiştir. Ayrıca, bir ivme seti içerisindeki kayıtlardan elde edilen ötelenme taleplerinin, o set için hesaplanan ortalama talep etrafındaki saçılımının yüksek olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Maksimum Ötelenme Talebi, Tek Serbestlik Dereceli Sistemler, Zaman Tanım Alanında Doğrusal Analiz.

Abstract

Maximum displacement demand is one of the important parameters considered for design of the new buildings or seismic assessment of existing buildings. According to Turkish Earthquake Code, linear or nonlinear time history analysis of buildings or buildings-like structures can be performed. In this study, maximum displacement demands obtained by Turkish Earthquake Code compatible linear time history analysis were investigated. For this purpose, 9 single degree of freedom systems with different period were considered. Five different ground motion record sets compatible with each design spectrum defined for Z1, Z2 and Z3 local soil class were used for the analyses. Results show that different displacement demands can be obtained for any single degree of freedom system using different ground motion record sets although the sets are compatible with the same design spectrum. Results also show that dispersion of the displacement demands obtained for the records in a set about the mean of the displacement demands for that set are remarkably high.

Keywords*:* Maximum Displacement Demands, Single Degree of Freedom Systems, Linear Time History Analysis.

1. Giriş

Deprem Yönetmeliği'ne [1] göre, bina ve bina türü yapıların deprem hesabı için Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi, Mod Birleştirme Yöntemi ve Zaman Tanım Alanında Analiz Yöntemi kullanılabilmektedir. Zaman tanım alanında analiz, yapıların deprem etkisi altında göstereceği davranışı en iyi tahmin edebilmeye olanak sağlayan yöntemdir. Yakın zamana kadar, deprem hesabı için genel olarak Eşdeğer Deprem Yükü Yöntemi ve Mod Birleştirme Yöntemi kullanılmakta idi. Ancak son dönemde zaman tanım alanında analiz giderek yaygınlaşan şekilde kullanılmaya başlamıştır.

Yapıların zaman tanım alanında analiz için doğrusal ya da doğrusal olmayan davranış dikkate alınabilmektedir. Analiz sonucu elde edilen kesit tesirleri, ötelenme talepleri ve eleman deformasyonları analiz ya da tasarım amacına yönelik olarak dikkate alınmaktadır. Mevcut yapıların değerlendirilmesi ve/veya yeni yapıların tasarımı için dikkate alınan önemli parametrelerden birisi de maksimum ötelenme talebidir. Çok serbestlik dereceli ya da tek serbestlik dereceli sistemlerde ötelenme taleplerinin dikkate alındığı birçok çalışma bulunmaktadır [2-6].

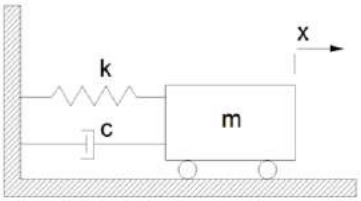
Zaman tanım alanında analiz için kullanılacak ivme kayıtları, analiz sonucunu etkilemektedir. Bu sebeple, ele alınan herhangi bir yapının bulunduğu bölgenin depremselliği ile uyumlu ivme kayıtlarının seçimi önemlidir [7-9]. Deprem Yönetmeliği'nde, analiz için kullanılacak deprem yükleri bölgesel deprem tehlikesi ve yerel zemin koşulları ile uyumlu tasarım spektrumları ya da zaman tanım alanında analiz için seçilen ivme kayıtları ile temsil edilmektedir. Tasarım spektrumları ile uyumlu olmak koşulu ile sentetik, yapay ya da gerçek ivme kayıtlarının kullanılabileceği ifade edilmektedir.

Bu çalışmada, zaman tanım alanında analiz için farklı titreşim periyodu değerine (0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9, 1.0, 1.1, 1.2) sahip 9 tek serbestlik dereceli sistem dikkate alınmıştır. Deprem etkisinin dikkate alınmasında, tek serbestlik dereceli sistemlerin birinci derece deprem bölgesinde ve sırası ile Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminlerde yer aldığı kabul edilmiştir. Dikkate alınan her bir zemin sınıfı için Deprem Yönetmeliği ile uyumlu ve her birinde yedi adet ivme kaydı bulunan beş ayrı ivme seti, zaman tanım alanında analizler için kullanılmıştır. İvme setlerinden elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin set içerisindeki saçılımı ve sete ait ortalama ötelenme talepleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Tek Serbestlik Dereceli Sistemler

Eğer bir sistemin hareket halinde bulunduğu konum tek bir parametrenin verilmesi ile belirlenebiliyorsa bu tür sistemlere tek serbestlik dereceli sistemler denilmektedir. Tek serbestlik dereceli sistemlerin davranışını mesnet şartları ve hareket denkleminin başlangıç şartları dikkate alınarak elde edilen çözümü belirlemektedir [10]. Şekil 1'de tek serbestlik dereceli sistemin titreşiminin matematiksel modeli verilmiştir. Şekilde, x sistemin zamana bağlı ötelenmesini ifade etmektedir.



Şekil 1. Tek serbestlik dereceli sistemin matematik modeli

Tek serbestlik dereceli sistemlerin titreşiminde temel bileşenler rijitlik (*k*), kütle (*m*), sönüm katsayısı (*c*) ve dış kuvvettir (yer hareketi). Burada sönüm enerji tüketim mekanizmasını, dış kuvvet ise hareketin kaynağını temsil etmektedir. Dinamik davranışın belirlenebilmesi için sistemin hareket denklemine ihtiyaç vardır. Yer hareketi etkisindeki tek serbestlik dereceli sistemin dinamik davranışı Denklem 1 ile verilmiştir. Denklemde $-m\ddot{x}_g(t)$ terimi, yapının kütlesine etkiyerek titreşime sebep olan dış kuvveti temsil etmektedir.

$$m\ddot{x}(t)+c\dot{x}(t)+kx(t)=-m\ddot{x}_g(t) \quad (1)$$

3. Doğrusal Dinamik Analiz

3.1. Deprem Yönetmeliği Zaman Tanım Alanında Analiz Koşulları

Zaman tanım alanında yapılacak deprem hesabı için Deprem Yönetmeliği'ne göre, kaydedilmiş depremler veya kaynak ve dalga yayılımı özellikleri fiziksel olarak benzeştirilmiş yer hareketleri kullanılabilir. Bu tür yer hareketleri üretilirken yerel zemin koşullarının da dikkate alınması gerekmektedir. Kaydedilmiş veya benzeştirilmiş yer hareketlerinin kullanılması durumunda en az üç deprem yer hareketi üretilecek ve bunlar aşağıda verilen tüm koşulları sağlayacaktır.

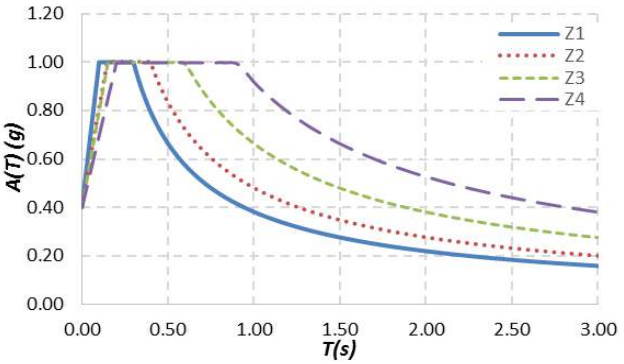
a) Kuvvetli yer hareketi kısmının süresi, binanın birinci doğal titreşim periyodunun 5 katından ve 15 saniyeden daha kısa olmayacaktır.
b) Deprem yer hareketlerinin sıfır periyoda karşı gelen spektral ivme değerlerinin ortalaması A_0g'den daha küçük olmayacaktır.
c) Her bir ivme kaydı için %5 sönüm oranı ile bulunacak spektral ivme değerlerinin ortalaması, göz önüne alınan deprem doğrultusundaki birinci periyot *T*'ye göre 0.2*T* ile *2.0T* arasındaki periyotlar için $S_{ae}(T)$ elastik spektral ivmelerinin %90'ından daha az olmayacaktır.
d) Doğrusal veya doğrusal olmayan hesapta, en az yedi yer hareketi kullanılması durumunda sonuçların ortalaması, aksi takdirde sonuçların maksimumu esas alınacaktır.

3.2. Deprem Yönetmeliğinde Belirtilen Tasarım İvme Spektrumları

Deprem bölgelerinde ve herhangi bir zemin üzerinde yapılacak yeni binalar için tasarım depreminin, bina önem katsayısı *I*=1 olan binalar için 50 yıllık bir süre içerisinde aşılma olasılığı %10'dur. Deprem yüklerinin belirlenmesi için esas alınacak spektral ivme katsayısı, *A(T)*, Denklem 2'de verilmiştir [1].

$$A(T)=A_0IS(T) \quad (2)$$

Şekil 2'de, bu çalışmada kullanılan ve Deprem Yönetmeliği'ne göre, birinci derece deprem bölgesinde yer alan ve bina önem katsayısı *I*=1 olan bir konut binası için kullanılacak elastik spektral ivme katsayısı *A(T)*'nin, yerel zemin sınıflarına (Z1, Z2, Z3 ve Z4) bağlı olarak değişimi verilmiştir.



Şekil 2. Zemin sınıfları için elastik spektral ivme katsayısı

3.3. Analiz İçin Seçilen İvme Kayıtları

Bilindiği gibi, gerçek depremlere ait kayıtların bulunduğu sayısal veri tabanlarında elde edilen ivme kayıtlarının özelliklerinden, deprem büyüklüğü, fay tipi, deprem kaynağına olan mesafe, kayıt süresi gibi özellikler değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada ivme kayıtlarının tasarım ivme spektrumuna uygun olarak seçilmesi ve ölçeklendirilmesinde, kayıt istasyonlarının faya olan mesafeleri, deprem büyüklüğü ve maksimum yer ivmesi ile ilgili ilave kriterler dikkate alınmıştır. Avrupa Kuvvetli Yer Hareketi Veri Tabanı'ndan [11] aşağıda belirtilen ilave koşullar da dikkate alınarak toplam 542 ivme kaydı bileşeni seçilmiştir.

a) İvme kayıtlarının kaydedildiği depremlerin büyüklüğü $M \geq 5.5$ alınmıştır.
b) Depremin kaydedildiği istasyonların faya olan mesafeleri 10-50 km arasındadır.
c) İvme kaydının maksimum yer ivmesi en az 0.1*g* kabul edilmiştir.

Seçilen 542 ivme kaydının, Eurocode-8'e [12] göre 190'ı A sınıfı zemin grubunda, 236'sı B sınıfı zemin grubunda ve 116'sı C sınıfı zemin grubunda kaydedilmiştir. Yukarıda verilen koşullar dikkate alındığında D ve E sınıfı zeminler için yeterli sayıda kayıt bulunamadığı görülmüş ve bu zemin sınıfları dikkate alınmamıştır. Eurocode-8 göre A, B ve C sınıfı zeminler, sırası ile Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminler ile uyumludur. Bu sebeple çalışmada Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminler dikkate

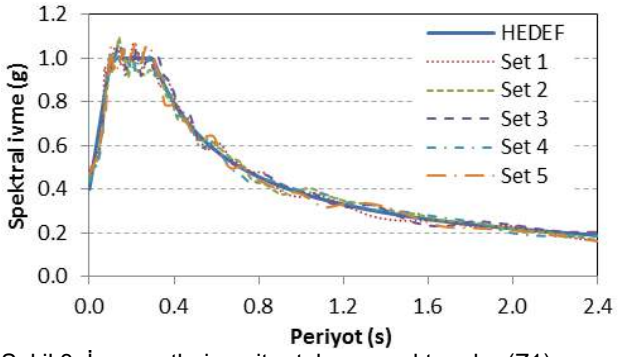
alınmıştır. Her bir zemin sınıfı için, zemin sınıfı ile uyumlu ivme kayıtları arasından seçim yapılarak ivme kaydı setleri oluşturulmuştur.

İvme kayıtlarının ölçeklendirilmesi için kullanılan ölçeklendirme katsayısının 0.50-2.00 arasında olması sağlanmıştır. Dikkate alınan her bir zemin sınıfı için 5 farklı ivme seti, toplamda 15 farklı ivme seti kullanılmıştır. Her bir ivme setinde 7 ivme kaydı bulunmaktadır.

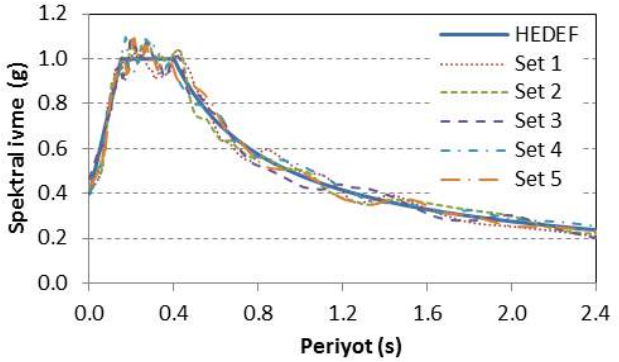
Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminler için elde edilen ivme kaydı setlerindeki kayıtlara ait bilgiler Ek 1'de verilmiştir. Ek 1'de, setlerde yer alan ivme kayıtlarının kodu, yatay bileşen etiketi, ölçeklendirme katsayısı, kayıt tarihi ve kayıt istasyonu kodları bulunmaktadır.

Deprem Yönetmeliği'ne göre bir sette yer alan ivme kayıtlarının spektral ivme değerlerinin ortalamasının hedef spektruma oranı için dikkate alınacak periyot aralığında alt sınır olarak 0.90 tanımlanmış, ancak herhangi bir üst sınır tanımlanmamıştır. Bu çalışmada, hedef spektrum ile ivme setlerine ait ortalama spektrum arasındaki uyumun artırılması amacı ile 1.10 olarak bir üst sınır tanımlanmıştır. Çalışmada ele alınan tek serbestlik dereceli sistemlerin periyotları 0.40s-1.2s arasında değiştiği için uyum için kullanılacak periyot aralığı 0.08s-2.40s seçilmiştir.

Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfları dikkate alınarak elde edilen ivme setlerine ait ortalama spektrumlar ile hedef spektrum, sırası ile Şekil 3, Şekil 4 ve Şekil 5'te verilmiştir.



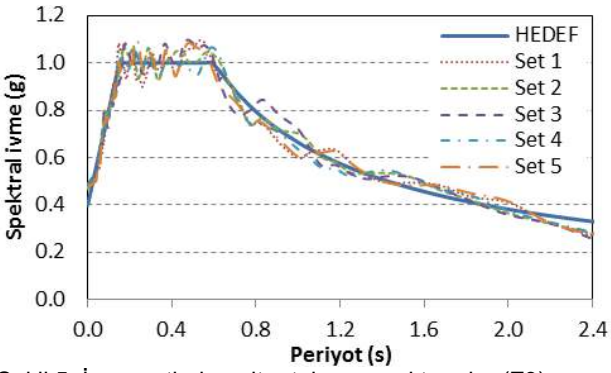
Şekil 3. İvme setlerine ait ortalama spektrumlar (Z1)



Şekil 4. İvme setlerine ait ortalama spektrumlar (Z2)

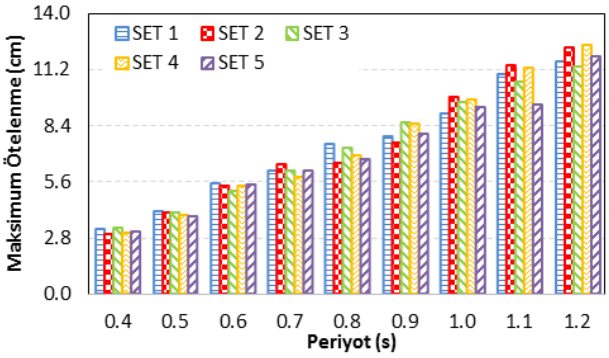
4. Dinamik Analiz Sonuçları

Tek serbestlik dereceli sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal analizleri gerçekleştirilmiş ve maksimum ötelenme talepleri elde edilmiştir. Deprem Yönetmeliği'ne göre zaman tanım alanında analiz için en az 7 ivme kaydı kullanılırsa yapısal tepkilerin ortalaması dikkate alınmaktadır. İvme setlerinde 7 ivme kaydı vardır. Bu sebeple, ivme setinde yer alan kayıtlardan elde edilen 7 adet maksimum ötelenme talebinin ortalaması, o set için dinamik analizle elde edilen maksimum ötelenme değeri olarak kabul edilmiştir.



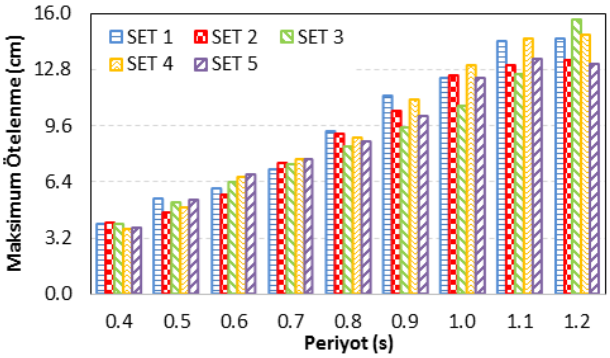
Şekil 5. İvme setlerine ait ortalama spektrumlar (Z3)

Z1, Z2 ve Z3 zemin sınıfları için elde edilen maksimum ötelenme değerleri sırası ile Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de verilmiştir. 3 şekilde de periyot arttıkça maksimum ötelenme talebinin arttığı görülmektedir ki, bu durum deprem mühendisliğinde iyi bilinen bir gerçektir.

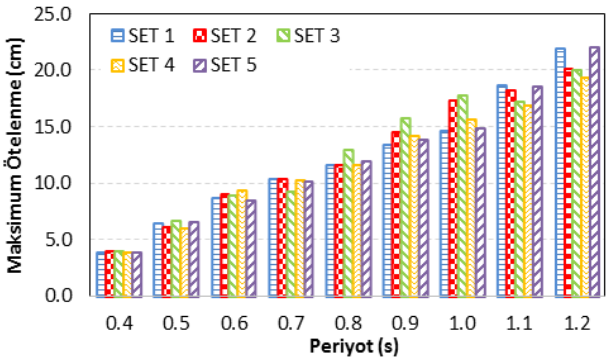


Şekil 6. İvme setlerine ait ötelenme talepleri (Z1)

Şekil 6-8 incelendiğinde, her bir periyot değeri için, aynı spektrumla uyumlu farklı ivme setlerinden elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin birbirine yakın ancak farklı olduğu görülmektedir. Her üç zemin sınıfı için de, ötelenme talepleri arasındaki farklılık periyodun artması ile beraber daha da belirginleşmektedir.



Şekil 7. İvme setlerine ait ötelenme talepleri (Z2)



Şekil 8. İvme setlerine ait ötelenme talepleri (Z3)

Sette yer alan kayıtlardan elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, set için hesaplanan maksimum ötelenme talebi (kayıtlardan elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin ortalaması) etrafındaki saçılımı değerlendirilmiştir. Bu amaçla, maksimum ötelenme taleplerine ait varyasyon katsayısı değerleri hesaplanmıştır.

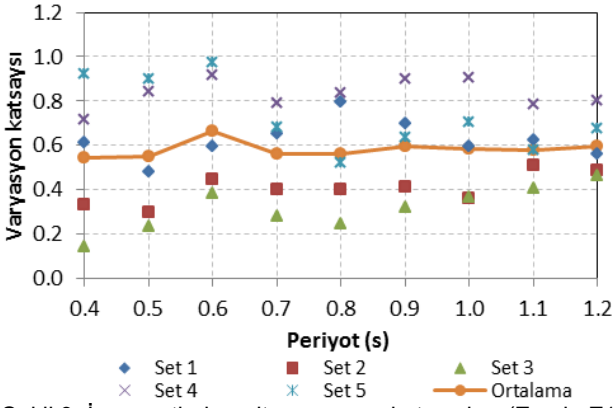
Çizelge 1'de, Z1 sınıfı zeminle uyumlu her bir set için hesaplanan varyasyon katsayısı değerleri verilmiştir. Görüldüğü gibi, herhangi bir periyoda sahip tek serbestlik dereceli sistem için, ivme setlerinden elde edilen varyasyon katsayısı değerleri rastgele olarak değişmektedir. Örneğin T=0.4s için 0.14-0.92, T=0.5s için 0.23-0.90 arasında değişen değerler elde edilmiştir.

Çizelge 1. Z1 sınıfı zemin için elde edilen ivme setleri için hesaplanan varyasyon katsayısı değerleri

T(s)	Set 1	Set 2	Set 3	Set 4	Set 5
0.4	0.61	0.33	0.14	0.71	0.92
0.5	0.48	0.30	0.23	0.84	0.90
0.6	0.60	0.45	0.38	0.91	0.98
0.7	0.66	0.40	0.28	0.79	0.68
0.8	0.80	0.40	0.24	0.84	0.52
0.9	0.70	0.41	0.32	0.90	0.64
1.0	0.60	0.36	0.37	0.90	0.70
1.1	0.63	0.51	0.41	0.78	0.58
1.2	0.56	0.49	0.46	0.80	0.68

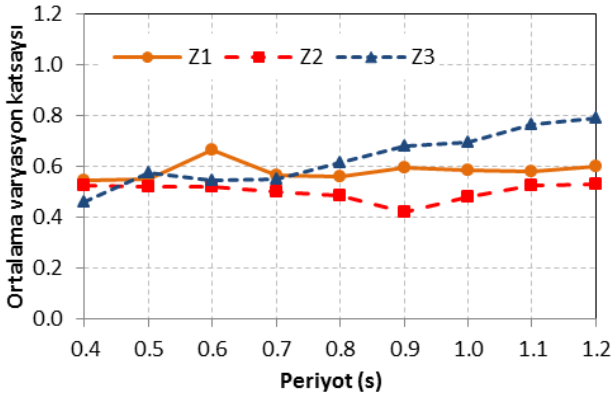
Çizelge 1'de verilen ve rastgele değiştiği gözlenen 5 farklı sete ait varyasyon katsayısı değerlerinin, her bir periyot değeri için ortalaması (beklenen değeri) hesaplanabilir. Örneğin Çizelge 1'e göre, T=0.4s için 5 farklı sete ait varyasyon katsayısı değerlerinin ortalaması 0.54'tür.

Şekil 9'da, Z1 sınıfı zemin dikkate alındığında, her bir tek serbestlik dereceli sistem için hesaplanan 5 farklı varyasyon katsayısı değeri ve bu değerlerin ortalamaları gösterilmiştir. Çizelge 1 ve Şekil 9 incelendiğinde, bir set için hesaplanan varyasyon katsayısının en az 0.14 olduğu (T=0.4s için), diğer periyot değerleri için ise 0.20'nin üzerinde olduğu görülmektedir. Ayrıca, tüm periyot değerleri için 0.80 ve üzerinde varyasyon katsayısına sahip setler olduğu da görülmektedir. Z1 sınıfı zemin için, dikkate alınan tek serbestlik dereceli sistemler için geçerli olmak üzere varyasyon katsayısının beklenen değerinin 0.60 civarında olduğu söylenebilir.



Şekil 9. İvme setlerine ait varyasyon katsayıları (Zemin Z1)

Çalışmada ele alınan diğer zemin sınıfları için de, farklı periyoda sahip her bir tek serbestlik dereceli sistem için 5 farkı sete ait varyasyon katsayılarının ortalaması hesaplanmıştır. Şekil 10'da ivme setlerine ait varyasyon katsayılarının ortalaması (beklenen değerleri) Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zemin için ayrı ayrı verilmiştir

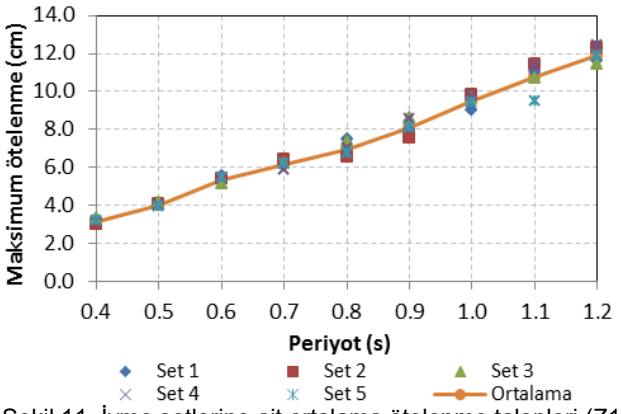


Şekil 10. İvme setlerine ait varyasyon katsayılarının ortalaması

Şekil 10'a göre, Z2 sınıfı zemin için, varyasyon katsayısının beklenen değerinin 0.40-0.60 arasında değiştiği görülmektedir. Z3 sınıfı zemin için ise beklenen değer 0.40-0.80 arasında değişmektedir.

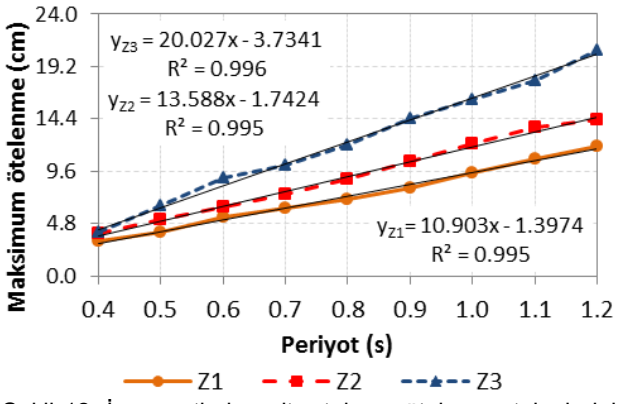
Varyasyon katsayısı değerleri için elde edilen bilgilere göre, Deprem Yönetmeliği ile uyumlu ivme setleri kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında doğrusal analiz sonucu ivme kayıtları için elde edilecek maksimum ötelenme taleplerinin, ivme setine ait ortalama ötelenme talebi etrafındaki saçılımının yüksek olması beklenir.

Aynı zemin sınıfı ile uyumlu ivme kaydı setlerine ait ortalama ötelenme taleplerinin değişimi de incelenmiştir. Şekil 11'de, Z1 sınıfı zemin dikkate alındığında, farklı periyoda sahip her bir tek serbestlik dereceli sistem için 5 farklı sete ait ortalama ötelenme talebi değerleri ve farklı setlere ait ortalama ötelenme taleplerinin ortalaması (beklenen değeri) görülmektedir. Görüldüğü gibi, herhangi bir periyot değeri için farklı ivme kaydı setlerinden elde edilen ortalama ötelenme talepleri arasındaki farklılık, set içerisindeki ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme talepleri arasındaki farklılığa göre daha düşüktür.



Şekil 11. İvme setlerine ait ortalama ötelenme talepleri (Z1)

Şekil 12'de, Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminler için elde edilen ivme kaydı setleri için hesaplanan ortalama ötelenme taleplerine ait beklenen değerlerin periyoda bağlı olarak değişimi verilmiştir. Üç zemin sınıfı için de doğrusal eğilim çizgilerine ait denklemler görülmektedir.



Şekil 12. İvme setlerine ait ortalama ötelenme taleplerinin beklenen değeri ile periyot arasındaki ilişki

5. Sonuçlar

Bu çalışmada, farklı periyoda sahip tek serbestlik dereceli sistemlerin zaman tanım alanında doğrusal analizi ile elde edilen maksimum ötelenme talepleri incelenmiştir. Analizler için Deprem Yönetmeliği'nde tanımlanan Z1, Z2 ve Z3 sınıfı zeminlere ait ivme spektrumları ile uyumlu gerçek ivme kaydı setleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Herhangi bir periyoda sahip tek serbestlik dereceli sistem için, aynı hedef spektrumla uyumlu olacak şekilde elde edilen farklı ivme kaydı setleri için, setteki ivme kayıtlarından elde maksimum ötelenme taleplerinin ortalaması rastgele olarak değişmektedir. Periyot düşük olduğunda ivme setlerine ait ortalama ötelenme talepleri aralarındaki fark daha düşük iken, periyot yükseldiğinde talepler arasındaki fark artmaktadır.

Herhangi bir set içerisindeki ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme taleplerinin, o set için hesaplanan ortalama ötelenme talebi etrafındaki saçılımı oldukça yüksektir. Set içerisindeki ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme talepleri dikkate alınarak hesaplanan varyasyon katsayısı değerleri bu durumu ifade etmektedir.

Herhangi bir tek serbestlik dereceli sistem için, farklı ivme setleri kullanılarak elde edilen ortalama ötelenme talepleri arasındaki farklılık, set içerisindeki ivme kayıtlarından elde edilen maksimum ötelenme talepleri arasındaki farklılığa göre daha düşüktür.

Çalışmada dikkate alınan tek serbestlik dereceli sistemler için geçerli olmak üzere, tek serbestlik dereceli sistemlerin periyodu ile Deprem Yönetmeliği ile uyumlu farklı ivme kaydı setleri kullanılarak yapılacak zaman tanım alanında doğrusal analiz sonucu elde edilecek ötelenme taleplerinin beklenen değeri arasında doğrusal kabul edilebilecek bir ilişki bulunmaktadır.

Kaynaklar

[1] DBYBHY-2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2007.

[2] Fahjan, M.Y., Vatansever, S. ve Özdemir, Z., Ölçeklenmiş gerçek deprem kayıtları ile yapıların doğrusal ve doğrusal olmayan dinamik analizleri, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği Konferansı, Ankara, 2011.

[3] Merter, O., Uçar, T., Bozdağ, Ö., Düzgün, M. ve Korkmaz, A., Betonarme çerçeve yapıların gerçek depremlere ait ivme kayıtları ile doğrusal olmayan dinamik analizi, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, 2013.

[4] Gupta, A. ve Krawinkler, H., Estimation of seismic drift demands for frame structures, Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 29, 1287-1305, 2000.

[5] İnel, M., Meral, E. ve Özmen, H.B., Betonarme binalarda eşdeğer tek serbestlik dereceli sistem ve 3-B doğrusal elastik olmayan dinamik analiz deplasman taleplerinin karşılaştırılması, 2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Hatay, 2013.

[6] Önür Ö., Düşük ve orta yükseklikteki binaların deplasman taleplerinin doğrusal elastik zaman tanım alanında analizle belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, Denizli, 2011.

[7] Kayhan, A.H., Armoni araştırması ile ivme kaydı seçimi ve ölçeklendirme, Teknik Dergi, 23, 5751-5775, 2012.

[8] Fahjan, Y.M., Türkiye Deprem Yönetmeliği tasarım ivme spektrumuna uygun gerçek deprem kayıtlarının seçilmesi ve ölçeklendirilmesi, 4423-4444, 2008.

[9] Iervolino, I., Maddaloni, G. ve Cosenza, E., Eurocode 8 compliant real record sets for seismic analysis of structures, Journal of Earthquake Engineering, 12, 54 -90, 2008.

[10] Celep, Z. ve Kumbasar, N., Deprem Mühendisliğine Giriş, Beta Dağıtım, İstanbul, 2004.

[11] Ambraseys, N.N., Douglas, J., Rinaldis, D., Berge, T.C., Suhadolc, P., Costa, G., Sigbjornsson, R. ve Smit, P., Dissemination of european strong-motion data, vol. 2, Cd-Rom collection. UK: Engineering and Physical Sciences Research Council, 2004.

[12] Eurocode-8, Design of Structures for Earthquake Resistance, Part 1: General Rules, Seismic Actions and Rules for Buildings, EN1998-1-2004, European Committee for Standardization, Brussels, 2004.

Ek 1. Zaman tanım analizinde kullanılan ivme kayıtları ve özellikleri

Z1 Sınıfı Zemin						Z2 Sınıfı Zemin						Z3 Sınıfı Zemin					
Set	**Kayıt**	**Ölçek**	**Deprem**	**Tarih**	**İst. Kod**	**Set**	**Kayıt**	**Ölçek**	**Deprem**	**Tarih**	**İst. Kod**	**Set**	**Kayıt**	**Ölçek**	**Deprem**	**Tarih**	**İst. Kod**
Set 1	6331-X	0.671	South Iceland*	21.06.00	ST2486	**Set 1**	572-Y	1.626	Patras	14.07.93	ST178	**Set 1**	7010-Y	1.084	Izmit*	11.11.99	ST772
	467-X	1.317	Chenoua	29.10.89	ST181		759-Y	0.673	Umbria Marche	26.09.97	ST265		1230-Y	0.617	Izmit	17.08.99	ST576
	410-X	2.000	Golbasi	05.05.86	ST161		1859-X	0.630	Kefallinia island	27.02.87	ST1303		141-Y	1.161	Friuli*	15.09.76	ST12
	243-X	1.834	Valnerina	19.09.79	ST82		645-Y	1.592	Umbria Marche*	14.10.97	ST83		6975-Y	0.917	Izmit*	13.09.99	ST3272
	6278-X	0.511	South Iceland	17.06.00	ST2552		352-Y	1.239	Biga	05.07.83	ST131		151-X	0.597	Friuli*	15.09.76	ST33
	960-X	1.104	Sicilia-Orientale	13.12.90	ST296		7161-X	0.925	Firuzabad	20.06.94	ST3296		602-X	0.717	Umbria Marche	26.09.97	ST224
	5272-Y	0.669	Mt. Vatnafjoll	25.05.87	ST2487		6144-X	1.093	Aigion	15.06.95	ST1332		643-X	1.340	Umbria Marche*	14.10.97	ST224
Set 2	6272-X	1.961	South Iceland	17.06.00	ST2568	**Set 2**	352-Y	1.167	Biga	05.07.83	ST131	**Set 2**	6962-Y	1.998	Izmit*	13.09.99	ST3271
	6262-Y	0.778	South Iceland	17.06.00	ST2496		7155-Y	1.219	Firuzabad	20.06.94	ST3290		360-X	0.591	Umbria	29.04.84	ST41
	603-Y	1.967	Umbria Marche	26.09.97	ST225		645-Y	0.861	Umbria Marche*	14.10.97	ST83		141-X	1.993	Friuli*	15.09.76	ST12
	6269-Y	0.621	South Iceland	17.06.00	ST2497		630-Y	0.775	Umbria Marche*	06.10.97	ST228		6978-Y	0.700	Izmit*	13.09.99	ST3273
	6267-X	1.818	South Iceland	17.06.00	ST2565		946-Y	0.764	Potenza	05.05.90	ST103		6606-Y	1.463	Izmit*	11.11.99	ST2571
	598-Y	1.965	Umbria Marche	26.09.97	ST222		572-X	1.514	Patras	14.07.93	ST178		1230-X	0.546	Izmit	17.08.99	ST576
	6100-X	1.565	Kozani	13.05.95	ST1315		6138-Y	1.103	Aigion	15.06.95	ST1330		151-X	0.916	Friuli*	15.09.76	ST33
Set 3	6269-Y	0.576	South Iceland	17.06.00	ST2497	**Set 3**	1984-X	0.715	Kefallinia island	23.01.92	ST1353	**Set 3**	6606-Y	0.664	Izmit*	11.11.99	ST2571
	368-Y	0.878	Lazio Abruzzo	07.05.84	ST143		1881-Y	0.963	South Aegean	23.05.94	ST1310		439-Y	0.553	Spitak	07.12.88	ST173
	6337-X	1.772	South Iceland*	21.06.00	ST2494		1735-Y	0.606	Adana	27.06.98	ST581		6975-Y	0.779	Izmit*	13.09.99	ST3272
	6272-Y	1.399	South Iceland	17.06.00	ST2568		6447-Y	1.995	Izmit*	11.11.99	ST3140		1230-X	0.660	Izmit	17.08.99	ST576
	604-X	1.829	Umbria Marche	26.09.97	ST225		612-X	0.614	Umbria Marche	26.09.97	ST228		633-X	1.468	Umbria Marche*	14.10.97	ST227
	6331-Y	1.732	South Iceland*	21.06.00	ST14		129-X	1.221	Friuli*	15.09.76	ST14		360-X	0.669	Umbria	29.04.84	ST41
	6262-X	0.781	South Iceland	17.06.00	ST2496		572-X	1.378	Patras	14.07.93	ST178		141-X	1.190	Friuli*	15.09.76	ST12
Set 4	6331-Y	1.493	South Iceland*	21.06.00	ST2486	**Set 4**	6138-X	1.125	Aigion	15.06.95	ST1330	**Set 4**	375-Y	0.604	Lazio Abruzzo	07.05.84	ST149
	646-Y	0.891	Umbria Marche*	14.10.97	ST234		760-X	0.826	Umbria Marche	26.09.97	ST265		6962-Y	0.932	Izmit*	13.09.99	ST3271
	1891-Y	0.545	Kranidia	25.10.84	ST1320		352-Y	1.333	Biga	05.07.83	ST131		602-X	0.834	Umbria Marche	26.09.97	ST224
	4557-X	1.413	Bovec	12.04.98	ST750		620-X	0.787	Umbria Marche*	06.10.97	ST83		360-X	0.839	Umbria	29.04.84	ST41
	292-Y	1.361	Campano Lucano	23.11.80	ST98		232-X	0.736	Montenegro*	24.05.79	ST77		1230-X	0.799	Izmit	17.08.99	ST576
	6269-Y	1.492	South Iceland	17.06.00	ST2497		548-X	0.992	Izmir	06.11.92	ST43		6606-Y	0.692	Izmit*	11.11.99	ST2571
	6262-X	0.545	South Iceland	17.06.00	ST2496		549-Y	0.807	Izmir	06.11.92	ST162		6978-Y	0.769	Izmit*	13.09.99	ST3273
Set 5	369-X	1.058	Lazio Abruzzo	07.05.84	ST109	**Set 5**	1711-X	0.745	Ano Liosia	07.09.99	ST1255	**Set 5**	1959-Y	1.914	Kyllini	16.10.88	ST214
	292-X	1.751	Campano Lucano	23.11.80	ST98		532-Y	0.975	Racha*	15.06.91	ST202		6975-Y	0.867	Izmit*	13.09.99	ST3272
	410-Y	0.604	Golbasi	05.05.86	ST161		142-Y	1.196	Friuli*	15.09.76	ST14		360-X	0.658	Umbria	29.04.84	ST41
	1891-Y	1.517	Kranidia	25.10.84	ST1320		352-Y	0.884	Biga	05.07.83	ST131		7010-Y	1.083	Izmit*	11.11.99	ST772
	140-Y	0.590	Friuli*	15.09.76	ST36		548-X	0.511	Izmir	06.11.92	ST43		601-Y	1.185	Umbria Marche	26.09.97	ST224
	6267-Y	1.261	South Iceland	17.06.00	ST2565		6138-X	1.136	Aigion	15.06.95	ST1330		1230-Y	0.618	Izmit	17.08.99	ST576
	4679-Y	0.553	South Iceland	17.06.00	ST2563		946-X	1.770	Potenza	05.05.90	ST103		375-Y	0.625	Lazio Abruzzo	07.05.84	ST149

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

YAPI-ZEMİN DİNAMİK ETKİLEŞİMİNİN SAHA KOŞULLARINDA DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ

IN SITU SITE INVESTIGATION OF DYNAMIC SOIL-STRUCTURE INTERACTION

Erkan ÇELEBİ[a], Hüseyin Serdar KÜYÜK[b,c] ve Fatih GÖKTEPE[d]

[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: ecelebi@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: skuyuk@sakarya.edu.tr
[c] Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: serdar.kuyuk@boun.edu.tr
[d] Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye, E-posta: fgoktepe@bartin.edu.tr

Özet

Günümüzde deprem hesabında kullanılan geleneksel yöntemlerde, yapının oturduğu zemin ortamının şekil değiştirmediği varsayımı altında yapı temelinden zemine ankastre bağlı bir sistem olarak ele alınır. Deprem verisi olan yer hareketi de yapı varlığından etkilenmeyen yatay bir ötelenme hareketi olarak kabul edilir. Yapı-zemin dinamik etkileşim probleminin sismik analizi ise üstyapı, yapı temeli ve temelin çevresini saran zemin olmak üzere ayrı karakterdeki üç sistemin ortak titreşimine dayalı yapısal tepkiyi ortaya çıkarmayı hedeflemektedir.

Bu çalışmada bina varlığının titreşim dalgasının yayılımına, dolayısıyla yer hareketi üzerindeki etkisi yapı-zemin etkileşimi açısından deneysel olarak incelenmiştir. Yapay dinamik yük kaynağı ile titreşime zorlanan iki katlı betonarme çerçeveli bir binanın temeline yerleştirilen ivmeölçerlerden alınan titreşim kayıtları, söz konusu bina yapısına yakın serbest zemin yüzeyi titreşim kayıtları ile karşılaştırarak, yapı-zemin ortak davranışında kinematik etkileşimin temel titreşim hareketindeki etkin rolü gösterilmeğe çalışılmıştır. Bu özel saha çalışması ile seçilmiş ölçüm noktalarından elde edilen titreşim verilerinden yararlanarak ivme, yerdeğiştirme zaman geçmişi ve Fourier spektrumlarındaki farklılıklar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Kompaktör, serbest zemin hareketi, bina titreşimleri, yapı-zemin etkileşimi, dalga yayılımı

Abstract

The traditional methods used in today's seismic design of structure considers foundation as a fixed base under the assumption that ground does not deforms. Earthquake ground motion is also considered as a horizontal movement that is not being affected by the structure. The seismic analysis of dynamic soil-structure interaction which considers superstructure, foundation and surrounding ground around building, aim to assess structural response based on the interaction of these three components.

In this study, presence of building, which is effecting on wave propagation, is experimentally investigated considering soil-structure interaction. Acceleration records from the foundation of a two-story reinforced concrete, that is forced to vibrate by artificial dynamic load, are compared with the free ground surface vibration records around the building to show soil-structure kinematic interaction's effect on vibration of foundation. With this specific field study, differences in acceleration, displacements time histories and Fourier spectrums are comparatively presented using recorded vibrations from selected locations of interest.

Keywords: Compactor, free field motion, building vibration, soil-structure interaction, wave propagation

1. Giriş

Deprem yer hareketine veya insan yapısı titreşimlere (makine temelleri, demiryolu ve karayolu trafik yükleri, kazık çakmak veya patlatma aktiviteleri) maruz yapıların dinamik davranışı birbirine bağlı üç ortak sistemin etkileşimi altındadır. Bunlar üstyapı, yapı temeli ile temelin altını ve çevresini saran jeolojik zemin ortamıdır. Depreme dayanıklı sistemlerinin tasarımında kuramsal hesaplama altyapısı hazırlanırken, yapı ile zeminin karşılıklı dinamik etkileşiminin çözüme dâhil edilmesi önem kazanmaktadır.

Günümüzde yapı-zemin dinamik etkileşim problemlerinin sayısal araçlarla modellenmesinde, doğrudan çözüm yöntemi [1,2] ve alt-sistem yaklaşımı [3-5] kullanılarak, zemin koşullarının yapısal davranış üzerindeki etkileri yapısal ve geoteknik parametrelere bağlı incelenmektedir. Depremselliği yüksek bölgelerde inşa edilecek önemli yapıların dinamik analizinde yerel zemin koşullarının hesap yöntemine katılması konusunda tavsiye niteliğinde önemli raporlar yayınlanmıştır [6,7].

Yapı-zemin ortak sisteminin dinamik davranışı, kinematik ve eylemsizlik etkileşimi etkileri altında değerlendirilmektedir. Kinematik etkileşim sonucunda, sismik analizde yapı temelinde tanımlanacak olan yer hareketi, serbest zemin deprem verisine göre farklılık gösterecektir. Serbest zemin hareketi, yapı varlığından etkilenmeyen, dolayısıyla yapısal titreşimlerin, temel ve temel çevresindeki dalga saçılmalarının etkisini gözardı eden bir yaklaşımdır. Sahada gerçekleştirilen bu deneysel çalışmada dinamik yapay yük kaynağı ile üretilen titreşim hareketi serbest zemin yüzeyinde ve bina temelinde kayıt altına alınarak, kinematik etkileşimin yer hareketi üzerindeki etkisi gösterilmiştir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

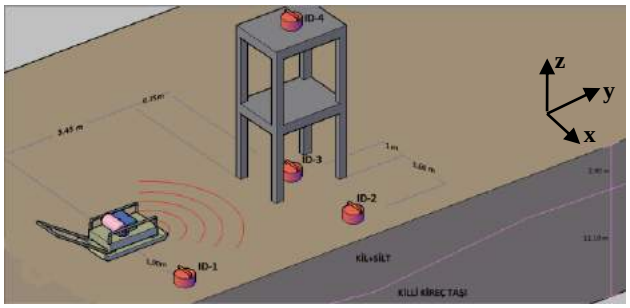
2. Yöntem

Bu çalışmada, serbest yüzey yer hareketiyle titreşime zorlanan yapı-temel-zemin ortak sisteminin karşılıklı etkileşimi ve zeminin üst yapıların dinamik davranışı üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Dinamik davranışı incelenen yapı modeli 0.50 m temel derinliğinde iki katlı tek açıklıklı betonarme bir çerçeve olup Sakarya Üniversitesi Esentepe kampüsü içersinde yer almaktadır. Binanın yüksekliği 4 m ve her iki doğrultudaki genişlikleri sırasıyla 2 m ve 1.5 m'dir (Şekil 1). Üstyapının konumlandığı zemin ortamının mekanik özellikleri sismik deneylerle araştırılmış ve 2007 Deprem Yönetmeliği'ne göre bu zemin sınıfı Z2 olarak ifade edilebilir.



Şekil 1. Çalışma sahasının genel yapısı.

Binanın zemin katı, tepe noktası ve etrafına belirli mesafelerde ivmeölçer cihazlar konularak serbest yüzey yer hareketinin oluşturacağı titreşimler ölçülmüştür. İvmeölçerlerin tamamı üç eksenli ölçüm yapabilmektedir. Deneysel çalışmada kullanılan toplam dört adet ivmeölçerin biri dinamik yük kaynağının yakınında, diğeri serbest zemin yüzeyinde olup iki adet ivmeölçer ise binanın zemin ve üst katına yerleştirilmiştir (Şekil 2). Böylece, serbest zemin yüzey kayıtları ile bina zemin katı ve tepe noktasına ait titreşimler karşılaştırılarak yapı varlığının temel hareketi üzerindeki etkisi yapı-zemin dinamik etkileşimi açısından, deneysel olarak araştırılmıştır.



Şekil 2. Çalışma sahasının genel şematik yapısı.

2.1. Deney Setinin Özellikleri

Deneysel çalışmalarda kullanılan ivmeölçerler çok düşük gürültü seviyelerine sahip zayıf titreşim hareketlerini üç eksenli ve DAC-3HDG tipi 32 bit yüksek çözünürlüklü ivmeölçerlerdir. Bunlara ait teknik özellikler Tablo 1'de ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 1. Teknik ve Donatımsal özellikler

Donanım	Özellikleri
İvmeölçer	3 Eksen a-) Capacitive Force Micromachined Sensor b-) 300ng/√Hz. noise c-) ±2g Full calibration d-) ±5 V Differential output e-) Resolution over 200 Hz. bandwidth f-) Self test input (Kendi kendini test edebilme girişi)
Güç Kaynağı	12 VDC
Çalışma Sıcaklığı	-20 +80
Haberleşme Portu	1 Ethernet / TCP-IP
GPS	50 Kanal Super Sense Dahili
Çalışma Frekansı	50/100/200 Hz. (5mS)
Hafıza Kartı	2 Gb Dahili, (140 saat kayıt alabilme yeteneği.) Kutu
ADC	32 Bit yüksek çözünürlük.
Filtre	2 Kanal FIR/Antialiasing

Saha koşullarında GPS anteni ve enerji kabloları ivmeölçere iki kablo yardımı ile bağlanmıştır. MEMS sensörü, ADC sayısallaştırıcı ve ivmelerin kayıt altına alındığı belleği içeren ivmeölçer ana kutusu yardımıyla bina ve serbest zemin yüzeyine ait titreşim kayıtları elde edilmiştir (Şekil 3).

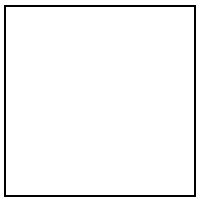


Şekil 3. DAC-3HDG GPS senkronizasyonlu sayısallaştırıcı ve veri kaydedici ivmeölçer

2.2. Dinamik Yük Kaynağı

Deprem yer hareketi dışındaki insan yapısı titreşimlere maruz kalan yapıların dinamik davranışının belirlenmesi amacıyla yapılan deneysel araştırmalar özellikle son yıllarda inşaat mühendisliğinde önemli bir uğraş alanı olmuştur. Dinamik dış yükler altındaki önemli yapı sistemlerinin davranışını daha iyi değerlendirebilmek ve bunun sonucunda tam güvenliğini sağlayabilmek için kullanılan sayısal çözüm yaklaşımlarının yeterli bulunmadığı durumlarda üstyapıların dinamik davranışının deneysel olarak irdelenmesi önemini artırmıştır.

Bu yöntemde, araştırma sahasında kullanılan üç eksenli ivmeölçerler yardımıyla bina varlığının titreşim dalgasının yayılımına, dolayısıyla yer hareketine etkisi değerlendirilmiştir. Deneysel çalışmalarda, dinamik yük kaynağı olarak 73-75 Hz frekans aralığında çalışan 46 KN düşey yük kapasiteli kompaktör kullanılmıştır (Şekil 4). Bu makina 225 kg ağırlığında olup genellikle toprak, sıcak asfalt gibi, küçük çaplı zemin ve yol kaplama malzemelerini sıkıştırma işlemlerinde kullanılmaktadır.

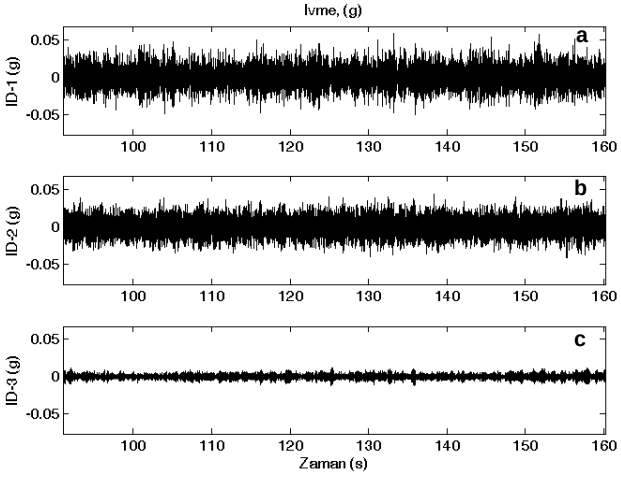


Şekil 4. Dinamik yük kaynağı

3. Bina ve Serbest Zemin Titreşim Kayıtlarının Değerlendirilmesi

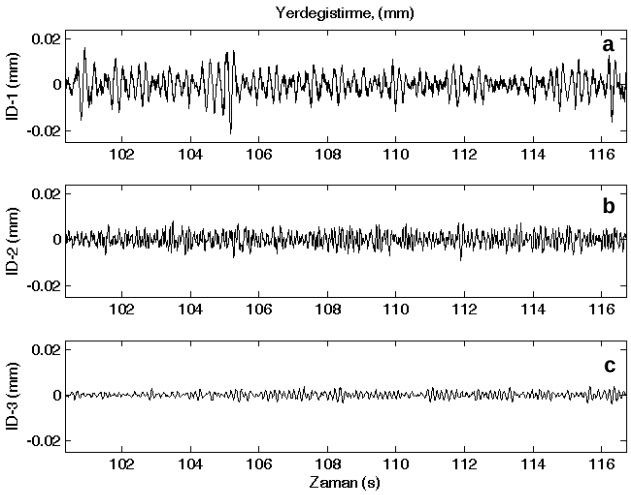
Dinamik yük kaynağı olarak kullanılan kompaktörün 1.9 m yakınındaki ID-1 olarak tanımlanan ivme ölçerden y doğrultusu için alınan kayıtlar, serbest zemin yüzeyi yani yapısız alanda yerleştirilen, yük kaynağından 6.2 m uzaklıkta ve ID-2 olarak isimlendirilen ivme ölçerden alınan verilerle karşılaştırıldığında, beklenildiği gibi dinamik yük kaynağından yayılan titreşim enerjisi mesafeyle birlikte azalmıştır.

Yayılan dalgaların ölçüm noktasındaki genlikleri çıkış noktasına göre yaklaşık olarak %20-25 oranında azalma göstermiştir (Şekil 5a-b). Bina zemin katında ölçülen ivme değerleri (ID-3), serbest zemin titreşim kayıtlarından %70-80 oranında farklılık göstermektedir. Burada yapının varlığı serbest zemin hareketini kinematik etkileşimden dolayı önemli derecede değiştirmiştir (Şekil 5b-c).



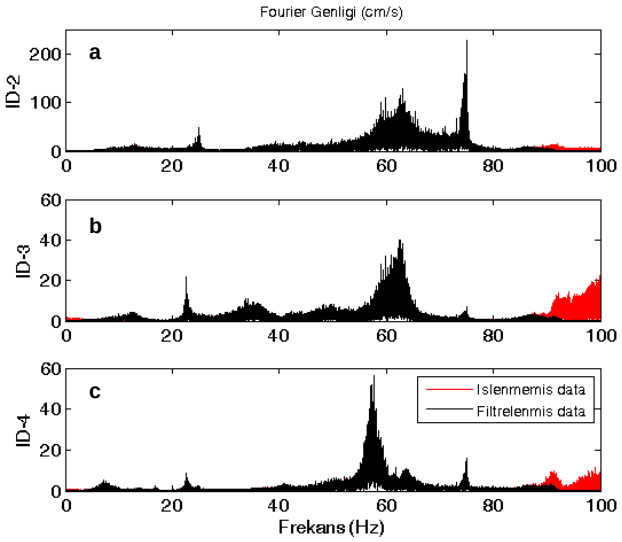
Şekil 5. a) Dinamik yük kaynağı yakınında b) yapısız alandaki serbest zeminde c) bina zemin katında elde edilen ivme değerleri

Serbest zemin ve bina zemin katından elde edilen yatay yer değiştirmelerde de aynı eğilimde büyük farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 6a-c). Yerdeğiştirme genlikleri dinamik yük kaynağı yakınında en yüksek, bina zemin katında en küçük değerleri almaktadır. Yerdeğiştirmedeki azalma ivme genliklerindeki azalmadan daha fazla olması dikkat çekmektedir.



Şekil 6. a) Dinamik yük kaynağı yakınında b) yapısız alandaki serbest zeminde c) bina zemin katında elde edilen yerdeğiştirme değerleri

İvme kayıtlarından elde edilen verilerin Hızlı Fourier dönüşümü sonucu hesaplanan frekans içerikleri incelenmiştir (Şekil 7). Seçilen üç gözlem noktasında görünen frekans içerikleri benzerlikler göstermektedir. Şekilde kırmızı renkteki çizgiler filtrelenmemiş veriyi içermektedir. Tüm kayıtlarda, dinamik yük kaynağının hakim frekansı 60 Hz bandında göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, kaynaktan uzaklaştıkça pik frekans değerleri küçülmekte, bina temelinde 60 Hz'in altına düşmektedir.

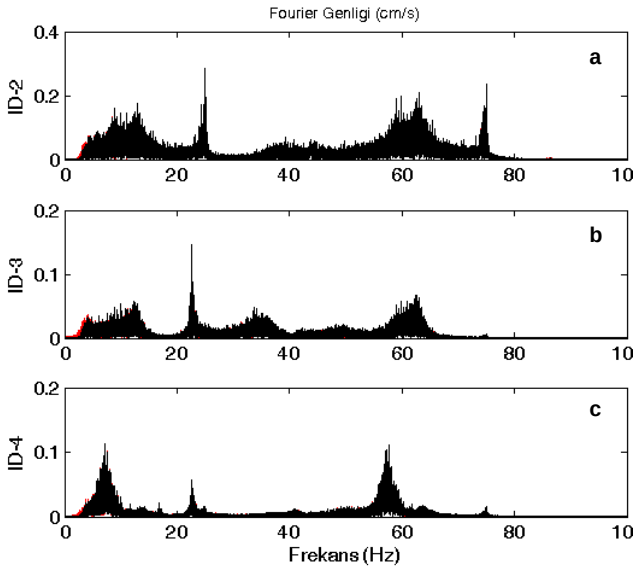


Şekil 7. a) Yapısız alandaki serbest zeminde b) bina zemin katında c) bina tepe noktasında elde edilen ivme değerlerine ait Fourier genlik spektrumu

ID-4'ten elde edilen kayıt binanın birinci ve ikinci hakim periyotlarının yaklaşık olarak 8-9 Hz ile 22-23 Hz bandında olduğunu göstermektedir. Kaynağa yakın olan ID-2'den beklenildiği gibi benzer sonuçlar elde edilmemiştir. 75 Hz civarında ortaya çıkan pik değerlerin anlamı tam olarak yorumlanamamıştır. Fakat tabakalı zeminden yansıyan,

veya dinamik kaynağın etkidiği taş parkelerin etkisi olma olasılığı düşünülmüştür (Şekil 7a-b-c).

İvme kayıtlarının integrasyonu sonucu hesaplanan hız zaman değerlerinin Fourier dönüşümleri ayrıca hesaplanmıştır. Frekans içerikleri ivmelerden elde edilen frekans içerikleriyle benzerlikler göstermektedir (Şekil 8). Fakat ID-4'te binanın birinci hakim periyodunun daha baskın olduğu gözlenmektedir (Şekil 8c). Binanın bu frekansta titremesi, etrafındaki (ID-2 ve ID-3) ivmeölçerlerini de etkilemiş olduğu görülmektedir. Bu iki ivmeölçerde 5 Hz ile 17 Hz bandına göreceli olarak enerji olduğu izlenmiştir (Şekil 8a-b).



Şekil 8. a) Yapısız alandaki serbest zeminde b) bina zemin katında c) bina tepe noktasında elde edilen hız değerlerine ait Fourier genlik spektrumu

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, yapay bir dinamik yükün meydana getirdiği titreşimle zorlanan yapı-temel-zemin ortak sisteminin karşılıklı etkileşimi ve zeminin üst yapıların dinamik davranışı üzerindeki etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Özel saha çalışması ile seçilen ölçüm noktalarından elde edilen ivme, yerdeğiştirme zaman geçmişi ve Fourier spektrumlarındaki farklılıklar karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Genel anlamda dinamik yük kaynağından yayılan titreşim enerjisinin mesafeye bağlı olarak azaldığı tespit edilmiştir. Ayrıca binanın yüksek frekansta yapmış olduğu titreşimler, yapının etrafındaki ivmeölçerlerde gözlenmiştir. Burada yapının varlığı serbest zemin hareketini kinematik etkileşimden dolayı önemli derecede değiştirmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan ivmeölçerlerin alımı, Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) tarafından Merkezi Araştırma Laboratuvarı kapsamındaki DPT 2011K120350 proje no ile desteklenmiştir. Yazarlar bu destekten dolayı teşekkürlerini sunarlar. Ayrıca saha çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Mustafa Esin, Aziz Ahmad Noor Ahmad, Halil Kılıçaslan, Emrah Balıkçı'ya teşekkürlerini sunarlar.

Kaynaklar

[1] Celebi, E., Goktepe F., Karahan N., Non-Linear Finite Element Analysis for Prediction of Seismic Response of Buildings Considering Soil-Structure İnteraction, Natural Hazards and Earth System Scıences, 12:3495-3505, 2012.

[2] Halabian, A.M., Naggar M.H.E., Effect of Non Linear Soil-Structure İnteraction on Seiscmic Response of Tall Slender Structures, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 22:639-658, 2002.

[3] Çelebi E., Fırat S., Çankaya İ., Dikdörtgen Rijit Temellerin Dinamik Empedans Fonksiyonları, İmo Teknik Dergi,17/2:3827-3849, 2006.

[4] Mylonakis G., Nikolaou S., Gazetas G., Footings under seismic loading:Analysis and design issues with emphasis on bridge foundations, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 26:824-853, 2006.

[5] Pais A., Kausel E., Approximate Formulas for Dynamic Stiffnesses of Rigid Foundations, Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 7/4:213-227, 1988.

[6] NIST GCR 12-917-21, Consultants Joint Venture; Soil-Structure Interaction for Building Structures, U.S. Department of Commerce National Institute of Standards and Technology, 2012.

[7] FEMA, Recommended Seismic Provisions for New Buildings and Other Structures, prepared by the Building Seismic Safety Council of the National Institute of Building Sciences for the Federal Emergency Management Agency, Washington, The United States, 2009.

DİNAMİK YÜK OLUŞTURAN TEMELLERDE SİMETRİDEN SAPMALARIN ETKİSİ

EFFECTS OF ASYMMETRY ON DYNAMICALLY LOADED FOUNDATIONS

A. K GÜNEY[a] ve T. ÖZTÜRK[b]
[a] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: akguney85@hotmail.com
[b] İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: ozturkturg@itu.edu.tr

Özet

Dinamik yüklü temeller statik yüklerin yanı sıra uzun süreli dinamik yüklere de maruz kalırlar. Dinamik yükler, rezonansa karşı önlemin yanı sıra titreşim genliklerinin müsaade edilen sınırların altında tutulması gerektirmektedir. Mevcut koşullar göz önünde bulundurularak simetrik sistem tasarımı yapılır. Sistem simetrisi, sistemin ağırlık merkezi ile mesnet elemanlarının rijitlik merkezinin aynı düşey eksen üzerinde olması ile sağlanır. Buna rağmen tasarım sonrasında simetri durumu her zaman korunamamaktadır. Bu çalışmada, dinamik yüklü temellerde makina yerleşimi ve mesnet elemanlarında rijitlik değişimi kaynaklı simetriden sapmaların titreşimlere etkisi incelenecektir.

Anahtar kelimeler: Dinamik yüklü temeller, Simetriden sapma

Abstract

Dynamically loaded foundations are subjected to permanent dynamic loads besides static loads. Dynamic loads require avoiding from resonance and control of the vibration amplitudes to not to exceed the permissible limits. Symmetric system designs are selected for these considered conditions. System symmetry is provided by the fact that system's center of gravity and support's center of rigidity are on the same vertical axes. However, this symmetry condition always can not be maintained after the design. In this study, effects of machine placement and support rigidity change caused deviations from symmetry on vibrations of the dynamically loaded foundation systems are investigated.

Keywords: Dynamically loaded foundations, Asymmetry

1. Giriş

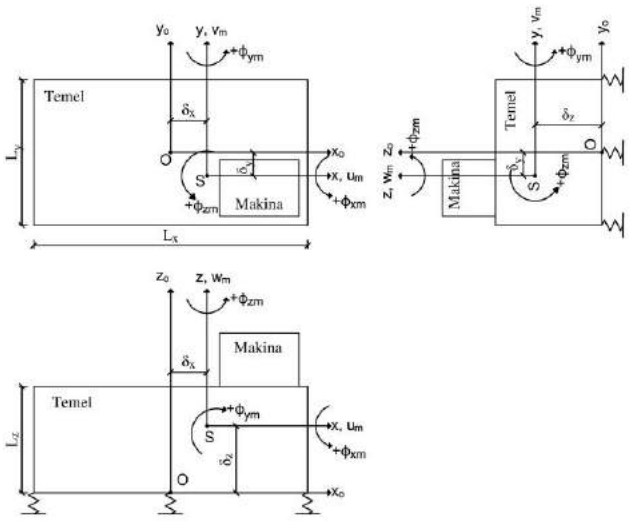
Dinamik yüklü temeller; statik yüklerin yanı sıra dinamik yüklerin de etkisi altındadır. Bu nedenle tasarımda sistem dayanımına ek olarak titreşimler de incelenmelidir. Titreşimlerin kontrolü rezonansa karşı önlem ve genliklerin müsaade edilen sınır değerlerin altında tutulması ile sağlanır. Dinamik yüklü temellere, makina temelleri bir örnektir. Makina temelleri; makina, temel ve mesnetlerden oluşur. Makina ve temelin ağırlık merkezi S ile mesnet elemanlarının rijitlik merkezi ve aynı zamanda temel tabanının geometrik merkezi olan O'nun aynı düşey eksen üzerinde olması istenir. Bu durumda sistem simetrisi sağlanıp, ona göre hesap yapılır. Tasarım sırasında sağlanan sistem simetrisi bazı durumlarda korunamamaktadır. Simetriden sapma makina ve ekipmanlarının hatalı yerleştirilmesi, mesnet elemanlarındaki rijitlik değişimleri ve zararlı titreşimler üreten makina temelinin güçlendirilmesinin simetrik olarak yapılamaması gibi nedenlerle oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda makinanın yerleşiminden kaynaklanan simetriden sapma durumları incelenmiştir [4-5]. Bu çalışmada buna ek olarak mesnet elemanlarındaki rijitlik değişimlerinin sebep olduğu simetriden sapmaların titreşimlere etkisi incelenecektir.

2. Sistemin Tanımı ve Yapılan Kabuller

Simetrik olmayan bir makina-temel-mesnet sistemi Şekil 1'de verilmiştir. Makina temeli rijit bir yapıya sahip blok temeldir. Sistem birbirine dik her iki yatay eksende de simetriden sapmıştır. S ile O arasındaki mesafenin x, y, z eksenlerdeki bileşenleri δ_x, δ_y, δ_z'dir. Simetri durumunda δ_x ve δ_y 0 olur. Temelin x, y, z eksenlerdeki boyutları L_x, L_y, L_z'dir. Sistemin x ve y eksenlerindeki eksantrisite oranları η_x ve η_y ise

$$\eta_x = \delta_x / L_x \qquad \eta_y = \delta_y / L_y \tag{1}$$

olarak (1)'den bulunur.



Şekil 1. Simetrik olmayan bir makina-temel-mesnet sistemi.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Titreşim hesabında aşağıdaki kabuller yapılmıştır.

- Blok temel, üzerinde bulunduğu zeminle karşılaştırıldığında rijit bir yapı olarak kabul edilir [6].

- Makinanın çalışma frekansının ±%20-30'lık kısmı rezonans bölgesidir [7]. Rezonans durumuna karşı serbest titreşim frekansı bu bölgenin dışında tutulmalıdır. Böylece sönümün titreşim genliği üzerindeki etkisi ihmal edilebilir [8].

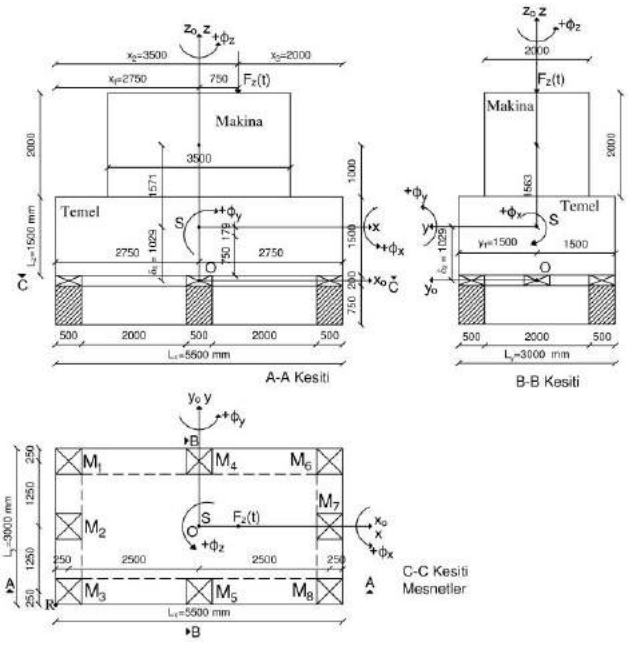
- Zeminin sönümü ihmal edilip, makina temelinin kütle ve yaydan oluşan bir modeli ile titreşim hesabı yapılabilir [9].

Rijit bir yapıya sahip blok temeller 6 serbestlik dereceli sistemler olup 6 adet serbest titreşim frekansı ve zorlanmış titreşim genliği vardır. Sistemin ağırlık merkezinden geçen x, y, z eksenleri boyunca oluşan ötelenme genlikleri u_m, v_m, w_m ve bu eksenler etrafındaki dönme genlikleri Φ_{xm}, Φ_{ym}, Φ_{zm}'dir. x, y, z eksenleri boyunca oluşan temel üstü ötelenme genlikleri $u_{m,tm}$, $v_{m,tm}$, $w_{m,tm}$'dir. Bu genliklerin sınır değerleri makina üreticileri tarafından verilmektedir. Sınır değerlerin geçilmesi durumunda oluşan zararlı titreşimler; çevredeki insanlara, yapılara ve makina temellerine zarar verir.

3. Sayısal Uygulamalar

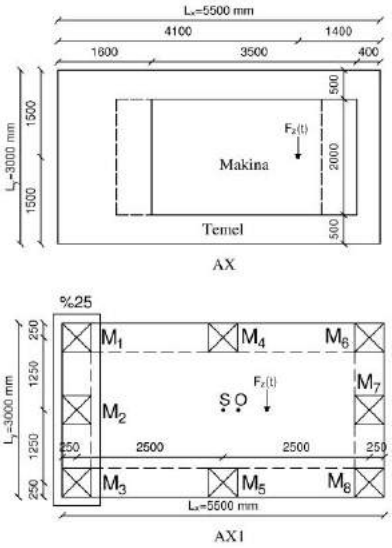
Yapılan çalışmalarda düşey ve yatay doğrultuda dinamik yük oluşturan iki farklı sistem için makinanın yerleşiminden kaynaklanan tek doğrultuda simetriden sapmanın (AX) titreşimlere etkisi incelenmiştir [4-5]. Çalışmada, buna ek olarak mesnet elemanlarındaki rijitlik değişimlerinin sebep olduğu tek doğrultuda simetriden sapmanın (AX1) titreşimlere etkisi de araştırılıp, elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

3.1. Düşey Doğrultuda Dinamik Yük Oluşturan Sistem



Şekil 2. Düşey doğrultuda dinamik yük oluşturan sistem.

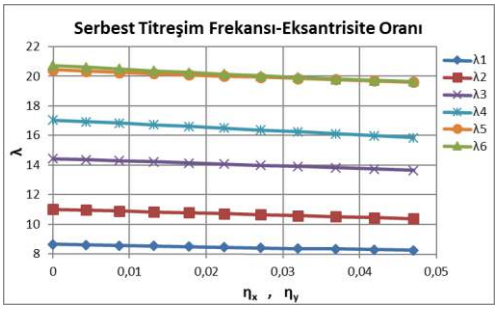
Şekil 2'de verilen düşey doğrultuda dinamik yük oluşturan dört silindirli dizel bir makina için simetriden sapmanın titreşimlere etkisi incelenecektir. Makina ve temel ağırlıkları sırasıyla 67 kN ve 587 kN olarak bulunmuştur. Düşey dinamik yük genliği P_z 15 kN, makinanın çalışma frekansı 125,66 s^{-1}'dir. Müsaade edilen temel üstü titreşim genliği 0,04 mm olarak verilmiştir. Zemin sert kil ve temel rijit yaylar üzerine oturduğundan zemin etkisi ihmal edilecektir. Temel sekiz noktadan desteklenmekte olup; bu yayların x, y, z eksenlerindeki toplam rijitlik değerleri sırasıyla K_x=10152 kN/m, K_y=10152 kN/m, K_z=13882 kN/m'dir. Bu eksenler etrafındaki dönme rijitlikleri ihmal edilecektir.



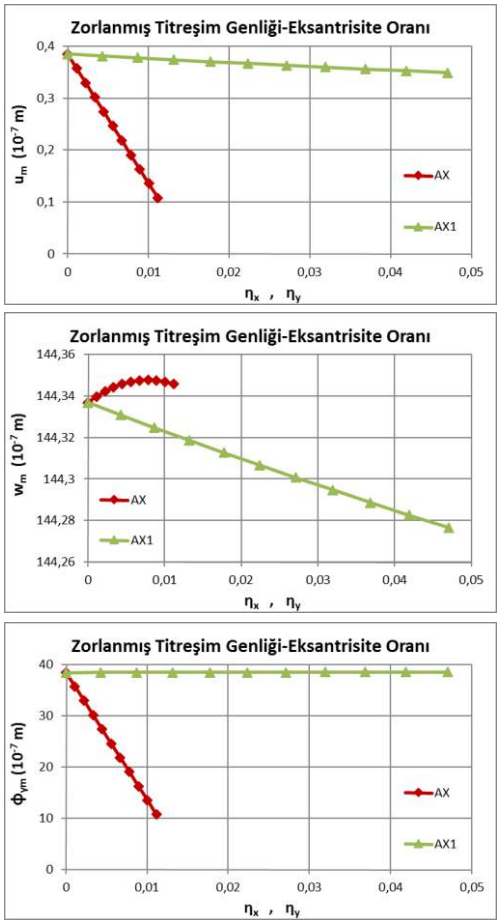
Şekil 3. Düşey dinamik yük oluşturan sistemde simetriden sapma durumları.

Şekil 3'te verilen AX durumunda makina simetri konumuna göre 60 cm ötelenmiştir. AX1 durumunda ise seçili M_1, M_2 ve M_3 mesnet elemanlarında %25 rijitlik kaybı oluşmuştur.

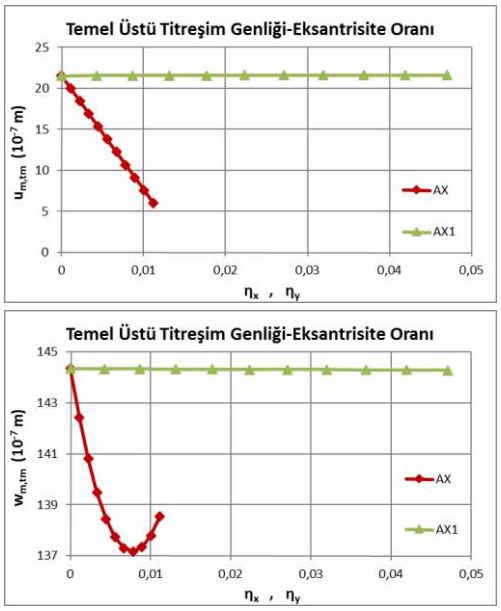
AX durumunda oluşan eksantrisite oranı değişimi çok küçüktür ve serbest titreşim frekansı değişimi de ihmal edilebilecek bir seviyededir. AX1 durumunda ise, yüksek eksantrisite oranı ve serbest titreşim frekansı değişimi oluşmuştur. Bu nedenle Şekil 4'te sadece AX1 durumunda oluşan titreşim frekansı değişimleri verilmiştir. AX1 durumunda eksantrisite oranının artmasıyla beraber tüm titreşim frekansı değerleri azalmış ve en büyük iki titreşim frekansı birbirlerine yakınsamıştır.



Şekil 4. Düşey dinamik yüklü sistemin AX1 durumundaki serbest titreşim frekansı değişimleri.



Şekil 5. Düşey dinamik yük oluşturan sistemin AX ve AX1 durumlarındaki zorlanmış titreşim genliği değişimleri.



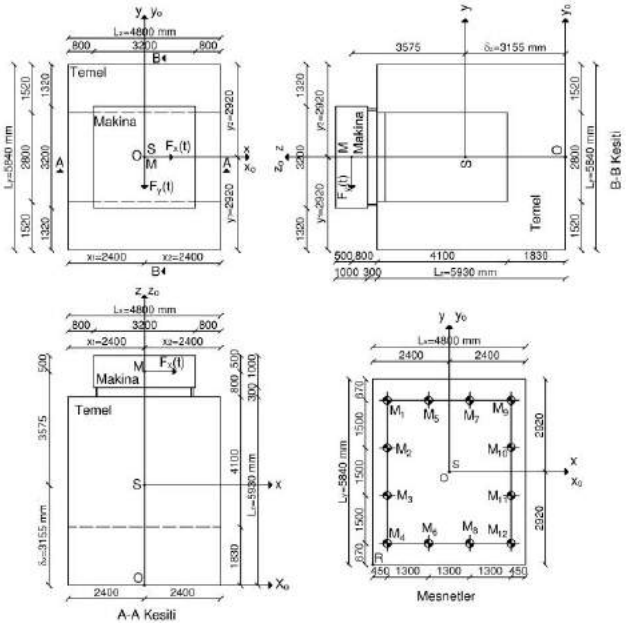
Şekil 6. Düşey dinamik yük oluşturan sistemin AX ve AX1 durumlarındaki temel üstü titreşim genliği değişimleri.

Şekil 5'te her iki simetriden sapma durumu için sistem ağırlık merkezinde oluşan titreşim genlikleri verilmiştir. Simetri durumunda 0 olan genliklerde değişim olmamıştır. Yatay eksendeki titreşim genliklerinin en büyük değişimleri, makinanın konumuyla birlikte kuvvetin etki noktası da değiştiğinden sisteme gelen ekstra moment değerleri sebebiyle AX durumunda gözlemlenmiştir. Değişim u_m ve Φ_{ym} genliklerinde azalma şeklinde olmuştur. w_m genliğindeki değişim AX1 durumunda daha yüksek olmasına karşın her iki simetriden sapma durumunda da ihmal edilebilecek bir seviyededir.

Şekil 6'da temel üstü titreşim genlikleri verilmiştir. Her iki genlik de makina üreticisi tarafından verilen sınır değerden küçüktür. Bununla birlikte AX durumunda $u_{m,tm}$ ve $w_{m,tm}$ genlikleri eksantrisite oranının artmasıyla azalmıştır. AX1 durumu için bu genliklerdeki değişim ihmal edilebilecek bir seviyededir.

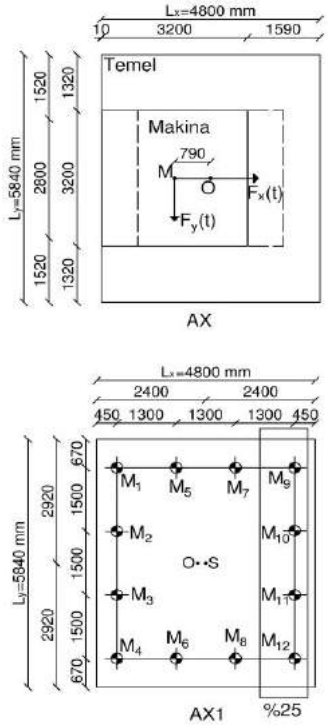
3.1. Yatay Dinamik Yük Oluşturan Sistemi

Şekil 7'de verilen yatay doğrultuda dinamik yük oluşturan bir cevher kırıcı için simetriden sapmanın titreşimlere etkisi incelenecektir. Makina ve temel ağırlıkları sırasıyla 500 kN ve 2778,144 kN olarak bulunmuştur. Yatay dinamik yük genlikleri P_x ve P_y 36 kN, makinanın çalışma frekansı 20,96 s^{-1}'dir. Müsaade edilen temel üstü titreşim genliği 0,6 mm olarak verilmiştir. Temel rijit yaylar üzerine oturduğundan zemin etkisi ihmal edilecektir. Temel 12 noktadan desteklenmekte olup; bu yayların x, y, z eksenlerindeki toplam rijitlik değerleri sırasıyla K_x=60000 kN/m, K_y=60000 kN/m, K_z=516000 kN/m'dir. Bu eksenler etrafındaki dönme rijitlikleri ihmal edilecektir.

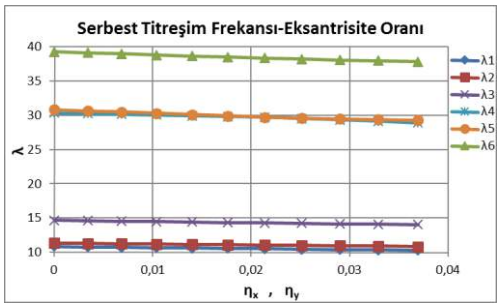


Şekil 7. Yatay doğrultuda dinamik yük oluşturan sistem.

Şekil 8'de verilen AX durumunda makina simetri konumuna göre 79 cm ötelenmiştir. AX1 durumunda ise seçili M_9, M_{10}, M_{11} ve M_{12} mesnet elemanlarında %25 rijitlik kaybı oluşmuştur.



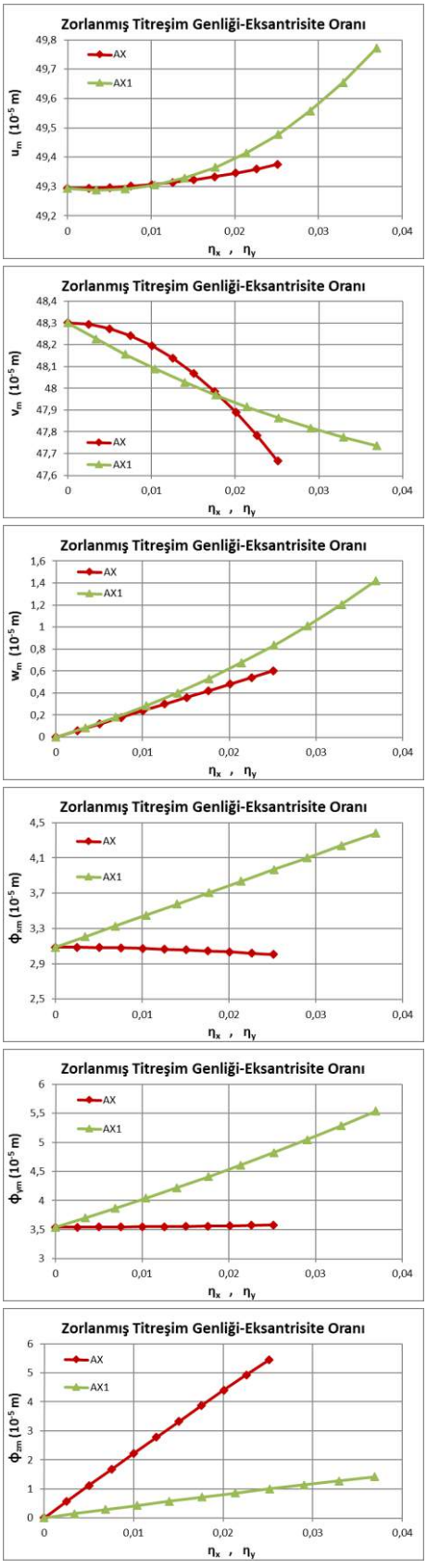
Şekil 8. Yatay dinamik yük oluşturan sistemde simetriden sapma durumları.



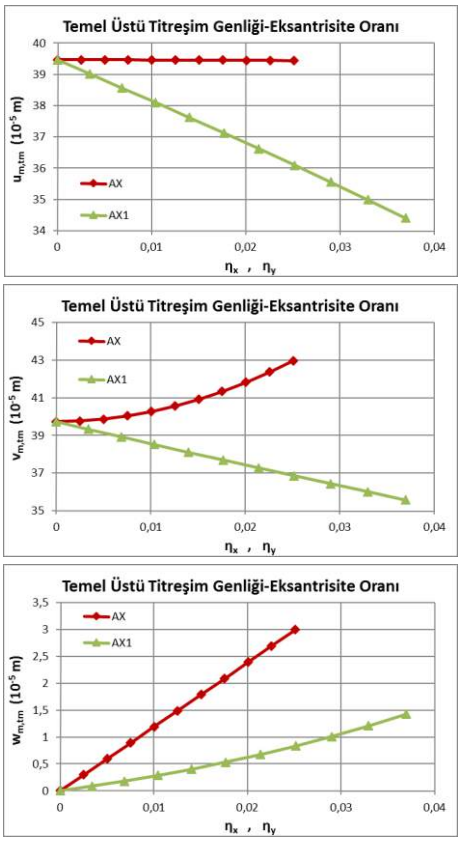
Şekil 9. Yatay dinamik yüklü sistemin AX1 durumundaki serbest titreşim frekansı değişimleri.

AX durumunda oluşan eksantrisite oranı değişimi çok küçüktür ve serbest titreşim frekansı değişimi de ihmal edilebilecek bir seviyededir. AX1 durumunda ise, yüksek eksantrisite oranı ve serbest titreşim frekansı değişimi oluşmuştur. Bu yüzden Şekil 9'da sadece AX1 durumunda oluşan titreşim frekansı değişimleri verilmiştir. AX1 durumunda eksantrisite oranının artmasıyla beraber tüm titreşim frekansı değerleri azalmıştır.

Şekil 10'da her iki simetriden sapma durumu için sistem ağırlık merkezinde oluşan titreşim genlikleri verilmiştir. En büyük titreşim genliği değişimleri genelde AX1 durumunda gözlemlenmiştir. Bununla birlikte yatay eksendeki titreşim genliklerinin değişimleri çok düşüktür. Φ_{zm} genliğindeki en büyük değişim, makinanın konumuyla birlikte kuvvetlerin etki noktası da değiştiğinden sisteme gelen ekstra moment değerleri sebebiyle AX durumunda oluşmuştur. w_m genliğindeki en büyük değişim ise AX1 durumunda oluşmuştur.



Şekil 10. Yatay dinamik yük oluşturan sistemin AX ve AX1 durumlarındaki zorlanmış titreşim genliği değişimleri.



Şekil 11. Yatay dinamik yük oluşturan sistemin AX ve AX1 durumlarındaki temel üstü titreşim genliği değişimleri.

Şekil 11'de temel üstü titreşim genlikleri verilmiştir. Her üç genlik de makina üreticisi tarafından verilen sınır değerden küçüktür. Bununla birlikte AX1 durumunda $u_{m,tm}$ ve $v_{m,tm}$ genlikleri eksantrisite oranının artmasıyla azalmıştır. $w_{m,tm}$ genliği ise her iki simetriden sapma durumunda artmış ama yükün etki noktasının değişimi sebebiyle en büyük değişim AX durumunda gözlemlenmiştir.

4. Sonuçlar

Dinamik yük oluşturan temellerde simetriden sapmanın titreşimlere etkisinin araştırıldığı bu çalışmada, aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

- İhtimal dışı büyük ötelenme durumları seçilmesine rağmen makinanın yerleşiminden kaynaklanan eksantrisite oranı değişimi çok küçüktür ve serbest titreşim frekansı değişimi ihmal edilebilecek bir seviyedir.

- Mesnet elemanlarında rijitlik değişiminden kaynaklanan eksantrisite oranı ve serbest titreşim frekansı değişimi diğer simetriden sapma durumuna göre daha yüksektir.

- Düşey yük oluşturan sistemde makinanın konumuyla birlikte kuvvet etki noktası da değiştiğinden makinanın yerleşimi kaynaklı, yatay yük oluşturan sistemde de mesnet elemanlarında rijitlik değişimi kaynaklı simetriden sapma titreşim genliği değerlerinde daha büyük bir değişime sebep olmuştur.

- Bazı durumlarda, simetriden sapma sebebiyle titreşim genliklerinde azalma gözlemlenmiştir.

Kaynaklar

[1] Barkan, D. D. (1962) Dynamics of Bases and Foundations, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.
[2] Celep, Z. ve Kumbasar, N. (2001) Yapı Dinamiği. Beta Dağıtım, İstanbul, Türkiye.
[3] Demir, H. ve Öztürk, T. (1992) Makina Temellerin Tasarımı ve Hesabı. İTÜ İnşaat Fakültesi Matbaası, İstanbul, Türkiye.
[4] Öztürk, T. (1990) Simetriden Sapmaların ve İlave Elastik Yayların Makina Temellerinin davranışına Etkisi, (doktora tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye.
[5] Öztürk, T. (1996) Vibrations of non-symmetric machine foundations. Bulletin of the Technical University of Istanbul. Vol. 49, No 3-4, pp. 687-706.
[6] Mehta, P. (2013). Analysis and Design of Machine Foundation. Paripex Indian Journal Of Research, Vol. 3, Issue 5, June 2013.
[7] Krantsfel'd, Ya. L. (2010). Criteria Of The Dynamic State Of Frame Machine Foundations. Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 47, No. 1, pp. 8-11, 2010. Springer Science+Business Media, Inc.
[8] Bhandari, P. K. ve Sengupta, A. (2014). Dynamic Analysis Of Machine Foundation. International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, (IJIRSET). Volume 3, Special Issue 4, pp. 169-176.
[9] Prakash, S. ve Puri, V. K. (2006). Foundations For Vibrating Machines. Special Issue, of the Journal of Structural Engineering, SERC, Mandras, India, April-May 2006.
[10] Leopa, A. (2010). The Influence Of Nonlinear The Elastic Character Of Viscoelastic Systems On The Dynamic Response Of Mechanical Systems. Annals of the University Dunarea de Jos of Galati: Fascicle XIV, 2010. Vol. 14, pp. 67-70.
[11] Kholmyanskii, M. L. (2012). Application Of Matrices And Coordinate Transformations To Analysis Of Vibrations Of Block And Wall Machine Foundations Of Asymmetric Form. Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 49, No. 3, pp. 87-92, July, 2012. Springer Science+Business Media, Inc.
[12] Genqing, D. (2012). Design of a Foundation Block for a Centrifugal Machine. ISDEA '12 Proceedings of the 2012 Second International Conference on Intelligent System Design and Engineering Application. pp. 228-231.
[13] Baidya, D. K. ve Mandal, A. (2006). Dynamic Response of Footing Resting on a Layered Soil System. West Indian Journal of Engineering Vol. 28, No. 2, pp. 65-79. Technical Paper.
[14] Öztürk, T. ve Öztürk, Z. (2008). Vibration Absorption And Isolation In Dynamically Loaded Foundations. The 14th World Conference on Earthquake Engineering October 12-17, 2008, Beijing, China.

DÜŞEYDE DÜZENSİZ ÇELİK ÇAPRAZLI YAPILARIN SİSMİK PERFORMANSLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

ASSESMENT OF SEISMIC PERFORMANCE OF STEEL BRACED STRUCTURES WITH VERTICAL STRUCTURAL IRREGULARITIES

Gökhan DOK[a] ve Muharrem AKTAŞ[b]
[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: gdok@sakarya.edu.tr
[b]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: muharrema@sakarya.edu.tr

Özet

Yapıların deprem etkisi altındaki davranışlarının ve deprem performanslarının tespit edilmesi amacıyla birçok hesap yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden en yaygını ve en çok tercih edilen artımsal tek modlu statik itme analizi, SAP2000 sonlu eleman programı çalışmaya konu olan yapıların analizinde kullanılmıştır. Bu çalışmada, düşeyde düzensiz ve taşıyıcı sistemleri birbirinden farklı çelik çerçeveler için Türk Deprem Yönetmeliği 2007'de tanımlanan merkezi çelik çaprazların yapısal performansa etkisinin araştırılması ve en uygun olan kesit türünün belirlenmesidir. Bu çalışmada kullanılan merkezi çelik çaprazlı perde türü diyagonal çapraz olarak seçilmiştir. Bu perde türlerinde kullanılan kesit geometrileri; daire, kare, I, dikdörtgen ve T kesit olarak belirlenmiştir. Yapı metrajlarının ve yapı ağırlıklarının aynı olmasını sağlamak adına, kesit alanları ve eleman boyları eşit alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda yapı performansının en üst limit değerini veren en ekonomik kesit geometrisi tespiti yapılmıştır. Sonlu eleman analiz sonuçlarında taban kesme kuvveti, çatı deplasmanı, rijitlik, yapı davranış katsayısı, süneklik ve tokluk değerleri kullanılarak karşılaştırma yapılmıştır. Tüm bu değerlere bakıldığında T kesitin düzenli ve düzensiz yapılarda en iyi performans değerlerine ulaştığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Performansa Göre Tasarım, Güçlendirme, Statik İtme Analizi, Merkezi Çelik Çapraz

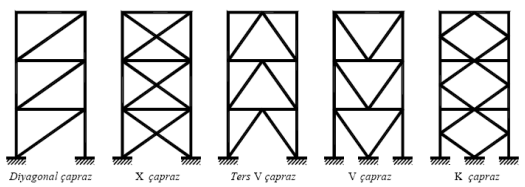
Abstract

The behavior and performance of structures under seismic loads are determined by using different analysis methods. One of the most common and the most preferred method is the nonlinear incremental static single-mode pushover analysis. In this research, two-dimensional pushover analysis is carried out with finite element software package, SAP2000, to discuss the effect of braced system on the performance level of steel structures with vertical structural irregularities. Regular and irregular three-bay and five-story frame systems are used to evaluate effect of braced systems on structural performance. The diagonal braced system which is defined in Turkish Earthquake Code 2007 is chosen with different cross sections; circular, square, rectangular, I, and T cross section. Their cross sectional areas are kept constant to determine the most economical and efficient cross section by comparing their structural performance. According to analysis results, shear force, roof displacement, rigidity, over design factor, ductility and toughness are selected as the comparison criteria. When all these criteria are evaluated T section is found to be the best diagonal choice with its performance.

Keywords: Performance Based Design, Strengthening, Pushover Analysis, Braced System

1. Giriş

Çelik yapılar, deprem etkileri altında süneklik kapasitesi yüksek dolayısıyla deprem enerjisini yüksek oranda sönümleyebilen yapı türleridir. Çelik yapıların deprem yükleri altında iyi performans göstermesini sağlayan çeşitli çerçeve türleri bulunmaktadır. Bu uygulamaların başında çelik ve betonarme perde sistemleri gelmektedir [1]. Çelik perde sistemlerine en güzel örnek ise merkezi çelik çaprazlı sistemlerdir [2]. Merkezi çelik çaprazların etkinliği birçok deneysel çalışma ile ispat edilmiştir [3]. Merkezi çelik çaprazlar, deprem yüklerinden dolayı oluşabilecek kuvvetlere karşı dayanım, rijitlik ve sünekliği arttırmak için tasarlanır [4]. Merkezi çelik çaprazlarla yapının rijitlik değerlerinde artışlar sağlanmıştır [5,6]. Ancak merkezi çapraz uygulamasında kolon, kiriş ve çapraz elemanların eksenlerinde hiçbir şekilde eksantirisite oluşturmayacak birleşim detayları ile imalat gerçekleştirilmesi gerekmektedir [7]. Merkezi çaprazlı çerçeveler, yatay yüklere karşı moment aktaran çaprazsız çerçevelerden daha büyük rijitlik ve dayanım sağlamaktadır [8]. Merkezi çaprazlı çerçeve sistemlerinde çapraz elemanların, tersinir yükler altında hem basınca hem de çekmeye çalışabildikleri için önemli bir avantaja sahip olduğu da unutulmamalıdır [9]. Tüm bu avantajların gerçekleşebilmesi için deprem kuvvetleri etkisinde, birleşim noktaları söz konusu kuvvetleri karşılayarak taşıyıcı sistemin zarar görmesini mümkün mertebe engelleyecek şekilde tasarlanmalıdır [10]. Şekil.1'de Türkiye Deprem Yönetmeliği 2007'de tanımlanan merkezi çelik çapraz tipleri görülmektedir [11].



Şekil 1. Merkezi çelik çapraz tipleri [TDY 2007]

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*

Artımsal tek modlu statik itme analizi yapıların doğrusal olmayan deprem performans değerlendirilmesinde kullanılan en yaygın yöntemlerden biridir [12]. Bu analiz yöntemi, taşıyıcı sistemdeki doğrusal olmayan davranış göz önüne alınarak yapının hakim modu ile uyumlu olacak şekilde, yapıyı yatay yönde iterek kapasiteye ulaştırarak oluşan deplasman istemini belirlemek amacıyla uygulanır. Hakim modun modal katılım yüzdesi %70 ve üzerinde olmalıdır [13]. Son yıllarda yapılan çalışmalarla statik itme analizine ait bazı dönme sınırları bulunmuş ve bu limit değerlere göre yapısal performans değerlendirilmesi yapılarak yapıların deprem davranışı tespit [14].

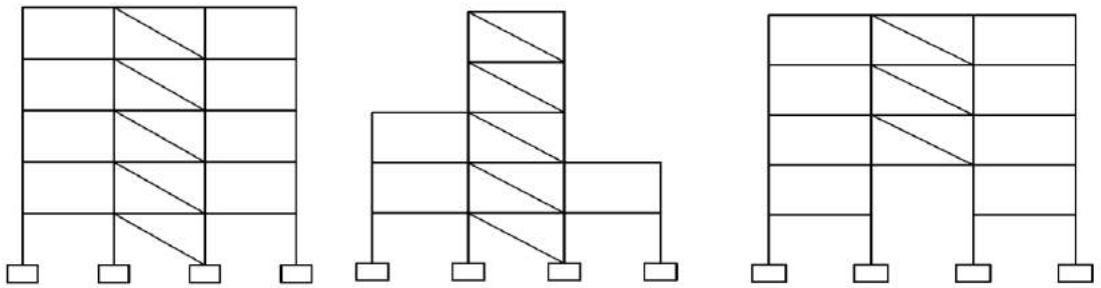
Merkezi çaprazların literatürde bahsedilen bütün olumlu etkilerinden optimum düzeyde faydalanmak adına kullanılacak çapraz elemanın kesit şeklinin önemli olup olmadığı araştırılmalıdır. Bu çalışmada aynı kesit alanına dolayısıyla aynı ağırlığa sahip daire, kare, I, dikdörtgen ve T kesit şekillerine sahip 5 farklı çapraz kesitin performans üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu kesitlerle modellenen merkezi diyagonal çelik çaprazlar farklı taşıyıcı sistemlere sahip 3 açıklıklı ve 5 katlı düşeyde düzensiz yapılarda kullanılarak, artımsal tek modlu statik itme analiziyle performans değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. Yapı türleri

Düşeyde taşıyıcı sistemi farklı, diyagonal merkezi çelik çaprazlı çelik yapıların performans değerlendirilmesi için 3 açıklıklı 5 katlı 3 farklı çerçeve için artımsal tek modlu statik itme analizi yapılmıştır. Açıklık mesafeleri x yönünde 6 metre, z yönünde 3 metredir. Kirişlerin üzerineçizgisel olarak 10 kN/m'lik düşey yük tanımlanmıştır. Çelik malzeme akma dayanımı 240 N/mm^{2}' dir. Taşıyıcı sistemi oluşturan kolonlar IPE 300, kirişler ise IPE 240 olarak seçilmiştir. Çizelge 1'de kolon ve kirişlere ait kesit özellikleri verilmiştir. Çalışmalarda kullanılacak çerçeveler ise Şekil 2' de gösterilmiştir.

Çizelge 1. Kolon ve kiriş kesit özellikleri

Yapı Elemanı / Profil	Atalet Momenti (mm^4)	Kesit Alanı (mm^2)
Kolon / IPE300	8.356x10^7	5380
Kiriş / IPE240	3.892 x10^7	3910



Çerçeve 1 Düzenli yapı Çerçeve 2 Düşeyde düzensiz yapı Çerçeve 3 Düşeyde düzensiz yapı

Şekil 2. Yapısal modeller



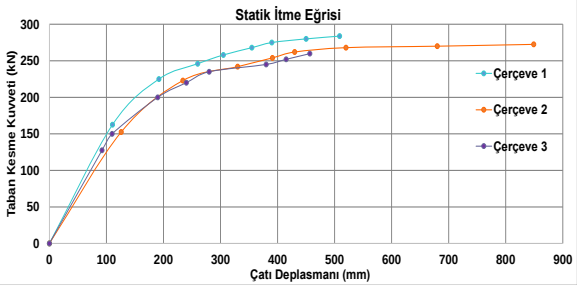
Şekil 3. Çapraz kesitleri ve geometrik özellikleri

Analizlerde, hem malzeme bakımından, hem de geometri değişimi bakımından doğrusal olmayan davranış göz önünden bulundurulmuştur. Yapısal modelde geometri değişimi bakımında doğrusal olmama durumu P-Δ etkisiyle tanımlanırken, malzeme bakımından doğrusal olmayan davranış ise Federal Acil Durum Yönetim Kurumu (FEMA) 356'da tanımlanmış ve yığılı plastisite teorisine göre uygulanan plastik mafsal hipoteziyle sağlanmıştır. Bu anlamda kirişlere FEMA 356'da adı geçen M3 mafsalı, kolonlara ise P-M2-M3 mafsalı tanımlanarak doğrusal olmayan malzeme davranışı modellenmiştir. Yapısal performans açısından en uygun ve maliyet açısından en ekonomik kesit araştırmasını gerçekleştirmek adına Şekil 3'de verilen 5 farklı çelik çapraz kesiti kullanılmıştır.

Analizler merkezi diyagonal çelik çaprazsız ve çaprazlı olacak şekilde her üç yapı modeli için toplamda 18 kere tekrarlanmıştır. Analizlerde taban kesme kuvveti, çatı deplasmanı, yapı davranış katsayısı, deplasman sünekliği ve tokluk (itme eğrilerinin altında kalan alan) değerleri hesaplanmıştır. Diyagonallerin performansları bu değerler karşılaştırılarak belirlenmiştir.

3. Performans Sonuçları

Yapısal modeller öncelikli olarak çaprazsız olarak artımsal tek modlu statik itme yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen itme eğrileri ve süneklik değerleri diyagonal çapraz kullanılarak 5 farklı kesit analiz edilerek sonuçlar karşılaştırılmıştır. Çaprazsız yapı modellerine ait analiz sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında yapısal modellerde oluşan tokluk, süneklik, başlıngıçtaki rijitlik ile taban kesme kuvveti-deplasman ilişkileri elde edilmiştir. Çaprazsız modellere ait analiz sonuçları ayrıntılı olarak Çizelge 2'de açıklanmıştır. İkinci aşamada, analizler her bir farklı kesitli merkezi çelik çaprazlarla Şekil 2 'de verilen çerçeve türleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. Çerçeve 1' de ait sonuçlar Şekil 5 ve Çizelge 3'de, Çerçeve 2'de ait sonuçlar Şekil 6 ve Çizelge 4'de, Çerçeve 3' e ait sonuçlar ise Şekil 7 ve Çizelge 5'de verilmiştir.

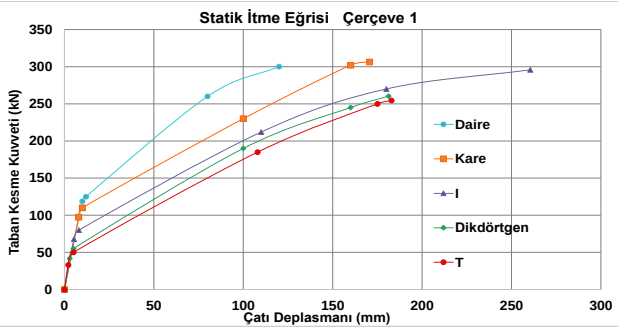


Şekil 4. Çaprazsız yapı modellerine ait statik itme eğrileri

Çizelge 2. Çaprazsız modellere ait analiz sonuçları

Çaprazsız		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Çatı Depl. (mm)	R	μΔ	Rijitlik (kN/m)	Tokluk (kNm)
Ç 1	Elastik	162.5	110.6	1.75	4.60	146.9	978.5
	Plastik	283.8	508.8				
Ç 2	Elastik	152.5	125.9	1.79	6.74	121.1	1632.8
	Plastik	272.5	849.1				
Ç 3	Elastik	127.5	92.2	2.04	4.95	138.3	764.4
	Plastik	259.8	456.6				

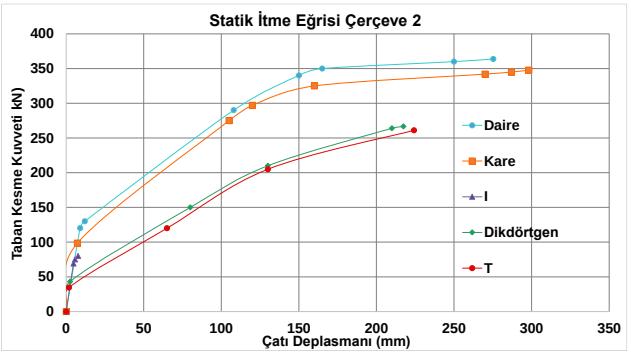
Çaprazsız yapıların çalışma mekanizması yatay hareketi önlenmiş çaprazlı yapıların mekanizmalarına göre oldukça farklı olduğu bilinmektedir. Bu çalışmada çaprazsız yapı modelleri sadece kıyaslama amacıyla kullanılacaktır.



Şekil 5. Çaprazlı çerçeve 1'e ait statik itme eğrileri

Çizelge 3. Çaprazlı çerçeve 1'e ait analiz sonuçları

Çerçeve 1		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Çatı Depl. (mm)	R	μΔ	Rijitlik (kN/m)	Tokluk (kNm)
Daire	Elastik	118.6	9.9	2.53	12.12	1197.98	236.3
	Plastik	300	120				
Kare	Elastik	97.3	7.9	3.15	21.56	1231.65	331.7
	Plastik	306.4	170.3				
I	Elastik	68	5.3	4.35	49.15	1283.02	465.8
	Plastik	295.6	260.5				
Dik.	Elastik	42	2.8	6.20	64.68	1500.00	270.2
	Plastik	260.4	181.1				
T	Elastik	33	2.1	7.71	87.10	1571.43	260.3
	Plastik	254.5	182.9				



Şekil 6. Çaprazlı çerçeve 2'e ait statik itme eğrileri

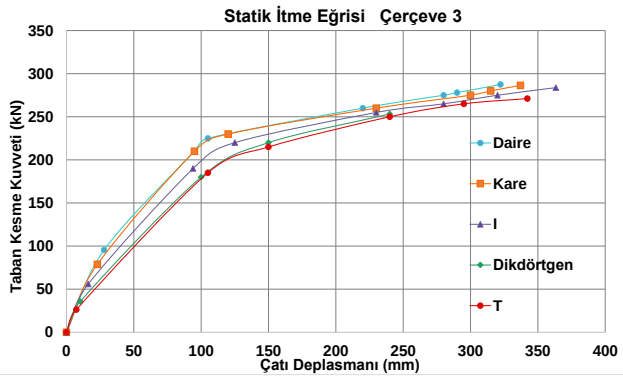
Çizelge 4. Çaprazlı çerçeve 2'e ait analiz sonuçları

Çerçeve 1		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Çatı Depl. (mm)	R	μΔ	Rijitlik (kN/m)	Tokluk (kNm)
Daire	Elastik	120.2	9	3.03	30.59	1335.56	649.9
	Plastik	363.9	275.3				
Kare	Elastik	98.7	7.2	3.53	40.58	1370.83	640.7
	Plastik	348.4	292.2				
I	Elastik	69.1	4.7	1.18	1.55	1470.21	3.58
	Plastik	81.2	7.3				
Dik.	Elastik	43.1	2.5	6.19	86.96	1724.00	333.4
	Plastik	266.7	217.4				
T	Elastik	34.6	1.8	7.55	124.6	1922.22	329.3
	Plastik	261.1	224.3				

4. Değerlendirme ve Tartışma

Elde edilen verilere göre diyagonal merkez çelik çaprazla oluşturulan çerçevelerde rijitlik artışını sağlamıştır. Buna bağlı olarak başlangıçta çaprazsız çerçevelerde birinci serbest titreşim periyodu sırasıyla 0.285 s, 0.224 s ve 0.

295 s iken çaprazlı çerçevelerde bu değerler sırasıyla 0.113 s, 0.097 s, ve 0.226 s olmuştur.



Şekil 7. Çaprazlı çerçeve 3'e ait statik itme eğrileri

Çizelge 5. Çaprazlı çerçeve 3'e ait analiz sonuçları

Çerçeve 1		Taban Kesme Kuvveti (kN)	Çatı Depl. (mm)	R	μΔ	Rijitlik (kN/m)	Tokluk (kNm)
Daire	Elastik	95.4	27.9	3.01	11.55	341.94	576.9
	Plastik	287.5	322.3				
Kare	Elastik	78.7	22.9	3.64	14.72	343.67	582.7
	Plastik	286.5	337.1				
I	Elastik	56	16.2	5.07	22.43	345.68	594.3
	Plastik	283.8	363.3				
Dik.	Elastik	35.7	10.2	7.68	37.94	350.00	585.3
	Plastik	274	387				
T	Elastik	26.2	7.3	10.4	53.30	358.90	572.3
	Plastik	273.1	389.1				

Çaprazsız sistemin deplasman süneklikleri dikkate alındığında, çaprazlı sistemlerde sadece çerçeve 2'de kullanılan I-kesitli çaprazlı durumda süneklik artışına sebep olmamıştır. Bunun dışında bütün sistemlerde süneklilik artışı farklı oranlarda da olsa görülmüştür. Ancak bütün çerçevelerde, belirgin düzeyde süneklik artışına sebep olan kesit türünün T kesit olduğu gözlemlenmiştir.

TDY 2007'de geçen taşıyıcı sistem davranış katsayıları da çelik çaprazların kullanılmasıyla beraber artmıştır. Bu anlamda katsayıların artışı en net ve belirgin olarak dikdörtgen ve T kesitler için olmuştur.

Her bir çerçeveye yukarıda açıklanan rijitlik, süneklilik ve taşıyıcı sistem davranış katsayılarındaki artış dikkate alınarak ayrı ayrı incelendiğinde;

- Çerçeve 1 için; R taşıyıcı sistem davranış katsayısı başlangıçta 1.75 iken çaprazların eklenmesiyle 0.44-3.4 kat değişim göstererek 2.53 ile 7.71 arasında değişen sayılara kadar artmıştır. Deplasman sünekliği başlangıçta 4.6 iken 1.63-17.93 kat artarak 12.12-87.10 değerlerine ulaşmıştır. Rijitlik ise çaprazsız durumda 146.9 kN/m iken çaprazlı durumda 7.16-9.7 kat artarak 1198-1571.4 kN/m değerlerine kadar artış göstermiştir. Bu sonuçlara bakıldığında artışın en düşük performanstan en iyi performansa doğru kesit sıralaması daire, kare, I, dikdörtgen ve T şeklindedir.
- Çerçeve 2 için, R taşıyıcı sistem davranış katsayısı başlangıçta 1.79 iken çaprazların eklenmesiyle 0.69-3.22 kat değişim göstererek 3.03 ile 7.55 arasında değişen sayılara kadar artmıştır. Ancak mevcut çaprazların I kesit olması durumunda R katsayısı %34 azalarak 1.18'e düşmüştür ve performans açısından kayıp olarak gözlemlenmiştir. Deplasman sünekliği başlangıçta 6.74 iken 3.54-17.49 kat artarak 30.53-124.6 değerlerine ulaşmıştır. Diğer kesitlerden farklı olarak I kesitin kullanıldığı durumlarda ise süneklik %77 azalarak 1.55 olarak tespit edilmiştir. Rijitlik ise çaprazsız durumda 121.1 kN/m iken çaprazlı durumda 10-14.87 kat artarak 1335.56-1922.2 kN/m değerlerine kadar artış göstermiştir. Diğer parametrelerde olduğu gibi I kesit için herhangi bir rijitlik kaybı söz konusu olmamıştır. Elde edilen bu verilere göre en düşük performanstan en iyi performansa doğru kesit sıralaması daire, I, kare, dikdörtgen ve T şeklindedir.
- Çerçeve 3 için, R taşıyıcı sistem davranış katsayısı başlangıçta 2.04 iken çaprazların eklenmesiyle 0.48-4.1 kat değişim göstererek 3.01 ile 10.4 arasında değişen sayılara kadar artmıştır. Deplasman sünekliği başlangıçta 4.95 iken 1.33-9.77 kat artarak 11.55-53.30 değerlerine ulaşmıştır. Rijitlik ise çaprazsız durumda 138.3 kN/m iken çaprazlı durumda 1.47-1.7 kat artarak 341.9-358.9 kN/m değerlerine kadar artış göstermiştir. Bu sonuçlara bakıldığında artışın en düşük performanstan en iyi performansa doğru kesit sıralaması daire, kare, I, dikdörtgen ve T şeklindedir.

Sonuç olarak diyagonal merkezi çelik çaprazlı çerçeve yapılmak istendiğinde T kesitlerin yapısal performansı rijitlik, süneklik ve dayanım gibi deprem anında yapıdan istenen en önemli üç özellik açısından daha iyi sonuçlar vermiştir. Özellikle düşeyde düzensiz yapılarda ise süneklik açısından meydana gelen artış düzenli yapıya göre daha yüksek olmuştur. Bu sonuçlara dayanarak mevcut durumda herhangi bir mühendislik hizmeti almadan inşa edilmiş, düşeyde düzensiz, şartname bakımından daha zayıf olan yapılarda bu tür elemanların daha iyi performans seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir. Bu anlamda bu tür kesitlerin kullanılması yönetmeliklerde geçen performans düzeylerini sağlamak ve daha ekonomik kesitlerle daha verimli tasarım yapmak adına tercih edilmelidir.

Kaynaklar

[1] Güneyisi, E.M., Altay, G.,Seismic behavior of an R/C frame retrofitted by eccentric steel bracing, Sixth International Congress on Advances in Civil Eng., Bogazici Universitesi, Istanbul, 6-8 October 2004.

[2] Korkmaz, Çelik Çapraz Elemanlarla Güçlendirilen Betonarme Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi. Doğuş Üni.Dergisi, 8 (2), 191-201, 2007.

[3] Kawamata, S. Ohnuma, M., Strengthening effect of eccentric steel braces to existing reinforced concrete frames. Proceeding of 2nd Seminar on Repair and Retrofit of Structures, Ann Arbor, Michigan, National Science Foundation, pp.262-269, 1981.

[4] D. M. Patil and K. K. Sangle, Seismic Behaviour of Different Bracing Systems in High Rise 2-D Steel Buildings, Structures, vol.3, pp. 282-305, 2015.
[5] Abou-Elfath, H., Ghoborah, A. Behaviour of reinforced concrete frames rehabilitated with concentric steel bracing. Canadian Journal of Civil Engineering. Vol. 27, pp.433-444, 2000.
[6] Abou-Elfath, H., Ghobarah, A. Rehabilitation of a reinforced concrete frame using eccentric steel bracing, Engineering Struc.,vol. 23, pp.745-755, 2001.
[7] Nouri GR, Kalesar HI, Ameli Z., The applicability of the zipper strut to seismic rehabilitation of steel structures. World Acad Sci Eng Technol; 58:402–5, 2009.
[8] D'Aniello M, GLM A, Portioli F, Landolfo R. Modelling aspects of the seismic response of steel concentric braced frames. Steel Compos Structural International Jorunal;15(5): 539–66, 2013.
[9] Çileli, Çok Katlı Çelik Yapılarda Çaprazlı Çerçeve Sistemlerin DBYBHY 2007'ye göre Tasarımı ve süneklik düzeylerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya üniversitesi, 2008.
[10] Akbaş, Endüstriyel Çelik Yapıların Sismik Detaylandırılması. 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, ODTÜ, Ankara, Ekim 2011.
[11] TDY 2007. Ankara: Bayındırlık ve İskan Bakan., 2007.
[12] Aydınoglu N., A response-spectrum based nonlinear assessment tool for practice: Incremental response spectrum analysis (IRSA), ISET Journal of Earthquake Technology, 481(44): 169–192, 2007.
[13] Chopra A.K., Goel R.K., Modal Pushover Analysis of Sac Buildings, California, (2001)
[14] H. Krawinkler ve G. Seneviratna, Pros and cons of a pushover analysis of seismic performance evaluation, Engineering Structures, pp. 452-464, 1998.

ASSESSMENT OF LANDSLIDE AND FLOOD HAZARD POTENTIAL OF YENİCE DISTRICT (KARABUK, TURKEY)

Murat ERCANOĞLU[a], İbrahim UÇAR[b], Harun SÖNMEZ[a], N. Nur ÖZYURT[a], Gülseren DAĞDELENLER[a], Erman ÖZSAYIN [a], Burcu KAHRAMAN [a], Sinem ÇETİNKAYA[a] Tolga ALKEVLİ[a]

[a] Hacettepe University Geological Engineering Department 06800 Beytepe/Ankara, Turkey, E-mail: murate@hacettepe.edu.tr

[b] Gazi University Civil Engineering Department 06500 Teknikokullar/Ankara, E-mail: iucar@gazi.edu.tr

Abstract

In this study, it was aimed to investigate the landslide and flood hazard potential of the Yenice district, located in the Western part of Karabük city, one the main settlement areas of the Western Black Sea Region of Turkey. This region has been suffering from many landslides and flood events and their consequences for many years. Therefore, there is an urgent need for assessing the natural disaster potential of this region, particularly for landslide and flood hazard, frequently occurred in the region and caused many damages and loss of lives. In order to achieve our goals, firstly, an extensive archive and field surveys were conducted to find out the characteristics and the dates of the disaster events in the region. The next stage was to construct the landslide and flood database in order to build the connection between the disaster events and the date of the occurrences. For the last stage, modelling approaches were performed to evaluate the hazard potential for different scenarios for each disaster type to evaluate the hazard potentials. It was evaluated that the more than half of the region had high potential of landslide and flood hazard. The decision-makers and the governmental agencies should be aware of this issue and for the future plans, and those sort of maps should be taken into consideration in the region immediately.

Keywords: Flood, Hazard, Landslide, Mapping, Yenice.

1. Introduction

In Turkey, natural disasters such as earthquakes, landslides, floods have caused many damages to properties, infrastructures, inhabitants and so on. Of these, landslides and floods together constitute an important amount of all disaster related losses (approximately 30 % of the overall loss, [1]). The area in concern of this study is known as one of the most landslide prone areas of the Western Black Sea region of Turkey. In addition, based on the database provided by AFAD (Prime Ministry Disaster and Emergency Management Authority), the region and its close vicinity was exposed flood disasters many times (such as in 1964, 1998, 2000, 2005, 2012). Therefore, this area needs to be modelled and assessed with respect to its disaster profile. This should be the case for this area and its counterparts since the sustainable development and regional plans for the future implemented works, considering disaster related issues.

In the region, there have been many landslide susceptibility studies performed (e.g. [2, 3, 4, 5]. However, there was no published hazard study either for landslides or for flood assessments. Thus, in this study, it was aimed at evaluating landslide and hazard potential of the Western part of Karabük city, taking into consideration to Yenice district approximately as the center (Fig. 1). For this purpose, databases were constructed to define landslide susceptibility, and then, rainfall data were combined with landslide events. Finally, landslide hazard map was produced for different time periods.

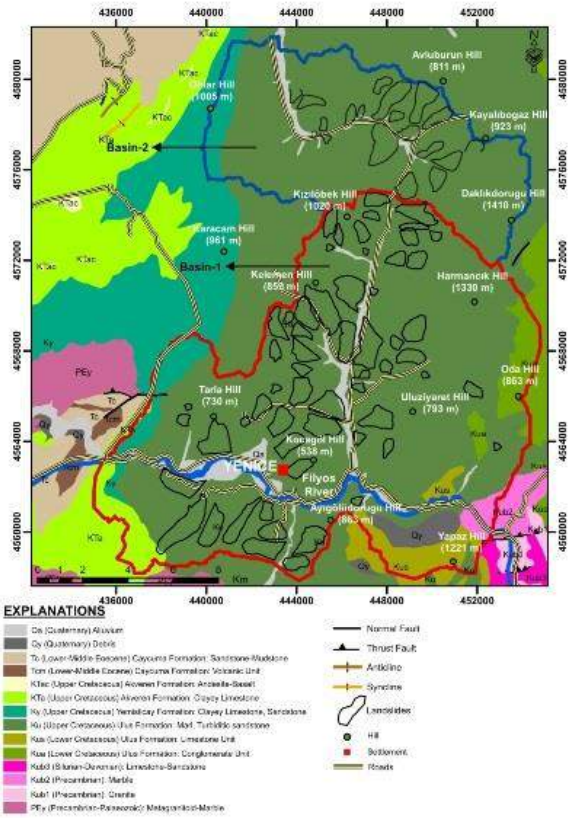


Figure 1. Location and regional geological map of the study area.

For the flood hazard assessment, modelling procedures were mainly performed by using the Stream Gauging Station (SGS) data of Yenice, containing 1979-2000 period. To obtain more representative and recent data, the stations located in the close vicinity of Yenice were also considered and combined together with the Yenice station data. Thus, the annual maximum stream data were

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

enlarged to 1979-2010 period, and was tabulated in Table 1. Finally, after digitizing all related data, they were compiled and analyzed to produce flood hazard maps for different recurrence intervals.

Table 1 Annual maximum stream flow data for the study area.

Year	Qp (m^3/s)	Year	Qp (m^3/s)	Year	Qp (m^3/s)	Year	Qp (m^3/s)	Year	Qp (m^3/s)
1979	424	1986	348	1993	439	2000	855	2007	247
1980	876	1987	566	1994	180	2001	-	2008	400
1981	900	1988	325	1995	396	2002	1124	2009	400
1982	586	1989	717	1996	242	2003	-	2010	628
1983	345	1990	350	1997	679	2004	565	-	-
1984	824	1991	1523	1998	1528	2005	560	-	-
1985	378	1992	688	1999	180	2006	299	-	-

2. Methodology

The term hazard means the probability of occurrence within a specified period of time and within a given area of a potentially damaging phenomenon [6]. In other words, there should be a repeatitive natural event triggered by different factors such as rainfall or earthquake, and the consequences of these events should have a damaging potential. In many cases, actually, it is not easy to produce hazard maps since data availability is usually lacking around the world [7]. For this reason, many researchers choose to produce landslide susceptibility maps. In Turkey, contrary, stream flow gauging networks are widespread and supported by different governmental agencies. When compared with landslide and flood hazard, it is very clear that the number of the landslide hazard related studies is much less than that of the flood hazard studies. In addition to the data availabity of landslide phenomena, for landslide hazard, the triggering factor analysis is indispensible. In other words, the landslide event should be combined with any triggering factor such as heavy precipitation or earthquake. Nonetheless, there should be a closely located station correctly measuring the intensity or amount of these events. It could be concluded that it was the main reason behind this situation, similar to the Yenice station, related to rainfall triggered landslides, which are very common in the region. This station has very poor data containing discrete intervals or no continuous information related to the rainfall.

2.1. Landslide Hazard Mapping

In order to produce the landslide hazard map in any region, there are many different procedures. In Fig. 2, an idealized schematical representation of a typical landslide hazard mapping procedures was given.

Based on the procedure given in Fig. 2, firstly, landslide inventory and database is needed. This stage was accomplished by an extensive field survey, archive-report studies and orthophoto-air photo interpretations. All landslide locations (see Fig. 1) were mapped and checked in the field. The next stage was the preparation of landslide susceptibility map of the area of concern. For this stage, the causative geological, topographical and environmental factors were necessary to combine them with the landslide inventory map and to extract the landslide characteristics. As can be seen from Fig. 1, all landslide locations were in the Upper Cretaceous Ulus formation. Thus, lithology was not considered in the analyses. A total of 75 rotational earth slides were mapped (see Fig. 1) during the study. Topographical elevation, slope, aspect, plan curvature, profile curvature, distance to drainage, stream power index, topographic wetness index and NDVI parameters (Fig. 3) were used to produce landslide susceptibility map.

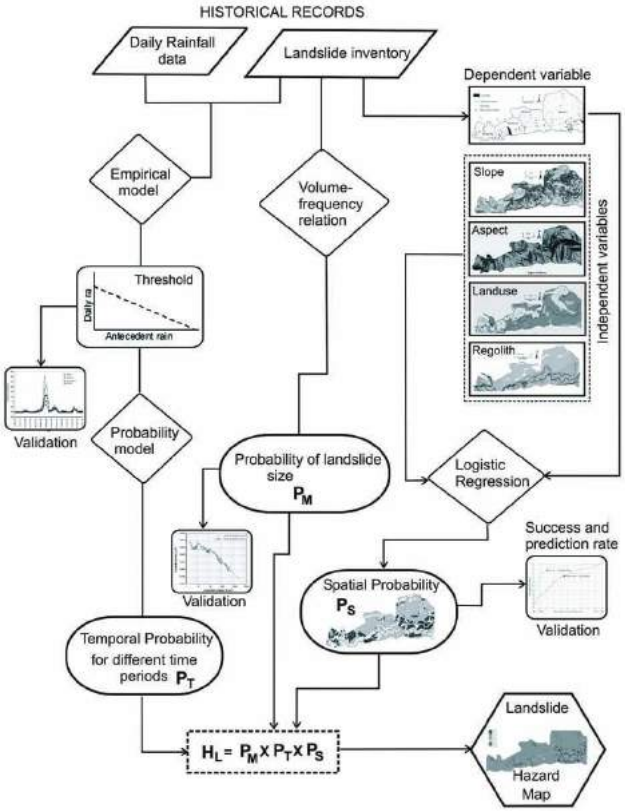


Figure 2. Landslide hazard mapping procedures [8].

For the landslide susceptibility analyses, Artificial Neural Network (ANN) model was selected. The study area was divided into two basins as training and test sites (see Fig. 1), and the ANN assessments and the performance evaluations were performed in both training and test sites. The Area Under Curve (AUC) approach was used to measure the performance of the so-produced landslide susceptibility map (Fig. 4). The AUC value was calculated 0.873 and was considered as satisfactory to go through the landslide hazard stage.

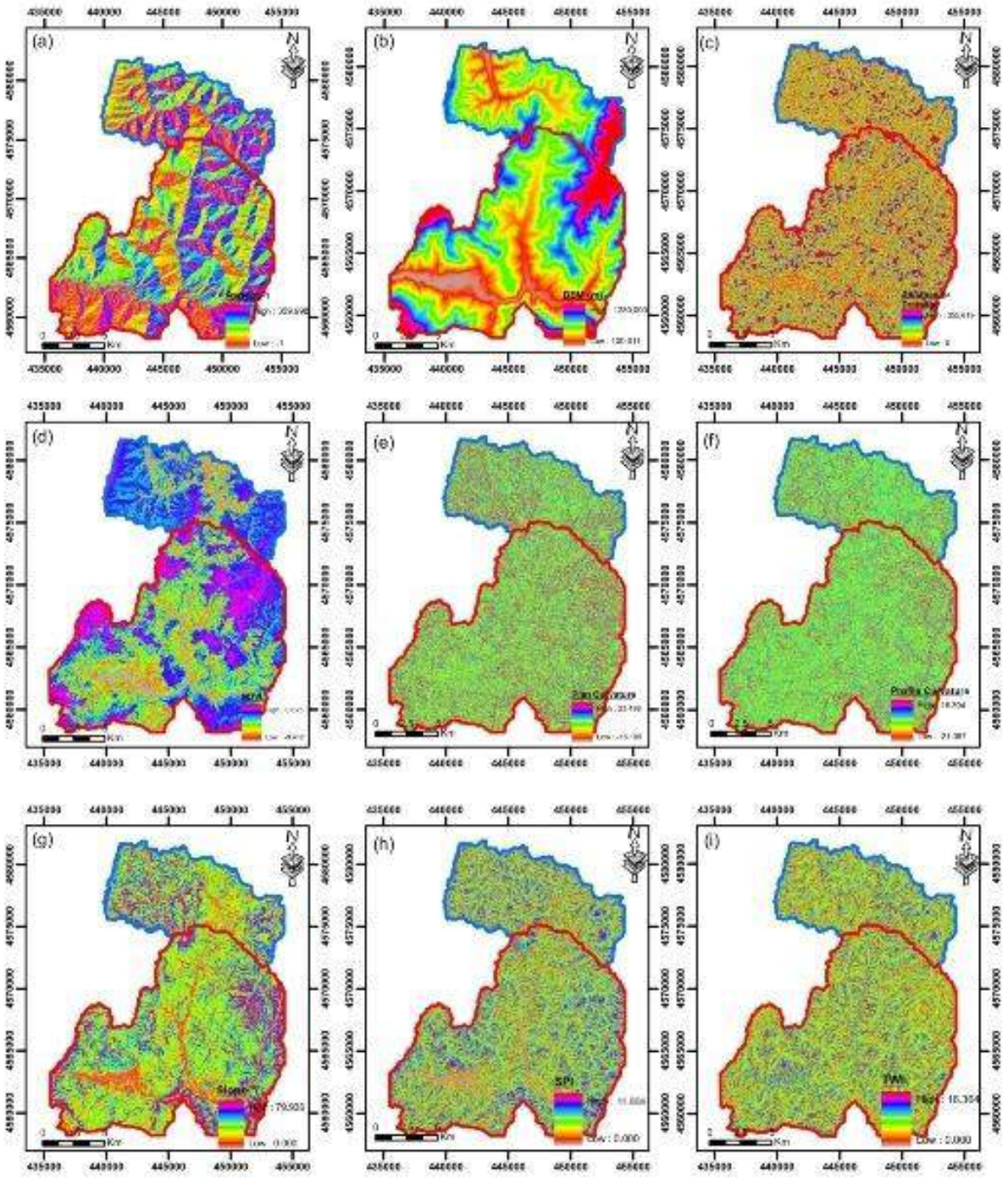


Figure 3. Parameter maps used in the lanslide susceptibility analyses: (a) aspect; (b) topographical elevation; (c) distance to drainage; (d) NDVI; (e) planar curvature; (f) profile curvature; (g) slope; (h) stream power index and (i) topographical wetness index.

(a)

(b)

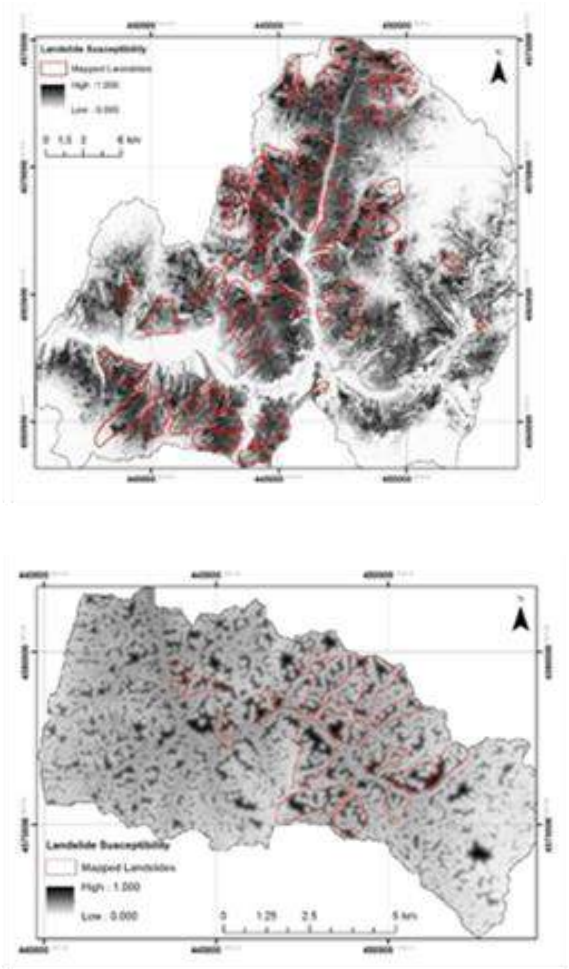


Figure 4. Landslide susceptibility maps for: (a) training site and (b) testing site

The next stage was to produce the landslide hazard map of the study area. For this stage, the main data requirements were the certain landslide dates and the rainfall data since it was well known that the landslides in the study area were triggered by rainfall, based on the archive data and personal communication with local people. Due to the discrete data of Yenice meteorological station data, the closest station data of Karabuk and Safranbolu stations were compiled together, and the rainfall data of the years between 1970 and 2013 were gathered to fulfill the lacking parts. Considering the annual maximum rainfall data of the meteorological stations, different statistical distributions were fed into the statistical packages, and the best suitable statistical distribution was found as the Gumbel distribution for the rainfall data (Fig. 5).

Since the best performance was gathered from the Gumbel distribution, all landslide hazard mapping analyses were based on this distribution. For the cumulative accumulated rainfall data considering different periods such as 5, 10, 15, 20, 25, 28 and 30 days, again, the best performance was gathered from the 25 days data (r=0.98). Finally, based on the results of these analyses, landslide hazard potential of the region was calculated for 5, 10, 25, 50 and 100 years's periods (Fig. 6).

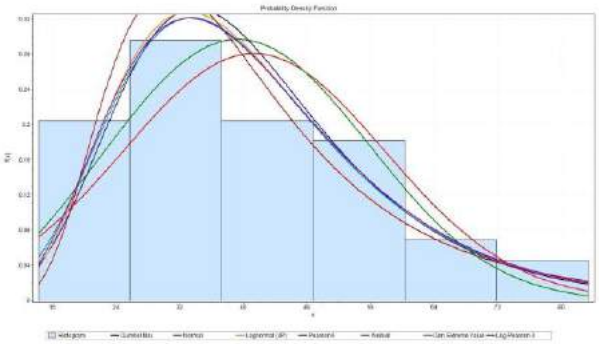


Figure 5. Statistical distributions for different types of rainfall data.

2.2. Flood Hazard Mapping

As for the flood hazard assessments, based on the coomprehensive statistical analyses, Log-Pearson III type statistical distribution was the best distribution to obtain statistically meaningful results. Combining all data sets of Yenice and close SGSs, one dimensional flood hazard analyses were performed using the free code HEC-RAS and GIS platform. All topographical, hydraulic, settlement etc. data were fed into the computer code using the cross sections given in Fig. 7. For the same recurrence intervals of the landslide hazard assessments, the flood hazard maps were produced and were given in Fig. 6 together with the landslide hazard maps, illustrated by the blue colored areas.

Finally, in order to represent the flood hazard in the close vicinity of the Yenice district more effectively, 3-D maps were generated (Fig. 8) for flood hazard for different time periods.

3. Results and Conclusions

In this study, landslide and flood hazard potential of the Yenice district and its close vicinity was assessed. Main idea behind this study was the high potential of landslide and flood hazard of the region since there were many experiences of those sort of disasters in that region. The results showed that the main trigger for the landslides was rainfall, particularly for the cumulative range of 25 days. With respect to flood events, as it was expected, close areas of the Filyos River were under the threat of flood events. When Fig. 6 and Fig. 8 were examined, there were many settlement regions in the flood hazard potential areas. Of course, the higher topographical elevations were have more landslide hazard potential. However, again, there are many scattered villages and the inhabitants are exposing the landslide hazard in those regions. Therefore, it could be concluded that the region shows very suitable conditions for the future landslide and flood events. It is mandatory that the local and regional measures should be taken into consideration for the future development plans of the region with respect to the disaster potential of the region by the decsion-makers and the governmental agencies.

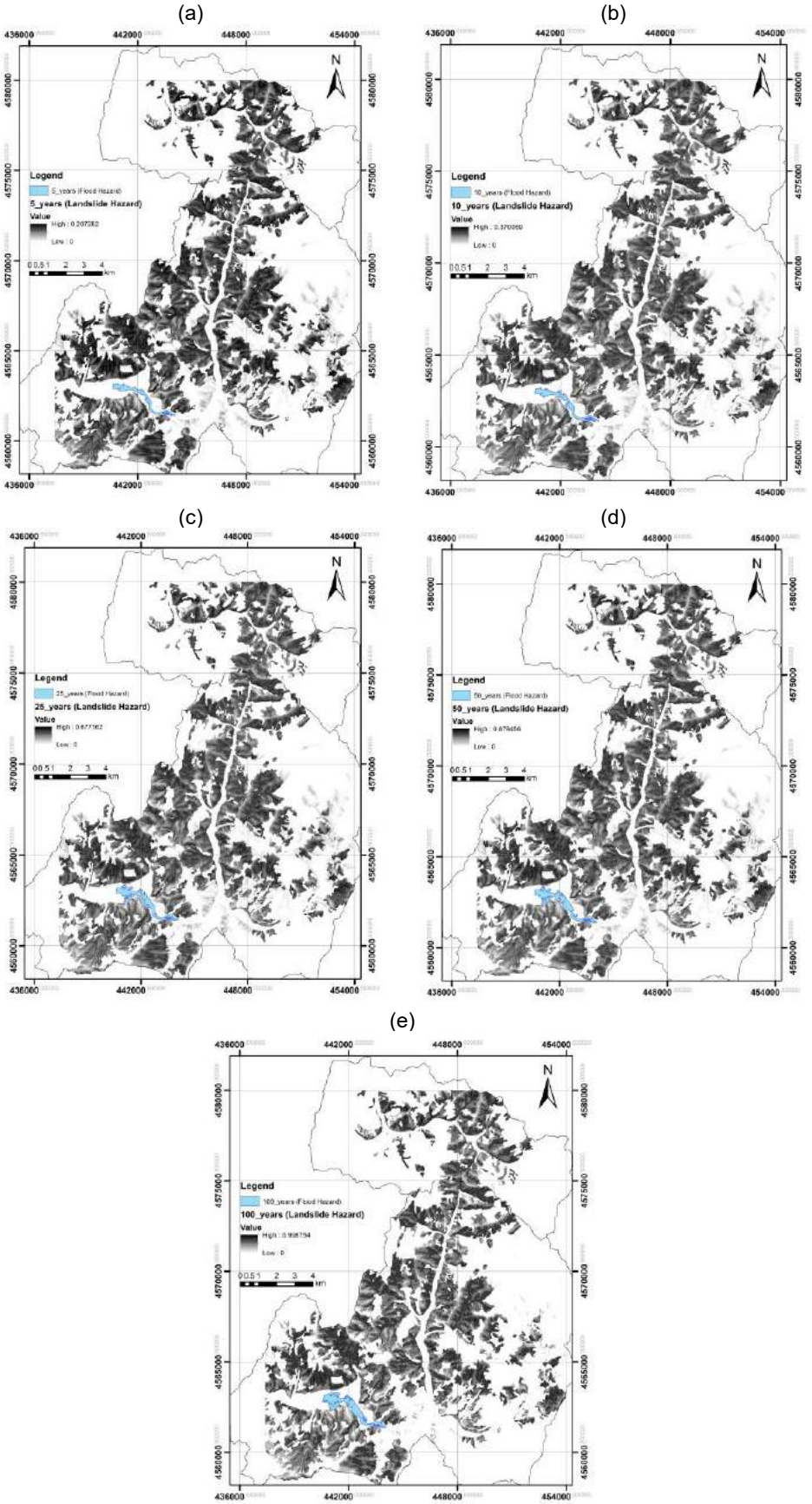


Figure 6. Landslide and flood hazard potential of the study area for: (a) 5 years; (b) 10 years; (c) 25 years; (d) 50 years and (e) 100 years.

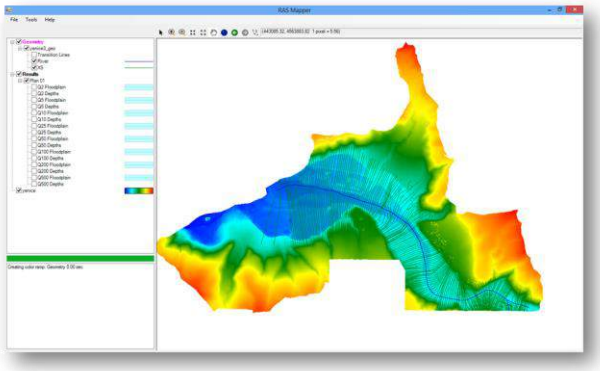


Figure 7. Cross-sections of the flood hazard analyses.

(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

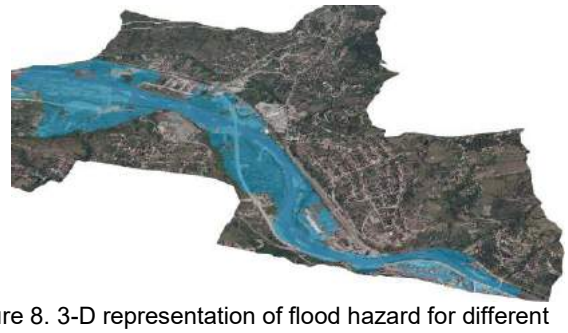


Figure 8. 3-D representation of flood hazard for different time periods: (a) (a) 5 years; (b) 10 years; (c) 25 years; (d) 50 years and (e) 100 years.

Acknowledgement

This research is supported by TUBITAK (The Scientific and Technological Research Council of Turkey) with the Project Number of 113Y455.

References

[1] Gökçe, O., Özden, Ş. and Demir, A., Türkiye'de afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımı: afet bilgileri envanteri", Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara,117 p., 2008.

[2] Ercanoğlu, M., Landslide susceptibility assessment of SE Bartın (West Black Sea Region, Turkey) by artificial neural networks", Nat. Haz. and Earth Syst. Sci., 5, 979-992, 2005.

[3] Ercanoğlu, M., Kaşmer, Ö. and Temiz, N., Adaptation and comparison of expert opinion to analytical hierarchy process for landslide susceptibility mapping. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, Vol: 67, No:4, 565-578, 2008.

[4] Alkevli, T. and Ercanoğlu, M., Assessment of ASTER satellite images in landslide inventory mapping: Yenice-Gökçebey (Western Black Sea Region, Turkey). Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 70, 607-617, 2011.

[5] Hasekioğulları, G. D. and Ercanoğlu, M., A new approach to use AHP in landslide susceptibility mapping: a case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey), Natural Hazards, 63, 1157-1179, 2012.

[6] Varnes, D.J., Landslide hazard zonation: a review of principles and practice, Commission of Landslides of the IAEG, UNESCO, Natural Hazards No. 3, 61 pp., 1984.

[7] Fell, R., Corominas, J., Bonnard C., Cascini L., Leroi E. and Savage W.Z., Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land use planning, Engineering Geology, 102, 85-98, 2008.

[8] Jaiswal, P., Van Westen, C. J. and Jetten, V., Quantitative assessment of landslide hazard along transportation lines using historical records, Landslides, 8, 279-291, 2011.

HEYELANLARIN İZLENMESİNDE İNSANSIZ HAVA ARAÇLARINDAN ELDE EDİLEN YÜKSEK ÇÖZNÜNÜRLÜKLÜ VERİLERİN KULLANILMASI ÜZERİNE ARAŞTIRMALAR

INVESTIGATIONS OF USING THE HIGH RESULUTION DATA DERIVED FROM THE UN-MANNED AERIAL VEHİCLE FOR LANDSLIDE MONITORING

Mustafa ZEYBEK[a], İsmail ŞANLIOĞLU[a], Adnan ÖZDEMİR[b], Michael R. JAMES[c]

[a] Selçuk Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, E-posta: mzeybek@selcuk.edu.tr
[a] Selçuk Üniversitesi, Harita Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, E-posta: sanlioglu@selcuk.edu.tr
[b] Necmettin Erbakan Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, E-posta: adnanozdemir@konya.edu.tr
[c] Lancaster University, Environmental Center, Lancaster, UK, E-posta: m.james@lancaster.ac.uk

Özet

Bu bildiri heyelanların izlenmesinde insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen yüksek çözünürlüklü verilerin kullanılmasında yöntem ve metotların araştırılmasını kapsamaktadır. İHA'lar ile elde edilen yüksek çözünürlüklü verilerin deformasyon analizleri kullanılarak heyelanların hareketlerinin izlenmesini, boyutlarını ve hacimsel olarak hareket eden kütle karakteristiğini ortaya çıkarılmasındaki araştırmalarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada Konya, Taşkent ilçesinde bir bölgede meydana gelen heyelan alanındaki araştırmalar yer almaktadır.

Anahtar kelimeler: İnsansız hava aracı (İHA), yüksek çözünürlük, heyelan, deformasyon izleme

Abstract

This paper covers investigation for technique and methodology with the using of unmanned aerial vehicle (UAV) device's derived high resolution data implementation them on landslide monitoring. UAV systems have been used to detect landslide mass and magnitudes with deformation analysis and high resolution data. In this study, a landslide region which is located Konya Taşkent province was took part for research.

Keywords: Un-manned aerial vehicle (UAV), high resolution, landslide, deformation monitoring

1. Giriş

Son yıllarda uzaktan algılama teknolojisi önemli gelişmeler kaydetmiştir. Günümüzde uydu ve uçak platformları teknolojik olarak gelişmiş farklı disiplinlerde uygulama kapasitesini artırmıştır(1, 2). Fakat gelişen teknolojik atılımlar sivil ve bilimsel araştırmalar için ekonomik maliyet gerektiren sistemler bütünü halini almıştır. Bu nedenle ucuz maliyetli kullanımlar gerektiren projelerde küçük platformların kullanılması proje maliyetlerini düşürdüğü için kullanımları artmıştır. Bu platformlar genellikle insansız hava araçları (İHA)'dır. İletişim ve veri alışveriş protokollerinin kolaylaşması, otopilot ve kamera sistemlerinin bütünleşmesi ile uygulanabilirliği yüksek, orta seviyedeki havada kalış süreleriyle birlikte İHA'lar bilimsel araştırmalar için kullanılabilir seviyeye ulaşmıştır. Uydu optik ve radar sistemleri istenilen zaman ve yer için görüntü alımlarındaki yetersizlik nedeniyle, ayrıca istenilen seviyeye ulaşmayan çözünürlük sebeplerinden dolayı hızlı yorumlanması gereken alanlarda çözüm üretmekte yetersiz kalabilmektedir. Doğal afetlerin oluşumları ve yapısı gereği, ani ve hızlı oluşumları, işlemlerin hızlı yapılmasına gerek duymaktadır. Böyle durumlar için İHA'ların kullanımı kolaylık sağlamaktadır.

Literatüre bakıldığında pek çok çalışma Lidar, yersel lazer tarama ve İHA teknikleri ile yapılmıştır. Bu çalışmaların en önemli ürünleri sayısal arazi modeli (SAM) üretiminin diğer geleneksel yöntemlere göre daha yüksek çözünürlükte veriyi sağlaması ve ekonomik olmasıdır (3-6). Üretilen SAM üzerinden analizler yardımıyla topoğrafya üzerindeki değişimlerin belirlenmesi pek çok çalışmada yer almıştır (7).Bu çalışmada, İHA'lar ile heyelan izleme metotlarının ve yöntemlerini belirlenmesine çalışılmıştır.

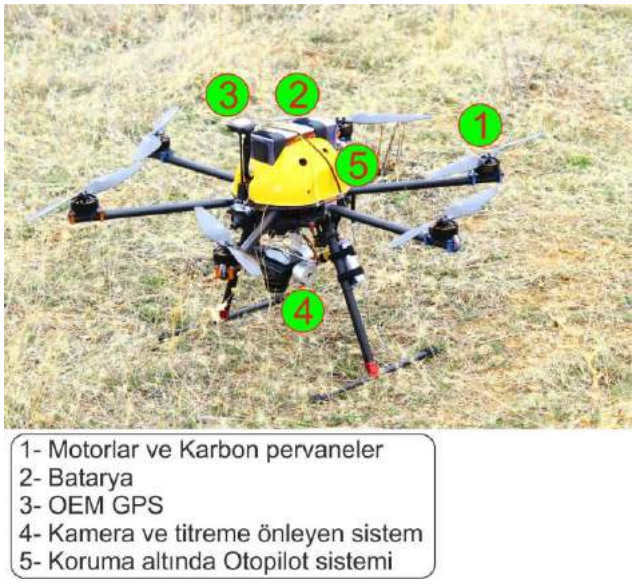
2. Çalışma Bölgesi

Çalışma bölgesi olarak Konya Taşkent ilçesinde meydana gelen heyelan alanı seçilmiştir. Bu bölgede oluşan heyelan, bölgeden geçen belde ve köy yollarını, sulama-drenaj kanallarını sürekli bozmakta, arazi ve bahçelerin kullanılmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle bölgede oluşan heyelan inceleme altına alınmıştır. Çalışma bölgesinin coğrafik koordinatları 36° 55' 04" K, 32° 30' 11" D ve 36° 55' 24" K, 32° 30' 20" D aralığındadır (Şekil 2). Çalışma bölgesindeki yamaçlar ortalama deniz seviyesinden 1400 ile 1500 m aralığında yükseklik değerlerine sahiptir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

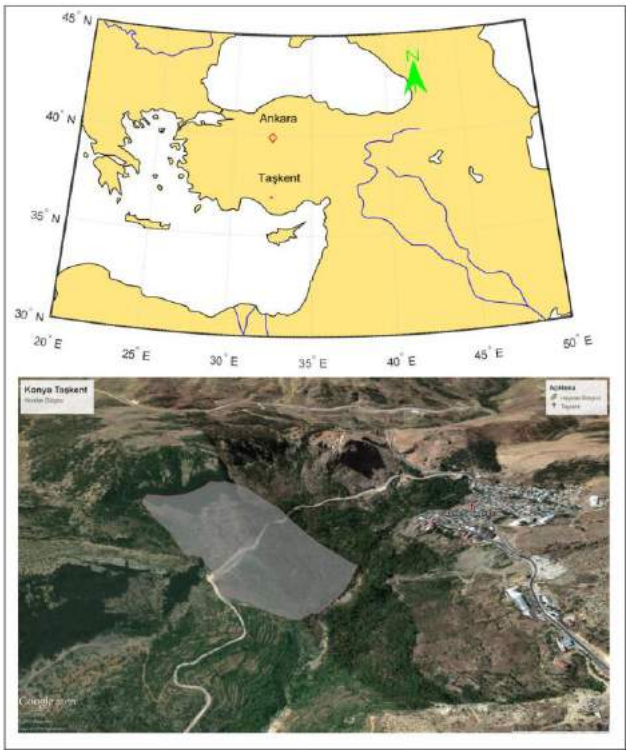
3. Veri ve Metot

İHA ile ölçme tekniği, geometrik ve matematiksel altyapıya bağlı olarak; fotoğraflardaki ışın doğrultularının oluşturduğu temel fotogrametrik tekniğine dayanır. İHA ile yapılan gözlemler Kasım 2014 tarihinde Taşkent ilçesindeki heyelan bölgesinden elde edilmiştir. Heyelan oluşumunun gerçekleştiği bölge sarp ve kayalık olmasına rağmen çok motorlu İHA sayesinde resimler ve yer kontrol noktaları (YKN) veriler toplanmıştır. Uçuş operasyonunda Türkiye'de üretimi yapılan TM-GEO serisi multikopter kullanılmıştır (Şekil 1) (8). Multikopter dik kalkış ve iniş özelliğinde olması sayesinde bölge içinde herhangi bir noktadan başlatılabilmiştir. Elde edilecek verilerin yüksek doğruluğa erişmesi için YKN'lerin ölçümleri Küresel Uydu Seyrüsefer Sistemleri (GNSS) alıcısı ile yapılmıştır.

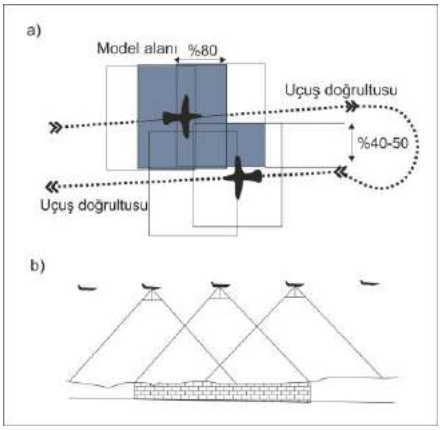


Şekil 1. TM-Geo serisi Multikopter Özellikleri

Günümüz teknolojisinde doğrudan koordinatlandırma mümkün olabilmesine rağmen deformasyon ve heyelan çalışmaları için yer kontrol noktalarının kullanılması gerekmektedir. Heyelan bölgesi için toplamda 5 uçuş yapılmıştır. YKN ölçmeleri Javad Triumph model cihaz ile gerçek zamanlı kinematik (RTK) yöntemi kullanarak yapılmıştır. Sabit istasyon için heyelan bölgesinde bir nokta seçilmiştir. Bu noktanın daha sonraki ölçmelerde de aynı olması ve hareket etmemiş olması varsayılır. Yapılan uçuş çalışmalarında her bir uçuş için 20-25 dk. ve 100 m yükseklikten uçuş planlaması yapılmıştır. Her bir uçuş ortalama 20-25ha alan kaplamaktadır. Toplamda 580 adet fotoğraf elde edilmiştir. Bu fotoğraflar arasından 572 adet resim işleme konulmuştur. Bölge için 4 farklı uçuş planı hazırlanmıştır. Örnek uçuş planı Şekil 4'de görülmektedir. Uçuş planları haritalama yapılacak olan bölgenin özelliklerine göre farklı yönlerde ve farklı resim bindirme oranlarıyla düzenlenmelidir. İHA ile hava fotogrametrisi ile arasında uçuş planlaması bakımından çok fark bulunmamaktadır. Klasik haritalama amacıyla yapılan uçuşlar genellikle boyuna %60, enine %25 bindirme oranlarıyla yapılmaktadır (9, 10). İHA ile bu oranlar boyuna %80, enine %40-50 bindirme oranlarına ulaşmaktadır (Şekil 3). Bindirme oranlarının avantajları ve dezavantajları bulunur. Genellikle uçuş bölgesinde açık model alanlarının kalmaması avantaj olur böylelikle uçuş güvenliği ve optimum süre ile fazla veri elde edilebilir fakat uçuş süresinin artması, pil bataryalarının azalmasına sebep olmaktadır.



Şekil 2. Heyelan konumu



Şekil 3. Model alanı a) enine ve boyuna bindirme alanları b) uçuş doğrultusu boyuna bindirme

Özellikle dağlık, yamaçların yüksek ve yükseklik farkların olduğu bölgelerde uçuş yüksekliklerinde uçuş planlamasına dikkat edilmeli, uçuş kalkış noktasının yüksekliğinin ve güzergâh boyunca olan yüksekliklerin dikkatle belirlenmesi gerekmektedir.



Şekil 4. Uçuş Planlaması

Resimlerin ve yer ölçmelerinin değerlendirilmesi Pix4D yazılımında yapılmıştır. Yazılım genel olarak kullanım parametrelerine çok fazla gerek kalmadan optimum çözümle sonuca varmaktadır. Kullanım ara yüzü oldukça basittir. Geleneksel klasik fotogrametrinin günümüzde kolaylaşmış versiyonu gibi görülen hareketten oluşum algoritmasını (SfM:Structure from Motion) kullanmaktadır. Bu algoritma ile yalnızca fotoğrafların ve yer kontrol noktalarının yazılıma girdi olarak gösterilmesi yeterlidir. Bu aşamadan sonra normalleştirilmiş çapraz korelasyon, SIFT ve ışın demetleri dengelemesi sayesinde seyrek temel çekirdek noktalar oluşturulur. Bu noktalar ile dengeleme yapılır. Fotoğraf dönüklükleri hesaplanır ve birbirlerine göre olan konumları hesaplanır. Bu aşamadan sonra YKN'ler resim üzerinde işaretlenip seyrek noktaların 3 Boyutlu uzayda konumları kestirilir. YKN ile optimizasyon, dengeleme işlemi tekrarlanır ve bu sayede kamera parametreleri, iç yöneltme değerleri ve dengeleme parametreleri güncellenir. Daha sonra koordinatları projeksiyon koordinatlı, yoğun ve yüksek çözünürlükte nokta bulutları elde edilir. Bu nokta bulutları sayesinde doğrudan arazi hakkında yorum yapılmakla birlikte diğer aşamalara geçilir. Bu yöntemler sayesinde 5 cm altında çözünürlükte yüksek konum doğruluğuna sahip veriler elde edilir.

4.Uygulama

Elde edilecek her bir döneme ait yüksek çözünürlükteki nokta bulutları ve ortofoto-mozaikler üzerinden çok farklı deformasyon analizleri yapılabilir.

4.1. Kenar çıkarımı

Heyelan bölgesi içinde bulunan kaya, sırt vb jeomorfolojik özelliklerin keskin noktalarının kenar bulma teknikleri ile resimler üzerinden çıkarılması ve bu çıkarılan çizgi özelliklerinden hareketlerin belirlenmesi mümkündür. Üretilen ortofoto kalitesi, kenar çıkarım algoritmaları ile doğrudan ilgilidir. Yüksekliği fazla olan objelerde, gölgeleme kayıklığı olmaktadır. Bu bozulmaları ortadan kaldırmak için 2.5 Boyutlu sayısal arazi modeli (SAM) ve orijinal resimler üzerinden ortomozaiklerin oluşturulması gerekmektedir. Ortomozaikler kameranın perspektifini düzelterek her bir obje noktasındaki farklı ölçek temelli oluşan distorsiyonu azaltır, bu sayede resim üzerindeki düz olmayan araziden kaynaklanan gölgeleme etkisi ortadan kalkar. Kenar bulma yöntemleri günümüzde farklı işlemlerle elde edilebilmektedir, bunlar:

- Nesneler arasındaki süreksiz derinlikler, nesne sınırlarını belirler.
- Obje yüzeylerindeki farklı yüzey yansıtma oranları.
- Obje yüzeyleri arasındaki sınırlardaki yüzey dönüklüklerindeki süreksizlikler.
- Gölgeleme ve yansımalar sonucundaki değişimler.

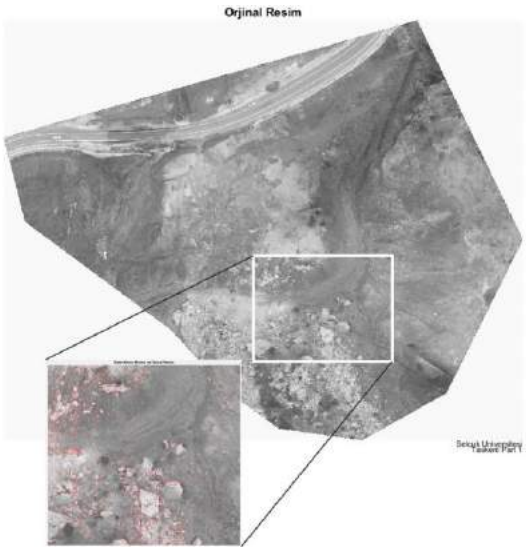
Bu durumlar oluştuğunda farklı türdeki süreksizlik sınırları belirlenebilmektedir. Kenar bulma işlemleri resimlerin işlenmesiyle ortaya çıkarılmakta ve bunun için farklı işlemlerden geçmektedir. Bu durumda uygulanan algoritmalara bağlı farklı sonuçlar üretilebilir. İlk adımda kenar operatörünün resim yoğunluklarını belirlemesi ve derecelendirme (gradyen) yapılması gerekir. Eğer farklılıkların piksel bazında olduğu varsayımı kullanılıyorsa bu durumda iki piksel arasındaki gradyen miktarı satır ve sütun yönlerinde δ_1 ve δ_2 gösterimiyle (1)'deki denklemle hesaplanır.

$$\sqrt{\delta_1^2 + \delta_2^2} \tag{1}$$

gradyen doğrultusu ise (2)'deki denklemiyle hesaplanır.

$$\arctan\frac{\delta_2}{\delta_1} \tag{2}$$

Fakat gradyen oparatörleri genellikle resimlerde bozulmalara ve gürültülere sebep olur. Bu nedenle ortalama veya belirli bölgelerde yapılması bozulmaları azaltmaktadır. En genel kullanımdaki gradyen operatörleri Roberts, Prewitt ve Sobel'dir. Diğer bir operatör ise Canny'dir. Bu çalışmada ise sobel operatörü kullanılmıştır. Sobel ve Prewitt operatörleri gürültüye karşı komşuluk piksel içerdiği için, gürültü oranlarına karşı direnç göstermektedir. Çalışma bölgesine ait belirli bir alanında Sobel operatörü uygulanmış ve kenar çıkarımları yapılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Sobel Operatörü ile kenar çıkarımı

4.2 Sayısal Yükseklik Modeli (SYM)'nin Üretilmesi

İşlenmiş yüksek çözünürlüklü nokta verisinden sayısal yükseklik modelleri üretilebilmiştir. SYM'ler yayılmış veriler

halinde bulunan nokta bulutlarının grid oluşturma ve enterpolasyon işlemleri ile ortaya çıkartılabilir. SYM'nin doğruluğu ve arazi yüzeyini doğru yansıtması arazinin morfolojik özelliğine, nokta bulutlarının yoğunluğuna, enterpolasyon yöntemlerine uyumuna ve grid aralığıyla doğrudan ilişkilidir. SYM'ler heyelan alanlarının karakteristiğini doğrudan ortaya koyan bir ürün olarak sunulmuştur. SYM üzerinden eş yükseklik eğrileri, bakı, eğim ve eğrilik gibi arazi analizlerinin yapılmasına da imkan vermektedir. Bunların yanında deformasyon analizi yapılmak istenilen alana ait iki veya daha fazla SYM'nin karşılaştırma analizlerine tabi tutulması gerekir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli husus datum birliğinin SYM'ler için sağlanmış olmasıdır. Aksi takdirde deformasyonların yanlış yorumlanması söz konusudur. Yüzey modelleme çalışmalarının sınıflandırılmasında geometrik birimlerden faydalanılır. Yani elde edilen verinin türüne göre temel geometrik sınıflandırma kriteri belirlenir.

Bu temel sınıflandırma:

- Nokta temelli yüzey,
- Üçgen temelli yüzey,
- Grid temelli yüzey,
- Hibrid yaklaşımlar,

Günümüz haritalama uygulamalarında genellikle üçgen ve grid temelli modellemeler geniş kullanım alanına sahiptir. Nokta temelli yüzey modelleri çok pratik değildir. Yoğun nokta bulutlarının geniş ve büyük alandaki çalışmalarda kullanılması için grid temelli yüzey oluşturma yaklaşımları, verilerin kontrolünün sağlanması için uygulanabilirliği yüksek bir yaklaşımdır. Bu yöntemin dezavantajı çok eğimli ve keskin nesnelerin olduğu alanlarda veri kayıplarına sebep olmaktadır.

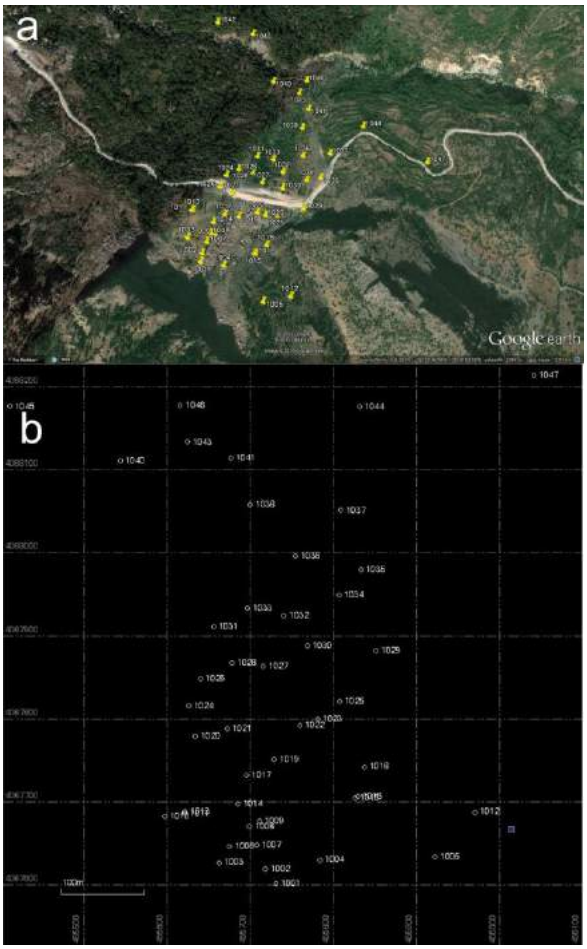
5.Sonuçlar

5.1Yersel Gözlemler ile izleme

Heyelan araştırmalarında sabit noktaların konumlarının değerlendirilmesi GNSS RTK gözlemleri ile gerçekleştirilmiştir. YKN tasarımı genellikle arazinin karmaşık ve zorlu yapısından dolayı erişilebilen aktif heyelan bölgesi içinde ve dışındaki alanlara göre ayarlanmaya çalışılmıştır. Bunun en büyük sebebi hareketli bölgelerdeki noktaların hareketlerinin ve hareketsiz noktalardaki sabit durumun ortaya çıkarılmasıdır. Böylelikle yersel gözlemlerle de YKN noktaları değerlendirilebilmiştir (Şekil 6).

5.2 Güvenilirlik Değerleri

İHA sonucunda elde edilen yer kontrol noktalarındaki hatalar iki farklı kategoride değerlendirilebilir, bunlar; bağıl hata ve mutlak hatadır. Arasında önemli farklılık vardır. Mutlak hata ölçülen periyottaki fiziksel hatanın miktarıdır. Bağıl hata is ölçülen birimin hangi doğrulukta ölçüldüğünü gösterir. Hataların Normal (Gauss) dağılımında olması beklenir. Şekil 7 ve Şekil 8'te YKN değerlerinin tanımlayıcı istatistik değerleri ve dağılım grafiği verilmiştir. Bu grafiklere göre kullanılan YKN değerleriyle elde edilen hataların Normal dağılıma yakın olduğu görülmektedir. Normal dağılımın dışında kalan değerler incelendiğinde hata sınırları dışında kalması uçuş yapılan bölgenin kenarlarına yakın ve uçuş yüksekliğinin farklı yapıldığı kontrol noktalarının olduğu görülmüştür. Hata değerleri yersel ölçümler ve hesaplanan dengeleme değerleri arasındaki farklılıklardır. Bu hataların mutlak hata olarak değerlendirildiğinde Sağa ve Yukarı değerlerin 5 cm aralığında Z değerinde maksimum 10 cm olduğu görülmektedir. Standart sapma değerleri σ (Konum doğruluğu) Sağa değer 3 cm Yukarı değer 2.5 cm ve kot 4.1 cm'dir. Bu değerler standart Büyük Ölçekli Harita ve Harita Bilgileri Üretim Yönetmeliğine uygun değerlerdir.

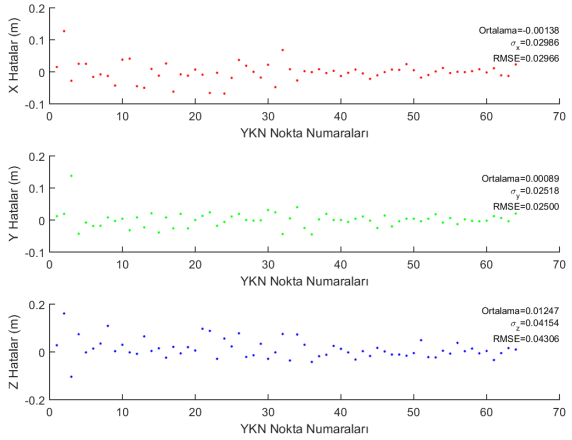


Şekil 6. Yer Kontrol Noktası Tasarımı, a) Kml formatında kaydedilen noktaların Google Earth haritalarında görünümü, b) referans koordinat sistemindeki projeksiyon koordinatları.

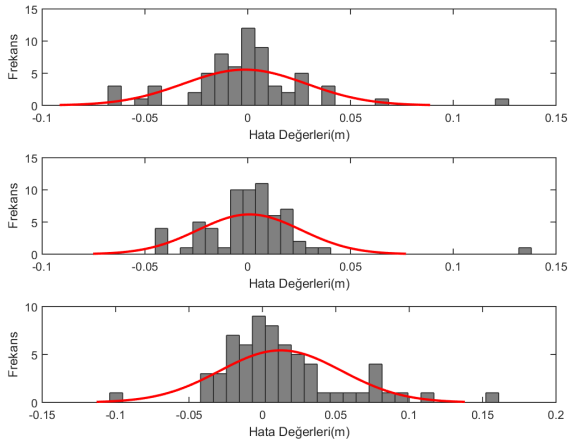
Bölgede ayrıca YKN noktaları dışında yüzey ve konum doğruluğunun araştırılması için dengelemeye katılmayan yüzey noktası ile kontrol yapılmıştır. Bu noktadaki hata değerleri Sağa değer 2.9 cm, Yukarı değer 0.5 cm ve Kot 4.0 cm'dir. Bu sonuçlar doğrultusunda sadece YKN ile değil ayrıca yüzey noktasının da yüksek doğrulukta üretildiği görülmektedir.

Blok Dengeleme doğruluğu gerçek jeodezik koordinat değerleri bilinen kontrol (check point) noktaları ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme blok dengelemesine katılmayan noktalar için geçerlidir. Hesaplanan değer ile bilinen değerler arasındaki karesel ortalama hata, çözüm doğruluğu hakkında bilgi vermektedir. Doğruluğundan emin olunması gerektiği durumlarda farklı kombinasyonlar

ile kontrol noktaları değerlendirilebilir. Farklı istatistiksel sonuçlar ortaya çıktığında dengeleme işlemleri tekrar gözden geçirilmelidir. Benzer istatistikler çıktığında güvenilir sonuçlar elde edilmiş anlamına gelmektedir.



Şekil 7. YKN Hata Değerleri



Şekil 8. YKN Hata Dağılımları

Yalnızca kontrol noktalarındaki artık hataların az veya düşük olması doğruluğun yüksek olduğu anlamına gelmemektedir. Kontrol noktalarındaki ölçme hataları dönüklük değerlerinin hesabında absorbe edilebilir. Bu nedenle çok yüksek artık hata görülmemesi, proje doğruluğunun yüksek olduğu anlamına gelmemektedir.

5.3 Sayısal Yüzey Modeli ve Sayısal Yükseklik Modeli

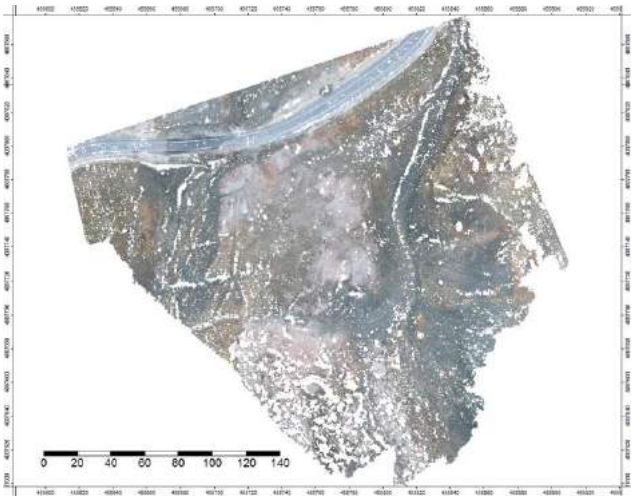
İHA'dan elde edilen nokta bulutları 3B modellerin oluşturulması için kullanılmaktadır. Hava Lidarı veya yersel lazer taramaya nazaran İHA nokta bulutları resim eşleme algoritmalarıyla üretildiği için hava, atmosfer ve toz gibi etkenlerden oluşan gürültüler içermemektedir. Fakat bu durum İHA nokta bulutlarının filtrelenmemesi için geçerli bir sebep değildir. İHA verileriyle elde edilen yoğun nokta bulutları verilerinden sonra sayısal yükseklik modeli üretim işlemine geçilebilir (Şekil 9). Sayısal yüzey modellerinden sayısal yükseklik modellerinin elde edilmesi için yalın yeryüzünün elde edilmesi, yer modeli üzerindeki obje noktalarının filtrelenmesi gereklidir (Şekil 11). Bu sebeple kullanılabilecek pek çok filtreleme yöntemi bulunmaktadır (11).

Proje alanında ham nokta bulutu sayısı 1, 836, 543 nokta bulunmaktadır. İMF filtrelemesi ile ağaç, bitki örtüsü ve yer üzerindeki objeler filtrelenmiştir. Filtreleme sonrasında nokta bulutları sayısı 1, 211, 496 olmuştur. Bazı bölgelerde filtreleme sonrası boşluklar oluşması sebebiyle, enterpolasyon yöntemi uygulanmıştır. Sayısal yükseklik modeli 0.20 m hücre grid aralıklarında 0.06 m sayısal yüzey modellerinden seyreltme ve farklı enterpolasyon algoritmalarıyla elde edilmiştir. Sonuç olarak enterpolasyon ve grid aralıklarının doğrudan çözünürlükle ve yükseklik farklarıyla ilgili orantılı olduğu görülmüştür. Özellikle yamaç bölgelerinde farklı enterpolasyon algoritmaları farklı sonuçlar üretmiştir.

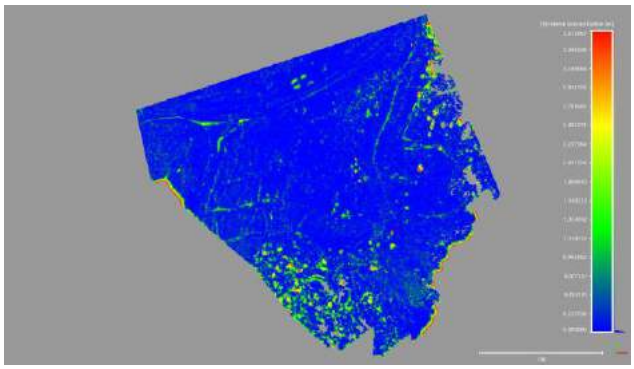
Ters mesafe ağırlıklandırma (IDW:Inverse distance weighted) algoritması bu proje doğrultusunda uygun görülmüş ve kullanılmıştır. Sayısal yüzey modeli ve sayısal yükseklik modeli arasında filtreleme amacıyla ilerleyen morfolojik filtreleme (IMF)(11) algoritması ile yer üzerindeki noktalar arındırılmış ve enterpolasyon algoritmasıyla SYM elde edilmiştir.



Şekil 9. Yoğun Nokta Bulutları



Şekil 10. Yalın yeryüzü (Filtrelenmiş Nokta Bulutu)



Şekil 11. Ham noktalar ile yalın yeryüzü arasındaki en yakın nokta karşılaştırması

6. Öneriler ve Gelecekte Yapılması Planlanan Çalışmalar

Geleneksel ölçme teknikleri ve metodolojileri günümüze kadar heyelan ölçmelerinde oldukça etkili kullanılmasına rağmen, gelişen teknolojik sistemlerin kullanımı ekonomik ve güvenilir sonuçlara erişmesiyle tercih edilebilir duruma erişmiştir. Yersel ölçmelere 2000'li yıllarda özellikle yersel lazer tarama sistemlerinin yerleşmesine rağmen yer bilimlerinde ve deformasyon izleme çalışmalarına ülkemizde geri kalınmış, kullanım yöntemleri geliştirilememiştir. Son on yıllık bir süreçte İHA ve beraberinde yüksek çözünürlük üreten diğer sistemler daha önceki kullanılan geleneksel ölçme yöntemlerinin doğruluklarına erişemese de heyelan ve doğal afetlerin izlenmesinde oldukça etkili ve güvenilir sonuçlar vereceği oldukça aşikârdır. Bu nedenle gelecek dönemlerde İHA vb. ileri teknoloji ürünlerinin doğal afetlerde izlenmesinin önü açılmalı ve ülkemize katkı sağlamalıdır.

Bu makale de yapılması planlanan heyelan çalışmaları için genel kapsamda uygulanabilirliği araştırılan, İHA sistemlerine genel bakış ve araştırması yapılmıştır. Daha sonraki çalışmalarda nokta bulutlarının filtrelenmesi, enterpolasyon yöntemlerinin deformasyonlar üzerine etkilerinin araştırması, deformasyon analizleri ve kayan toprak kütle hacimlerinin hesaplanması yapılacaktır. Ayrıca özellik çıkarımı ile elde edilecek noktalar, 2 boyutlu deformasyonların belirlenmesinde kullanılacaktır.

7. Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi BAP koordinatörlüğü (15401017) no'lu proje ile desteklenmiştir. Bu bildiri, ilk yazarın Doktora Tez konusuyla ilgilidir. Ayrıca yazarlar Geomatics Group Ltd.'ye TM-GEO serisi ve Pix4D yazılım desteklerini sağladığı için teşekkür etmektedir.

Kaynaklar

[1] Niethammer, U., James, M. R., Rothmund, S., Travelletti, J., Joswig, M., UAV-based remote sensing of the Super-Sauze landslide: Evaluation and results. Engineering Geology, 128, 2-11, DOI 10.1016/j.enggeo.2011.03.012, 2012.

[2] Stumpf, A., Malet, J.-P., Kerle, N., Niethammer, U., Rothmund, S., Image-based mapping of surface fissures for the investigation of landslide dynamics. Geomorphology, 186, 12-27, 10.1016/j.geomorph.2012.12.010, 2013.

[3] Zeybek, M., Sanlioglu, I., Accurate determination of the Taskent (Konya, Turkey) landslide using a long-range terrestrial laser scanner. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 74, 1, 61-76, DOI 10.1007/s10064-014-0592-x, 2015.

[4] Zeybek, M., Şanlıoğlu, İ., Özdemir, A., Monitoring landslides with geophysical and geodetic observations. Environmental Earth Sciences, 74, 7, 6247-63, 10.1007/s12665-015-4650-x, 2015.

[5] Tarolli, P., High-resolution topography for understanding Earth surface processes: Opportunities and challenges. Geomorphology, 216, 295-312, 10.1016/j.geomorph.2014.03.008, 2014.

[6] Xiaoye, L., Airborne LiDAR for DEM generation: some critical issues. Progress in Physical Geography, 32, 1, 31-49, 10.1177/0309133308089496, 2008.

[7] James, L. A., Hodgson, M. E., Ghoshal, S., Latiolais, M. M., Geomorphic change detection using historic maps and DEM differencing: The temporal dimension of geospatial analysis. Geomorphology, 137, 1, 181-98, 10.1016/j.geomorph.2010.10.039, 2012.

[8] TM-GEO serisi multikopter İHA, Erişim tarihi 14/10/2015. Erişim adresi, http://geomaticsgroup.com/insansiz-hava-araci/insansiz-hava-araclari/.

[9] Edward M. Mikhail, James S. Bethel, McGlone, J. C., Introduction to Modern Photogrammetry, Lalit printer & binder, Delhi, John Wiley & Sons, Inc., p. 496, 2001.

[10] Thomas M. Lillesand, Ralph W. Kiefer, Chipman, J. w., Remote Sensing and Image Interpretation, John Wiley & Sons, Inc., 2008.

[11] Zeybek, M., Şanlıoğlu, İ., Genç, A., Yüksek Çözünürlüklü Yersel Lazer Tarama Verilerinin Filtrelenmesi ve Filtrelemelerin Heyelan İzlemeye Etkisi. Doğal Afetler ve Çevre Dergisi, 1, 1-2, 11-20, 2015.

KÜTLE HAREKETLERİNİN İZLENMESİNDE FİBER OPTİK SİSTEMLERİN KULLANIMI

UTILIZATION OF OPTICAL FIBER SYSTEM FOR MASS MOVEMENT MONITORING

Arzu ARSLAN[a], Mustafa K. KOÇKAR[b], Haluk AKGÜN[a]
[a] Jeoteknoloji Birimi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, arslan.arzu@metu.edu.tr
[b] Gazi Üniversitesi, Deprem Mühendisliği Uygulama ve Araştırma Merkezi, Ankara, Türkiye, mkockar@gazi.edu.tr
[a] Jeoteknoloji Birimi, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, hakgun@metu.edu.tr

Özet

Jeomorfolojik parametreler, yağış rejimi, yeraltı suyu seviyesi değişkenliği, günlük sıcaklık farklılığı, kar erimesi ve bunlara bağlı olarak zeminlerin duraylılığını kaybetmesi ve sismik etki vb. faktörler kütle hareketlerinin öncelikli sebepleridir. Türkiye'deki heyelanlar ve etkileri göz önüne alındığında bu sebeplerle oluşan heyelanların izlenmesinin can ve mal kaybını minimum seviyeye indireceği söylenebilir. Çalışmanın amacı, heyelanlardan kaynaklı riskleri azaltmak için fiber optik yöntemleri kullanan bir yerinde izleme sistemi oluşturmaktır. Var olan diğer izleme sistemleri yerine fiber optikler, kolay uygulanabilirliği ve hassasiyet üstünlüğü sebebiyle tercih edilen yöntemlerdendir. Bu çalışmada kullanılan fiber optik sistem; fiber optik kablolar ve hem lazer ışık kaynağı hem de alıcı olarak görev yapan bir ölçüm cihazı olan BOTDA (Brillouin Optical Time Domain Analyzer)'dan oluşmaktadır. Bu sistem, 1 m konumsal çözünürlüğe sahiptir ve 60 kilometrelik bir hat boyunca 0.1με çözünürlükte gerinim değerlerini tespit edebilmektedir. Yüksek hassasiyetli ve sürekli veri alımı özellikleri sebebiyle heyelanlar için uygun olduğu bu proje öncesinde ve bu proje ile yapılan çalışmalarla kanıtlanmış olan sistem, fiber optik kablolarda meydana gelen gerinimi deplasman ile ilişkilendirmektedir. Ayrıca, sistem heyelan ile sınırlı kalmayıp yol, tünel, baraj, köprü gibi yapılarda meydana gelebilecek gerinim tabanlı deformasyonların izlenmesinde de etkin olarak kullanılabilmekte ve erken uyarı sistemlerine adapte edilebilmektedir.

Anahtar kelimeler: Heyelan izleme sistemi, Erken uyarı sistemi, Fiber optik, BOTDA, Kütle hareketi

Abstract

Geomorphologic parameters, precipitation characteristics, groundwater level changes, daily temperature changes, snow melt and loss of stability due to these elements and seismic effect are the primary factors causing mass movements. When the landslides and their effects in Turkey are considered, it is almost certain that landslide monitoring can minimize the risk of life and property loss. The purpose of this study is to develop an in-situ monitoring system by using optical fibers in order to decrease the risk caused from landslides. Optical fibers are preferred to the other available monitoring systems due to their easy implementation and high sensitivity properties. The optical fiber system used in this study is composed of fiber optic cables and a device that sends and collects backscattered light; referred to as BOTDA (Brillouin Optical Time Domain Analyzer). The proposed system has a 1 m spatial resolution and it can detect strain with a 0.1με resolution along a 60 km cable. Due to its high sensitivity and continuous data gathering properties, the suitability of the system in relating the strain on the cable with displacement has been demonstrated for landslide monitoring by this study along with prior studies. In addition, the system is suitable for monitoring of other strain based displacements of structures such as, road, tunnel, dam, bridge, etc.

Keywords: Landslide monitoring system, Early warning system, Optical fiber, BOTDA, Mass movement

1. Giriş

Heyelanlar dünyadaki ve Türkiye'deki en yıkıcı doğal afetlerdendir. Son yıllarda heyelanlara dair farkındalık ve risk yönetimi kavramına verilen önem hızla artmakta ve buna bağlı olarak erken uyarı sistemleri büyük ilgi görmektedir [1]. Günümüzde kayma tehlikesi olan kütlelerin izlenmesinde kullanılan inklinometreler, tiltmetreler, ekstensometreler, LIDAR sistemleri gibi çok farklı yöntemler mevcuttur [1, 2]. Fakat kendine has avantaj ve dezavantajları olan bu yöntemler eş zamanlı izleme ve erken uyarı sistemlerine uygulanabilirliğinden ziyade meydana gelen deformasyonları belirlemek için kullanılmaktadır. Fiber optik sistemler; kolay ve yüksek hızlı veri aktarımı sağlamaları, küçük çaplı ve hafif olmaları, birim deformasyon ve sıcaklık değişimlerine duyarlılıkları, geniş bant aralığı ile çalışabilmeleri, çevresel ve elektromanyetik etkilere karşı dirençli olmaları, düşük maliyetleri ve eş zamanlı izleme (monitoring) gerçekleştirebilmeleri sebebiyle diğer yöntemlerden üstündür [3, 4]. Fiber optik tabanlı teknoloji, erken uyarı sistemleri için gerekli olan aralıksız veri aktarımını sağlayarak bu ve buna benzer çalışmaların ülkemizde yapılmasına öncü olacaktır.

1.1. Çalışmanın Amacı

Heyelanlar, ülkemizde ve dünyada büyük can kayıplarına ve ekonomik sorunlara yol açmaktadır ve özellikle büyük şehirler için büyük risk oluşturmaktadır. Deprem gibi doğal nedenler heyelanları tetiklediği gibi insan faktörü de şev duraysızlıklarını tetikleyip maddi ve hayati riski ciddi boyutlara taşımaktadır. Ülkemizde 1950 ile 2005 arasında

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

gerçekleşen doğal afetler neticesinde etkilenen yerleşim birimlerinin afet tiplerine göre dağılımı göz önünde bulundurulduğunda, heyelanlar %34.18 ile ilk sırada yer almaktadır [5]. Yapılan çalışmanın hedefi, risk altındaki bölgelerde heyelan veya kütle hareketi öncesi hareketliliği sayısal olarak gözlemleyerek sürekli bir izleme sistemi oluşturmaktır.

Çalışmanın amacı, litoloji, kayma mekanizması ve tetikleme mekanizmasından bağımsız bir şekilde tüm potansiyel kütle hareketleri için uygulanabilir bir izleme sistemi geliştirmektir. Sistem, kütle hareketini fiber optik kablolarla ölçülen gerinim (strain) ile ilişkilendirmektedir. Sistemin arazi uygulaması, hem ekonomik olarak Türkiye için büyük önem taşıyan hem de Kuzey Anadolu Fay Sisteminin (KAFS) etkilediği önemli şehirlerden biri olan Kocaeli'nin Bahçecik Mevkii'ndeki afete maruz bölge ilan edilen bir alanda gerçekleştirilmiştir.

1.2. Çalışma Sahası

Sanayileşmiş ve kalabalık bir şehir olması sebebiyle Kocaeli, heyelan açısından yüksek risk taşıyan bir bölgededir. Ekonomik önemi, nüfus yoğunluğu ve coğrafi konumu gibi kriterler değerlendirilerek Kocaeli, pilot bölge olarak seçilmiştir. Çalışma sahası Kocaeli İli, Başiskele Belediyesi sınırları içerisinde, Bahçecik Mevkii'nde bulunmaktadır. Alanın yer bulduru haritası Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışma sahasının yer bulduru haritası (Google Inc., 2015).

Bölgenin uygulama alanı olarak seçilmesinde alanın heyelan riski açısından kritik olması etkili olmuştur. Çalışma alanında 2010 yılında bir heyelan meydana gelmiş ve alan heyelan tacının hemen arkasında bulunan siteye ait yapıları tehdit ettiği gerekçesiyle AFAD tarafından afete maruz bölge ilan edilmiştir. Alanın yağış durumu incelendiğinde 2010 yılında bölgenin ortalamanın çok üstünde bir miktarda yağış aldığı görülmüştür. Yoğun yağış nedeniyle heyelanın topuğundan geçen Sarılık Deresi'ndeki su seviyesi yükselmiş ve topuğu etkileyerek harekete yol açmıştır. Bu nedenle, heyelanı tetikleyen en önemli sebebin yoğun yağış olduğu belirlenmiştir. Heyelanın ve söz konusu alanın görünümü Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Heyelanın ve etkilenen alanın görünümü.

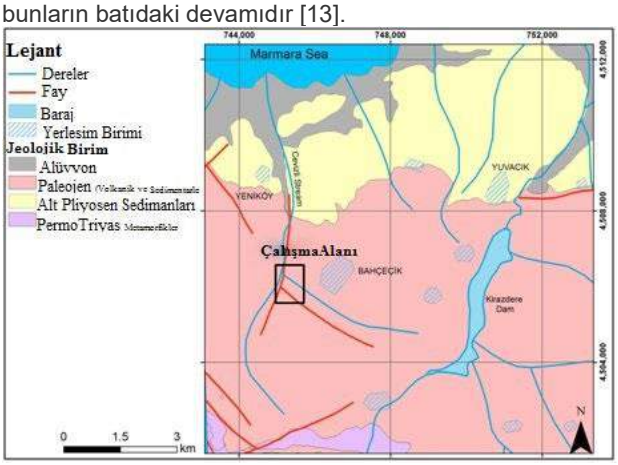
2. Çalışma Sahasının Jeolojik Ve Sismotektonik Özellikleri

2.1. Lokal Jeoloji ve Sismotektonik

Kocaeli Yarımadası'nda yüzeyleyen birimler, Paleozoik ve Permo-Triyas yaşlı allokton birimler, Geç Kratese-Eosen yaşlı yarı alloktonlar ve Oligosen-Miosen ve Pliyosen-Kuvaterner yaşlı otokton birimlerden oluşmaktadır [6]. Çalışma sahası Pontidlerin güney kısmını oluşturan ve KAFZ'nin iki ana kolu ile sınırlanmış olan Armutlu Yarımadası'nda yer almaktadır. Çalışma alanında yüzeyleyen birimler Sarısu ve İncebel Formasyonlarına aittir. Eosen yaşlı Sarısu Formasyonu bir volkano-sedimenter dizidir ve metamorfiklerin üzerinde bulunan genellikle 5-10 m kalınlığındaki sedimentar seviyeyle başlar. Bu seviye konglomera, çamurtaşı, kumtaşı ve kireçtaşından oluşur. İstifin bazı seviyelerinde andezit blokları ve epiklastik çökeller mevcuttur. İstif, özellikle üst kısımlarda gözlemlenen bazalt daykları ile kesilmiştir. Geç Paleosen-Eosen yaşlı İncebel Formasyonu metamorfik birimleri uyumsuz olarak örter ve kuzeybatıya doğru eğimlidir. Formasyon, taban konglomerası ile başlar ve genellikle kumtaşı, çamurtaşı, marn ve konglomeradan oluşan bir filiş istifidir. Bununla birlikte, istifin üst kısımlarında volkanikler (açık renk tüf ve andezitik konglomera) gözlenebilir [7]. Alanın genelleştirilmiş jeoloji haritası Şekil 3'te verilmiştir.

Kocaeli sismo-tektonik olarak aktif bir bölgede yer almaktadır ve 1996 yılında Afet İşleri Genel Müdürlüğü Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı tarafından yapılan çalışmaya göre Kocaeli'nin tamamına yakını birinci derece deprem bölgesidir. Bölgenin sismik aktivitesinin en önemli kaynağı olan KAFS, Avrasya Plakasını Anadolu Plakasından ayıran Türkiye'nin önemli tektonik yapılarından biridir ve 1500 km uzunluğa sahip sağ yönlü doğrultu atımlı bir fay sistemidir. Bu fay sisteminin oluşturduğu Kocaeli depreminin (17 Ağustos 1999, Mw=7.4) kırık zonunun 125 ila 145 km uzunluğunda yüzey kırığı olduğu literatürde belirtilmiştir [8, 9]. Bilindiği üzere bu kırık deniz içinde de devam etmektedir [8, 10, 11]. Yakın çevredeki ikinci sismik kaynak olan Düzce depremi kırık zonu (12 Kasım 1999, Mw=7.2) 30 ila 45 km'lik bir uzunluğa sahiptir [12]. Çevredeki üçüncü büyük sismik kaynak ise Abant (26 Mayıs 1957, Ms=7.0) ve Mudurnu

(22 Haziran 1967, Ms=7.1) depremlerinin kırık zonları ve bunların batıdaki devamıdır [13].



Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası ([6]'dan modifiye edilmiştir).

2.2. Mühendislik Jeolojisi Özellikleri

Çalışma alanı, Sarılık Deresi dere yatağının olduğu vadide bulunmaktadır. Genel jeolojik incelemeler ve mühendislik jeolojisi özelliklerinin anlaşılması için yapılan arazi çalışmalarında litolojik birim kumtaşı-silttaşı ardalanması olarak tanımlanmıştır. Şekil 4'te birimin arazideki görüntüsü verilmiştir.

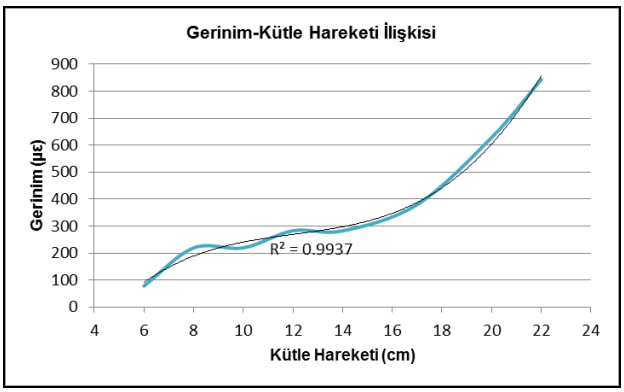


Şekil 4. İncebel Formasyonunun görüntüsü.

Arazi gözlemlerine göre birimler Paleosen-Eosen yaşlı İncebel Formasyonu'na aittir. İstifte dağınık ve devamlı olmayan süreksizlikler ve küçük ölçekli kıvrımlar gözlenmiştir. Çalışma alanı çevresinde daha önce açılmış sondaj kuyuları yardımıyla yapılan karakterizasyon çalışmaları sonucunda İncebel Formasyonu'nun üst kısımlarında 1-2 m kalınlıkta bir örtü tabakası ve bu tabakanın altında kumtaşı-silttaşı-marn istifi olduğu görülmüştür. Su seviyesi ise 3-4 m aralığında değişmektedir. Heyelan sınırları içerisindeki bu istif genelde tektonizma ile deformasyona uğramış ve ayrışmış olmakla birlikte heyelanın birkaç yerinde ayrı ve lokal bloklar mevcuttur. Kumtaşı sarımsı kahverengi renkte ve silttaşı yeşilimsi gridir. Her iki birim de zayıf-çok zayıf dayanıma sahiptir ve orta-çok ayrışmış durumdadır [14]. Silttaşı kumtaşına göre daha dayanımsız ve daha ayrışmıştır. Dağınık süreksizlik setleri ISRM (1981)'e göre devamlı değildir ve kil dolguludur. Sondaj verileri kullanılarak sağlam karot veriminin (SCR) %13-%40 aralığında, kaya kalitesinin (RQD) %0-%10 aralığında olduğu görülmüş, buna göre birim çok zayıf kaya (ayrışmış/bozunmuş kaya) olarak sınıflanmıştır. Çalışma alanının tektonik olarak deforme olmuş bir makaslama zonunda yer alışı ve süreksizlik verilerinin dağınık bir yapı izlemesi sebebiyle heyelanı oluşturan kaya kütlesi, düzensiz eklemli, foliasyonlu ve deforme olmuş, zemin gibi davranan ayrışmış kaya olarak sınıflandırılmıştır [15].

3. Metodoloji

Kullanılan sistem, fiber optik kablolar ve Brillouin Optik Zaman Alanı Çözümleyicisi (Optical Time Domain Analyzer; BOTDA) olarak isimlendirilen bir cihazdan oluşmaktadır. Brillouin saçınımı prensibine göre çalışan bu cihaz, hem fiber kablolara ışık gönderme, hem de kablodaki iletim sırasında geri yansıyan ışığı toplama işlemlerini gerçekleştirmektedir. Cihaz, kabloya gönderilen ışık ile yansıyarak geri dönen ışığın cihaza ulaşması için geçen süreyi kullanarak kablo üzerindeki değişiklikleri tespit ettiği için zaman alanı çözümleyicisi olarak adlandırılmaktadır [16]. BOTDA cihazı ile kabloya gönderilen ışık ve geri yansıyan ışık arasındaki frekans farkı fiber kablonun Brillouin frekansına eşit olduğunda, ölçüm grafiğinde bir tepe noktası oluşur [17]. Kablo üzerinde bir değişiklik olduğunda ise bu tepe noktasının yeri kayar. Böylece, kablo ağında meydana gelen gerinim (strain) değişimleri sayısal olarak saptanmaktadır. Sistemin hassasiyet ölçümleri sonucunda elde edilen gerinim-kütle hareketi ilişkisi Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Gerinim-kütle hareketi ilişkisi.

Yapılan hassasiyet analizleri sonrasında sistem, Kocaeli İli, Başiskele Belediyesi, Bahçecik Mevkii'ndeki heyelanlı sahaya uygulanmıştır. Bu sahayı izlemek için heyelanın taç kısmının hemen arkasından başlayan bir fiber kablo ağı kullanılmıştır. Kablo serimi heyelan alanına yerleştirilmiş ve tekrar başlangıç noktasına, cihazın bulunduğu konteynıra dönmüştür (Şekil 6). Heyelan sahasında meydana gelen hareketleri izlemek için 2 m uzunluğa sahip metal sabitleme çubukları kullanılmış ve bu çubuklar heyelanlı bölgeye ve heyelanın etrafına gömülerek sabitlenmiştir. Daha sonra fiber kablolar bu çubukların etrafına sarılarak heyelanlı alana yerleştirilmiştir.

Sabitleme için kullanılan çubukların potansiyel yerleşim yerleri sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak yapılan

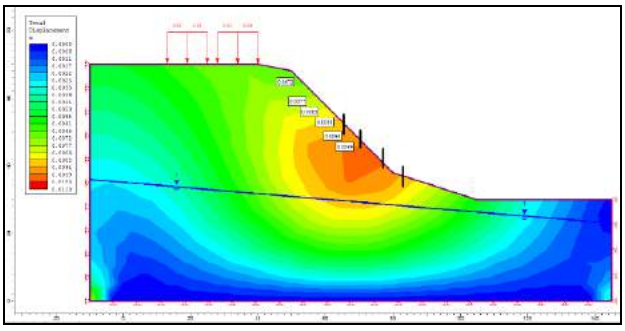
deformasyon analizi sonuçlarının değerlendirilmesi ile belirlenmiştir. Analizler sırasında gerekli olan dayanım parametreleri çalışma alanından elde edilen jeomekanik zemin parametreleri ve çalışma sahasında yapılan geriye dönük analizlerden elde edilmiştir. Çalışmada kullanılan bu parametreler, arazi ve hat etüdü çalışmaları, jeoteknik sondaj ve laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler yardımıyla hesaplanmıştır.



Şekil 6. Fiber optik izleme sisteminin yerleştirildiği, heyelan tacının arkasında bulunan konteynerın a) konumu ve b) içinin görüntüsü.

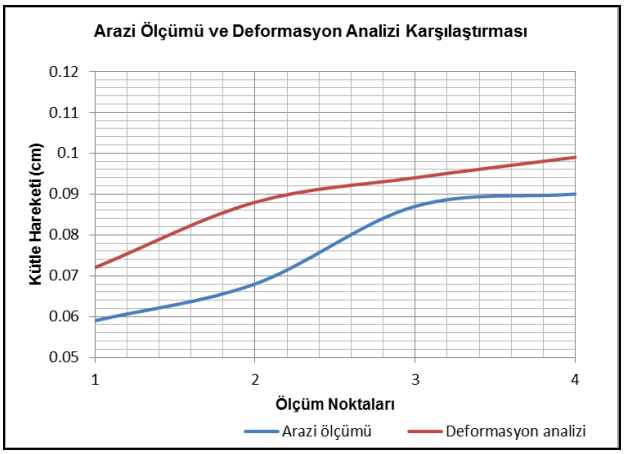
Deformasyon analizleri ile kütle hareketinin yoğun olduğu bölgelerin uyumluluğu kontrol edilerek arazide bu bölgeler dikkate alınmış ve fiber kabloların uygun konfigürasyonlarla yerleştirilmesi için test çalışmaları yapılmıştır (Şekil 7). Bu test aşamasında geçici çubuklar kullanılmış ve sonuçların uygunluğu gözlenmiştir. Şekilde görünen koyu renk çubuklar kablo yerleşimi sırasında kullanılan sabitleme çubuklarının dört farklı hat boyunca yerleştirildiği test dizilimlerini temsil etmektedir.

Daha sonra, kütle hareketlerinin yoğun olduğu bölgelere yerleştirilen çubuklardan alınan deformasyon verileriyle modellemeden alınan sonuçlar karşılaştırılmış ve değerlerin genel anlamda birbirleriyle uyumlu olduğu belirlenmiştir.



Şekil 7. Heyelan geometrisinin deformasyon değerlerinin kablo sabitleme noktalarıyla birlikte görüntüsü.

Arazide fiber optik kabloların döşendiği dört sırayı temsil eden noktalar ile deformasyon analizi sonuçlarının karşılaştırılmasından elde edilen sayısal sonuçlar Şekil 8'de verilmiştir. Sonuçlar tam olarak aynı olmasa da uyumludur. Bu farklılığın test aşamasında sistemin yerleşmesine zaman tanınmadan ölçüm alınmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 8. Arazi ölçümü ve deformasyon analizi ile elde edilen kütle hareketlerini karşılaştıran grafik.

Yapılan ön çalışmalardan sonra kesin olarak uygunluğu test edilen lokasyonlara düzenli veri alımı için metal sabitleme çubukları yerleştirilmiştir. Fiber optik hattın kablo sabitleme noktalarının arazideki görünümü Şekil 9'da verilmiştir. Heyalan sahasında fiber kablo serimi işlemi tamamlandıktan sonra da arazi şartlarına uygun hassasiyet analizleri yapılmış ve bölgede eş zamanlı deformasyon ölçümlerinin düzenli olarak alımına başlanmıştır. Bölgede düzenli olarak veri alımına yaklaşık 3 aydır devam edilmektedir. Ayrıca, bölgedeki sismik aktivitenin çalışma alanına yakın AFAD ivme ölçer istasyonlarından ve yağış durumunun bölgedeki meteoroloji istasyonlarından alınan veri ile kontrolü sürekli olarak sağlanmaktadır. Özellikle yağışların fazla olduğu ve dere yatağındaki su seviyesinin yükselmesinin yaratmış olduğu etkiler, deformasyon değişimlerinden açıkça görülmektedir. Bu durum sistemin güvenilir bir şekilde çalıştığını ayrıca belgelemektedir.



Şekil 9. a) Kablo sabitleme noktalarının yakından ve b) genel görünümü.

Çalışmaların güvenilirliği ve sistemin diğer heyelan sahalarında da uygulanabilirliğinin test edilmesi açısından arazide uzun dönem hassasiyet ölçümlerine devam edilecek ve sürekli ölçümler alınarak eş zamanlı izlemeler yapılacaktır. Sistem, bir GPRS sistemi yardımıyla uzaktan kontrol edilebilmekte ve veriler merkezden değerlendirilebilmektedir. Kısaca sistem bir veri istasyonu gibi çalışarak online veri aktarımı sağlamaktadır.

4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışma, fiber optik teknolojisinin eş zamanlı veri alabilen, heyelan izlemede kullanılabilecek bir yöntem olduğunu göstermiştir. Fiber optikler, diğer yöntemlere göre sahip oldukları avantajlar ve arazi şartlarındaki üstünlükleri nedeniyle tercih edilmiştir. Devam etmekte olan projenin gelinen aşamasında sistemin araziye kurulumu ve işletilmesi başarıyla sağlanarak sürekli olarak deformasyon ölçümleri alınmaktadır. Ayrıca, sistemin daha sonraki aşamasında erken uyarı sistemine dönüştürülmesi de sağlanacaktır. Sistemin uzun vadede denenmesi sonrasında heyelan sahasına uygun olarak atanacak sınır değerler ile erken uyarı sistemi olarak da çalışabilirliği gerçekleştirilecektir.

Çalışmanın bulunduğu bu aşamada, sistemin daha farklı yöntemlerle de kontrol edilmesini sağlamak ve güvenilirliğinin test etmek amacıyla yeni çalışmalara devam edilmektedir. Bu aşamaya kadar alınan sonuçlar ve heyelanın yenilmesine sebep olan etmenler bölgedeki duraylılığın su seviyesindeki değişimlerden etkilendiğini daha önceden de açıklandığı üzere açıkça göstermektedir. Bu sebeple alandaki su seyivesi değişimlerinin proje ekibi tarafından heyelanlı bölgeye yerleştirilecek bir piezometre yardımıyla sürekli olarak takip edilmesi düşünülmektedir. Bu şekilde heyelanın izlenmesiyle, tetikleme mekanizmasını etkileyen en önemli faktörlerden biri olan su durumu hakkında daha güvenilir bir veri bankasına sahip olunacaktır. Tüm bu çalışmaların sonucunda, heyelanı tetikleyen faktörlerin anlaşılması ile birlikte heyelan mekanizmasına uygun iyileştirme yöntemleri önerilerek alanın güvenli kullanımı sağlanabilecektir.

Sağlayacağı bilimsel veri dışında geliştirilen sistem, ülkemizde çok sayıda kayıp ve hasara sebep olan heyelanlar başta olmak üzere deformasyona maruz kalan tüm doğal ve sanat yapılarından (tüneller, yollar, barajlar, köprüler, vb.) kaynaklı can ve mal kaybının minimize ederek ülkemize hizmet edecektir.

Teşekkür

Bu çalışma AFAD, UDAP-Ç-14-02 No'lu proje ile desteklenmektedir. Projeye katkılarından dolayı AFAD'dan Sn. Murat Nurlu, Sn. Ahmet Temiz ve Sn. Cenk Erkmen'e ve Zarar Azaltma Dairesi'nden, Sn. M. Maruf Yaman ve Sn. Ceren Deveci'ye teşekkür ederiz. Projeye desteklerinden dolayı SDS Enerji'den Sn. Arif Mert Eker'e ve HAMA Mühendislik'ten Sn. Mehmet Abdullah Kelam'a teşekkür ederiz. Ayrıca, sağlamış oldukları lojistik destekleri için Kocaeli İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ile Başiskele Belediyesi yönetici ve çalışanlarına teşekkürü borç biliriz.

Kaynaklar

[1] Pei, H., Cui, P., Yin, J., Zhu, H., Chen, X., Pei, L. & Xu D., Monitoring And Warning Of Landslides and Debris Flows Using an Optical Fiber Sensor Technology. J. Mount. Sci., 8, pp. 728-738, 2011.

[2] Savvaidis, P. D., Existing Landslide Monitoring Systems And Techniques. From Stars To Earth and Culture. School of Rural and Surveying Engineering, The Aristotle University of Thessaloniki, pp. 242-258, 2003.

[3] Gupta, S. C., Textbook on Optical Fiber Communication and its Applications (2nd Edition). PHI Learning Private Limited, New Delhi, 2012.

[4] Wang, B., Li, K., Shi, B. & Wei, G., Test on Application of Distributed Fiber Optic Sensing Technique into Soil Slope Monitoring. Landslides, 6, pp. 61-68, 2008.

[5] Gökçe, O., Özden, Ş. & Demir, A., Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgi Envanteri. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 2008.

[6] Gedik İ., Pehlivan, Ş., Timur, E., Duru, M., Altun, İ., Akbaş, B., Özcan, İ. & Alan, İ., Kocaeli Yarımadasının Jeolojisi. MTA Rapor No. 10774, MTA, Ankara, Türkiye, 2005.

[7] Göncüoğlu, M. C., Erendil, M., Tekeli O., Aksay, A., Kuşçu İ. & Ürgün, B.M., Introduction to the Geology of Armutlu Peninsula. ISGB-92 Guide Book, Ankara, Türkiye, 1992.

[8] Barka, A., Akyüz, H.S., Altunel, E., Sunal, G. & Çakır, Z., The Surface Rupture and Slip Distribution of the 17 August 1999 Izmit Earthquake (M 7.4), North Anatolian Fault. Bull. Seismol. Soc. America, 92, 43–60, 2002.

[9] Lettis, W., Bachhuber, J., Witter, R., Brankman, C., Randolph, C.E., Barka, A., Page, W.D. & Kaya, A., Influence of Releasing Step-Overs on Surface Fault Rupture and Fault Segmentation: Examples from the 17 August 1999 Izmit earthquake on the North Anatolian Fault, Turkey. Bull. Seismol. Soc. America, 92(1), 19-42, 2002.

[10] Emre, Ö., Doğan, A., Duman, T.Y. & Özalp, T., 1:250.000 Scale Active Fault Map Series of Turkey. General Directorate of Mineral Research and Exploration, Ankara, Türkiye, 2011.

[11] MTA., Atlas of North Anatolian Fault: Special Publications Series: 2, MTA Press, Ankara, Türkiye, 2003.

[12] Duman, T. Y., Emre, O., Doğan, A., Özalp, S., Step-Over and Bend Structures along the 1999 Düzce Earthquake Surface Rupture, North Anatolian Fault, Turkey. Bull. Seismol. Soc. America, 95, 1250 – 1262, 2005.

[13] Ambraseys, N.N. & Zatopek, A., The Mudurnu Valley, West Anatolia, Turkey, Earthquake of 22 July 1967. Bull. Seismol. Soc. America, 59, 521-589, 1969.

[14] ISRM., Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. In: Barton T, editor. Rock Characterization, Testing And Monitoring, Pergamon Press, Oxford, London, 1981.

[15] Arslan, A., Generation of an Early Warning System for Landslide and Slope Instability by Optical Fiber Technology. Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Müh. Bölümü, ODTÜ, Ankara, 2015.

[16] Ohno, H., Naruse, H., Kihara, M. & Shimada, A., Industrial Applications of the BOTDR Optical Fiber Strain Sensor. Optical Fiber Technology, 7, pp. 45-64, 2001.

[17] Xiaofei, Z., Wenjie, H., Qing, Z., Yanxin, S., Xianwei, M. & Yongwen, H., Development of Optical Fiber Strain Monitoring System Based on BOTDR. The Tenth International Conference on Electronic Measurement & Instruments (ICEMI), IEEE, 4, pp. 38-41, 2011.

ERZURUM KAYAKLA ATLAMA TESİSİ'NDE MEYDANA GELEN HEYELAN 1. KISIM: HEYELANIN GELİŞİMİ VE GERÇEKLEŞMESİ

THE LANDSLIDE IN ERZURUM SKI JUMPING COMPLEX PART 1 : EVOLUTION OF THE LANDSLIDE AND THE INCIDENCE

Remzi ŞAHİN[a] Habib UYSAL[a] Fatma Zehra ÇAKICI[b] Semet ÇELİK[a]
Mehmet ÖZYAZICIOĞLU[a] Ekrem KALKAN[c]

[a] Atatürk Üniv., Mühendislik Fak., İnşaat Müh. Böl., E-posta: rsahin@atauni.edu.tr
[b]Atatürk Üniv., Mimarlık ve Tasarım Fak., Mimarlık Böl., E-posta: fzehra.cakici@atauni.edu.tr
[c] Atatürk Üniv., Oltu Yer Bilimleri Fak., Jeoloji Müh. Böl., E-posta: ekalkan@atauni.edu.tr

Özet

2011 Universiade Kış Oyunları için Erzurum'da, bir kısmı Türkiye'de ilk olma özelliğine sahip, birçok tesis inşa edilmiştir. Bunlardan biri de Kayakla Atlama Tesisi (Tesis)'dir. Tesis, bünyesinde 5 adet atlama kulesi ile bunların pistleri başta olmak üzere çok sayıda irili ufaklı yapı bulunduran bir komplekstir. Tesis'in oturtulduğu Kiremitlik Tepe'nin kuzey yamacında 15.07.2014 (Salı) günü heyelan meydana gelmiştir. Ancak, heyelan gününden önce pistlerin oturtulduğu tarafta heyelana işaret eden çeşitli deformasyonlar gözlemlenmiştir. Mart 2012'de Füniküler sistemin temel pabuçlarında proje kotlarına göre 5 cm'ye varan yer değiştirmeler, Mayıs 2014'de betonarme rampa yüzeylerinde bir takım yüzeysel hasarlar, Temmuz 2014'un ilk haftasında pistler ile tribünlerdeki çatlaklar, heyelandan bir gün önce kayma yüzeylerinin oldukça belirgin bir hal alarak yamaçta yer yer 1-1,5 m yüksekliğinde kot farkları oluşmuş olması heyelanın habercisi olarak değerlendirilebilir. Heyelan, etkisi altına aldığı yapı kısımlarında ciddi hasarlara neden olmuş ve Tesis kullanılamaz duruma gelmiştir. Heyelanın takribi ölçüleri, planda, doğu-batı yönünde ortalama 150m, kuzey-güney yönünde ortalama 130m'dir. Kayan kütlenin en alt ve en üst kısımları arasındaki kot farkı ise ortalama 40 m olarak ölçülmüştür. Heyelanın tedrici gelişmesi Tesis'te yaşanabilecek yaralanma ya da can kayıplarının önüne geçmiştir.

Anahtar kelimeler: Erzurum, Kayakla Atlama Kuleleri, heyelan

Abstract

In relation to 2011 Universiade Winter Games preparation works, many sport facilities, several of which were first of their type in Turkey, were constructed in the city of Erzurum. Notable among them is the Ski-Jumping Complex, which comprises 5 levels of jumping towers and connecter runways and a plethora of related small and large size constructions, substructures and lifelines. 3 years after its completions and service in 2011-Universide Winter Games, on 15.07.2014 (Tuesday), on the north slopes of the Kiremitlik Hill where the complex was built, a landslide, covering whole outrun area, damaged the complex seriously. The coverage area of the landslide is approximately 150 m in east-west and 130 m in north-south directions, the height from toe to the crest is about 40 m. Long before the incidence, many surface deformations that were pointing to the impending slope failure were started to be observed, yet overlooked and corrected by cosmetic manipulations. Just one day before the incident large fissures and elevations differences were observed to form. The landslide rendered the complex unusable by the extent of the incurred damage. The gradual development of the slide provided time for security precautions to be taken in advance and prevented possible injuries.

Keywords: Erzurum, Ski-Jumping complex, landslide

1. Giriş ve Tesis'in Tanıtılması

Uluslararası Kış Olimpiyatları 1924 yılından Üniversitelerarası Kış Oyunları ise 1960'dan beri düzenli olarak yapılmaktadır. Bu bağlamda, pek çok ülkede (örneğin Avusturya, Norveç ve Almanya) artistik paten, buz hokeyi, curling ve kayakla atlama gibi oyunlar için çok sayıda tesis inşa edilmiştir. Uluslararası Kayak Federasyonu (International Ski Federation, FIS) uluslararası kayak ve snowboard için yönetim organıdır. FIS düzenlemeleri hem oyun kurallarını hem de tesislerin takip ve tasdik sürecini kapsamaktadır. FIS uluslararası tasarım ölçütlerini ve hesaplama yöntemlerini belirleyerek FIS standartları olarak yayınlamaktadır. Örneğin, kayakla atlama mesafesi 1960 yılında FIS tarafından standardize edilmiştir. FIS tarafından tasdik edilecek olan her tesisin güncel FIS standartlarına göre inşa edilmesi gerekmektedir. Uluslararası Üniversiteler Kayak Federasyonu (International University Sports Federation, FISU) ise üniversite kurumları arasında spor değerlerini yaymak ve spor aktivitelerini teşvik etmek için FIS'e bağlı olarak 1949 yılında kurulmuştur. Diğer kış sporu türlerinde olduğu gibi, kayakla atlama etkinlikleri de FIS tarafından belirlenen teknik düzenlemelere uygun tesislerde yapılmaktadır [1,2].

FISU tarafından organize edilen 2011 Universiade Kış Oyunları 27 Ocak - 6 Şubat 2011 tarihleri arasında Erzurum'da gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda FIS/FISU standartlarında Türkiye'de ilk olma özelliğine sahip birçok tesis inşa edilmiştir. Kayakla Atlama Tesisi de bu kapsamda inşa edilmiş ve kış oyunlarında aktif olarak kullanılmıştır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Heyelanın yaşandığı Kayakla Atlama Tesisi; Erzurum İli, Palandöken Belediyesi sınırları içinde, Refik Saydam Caddesi üzerinde, Kiremitlik Tepe Mevkii'nde yer almaktadır. Tesis; 25 barakalı sporcu köyü ve otoparkı, çevre serpantin yolu, spor salonu ile iki adet asansörlü atlama kulesi (K95 ve K125) ve bunlara ait atlama rampaları (in-run ve out-run), üç adet antrenman kulesi (K20, K40 ve K65) ve bunlara ait atlama rampaları, iki adet hakem kulesi, atlama kulelerine ait beş adet antrenör platformu, ski-center (misafirhane, basın merkezi vs.) ile buna ait otopark ve anayola bağlantı yolu, arena (tribünler, meydan, tesisat galerisi vs.), pompa istasyonu ve gölet ile yedi adet kar yapma makinesinden müteşekkil suni kar üretme düzeni, alt ve üst istasyonlu iki adet 25 kişi kapasiteli (yerden yükseltilmiş) raylı ve halatlı füniküler ile sair tesisler, çevre düzenlemesi, elektrik ve mekanik tesisat ile diğer alt yapılardan (kanalizasyon, drenaj vs.) oluşmaktadır. Tesis'in genel görünümü Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Erzurum Kayakla Atlama Tesisi genel görüntüsü

(**1**:K125 Atlama Kulesi, **2**:K95 Atlama Kulesi, **3**:Kayak Merkezi (Otel Binası), **4**:Büyük Hakem Kulesi, **5**:Gölet, **6**:K95 İniş Pisti (out-run), **7**: K125 İniş Pisti (out-run), **8**:Sporcu Köyü, **9**:Arena, **10**:Çevre serpantin yolu, **11**:Füniküler hattı (müsabaka),**12**:Füniküler hattı (antrenman), **13**:K20, K40 ve K65 Atlama Kuleleri **14**:K20, K40 ve K65 İniş Pistleri)

Tesis'in etüt, projelendirme, müşavirlik ve imalat süreçleri, biri yabancı, dört farklı firma tarafından yürütülmüştür. Mülkiyeti T.C. Gençlik ve Spor Bakanlığı'na ait olan Tesis'in inşası 2009 ve 2010 yıllarında yapılan iki ihaleye ile gerçekleştirilmiş olup yapılan toplam ödeme, KDV dahil, 90 milyon TL civarındadır.

Bu bildiri, olayın aydınlatılması için bilirkişi olarak görev yapan ve bulgularını raporlayan [3] yazarların tespit ve değerlendirmelerini içermektedir. Yazarların tespitlerinin doğruluğu yargılama sürecinin sonunda kesinlik kazanacaktır.

2. Heyelanın Gelişimi ve Gerçekleşmesi

Geçici kabulü Ekim 2010 tarihinde yapılarak işletmeye alınan Tesis, Ocak 2011'de Üniversitelerarası Kış Oyunları'na ev sahipliği yapmıştır. Tesis heyelanın meydana geldiği Temmuz 2014'e kadar da çeşitli spor organizasyonları ve antrenmanlarda kullanılmıştır. Bu süreç içerisinde pistlerin olduğu tarafta heyelana işaret eden ancak heyelan olarak yorumlanmadığı anlaşılan çeşitli deformasyonlar gözlemlenmiştir. Şöyle ki;

i- Mart 2012'de (inşaatın tamamlanmasından yaklaşık 1,5 yıl sonra) Füniküler sistemin temel pabuçlarında proje kotlarına göre 5 cm'ye varan yer değiştirmeler ölçülmüştür.

ii- Mayıs 2014'de betonarme rampa yüzeylerinde bir takım yüzeysel hasarlar meydana gelmiştir.

iii- Temmuz 2014'un ilk haftasında müsabaka ve antrenman pistlerinde ve tribünlerdeki betonarme yüzeylerde çatlaklar ve kaymalar meydana gelmiştir. Bu tarihte görüntülenen bir hasar örneği Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. K125 iniş pistinin batısındaki seyirci tribününde görüntülenen hasarlar

iv- Heyelanın gerçekleşmesinden bir gün önce gerilme çatlakları oldukça belirgin bir hal alarak taç kısmında yer yer 1,0 ila 1,5 m yüksekliğinde kot farkları meydana gelmiş ve kulelerin rampaları ile rampaları taşıyan temel pabuçlarında ciddi hasarlar oluşmuştur. Heyelan anından birkaç saat öncesine ait görüntüler Şekil 3 ve 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Heyelandan birkaç saat önce (saat: 9:39) şevin taç kısmında görülen yer değiştirmeler



Şekil 4. Heyelan günü saat 11:00 itibari ile Tesis'in genel görünümü

v- Heyelanın olduğu günü saat 12:30 – 13:00 sularında, Tesis'teki problemi incelemek üzere Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi'nden bir heyet; K125 - K65 pistlerinin üst seviyelerinden geçen yarılmada kot farkının 1.5 m'yi bulduğunu, pist yüzeylerindeki bozulmaları (Şekil 4), pistlerin betonarme plaklarındaki çatlama ve çelik elemanlardaki eğilme nedeniyle oluşan sesleri ve şevler ile şev zemininde aralıklarla akmalar meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

vi- 15.07.2014 (Salı) günü saat 15:15'de şev stabilitesini tamamen kaybederek Tesis'in oturtulduğu Kiremitlik Tepe'nin kuzey yamacında heyelan meydana gelmiştir.

3. Heyelan Sonucu Oluşan Hasarlar

Heyelanın yol açtığı aşırı yer değiştirmeler, heyelan bölgesindeki yapı kısımlarında ciddi hasarlara neden olmuş ve Tesis kullanılamaz duruma gelmiştir. Tesis'in heyelandan sonraki genel görüntüsü Şekil 5'de verilmiştir.

Tesis'te meydana gelen toprak kayması; K125, K65, K40 ve K20 pistlerin betonarme iniş rampalarını (out-run) tamamen, K95 pistinin betonarme iniş rampasını ise kısmen içine alan, takribi ölçüleri, planda, doğu-batı yönünde ortalama 150m, kuzey-güney yönünde ortalama 130m olan bir kütle hareketidir. Kayan kütlenin en alt (topuk) ve en üst (taç) kısımları arasındaki kot farkı, rüzgâr perdesi için sonradan yapılan dolgu zemin hariç, ortalama 40 m olarak ölçülmüştür.

Tesis'te heyelan nedeniyle oluşan hasarın aşağıdaki gibi olduğu tespit edilmiştir [3]:

- K20, K40, K65 ve K125 pistlerine ait iniş rampalarının (out-run) tamamı,
- K95 pistine ait iniş rampasının bir bölümü,
- K20, K40 ve K65 hızlanma rampalarının (in-run) tamamı,
- K65, K40 ve K20 kulelerinin tamamı,
- K125 pistinin sağ (batı) tarafında bulunan seyirci terasının tamamı,
- Kayan kütle içerisinde kalan istinat duvarları ve altyapıya ait diğer imalatlar,
- Kayan kütle içerisinde kalan kar püskürtme cihazlarının bazıları ve bağlantılarının tamamı, antrenman pistleri, küçük füniküler sistem (halatları ve rayları ile birlikte) ve çelik merdivenler gibi mekanik ve yapısal aksam,
- Kayan kütle içerisinde kalan elektrik ve veri iletim altyapı tesisatı (fiber kablolar dahil),
- Temeli ile birlikte yer değiştirmiş olan scoreboard



Şekil 5. Heyelanlı bölgenin genel görünümü

4. Değerlendirme ve Sonuçlar

1. Tesis'te inşaatın tamamlanmasından yaklaşık 1,5 yıl sonra (Mart 2012'de) Füniküler sistemin temel pabuçlarında proje kotlarına göre 5 cm'ye varan yer değiştirmelerin olduğunun tespit edilmiş olması, şevde heyelanın gelişmekte olduğunun göstergesi olarak kabul edilebilir. Heyelandan yaklaşık 2 ay önce (Mayıs 2014'te) betonarme rampa yüzeylerinde çatlakların görülmüş olması ve onarılan bu çatlakların heyelandan bir hafta önce tekrar ortaya çıkmış olması da Tesis'teki şev kaymasının Mayıs 2014'de hızlandığını ve Temmuz 2014'e kadar artarak gelişmiş olduğunun kanıtıdır. Ancak, Temmuz 2014'ün başına kadar bu yer değiştirmelerin heyelana işaret ettiği süreç içerisinde değerlendirilmemiştir.
2. 14.07.2014 günü akşamı kayma hızlanmış ve 15.07.2014 (Salı) günü saat 15:15'de şev stabilitesini tamamen kaybederek heyelan meydana gelmiştir. Tesis'te meydana gelen toprak kaymasının takribi ölçüleri, planda, doğu-batı yönünde ortalama 150m, kuzey-güney yönünde ortalama 130m'dir. Kayan kütlenin en alt (topuk) ve en üst (taç) kısımları arasındaki kot farkı ortalama 40m'dir.

3. Yalnızca heyelan nedeniyle oluşan kamu zararının 2015 yılı fiyatlarına göre, KDV dahil, 15 milyon TL civarında olduğu tahmin edilmiştir [3]. Heyelan sonrası yaptırılan geoteknik-jeolojik-jeofizik etüt ve proje giderleri ile molozun kaldırılması ve yeniden yapım (zemin iyileştirilmesi, alt ve üst yapı vb.) giderleri maliyetin daha da artmasına yol açacaktır.
4. Heyelanın tedrici gelişimi ve Tesis'ten sorumlu idarenin süreci takip etmesi Tesis'te yaşanabilecek muhtemel yaralanma ve/veya can kayıplarının önüne geçmiştir.
5. Mühendislik alanındaki çağdaş bilgi düzeyini yansıtmayan bu olay, milyonlarca liralık kamu zararına yol açmasının yanı sıra, inşaat sektörü ve spor çevrelerinde uluslararası düzeyde ülkemizin imajının da zarar görmesine ve kredibilitesinin düşmesine yol açmıştır.

Kaynaklar

[1] http://www.fisu.net/en/FISU-Ski-Jumping-3547.html (11/01/2016)

[2] http://www.olympic.org/ski-jumping-equipment-and-history?tab=history (11/01/2016)

[3] Erzurum Kayakla Atlama Tesisi'nde Meydana Gelen Heyelan İle İlgili Bilirkişi Raporu, Şubat 2015 (yayımlanmamış).

ERZURUM KAYAKLA ATLAMA TESİSİ'NDE MEYDANA GELEN HEYELAN 2. KISIM: TEKNİK DEĞERLENDİRMELER

THE LANDSLIDE IN ERZURUM SKI JUMPING COMPLEX PART 2: TECHNICAL EVALUATION

Semet ÇELİK[a] Mehmet ÖZYAZICIOĞLU[a] Ekrem KALKAN[b]
Remzi ŞAHİN[a] Habib UYSAL[a] Fatma Zehra ÇAKICI[c]

[a] Atatürk Üniv., Mühendislik Fak., İnşaat Müh. Böl., E-posta: rsahin@atauni.edu.tr
[b] Atatürk Üniv., Oltu Yer Bilimleri Fak., Jeoloji Müh. Böl., E-posta: ekalkan@atauni.edu.tr
[c]Atatürk Üniv., Mimarlık ve Tasarım Fak., Mimarlık Böl., E-posta: fzehra.cakici@atauni.edu.tr

Özet

Universiade-2011 Kış Oyunları organizasyonu kapsamında yapılan Erzurum Kayakla Atlama Tesisi'nde (Tesis) 15 Temmuz 2014 tarihinde meydana gelen heyelanın gelişimi, gerçekleşmesi ve yol açtığı hasara dair bilgiler 1. Kısımda verilmişti. Bu kısım ise heyelanın jeolojik ve geoteknik açıdan ele alınarak değerlendirilmesini içermektedir Atlama Kuleleri'nin pistleri üst kesimlerde Gelinkaya formasyonu, orta ve alt kesimlerde ise alüvyon dolgu malzemesinin yüzeylediği bir yamaca inşa edilmiştir. Söz konusu pistler, Kiremitlik Tepe'nin kuzey eteklerinde yer alan bir süreksizliğe dik istikamette planlanmış olup, pistlerin büyük çoğunluğu, jeolojik dönemlerde bu süreksizlik düzleminin kuzeyinde birikmiş alüvyon üzerinde yer almaktadır. Pistlerin Uluslararası Üniversiteler Kayak Federasyonu (FISU) standartlarının gerektirdiği eğimlerde inşası amacıyla yapılan kazı ve dolgular şevin stabilitesinin doğal durumuna göre azalmasına yol açmış; pist betonları, merdiven, tribün gibi imalatlar ile şev üzerindeki düşey yükler ciddi ölçüde artırılmıştır. Bu kazı, dolgu ve diğer imalatlarla stabilitesi limit dengeye doğru zorlanan yamaçta drenaj tedbirlerinin yetersizliği nedeniyle yapımı takibeden dönemlerde şevin taç kısmında oluşmaya başlayan çekme çatlaklarına sızan kar-yağmur suları heyelanı zorlamıştır. Yapımdan sonraki ilk üç yılda temellerde oynama, pistlerde çatlama vb deformasyonlarla kendini gösteren kütle hareketi 2014 Mayıs ayında yaşanan ortalamanın üstündeki yağışla birlikte hızlanarak Temmuz ayı ortasında heyelana dönüşmüştür. Projelendirme sırasında, pistlerin bulunduğu bölge için, şev stabilite tahkiklerinin yapılmadığı ve şevin duraylılığını artıracak tedbirlerinin düşünülmediği değerlendirilmektedir.

Anahtar kelimeler: Erzurum, Atlama Kuleleri, heyelan

Abstract

A brief of the stages in the evolution, incidence and the resulting damage of the landslide, that happened on 15 July 2014 in Erzurum Ski-Jumping Complex, which had been constructed in relation to Universiade-2011 Winter Games, was given in the first part. This part involves the evaluation of event from geological and geotechnical stand points. The runways of the complex were constructed on the northern slopes of Kiremitlik Hill. While, Gelinkaya Formation outcrop at the upper parts (towards crest), alluvium fill covers the middle and lower elevations of the slope. The runways, which cross an old discontinuity (fault) in the earth perpendicularly, lay mostly over the alluvium fill that accumulated in front of (north) this discontinuity during geological times. With the cut and fill operations to bring the slope to the required profile (to comply with FISU standards), the natural level of stability in the slope was lowered and with the concrete constructions like stairs, runways and tribunes vertical loads on the slope were significantly increased. The surface waters that seeped (owing to poor drainage measures) into the tension cracks, which probably started to form right after construction at the crest of the slope due to lowered stability by cut-fill operations, aggravated the situation by reducing shear strength, increasing self-weight of soil and producing horizontal water pressures in the cracks and further destabilized and triggered the land slide. The slow slope movement, during the following three years after completion of the complex, displayed itself as settlements and dislocations in the foundations, cracks in the runway linings, etc.. Finally, following the heavy rains in May 2014, which were well above normal monthly average precipitation, the mass movement accelerated ending in the landslide in mid July 2014. It is understood that the slopes of the runways were neither checked against stability, nor any measures were thought or applied to fortify the slope.

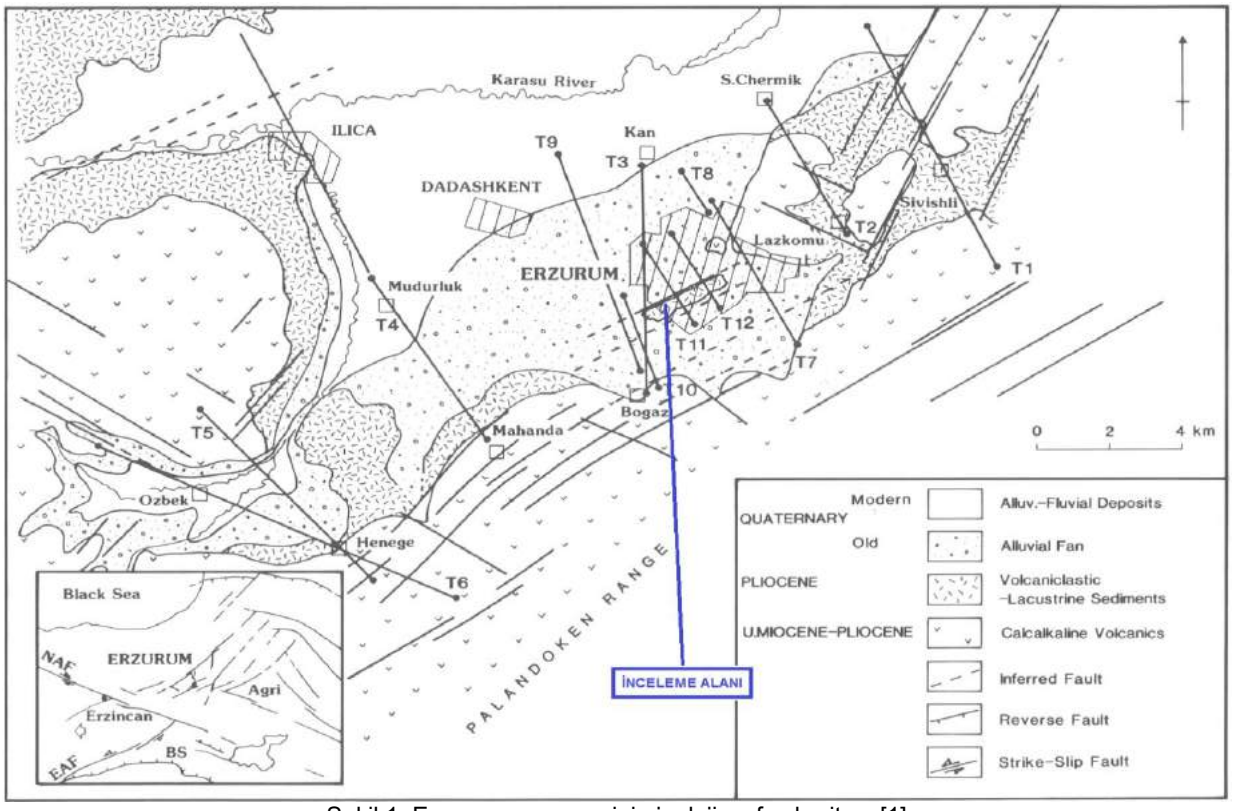
Keywords: Erzurum, Ski-Jumping complex, landslide

1. Jeolojik Değerlendirmeler

Atlama kulelerinin üzerinde bulunduğu alan, bir yükselti topografyasına sahiptir. Yükselti, etrafı kuzeye doğru hafif eğimli alüvyon yelpazesi içerisinde gelişmiştir. Kiremitlik Tepe olarak bilinen bu yükselti, kuzeydoğu-güneybatı istikametli bir ters fay sisteminin kontrolünde oluşmuştur. Fay hareketine bağlı olarak fay zonunun güney kesimi yükselmiş ve Kiremitlik Tepe olarak isimlendirilen topografik yapı ortaya çıkmıştır. Erzurum İli yerleşim alanı ve çevredeki çok geniş bir alanda yüzeyleyen alüvyon

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

yelpaze çökellerine göre jeolojik anlamda çok daha yaşlı olan Gelinkaya formasyonuna ait malzemeler yükselerek yüzeye çıkmış ve güneybatı-kuzeydoğu doğrultulu yükselti (Kiremitlik Tepe) oluşmuştur (Şekil 1).



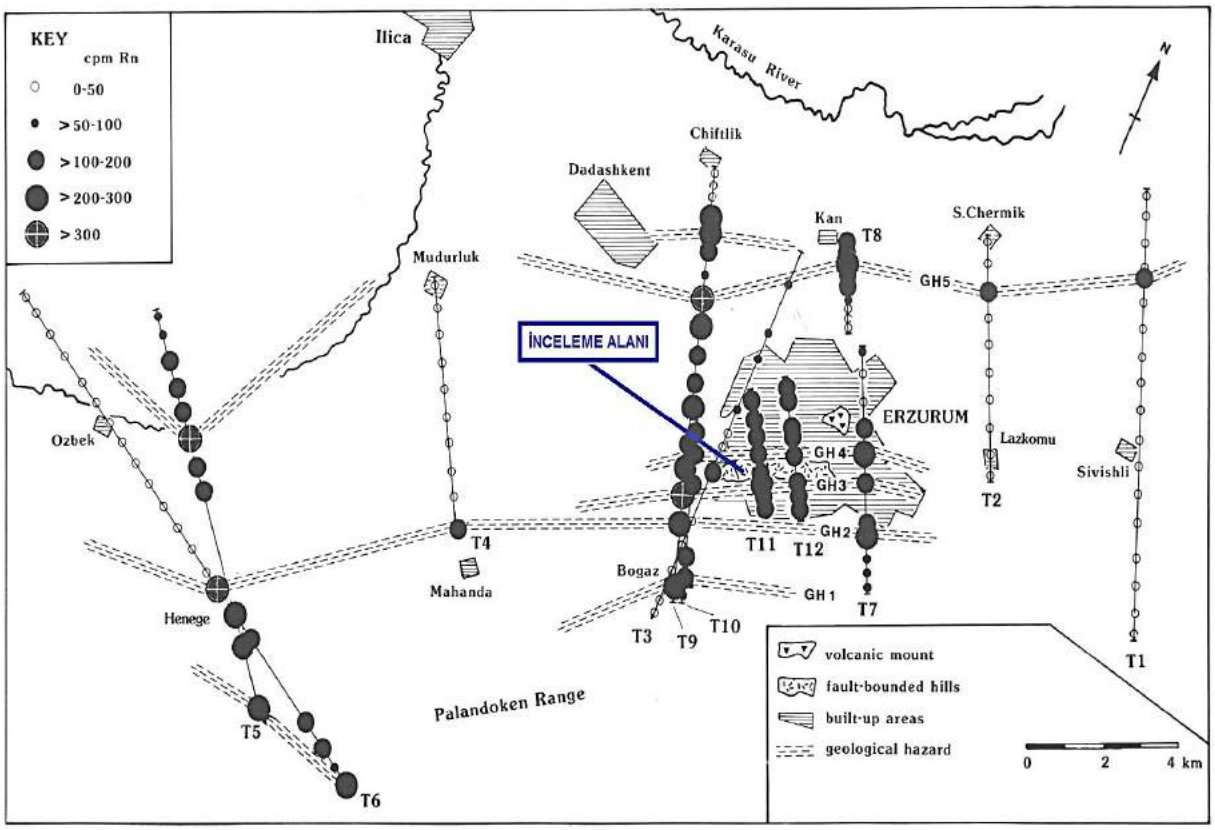
Şekil 1. Erzurum ve çevresinin jeoloji ve fay haritası [1]

Kiremitlik Tepe'nin oluşumunu sağlayan güneybatı-kuzeydoğu doğrultulu ters faylar Gelinkaya formasyonuna ait tabakaların kıvrımlanmasını sağlamıştır. Kiremitlik Tepe'yi oluşturan ve jeolojik olarak Pliyosen yaşlı olan Gelinkaya formasyonu çakıltaşı, kumtaşı, kiltaşı, marn ardalanmasından oluşmakta ve boz, gri ve sarımsı gri renklere sahip tüf seviyeleri içermektedir.

Günümüzde aktif olmayan bu fay zonu boyunca yükselen Gelinkaya formasyonunun üst kısımları ayrışma, parçalanma ve kopmadan dolayı dökülerek fay zonu boyunca birikmiştir. Jeolojik süreç boyunca fay zonunun güneyindeki Gelinkaya formasyonunun malzemeleri yükselirken, fay zonunun kuzeyinde ise hem Gelinkaya formasyonundan dökülen malzemeler hem de akarsular tarafından taşınan malzemeler birikmiştir. Bu nedenle, Kiremitlik Tepe Gelinkaya formasyonuna ait malzemelerden oluşurken, Kiremitlik Tepe'nin kuzey etekleri gevşek birikinti malzemesinden oluşmaktadır.

Alüvyon malzemesi ve bitki örtüsü tarafından örtülmüş olan bu fay sistemi, 1992-1995 yılları arasında Atatürk Üniversitesi Deprem Araştırma Merkezi ile İngiltere Exeter Üniversitesi, Doğal Kaynaklar Merkezi arasında yürütülen Erzurum ve Çevresinde Radon Gazı Taraması Projesi kapsamında gerçekleştirilen radon gazı tarama çalışması ile de ortaya konulmuştur (Şekil 2).

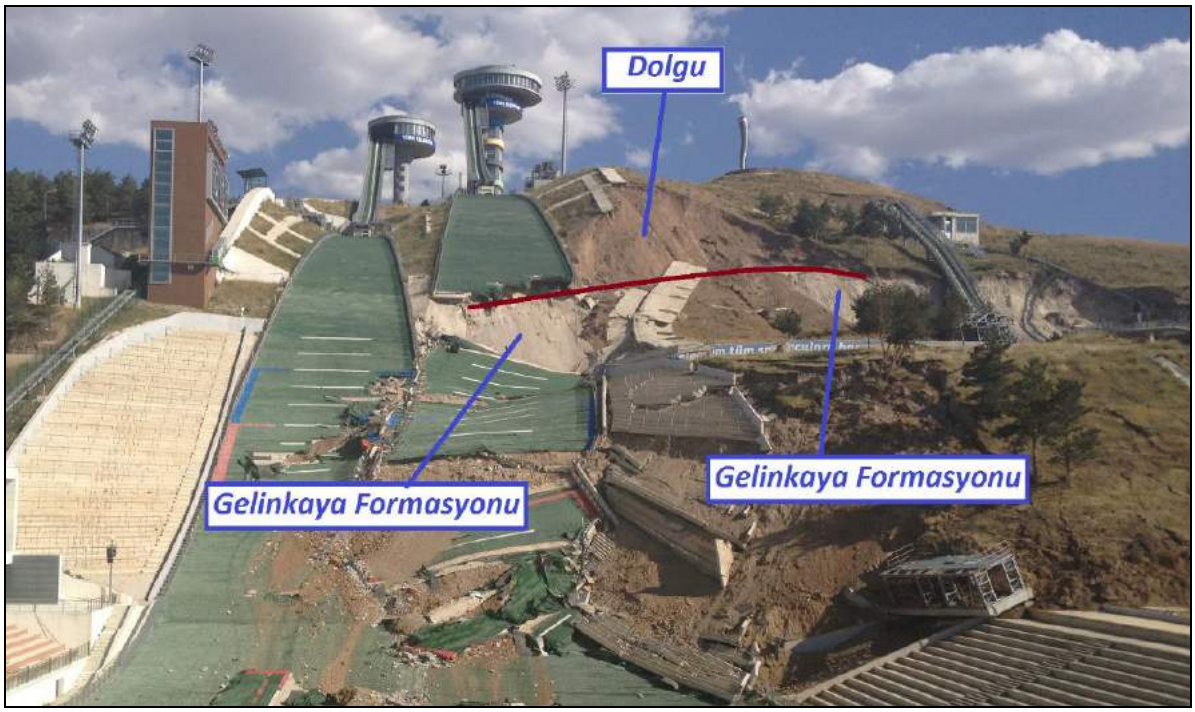
Atlama Kuleleri'nin pistleri ise Kiremitlik Tepe'nin kuzey yamaçlarına inşa edilmiştir. Kiremitlik Tepe'nin kuzey yamaçlarında üst kesimlerde Gelinkaya formasyonu, orta ve alt kesimlerde ise alüvyon dolgu malzemesi yüzeylenmektedir (Şekil 3). Söz konusu pistler, Kiremitlik Tepe'nin kuzey eteklerinde yer alan fay zonuna dik istikamette planlanmış olup, pistlerin büyük çoğunluğu alüvyon dolgu üzerinde yer almaktadır (Şekil 4). Pistlerin inşası kapsamında yapılan kazı çalışmasında Kiremitlik Tepe eteklerindeki gevşek alüvyon malzemenin bir kısmı alınmış ve fay düzleminin üst kısmına (Gelinkaya formasyonunun fay kenarına) dolgu yapılmıştır (Şekil 4). Yapılan kazı ile Gelinkaya formasyonunun fay kenar kesimi zayıflamıştır. Zayıflamış fay düzlemi üzerine yapılan dolgunun da etkisiyle fay düzlemine paralel çatlama ve açılmalar başlamıştır. Özellikle yağışlı dönemlerde ağırlaşan yamaç malzemesi bu açılma çatlaklarında büyümeye ve arka kesimlerde yeni çatlakların oluşmasına neden olmuştur. Açılma çatlakları boyunca Kiremitlik Tepe'den ayrılan kütle eğim aşağı hareket etmiştir.



Şekil 2. Bölgenin Radon gazı çıkışlarına bağlı oluşturulan fay haritası [1]



Şekil 3. İnşaat aşamasına ait kazılarda Gelinkaya formasyonu ve alüvyon dolgu malzemesi alanlarının görüntüsü



Şekil 4. Heyelan düzleminde gözlenen Gelinkaya formasyonu ve üzerine yapılan dolgu malzemesi görüntüsü

2. Geoteknik Değerlendirmeler

Tesis'in projelendirmesine esas olarak yapılan zemin ve temel etüdü jeolojik, jeofizik ve geoteknik incelemeleri içermekte olup zeminin mekanik parametreleri belirlenmiştir. Ancak bu etütteki sondaj derinliklerinin, gerçekleşen heyelan derinliği göz önüne alındığında yeterli olmadığı düşünülmektedir [2]. Eğimli arazilerdeki sondaj derinliklerinin, şevin kayma ihtimali de göz önünde bulundurularak belirlenmesi gerekmektedir.

Tesis'te meydana gelen heyelanın genişliği ve taç kısmı rahatlıkla belirlenebilecek görünümdedir. Heyelanın geometrisi incelendiğinde kayma hareketinin tam olarak dairesel değil, şev aynası düşey bir süreksizlik düzlemi ile belirlenen birleşik kayma şeklinde geliştiği düşünülmektedir (Şekil 5).

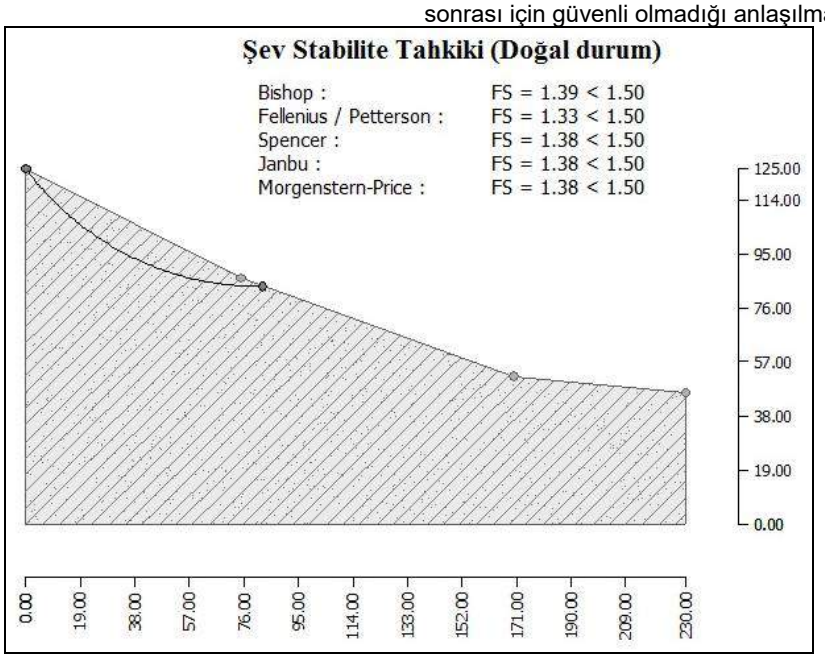


Şekil 5. Atlama Kuleleri Heyelanı Kayma Düzlemi

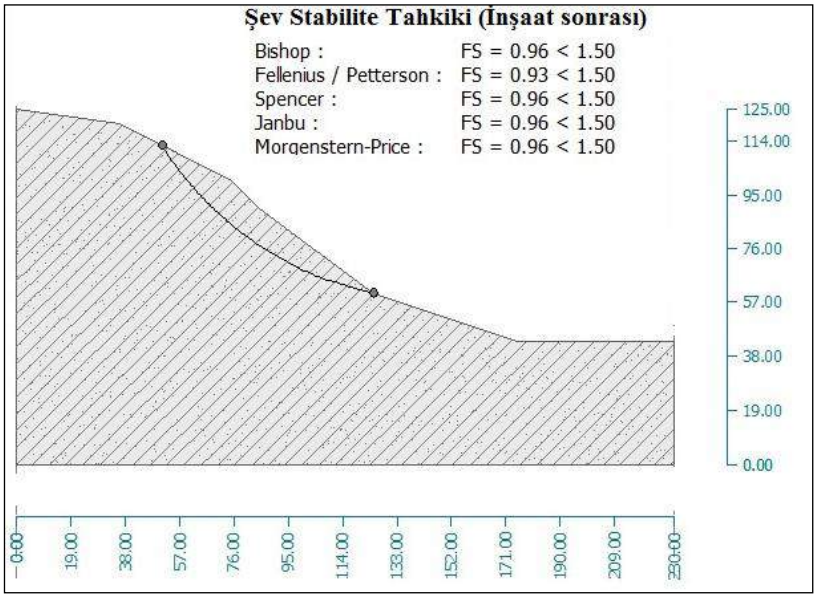
Pistlerin oturtulduğu yamaç doğal halinde dahi bir hayli dik olup bu çalışma kapsamında yapılan şev analizlerinde de güvenlik sayısının düşük olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Kaldı ki, inşaat aşamasında proje gereği özellikle şev topuğunda kazılar yapılmış ve kazılardan alınan malzeme, şev üst kısmı da dahil, inşaat alanının başka yerlerinde dolgu olarak kullanılmıştır. Örneğin, Şekil 4'de gösterildiği gibi, K125 pisti ile K65 pisti arasında rüzgarı kesmek için yaklaşık 9 m yüksekliğinde dolgu yapılmıştır. Bu imalatların sonucunda şev eğimi arttırılmış ve şevin üzerine ilave yükler (dolgu, pist plakları vs.) gelmiştir. Bu nedenle, bilhassa inşaat sonrası durum için (dinamik durum da dahil) şev stabilite analizinin yapılmış olması gerekirdi. Ancak, pistlerin bulunduğu bölge için herhangi bir stabilite tahkiki yapılmadığı anlaşılmaktadır [2].

Heyelan bölgesinin zemin profilinin belirlenmesi çalışmalarından sonra tarafımızca inşaat öncesi ve sonrası durum için yapılan şev stabilite analizinin sonuçları Şekil 6 ve 7'de verilmiştir. Analizler, şevin üst kısmı süreksizlik düzlemine sabitlenip hareketin dairesel bir kayma şeklinde olduğu kabulü ile yapılmıştır. Analizlerde içsel sürtünme açısı ϕ=28° ve kohezyon c=15 kPa olarak alınmıştır. Sonuçlar statik durum için verilmiş olup dinamik durumda güvenlik sayıları daha da düşük çıkmaktadır.

Şekil 6 ve 7 birlikte incelendiğinde, bütün analiz yöntemleri, heyelan kesitini oluşturan şevin doğal halde stabilitesini korumasına (Güvenlik katsayısı > 1) rağmen, şevin topoğrafyası değiştirilip üzerine yük yüklendikten sonra limit duruma (Güvenlik katsayısı ~ 1) geldiğini göstermektedir. Bu analiz sonuçlarından şevin inşaat sonrası için güvenli olmadığı anlaşılmaktadır.



Şekil 6. Heyelan kesitinin Atlama kuleleri yapılmadan önceki (doğal durum) statik koşullardaki şev stabilite analizi



Şekil 7. Heyelan kesitinin Atlama kuleleri yapım sonrası statik koşullardaki şev stabilite analizi

Diğer taraftan, Şekil 8'de verilen resmi istatistiki bilgilerden, 1954-2013 yılları arasında Erzurum il merkezine en yüksek yağışın, ortalama 68,8 mm ile Mayıs ayında yağdığı görülmektedir. Yine Şekil 8'den il merkezine en fazla yağışın Nisan-Mayıs-Haziran aylarında düştüğü görülmektedir. Erzurum Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan verilere göre, Tesis yapıldıktan sonra il merkezi heyelan öncesi dönemde ortalamanın üstünde (örneğin Mayıs 2014'te 88,6 mm) yağış almıştır.

Bildirinin birinci kısmında belirtildiği gibi, Mayıs 2014 itibarı ile beton rampa yüzeylerinde yüzeysel hasarlar görülmesini, hatta sorun giderilmesine rağmen çatlakların yeniden gelişmesini (yani hasarın Mayıs ayında artarak gözle görülebilir boyutlara ulaşmasını) yüksek yağış nedeniyle artan yüzey suları ile ilişkilendirmek mümkündür. Şöyle ki, Tesis'te yeterli drenaj tedbiri bulunmaması nedeniyle yüzey sularının (yağmur, kar, pistleri ıslatmak için kullanılan su) kolayca zemin içerisine sızması sonucu zemin ağırlaşmış, boşluk suyu basıncı artmış, kayma direnci azalmış ve zaten limit denge durumunda olan şevin stabilitesi tamamen kaybolmuştur.

Resmi İstatistikler (İllerimize Ait İstatistiki Veriler)

| İllerimize Ait İstatistik Verileri | Meteorolojik Parametrelerin Türkiye Analizi | TUMAS | Aylık Haber Bülteni | Metaveri |

ERZURUM	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1954 - 2013)											
Ortalama Sıcaklık (°C)	-9.4	-8.1	-2.3	5.4	10.6	14.9	19.3	19.3	14.5	7.9	0.6	-6.2
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	-4.0	-2.5	2.7	11.2	16.8	21.8	26.6	27.2	22.6	15.3	6.7	-1.1
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-14.3	-13.0	-7.0	0.1	4.1	7.1	11.0	10.8	6.0	1.4	-4.2	-10.6
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	3.1	4.2	5.0	6.3	8.0	10.3	11.2	10.7	9.0	6.7	4.7	2.9
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11.6	11.2	12.8	14.4	16.5	10.9	6.6	5.3	4.9	9.6	9.2	11.1
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m^2)	19.8	23.1	31.8	53.4	68.8	46.6	25.5	16.5	21.6	43.0	31.1	20.8

Şekil 8. 1954-2013 yılları ortlamasına göre Erzurum ili istatistiki iklim değerleri [3]

7. Sonuçlar

1. Atlama Kuleleri'nin pistleri üst kesimlerde Gelinkaya formasyonu, orta ve alt kesimlerde ise alüvyon dolgu malzemesinin yüzeylediği bir yamaca inşa edilmiştir. Söz konusu pistler, Kiremitlik Tepe'nin kuzey eteklerinde yer alan bir süreksizliğe dik istikamette planlanmış olup, pistlerin büyük çoğunluğu, jeolojik dönemlerde bu süreksizlik düzleminin kuzeyinde birikmiş alüvyon üzerinde yer almaktadır. Heyelan, aynası Gelinkaya formasyonunu kesen süreksizlik düzlemi olmak üzere, dolgu zemin (alüvyon) içerisinde gerçekleşmiştir.

2. Pistlerin standart eğimlerde inşası amacıyla yapılan kazı ve dolgular şevin stabilitesinin doğal durumuna göre azalmasına yol açmış; pist betonları, merdiven, tribün gibi imalatlar ile de şev üzerindeki düşey yükler ciddi ölçüde artırılmıştır. Buna karşın yamacın stabilitesini artıracak gerekli tedbirin alınmadığı düşünülmektedir. Yapılan kazı ve diğer imalatlarla stabilitesi limit dengeye doğru zorlanan yamaçta drenaj tedbirlerinin yetersizliği nedeniyle yapımı takibeden dönemlerde şevin taç kısmında (muhtemelen Gelinkaya formasyonunu kesen doğu-batı istikametinde uzanan süreksizlik boyunca) oluşmaya başlayan çekme çatlaklarına sızan kar-yağmur suları; zeminin kayma direncini düşürmek, toprağı ağırlaştırmak ve çatlaklarda su basıncı oluşturmak suretiyle heyelanı zorlamıştır. Yapımdan sonraki ilk üç yılda temellerde oynama, pistlerde çatlama vb gibi deformasyonlarla kendini gösteren kütle hareketi 2014 Mayıs ayında yaşanan ortalamanın üstündeki yağışla birlikte hızlanarak Temmuz ayı ortasında heyelana dönüşmüştür.

3. Tesis'in pistlerinin oturduğu yamacın yapım sonrası durumu için statik ve dinamik koşullarda şev stabilite analizinin yapılmadığı ve şev kaymasına karşı her hangi bir önlemin projelendirilmediği ve uygulanmadığı düşünülmektedir.

4. Bu türden özel yapıların projelendirilmesi ve yapımı aşamasında ilgili literatürden yararlanılması ve bilimsel kurum ve kuruluşlardan görüş ve/veya teknik destek alınmasının faydası olacağı değerlendirilmiştir.

Kaynaklar

[1] Bayraktutan, M.S., Merefield, J.R., Grainger, P., Evans, B.M., Yılmaz, M., and Kalkan, E., Regional gas geochemistry in an active tectonic zone, Erzurum Basin, Eastern Turkey. Quarterly Journal of Engineering Geology, 29, 209-218, 1996

[2] Erzurum Kayakla Atlama Tesisi'nde Meydana Gelen Heyelan İle İlgili Bilirkişi Raporu, Şubat 2015 (yayımlanmamış).

[3] http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=ERZURUM

GİRESUN CENTRAL DISTRICT OF ÇITLAKKALE LANDSLIDE RECLAMATION WORKS

GİRESUN MERKEZ ÇITLAKKALE MAHALLESİ HEYELANI ISLAH ÇALIŞMASI

Cemil BEYAZ[a]

[a] Giresun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Giresun, Türkiye, E-posta: cemilbeyaz@hotmail.com

Özet

Giresun ili Ülkemizin en çok yağış alan dördüncü ilidir (Mgm, 2015). Aşırı yağışın yanında engebeli coğrafya, yeni yerleşim yerleri için açılan yollar ciddi heyelan olaylarının meydana gelmesine neden olmaktadır. Geçtiğimiz 2009, 2010, 2011 ve 2014 yılları bir kaç gün içerisinde rekor denilebilecek yağışların olması aynı anda birçok bölgede heyelanlara neden olmuştur. Heyelan ve su baskınları Giresun ilinde depremden daha fazla hasarlara neden olan başlıca doğal etkenlerdir. Bunun sonucu ise can kaybı ve maddi hasarlar meydana gelmiştir. Bu çalışmada, Çıtlakkale Mahallesinde Gençlik ve Kültür Merkezi inşaatı çevresinde meydana gelen heyelan olayı ve bu heyelana başlangıç aşamasında yapılan hızlı müdahale çalışmaları anlatılmıştır. Heyelan 55 dekar bir alanda gelişmiş ve aktif etki alanının içinde 6 konut ve Gençlik ve Kültür Merkezi inşaatı bulunmaktadır. Heyelanın etki sahasında ise daha tehlikeli bir durum söz konusudur. Bu bölgede Orman Bölge Müdürlüğü Lojmanları ile Bölge Müdürlüğü binaları ve 220 konut bulunmaktadır. Bu nedenle heyelana çok hızlı bir müdahale öngörülmüştür. Çalışmamızda kronolojik olarak yapılan çalışmalar anlatılmıştır. İlk başta İl Müdürlüğü Teknik personeli inceleme yapmış, Jeolojik Etüt raporu düzenlemiş ve heyelanın boyutlarını gösterir mühendislik jeolojisi haritası oluşturulmuştur. En sonunda heyelandan etkilenen alan 7269 sayılı kanun gereği 'Afete Maruz Bölge' sınırları belirlenmiştir. Kadastro Müdürlüğünce her gün sabit noktalar belirlenerek ölçümü yapılmış ve heyelanın yüzeysel hareketi, Müdürlüğümüz personelince yapılan gözlemsel inceleme ile binaların ve zeminin fiziksel hareketi takip edilmiştir. Temelden kaymakta olan 4 katlı binanın insan gücü ile 2 katı yıkılmıştır. Ayrıca iki makine ile sondaj çalışmaları yürütülmüş ve 9 noktada Jeoteknik sondaj yapılmıştır. Alınan ilk Jeoteknik veriler sonucu bölgede forekazık çalışmaları başlatılmasına karar verilmiştir. Valilik makamınca İl Özel İdaresi'ne heyelan Islah işine başlanılması talimatı verilmiştir. Heyelan ıslahı için 3 bölgede 18-32 metre uzunluğunda ve 1 metre çapında toplam 9501 metre uzunluğunda 380 adet forekazık uygulaması yapılmıştır. Çalışmalar sonunda Gençlik Merkezi arazisi 'Afete Maruz Bölge'den çıkarılması amacıyla yeniden Jeoteknik Zemin Etüt Raporu yaptırılarak yapılan çalışmaların bir ölçüde güvenirliliği test edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Giresun, Çıtlakkale, Heyelan, Forekazık, İnklinometre.

Abstract

Giresun is the fourth most rainy province of Turkey (Mgm 2015). Besides heavy rainfall; rough geography, new settlements and newly-built roads trigger serious landslide action. Recently in 2009, 2011 and 2014 the record high rainfalls caused simultaneous landslides in many different areas . The landslide and flood has been more devastating than earthquakes, compared by loss of lives and material damages in Giresun. In this work, the landslide event which occured in Çıtlakkale district during the construction of Youth and Cultural Center and the rapid response action that held initially is narrated. The landslide occured on an area of 55 decares and within the effective area where there were 6 dwelling houses and the construction of Youth and Cultural Center. Also viewing the advanced effective area, we faced with a more dangerous situation. In that area there were public house buildings of the Regional Directorate of Forestry, the service building of directorate and also 220 dwellings . For this reason a rapid response was foreseen. In this work, chronological order of the activities is presented. Firstly technical staff of Disaster Management investigation in the area then a geological investigation report was prepared, Finally the landslide area was announced as "Exposed to Disaster" by the requirements of Law number 7269. Daily measurements made by Cadastral Management and the surface motion of the landslide and physical and underground translocation of the buildings was observed. The upper two storeys of a four-storey building were demolished by hand due to base sliding. In an expeditious matter, drilling works started with two machines. 9 points were drilled totally. With the guide of first data gained, it was deciced to make of bored pile operation. In compliance with the 6 th article of Law no: 7269, Special Provincial Adminstration was assigned for landslide improvement, by the Governorship. In totally 3 areas , 380 bored piles that were 18-32 meters long and had a diameter of 1 meter was constructed for the improvement of landslide. After the works completed, for the reconsideration of "Exposed to Disaster" report about the terrain of Youth Center, the Geotechnical Etude Report was rearranged and the reliability of the workout tested in a manner.

Keywords: Giresun, Çıtlakkale, Landslide, Rig, İnclinometer.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

1. Giriş

Giresun Merkez Çıtlakkale Mahallesi Ürün Sokak ile Gençlik Merkezi (Şekil 1) çevresinde 10.02.2014 tarihinde heyelan oluşmaya başlamıştır. Bölge incelenmiş Giresun İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelince Jeolojik Etüt Raporu düzenlenmiştir. Jeolojik Etüt Raporu sonucuna göre olayın büyüklüğü ve muhtemel durumlar değerlendirilerek İl Afet ve Acil Durum Yönetimi Merkezinin toplanmasına karar verilmiştir.

Toplantı sonucunda bölgede ikamet eden ve kayma hareketinden ileri derecede etkilenen ve etkilemesi düşünülen 5 konut ile Orman Bölge Müdürlüğünün 20 daireli Lojmanının boşaltılması karar verilmiştir. 7 nolu 4 katlı konut, temelden kayması nedeniyle Özel İdaresi kaynakları kullanılarak 2 katın yıkılmasına başlanılmıştır. Heyelan ölçü sonucunda ciddi aktivite görülmesi üzerine kayma hareketinin boyutsal-özelliklerini tespit edebilmek ve alınacak tedbirleri belirlemek için sondajlı jeoteknik çalışmalara 27.02.2014 tarihinde başlanılmıştır. 9 sondaj yapılmış, her noktada inklinometre ölçümleri yapılmıştır. Afete Maruz Bölgenin orta bölgesinde yapılan SK-4 ve SK-5 sondaj kuyusunda inklinometre deney boruları 10-11 metrelerde kullanılamaz hale gelmiştir (Akın, 2014). Jeofizik çalışmalar başlatılarak, ham veriler alınmaya başlanılmıştır. Ham veriler doğrultusunda Heyelan Islah Projesi hazırlatılmıştır.

Heyelanın taç bölgesinde 06.03.2014 tarihinde gözlenen açılma, 15 cm olup (Şekil 1), 17.03.2014 tarihinde ise 70 cm'ye çıkmıştır (Şekil 2). Konutlardaki açılmalar ise artmış ve şakulden kayma olmuştur. Heyelanın etek bölgesinde şişme ve açılma gözlenmiştir (Şekil 3). Gençlik Merkezinin güneyine yapılan 10 metre yüksekliğindeki istinad duvarı dilatasyon bölgesinden kayarak 12 cm açılmıştır.



Şekil 1. Heyelanın taç bölgesinde gerilme çatlağının görünümü (Tarih 06.03.2014)

2. Bölgenin Jeolojisi

İnceleme alanı 1/100.000 ölçekli genel jeoloji haritasında Üst Kretase yaşlı Kızılkaya Formasyonuna ait riyodasit, dasit lav ve piroklastikleri ile temsil edilmektedir.



Şekil 2. Heyelanın taç bölgesinde gerilme çatlağının görünümü (Tarih 17.03.2014).



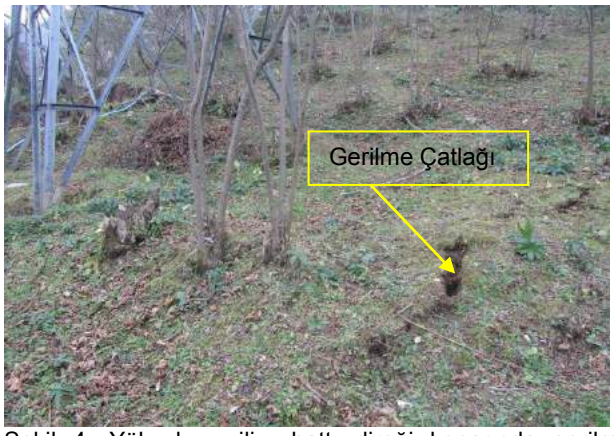
Şekil 3. Heyelanın etek bölgesinde kabarma görünümü.

İnce ve iri taneli zeminlerin 10,50 m ile 18,00 m arasında değişen kalınlık sunması, kireçtaşı kökenli çakıl blokları da yer alması nedeniyle istifin 10,50 m ila 18,00 m ye kadar yamaç molozu olarak değerlendirilmiştir. Stratigrafi ince ve iri taneli zeminlerden sonra genel olarak grimsi, mavimsi renkli, yer yer de sarımsı beyazımsı renkli Üst Kretase yaşlı volkanik serinin yer aldığı, volkanik andezit ve piroklastiklerden (volkanik breş-tüf), yer yer de dasitik tüf birimlerinden meydana geldiği görülmüştür (Akın, 2014). Özellikle çökme bölgesinde birimin silt-kil ağırlıklı olduğu (SK-6, SK-7, SK-9 nolu kuyu alanlarında), aynı bölge içerisinde açılmış SK-4'de 9,00 m ile 14,00 m arasında, SK-5 de ise 11,50 m ila 13,00 m arasında birimin killi çakıl-blok/kil-çakıl-blok olarak devam ettiği görülmüştür.

Çökme bölgesinde sarımsı beyazımsı, mavimsi renkli tüf birimlerine 11,50 m ila 14 m'ler arasında girilmiştir. Üst Kretase yaşlı volkanikler genelde seyrek-orta sık-sık kırıklı, yer yer de çok sık-yer yer de parçalı kırıklı (tüf birimler volkanik breşlere göre daha masif görünümlü-çok seyrek-seyrek çatlaklı (dolayısıyla düşük-orta, yer yer de çok düşük devamlılık arz etmekte), volkanik breşler tüflere göre daha fazla süreksizlikler içermekte), süreksizlikler genelde kapalı (sıkı), yer yer de aralıklı süreksizlikler (çok dar-dar) yer yer kil, yer yer ince kalsit dolgulu, süreksizlik yüzeyleri düz-hafif pürüzlü, eklem yüzeyleri değişik yönlerde gelişmiş ve genelde 30-85^0 arasında eğimlidir (Akın, 2014).

3. Heyelan Gelişimi

Gençlik Merkezi İnşaatının güneyinde yaklaşık 12 metreye ulaşan bir dik şev oluşturulmuştur. İlk olarak şevin üst tarafında bulunan yüksek gerilim hattı direğinin yanında şeve dik bir gerilme çatlağı meydana gelmiştir (Şekil 4). Ardından heyelanın taç bölgesinde gerilme çatlakları oluşmuştur. Heyelanın etkilediği alanın uzunluğu 232 metre genişliği 154 metre, topuk bölgesi 51 metre taç bölgesi ise 95 metre kotunda bulunmaktadır. Aradaki kot farkı 44 metredir. 127. Sokak'tan geçen Belediye su borusu hattının patlaması sonucu Zekeriya Aksoy'un 4 katlı konutunun çevresinde gerilme çatlakları artmış (Şekil 5) ve bina temelden kaymaya başlamıştır. Kısa sürede düşey ve yatay yer değiştirme 1 metreyi geçmiştir.



Şekil 4. Yüksek gerilim hattı direği kenarında gerilme çatlağının görünümü.



Şekil 5. 7 nolu dört katlı bina temelden kayma ve kat tıraşlama görünümü.

Heyelan alanı için 10.03.2014 tarihinde jeolojik etüt raporu düzenlenmiş ve 20.10.2014 tarih ve 2014/6934 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile Afete Maruz Bölge ilan edilmiştir. Afete Maruz Bölge içerisinde 2, 3,4,5,6, ve 7 nolu konutlarda yapısal hasarlar her geçen gün artmaya başlamıştır (Şekil 6). Arazide ise açılmalar, kabarma ve çökme metre ile ölçülür hale gelmiştir (Şekil 2). Orman Bölge Müdürlüğünün lojmanının ön tarafında kabarma



Şekil 6. Konutlarda yapısal hasarların görünümü.

giderek artmış, Gençlik Merkezi sahasının doğusunda gerilme çatlakları daha belirgin görülmeye başlanılmıştır. Heyelanın hızlı ilerlemesi ve topuk bölgesinde yoğun yerleşimin olması can ve mal güvenliği açısından tehlike artmıştır. Bir yıl önce aynı vadinin 1.5 km yukarısında Merkez Uzgur Köyünde heyelan meydana gelmiştir. Bu heyelan Çıtlakkale heyelanının bir benzeri zemin ve yapısal özelliklere sahip olması, kısa bir sürede hareket ederek, yaklaşık 35 dekar arazide etkili olması tedirginliğimizi bir kat daha arttırmıştır (Şekil 7).



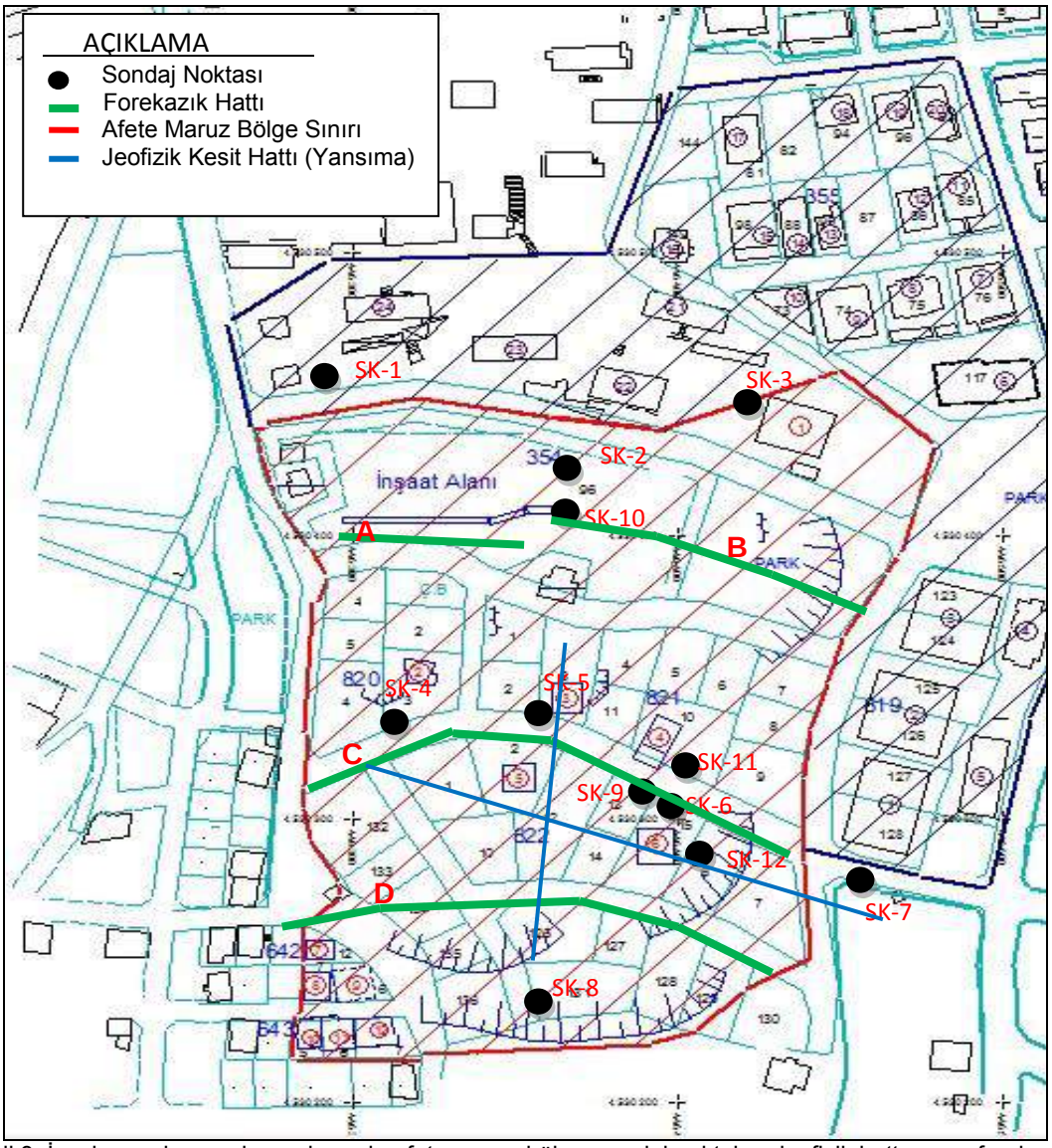
Şekil 7. Merkez Uzgur köyü heyelanının görünümü.

4. Yapılan Etüt Çalışmaları

4.1. Sondaj Çalışmaları

İlk sondaja 27.02.2014 tarihinde başlanılmış 08.03.2014 tarihinde bitirilmiştir. Bölgede 9 sondaj yapılmıştır. SK-1: 24 m, SK-2: 21,50 m, SK-3:24 m, SK-:4:24 m, SK-5: 27 m, SK-6:22 m, SK-7:21 m, SK-8: 25 m, SK-9: 18 m. derinliklerinde açılmış, tüm kuyularda ilerleme ana kaya olarak değerlendirilmiş birimlere (3 kuyu hariç) yaklaşık 6-8 m girilerek sonlandırılmıştır. SK-4, SK-5 nolu kuyularda 10 ve 11 metrelerde inklinometre boruları deforme olmuş ve sondajlar yenilemiştir. İnklinometre ölçümleri için sonraki günlerde 3 adet sondaj daha açılmıştır. Toplam 298 metre delgi yapılmıştır. Her kuyuda inklinometre ölçümleri yapılmıştır.

Heyelan alanında önlem alındıktan sonra alan olarak riskin minimum düzeye indirildiği Gençlik merkezinin bulunduğu alanın Afete Maruz Bölge kararının kaldırılmasına yönelik İl Özel İdaresince farklı bir firmaya ikinci kez sondaj çalışması yaptırılmıştır.



Şekil 8. İnceleme alanının imar planında afete maruz bölge, sondaj noktaları, jeofizik hattının ve forekazık hattının görünümübirimler.

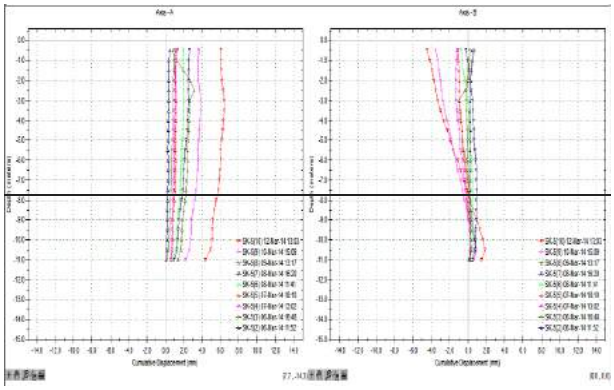
6 noktada yapılan sondajların SK-1: 47,00 m, SK-2: 45,00m, SK-3: 47m, SK-4:50m, SK-5:59m ve SK-6:51m derinliğinde, temel sondaj kuyusu toplam 299 m delinmiştir. Söz konusu arazi çalışmaları 09.07.2015-01.08.2015 tarihleri arasında yapılmıştır. 6 sondaj kuyusunda da inklinometre ölçümü yapılmıştır.

4.2. İnklinometre Ölçümleri

İnceleme alanında açılan temel sondaj kuyularının tamamına inklinometre borusu (∅:70 mm) ve inklinometre cihazı ile kuyu eksenlerinin düşey sapmalar tespit edilmeye çalışılmıştır. SK-1: 20 metrede gözlenen 0,4 mm. 4. günün sonunda toplam yer değiştirme 0,8 mm. olarak gözlenmekte, B okumasında ise 12 m'lerden itibaren ileri-geri ihmal mertebesinde hareketler gözlenmektedir. SK-2: Orman işletme lojmanlarının üst tarafında, B grafiği incelendiğinde ise hareketin 5 mm, SK-3: 22 m de 1,50 mm. maksimum hareket 3,75 mm, SK-4: heyelan ekseninin sol kanadına yakın alanda yapılan ölçümlerde yüzeysel (3 m'den yüzeye doğru) 3,2 cm hareketlilik gözlenmekte SK-5: ilk okumada yaklaşık 11 m. okuma günleri içerisinde hareket 6 mm (Şekil 9), SK-6: İlk okumada yaklaşık 10 m.'de 6 mm hareketin olduğu, SK-5'le paralellik arz etmekle beraber SK-5 nolu kuyu heyelan eksenin ortasına yakın olduğundan SK-5'de geriye yaslanma daha belirgin ileri - geri açıklık mesafesi daha fazladır. SK-7: Çökme bölgesinde sağ kanat tarafında açılmış kuzeye doğru hareketin 1,50 mm, B grafiğinde ileri - geri gidişlerin olduğu maksimum mesafe-hareketin ise 4mm mertebesinde olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca bu kuyu alanında 5m'lerde ikincil kaymaların da olduğu görülmektedir. SK-8: Taç bölgesinde açılmış 9 m. de gözlenmeye başlayan kayma düzleminde 4 günde 12 cm yer değiştirme gerçekleşmiş, B grafiği dikkate alındığında ise ileri-geri gidişlerde ara mesafe açıklığının -hareketin 22 cm olduğu gözlenmiş, SK-9: Çökme bölgesinde açılmış A grafiği izlendiğinde yaklaşık 2 cm. B grafiği izlendiğinde ise 20 cm hareketlilik gözlenmektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Hareketlilik yaklaşık 15 m den yüzeye doğru paralellik arz etmekte ve düzlemsel gelişmektedir (Akın 2014).



Şekil 9. SK-5 nolu kuyuya ait inklinometre okumalarında tespit edilen derinlik hareket miktarı ilişkisi.

4.3. Duraysızlık Analizleri

Örnekler USCS (Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi) (ASTM D2487) sistemine göre sınıflandırılmış ve araştırma alanındaki yamaç molozunun, MH (Yüksek plastisiteli inorganik silt), CH (Yüksek plastisiteli kil), SC (Killi kum) ve SM (Siltli kum) sınıfında olduğu saptanmıştır (Akın 2014).

Zeminlerden alınan örneklere ait doruk içsel sürtünme açısı değerlerinin sırasıyla 8º ve 15º, doruk kohezyon değerlerinin ise 0.37 ve 0.62 kgf/cm^2 olduğu belirlenmiştir.
yamaç molozunun duraylılığı, kalınlık değerleri kullanılarak Slide v5.0 programında yapılmıştır.

Daha sonra laboratuvar çalışmalarıyla elde edilen doğal birim hacim ağırlık (γ_n) ve kayma dayanımı parametreleri (c ve ϕ) kullanılarak yamaç molozunun özellikleri tanımlanmıştır.

Yamaç molozunun uzunluğunun kalınlığına göre daha fazla olması ve birleşik kayma riski nedeni ile Limit Denge (LE) analizlerinde Janbu Yöntemi (Janbu, 1973) kullanılmıştır (Akın 2014).

Limit Denge (LE) analizleri, her bir etüt hattı için iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak yamacın kazı öncesi duraylılığı araştırılmış, ardından kazı sonrası duraylılık durumu incelenmiştir. Analizlerde, en kötü durumu ortaya koymak amacıyla deney sonuçlarının minimum değerleri dikkate alınmıştır. Doruk içsel sürtünme açısı 8º, doruk kohezyon 0.37 - 0.62 kgf/cm^2 ve doğal birim hacim ağırlık 1.76 gr/cm^3 olarak girilmiştir.
Yapılan Limit Denge (LE) analizleri sonucunda kazı öncesi, sonrası ve desteklenmiş durumlar için güvenlik sayıları (Gs) sırasıyla 1.41ve 0.825 olarak belirlenmiştir. Bulunan bu değerler, yamaç molozuna için hesap edilen en düşük güvenlik katsayısı değerleri olup, bu çalışmada duraylılık için kabul edilen 1.5 değerinden küçüktür. Kazı öncesi durum için yapılan Limit Denge (LE) analizleri, bölgenin duraysızlık riski taşıdığını göstermektedir. 1.5'dan küçük Gs değerine sahip olan kayma dairelerinin tamamına yakını yamaç molozunun taban seviyesinden geçmektedir. Bu sonuç, yenilmenin zemin-ana kaya dokanağı boyunca gerçekleştiğini göstermektedir (Akın 2014).

Bölgede alt sıra (topuk bölgesine yakın) forekazık çalışmalarında kazı sırasında çıkan malzemenin incelemesi yapıldığında 14 metre ve 16 metreler arasında denizel işlenmiş ince-orta büyüklükte yuvarlaklaşmış çakılların çıktığı görülmüştür. Çakıllı bölge suya doygundur. Bu veriler İl Özel İdaresince Gençlik Merkezinin Afete Maruz Bölgeden çıkarılması için yaptırılan ikinci sondajda da tespit edilmiştir. Kayma yüzeyinin 14-16 metre arasında olduğu kanaati oluşturmuştur. Sondaj duyularından SK-4 ve SK-5'in inklinometre borularının bu derinliklerin hemen üstünde deforme olması bu verileri doğrulamaktadır.

4.4. Jeofizik Çalışmaları

Bölgede kuzey-güney ve doğu batı hattında 2 adet sismik yansıma çalışması yapılmıştır.
1.Profil yansıma hattı arazide batı-doğu hattında, sondaj kuyularına göre SK-4'ten SK-7 tarafına doğru sondaj kuyularının 5.00 metre güneyinden geçecek şekilde 180 metre boyunda yapılmıştır.
2B Tomografi modellemesi yapılmış, SK-4 ün 5.00 metre üzeri 25.00 metrelere kadar sağlam görünmektedir. Fakat 25.00-45.00 metre arası zayıf zon olarak görünmektedir. SK-5'ten SK-7 doğrultusuna doğru yüzeydeki sağlam zemin 10.00 metre düzeyindedir. 10.00 metre'nin altında yer yer 15.00-18.00 metreye kadar orta sağlam diyebileceğimiz zemin bulunmaktadır. Bu orta sağlam zeminin altında 45.00 metreye kadar yine zayıf zon hattın sonuna doğru devam etmektedir.
SK-2nin 2.00 metre kuzeyinden batı-doğu istikametinden hattın ortasına 55.00 metrelere kadar ilk 5.00 metrelik kısımda sağlam zemin ve onun altında 35.00-40.00 metrelere kadar zayıf ve onun altında orta sağlam zemin olarak devam etmektedir. Hattın doğuya doğru 65.00-95.00 metre arasında ilk 5.00 metrelik sağlam zemin orta sağlam zemin olarak değişmektedir, bu zeminin altında iki tabakalı olarak 35.00-40.00 metreye kadar zayıf zon devam etmekte fakat iki tabaka arasında 20.00-25.00 metre arasında orta sağlam zemin sokulumu olduğu ifaede edilmiştir (Akın 2014).

4.5. Laboratuvar Çalışmaları

İnceleme alanında yapılan temel sondaj çalışmaları sırasında stratigrafiyi temsil eden birimlerden alınan Örselenmemiş (UD), Karot numunelerine Elek analizi, atterberg limitleri, hidrometre, su muhtevası tayini, birim hacim ağırlıklar (doğal-tabii, kuru), boşluk oranı, doygunluk derecesi, üç eksenli, kesme kutusu ve konsolidasyon (şişme, şişme basınç) deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları bir grafik olarak aşağıda verilmiştir (Çizelge 1).

5. Alınan Önlemler

Heyelan başlangıcından itibaren her gün izlenmiştir. Oluşan risk nedeniyle zemin etüdü için sondajlara iki makine ile başlanılmış, ardından alınan ham veriler doğrultusunda; Giresun Valiliğinin 07.02.2014 tarih ve 332 sayılı yazılı talimatı ile İl Özel İdaresince Forekazıklı Heyelan Islah işine başlanılmıştır.

Sondaj No	Numune Türü	Derinlik (metre)	Su Muhtevası-Wn (%)	Tabii Birim Hacim ağırlık (γ_n) (t/m³)	Kuru Birim Hacim ağırlık (γ_k) (t/m³)	Özgül Ağırlık-Gs	Boşluk Oranı-e_0 (%)	Doygunluk Derecesi- S_r (%)	Elek Analizi			Kil Yüzdesi (Cl) (%<2μ) (Hidrometre)	Atterberg Limitleri			Zemin Grubu (USCS)
									Çakıl (+) 10 (%)	Kum (%)	Silt-Kil (-) 200 (%)		LL (%)	PL (%)	PI (%)	
SK-2	1	9,50-9,70	34,10	1,76					0	50	50	19	56,50	33,75	22,80	MH
SK-3	UD	6,00-6,50	33,0	1,78	1,32	2,60	97	92,80	1	15	84	31	52,90	28,15	24,70	CH
"	UD (Ara Malz)	6,00-6,50	22,0	1,78					4	81,1	14,9		Non Plastik			SM
SK-4	UD	6,00-6,50	32,0	1,81	1,37	2,63	92	91,60	3	83,3	80,3	39,6	62,70	31,64	31,10	MH
"	UD (Ara Malz)	6,00-6,50	23,9	1,79					6	72,4	21,6		Non Plastik			SM
SK-5	UD	6,00-6,50	31,0	1,84					1	48,6	50,4	10,7	50,90	30,53	20,40	MH
"	UD (Ara Malz)	6,00-6,50	25,6	1,79					6	73,7	20,3		Non Plastik			SM
SK-6	UD	3,00-3,80	42,0	1,75					9	31,4	59,6	12,1	58,20	31,25	27,00	MH
"	1	10,50-10,70	34,0	1,78					10	40	50	14	45,00	26,34	18,70	SC
SK-7	UD	3,00-3,50	32,0	1,90	1,47				1	23	76	28	51,60	27,27	24,30	CH
SK-8	UD	3,00-3,50	43,0	1,80					4	8	88	22	66,60	36,68	29,90	MH
"	1	5,80-6,00	30,0	1,80	1,46				19	31	50	16	55,30	31,52	23,80	SM

Çizelge 1. İnce ve iri taneli zeminlerde indeks özellikleri.

Bu kapsamda Islah projesi yaptırılmış, ilahe süreci hızlandırılarak çift makine ile forekazık işine başlanılmıştır. Çalışma alanı koşulları İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü ve işin yüklenicisi açısından bir çok sorun ile karşılaşılmıştır. Bölgede bulunan yüksek gerilim hattı, evlerin konumu, dik yol güzergahı, araçların dönme sorunu, Gençlik Merkezinin İstinad duvarı, Orman Bölge Müdürlüğünün su deposu, çamurlu saha, aşırı yağışlar, boşaltılan binaların sakinlerinin ikametleri işin yapılması aşamasında karşılaşılan önemli sorunlar olmuştur.

Heyelan Islah İhalesi İl Özel İdaresince, kontrollük ise Planlama Zarar Azaltma ve İyileştirme Şube Müdürlüğü teknik personelince yapılmıştır.

Proje kapsamında 1 metre çapında 18-32 metre derinliğinde (ortalama 25 metre derinliğinde) 9501 metre uzunluğunda toplam 380 forekazık yapılmıştır (Şekil 10). Genel olarak üç bölgeye ayrılan kazıklar kuzeyde heyelanın topuğuna yakın A-B bölgesinde 136 adet, C bölgesinde (orta bölge) 128 adet, Güneyde heyelanın taç bölgesine yakın üst D bölgesinde 116 adet forekazık yapılmıştır (Şekil 8).



Şekil 10. Gneçlik Merkezi inşaatının doğusunda yapılan forekazık çalışması.

6. Sonuç ve Öneriler

İnceleme alanında meydana gelmiş kitlesel hareket - heyelan genel olarak limit dengede olan yamaç topuğunda yapılmış temel kazı ve çevresel kazıların gerekli mühendislik önlemleri alınmadan - insan aktiviteleri sonucunda meydana gelmiş olduğu değerlendirilmiştir (Akın, 2014).

Yapılan Forekazıklı Islah çalışması sonucunda heyelanın hareketi durmuş ve binalarda gelişen yapısal hasarlar aynı düzeyde kalmıştır.

Gençlik Merkezi inşaat alanının Afete Maruz Bölgeden çıkarılması için yaptırılan Jeoteknik Zemin Etüt raporunda, 'bu sahanın ÖA-2 (Önlemli Alan-2) olarak yapılaşmaya açılmasında bir sakınca bulunmamaktadır' denilmiştir (Patkavak, 2015).

Çalışma bölgesinde yeraltı su seviyesi ve yüzey suları için oluşabilecek olumsuzluklara karşı risk değerlendirilmesi tüm sahayı kapsayacak şekilde yeniden yapılması uygun olacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

[1] Mgm., 2015, Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2015 Yıllık Alansal Yağış Verileri.

[2] Akın, K., 2014, Giresun ili Merkez Çıtlakkale Mahallesi Sınırlarında Gelişmiş Kitlesel Hareketin Jeolojik – Jeoteknik Etüd Raporu, Samsun.

[3] Patkavak, O., 2015, Merkez Çıtlakkale Mahallesinde Yer Alan Sahanın Heyelandan Dolayı Jeolojik Jeoteknik Etüd Raporu, Giresun.

[4] Janbu, N. (1973). Slope Stability Computations, Embankment Dam Engineering – Casagrande Volume, R.C. Hirschfeld and S.J. Poulos, eds., John Wiley and Sons, New York, pp 47-86.

HEYELAN RİSKLİ BÖLGELERDE DESTEK SİSTEMLERİYLE GÜVENLİ TASARIM

SAFE DESIGN WITH SUPPORT SYSTEMS IN LANDSLIDE RISK AREAS

Aşkın ÖZOCAK[a], Ertan BOL[b] ve Sedat SERT[c]
[a]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: aozocak@sakarya.edu.tr
[b]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: ebol@sakarya.edu.tr
[c]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: sert@sakarya.edu.tr

Özet

Bu bildiride, Sakarya İli, Sapanca İlçesinde eğimleri 25°`yi bulan komşu iki parselde yapılaşma öncesi heyelan riskine yönelik analizlerin yapılarak destek sistemleriyle güvenliğin sağlanmasına yönelik bir çalışma sunulmaktadır. Arazi gözlemlerinde parsellerin birinde dolgu içinde geliştiği düşünülen ufak çaplı yüzeysel kitle hareketleri izlenmiştir. Söz konusu morfolojik bozukluklardan dolayı yapılaşma sonrasını ifade eden ayrıntılı heyelan analizlerinin yapılmasının zorunlu olduğu sonucuna varılmıştır. Buna yönelik olarak arazide toplam derinliği 160 m olan 6 sondaj yapılmış, jeofizik çalışması ile bilgiler desteklenmiştir. En derini 40 m olan sondajlarda ana kayaya rastlanmamıştır. Mevcut durumda gözlenen heyelanın boşluk suyu basıncının artması ile gerçekleştiği öngörüsüyle yapılan geriye analizlerde boşluk suyu basıncı katsayısının (r_u) 0.4 değerine yükselmesiyle dengenin kritik hale geldiği görülmüştür. Duraylılık analizleri Slide ve Talren yazılımları kullanılarak yapılmıştır. Statik koşullarda doğal yüzey için yapılan heyelan analizlerinde duraylı görülen parsellerde yapılaşma sonrası depremli durum için güvenlik sayısının 1`den küçük çıktığı gözlenmiştir. Analizler sonrasında deprem dahil tüm durumlarda yamaçların güvenliğini sağlamak amacı ile mal sahibi tarafından bina aralarına yapılması planlanan ters L şeklindeki istinat duvarlarının yeterli olamayacağı, buna ek olarak duvar taban kotundan başlamak üzere her parselde farklı aralıklı kazıkların imal edilmesinin gerekli olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar kelimeler: Geoteknik, heyelan riski, boşluk suyu basıncı, kazıklı perde, destek sistemleri.

Abstract

In this paper, the study of providing a safe support system for buildings on slope ground in Sakarya is presented. Some small size mass movements were observed at one of the parcels during site survey. It was concluded that a detailed landslide analysis is necessary due to morphological abnormalities. 6 boreholes with a total depth of 160 m were implemented and physical and mechanical tests were conducted by Sakarya University to understand the nature of the soils. Bedrock was not encountered during the borings. After the back-analysis, it was concluded that pore pressure ratio of 0.4 has become a critical value for the stability. Slide and Talren softwares were used for stability analysis. The factor of safety against slope failure was calculated smaller than unity for earthquake condition although it is safe for statical condition. After the limit equilibrium analysis, it was decided that piles with a diameter of 0.8 m and different spacing are also required in addition to retaining walls to have a safe design.

Keywords: Geotechnics, landslide risk, pore water pressure, piled-wall, support systems.

1. Giriş

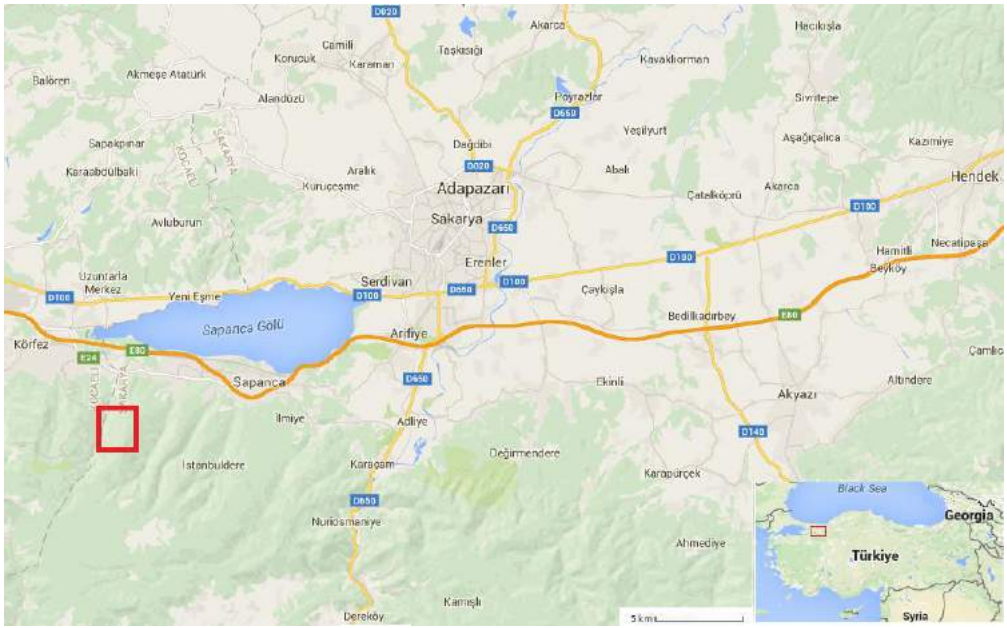
Eğimli arazilerde heyelan riski bulunup bulunmadığının belirlenmesi ve bu alanlarda güvenli ve ekonomik şekilde yapılaşmanın sağlanmasına yönelik araştırmalar Geoteknik Mühendisliğinin çalışma konuları arasında bulunmaktadır. Bu gibi çalışmalarda öncelikle alanın geoteknik karakteristikleri arazi çalışmaları ile belirlenmekte, zemin parametreleri arazi ve laboratuvar çalışmaları ile gerçekçi şekilde bulunmaktadır. Sonrasında topoğrafik verileri de kullanarak zemin kesiti modellenmekte ve zemin tabakalarının özellikleri göz önüne alınarak söz konusu yamaç ve şevlerin heyelan riski uygun bir yöntem ile hesaplanmaktadır. Planlanan yapılardan gelecek olan yüklerin de hesaba katılmasıyla yapılan çözümlerde heyelan riski ortaya çıkıyorsa yapılacak tasarım denemeleri ile destek sistemleri kullanarak ekonomik ve güvenli çözüme ulaşılabilmektedir. Ancak inşaat mühendisliği girişimi planlanan eğimli alanlarda birçok zemin etüdünde görüldüğü gibi rutin iş yaklaşımıyla sadece taşıma gücünün dikkate alınması durumu, inşaatlar sonrasında heyelan/stabilite problemleriyle karşılaşılması sonucunu getirebilmektedir [1, 2]. Kuru zamanlarda taşıma gücü açısından hiçbir problem taşımayan ve heyelan açısından da güvenli gibi görünen doygunluktan uzak 10^0'lik düşük eğime sahip arazilerde bile ani yağışlar sonrasında ortamın doygunluğa ulaşmasıyla oluşan heyelanlar büyük maddi kayıplara yol açabilmektedir [3].

Bu bildiride Sakarya/Türkiye'de yer alan çalışma alanında yapılması planlanan konut inşaatlarına yönelik heyelan riski ortaya çıkarılmış, güvenliği sağlayan destek sistemlerinin tasarımı ile heyelan riskinin önleneceği çözümler üretilmiştir.

2. Çalışma Alanının Özellikleri ve Gözlemler

Çalışma alanı Sakarya İli, Sapanca İlçesi, Dibektaş Mahallesinde yaklaşık 400-437 m kotunda yer almaktadır. Genelde güneyden kuzeye doğru 24-25° civarında eğime

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası



Şekil 2. Çalışma alanının genel görünümü

sahip alanın yer bulduru haritası Şekil 1`de, genel görünümü ise Şekil 2'de verilmektedir.

İki parselden oluşan çalışma alanında öncelikle özel bir firma tarafından Ağustos 2014 tarihinde yapılmış toplam derinliği 130 m olan dört adet sondaj, beş adet MASW ve bir adet mikrotremör çalışması değerlendirilmiştir. Mevcut raporda inceleme alanının Permiyen-Triyas yaşlı Sultaniye Metamorfiklerinden oluştuğu beyan edilmiştir. Sondajların hiçbirinde ana kayaya giriş yapılamadığı görülmüş olup sondaj loglarında genelde 12-17 m kalınlığındaki düşük-orta plastisiteli killerin altında orta derecede veya tamamen ayrışmış şistlerin bulunduğu belirtilmiştir. Sondaj verileri Çizelge 1'de ayrıntılı olarak sunulmuştur. Bölgeye gidilerek alanda mevcut durum incelenmiş, etrafındaki diğer jeolojik-jeomorfolojik oluşumlarla ilgili saha gözlemleri yapılarak not edilmiştir.

Gözlemlerde 293 parselin yapılaşma öngörülmeyen güney-güney batısında bulunan alanlarda dolgu içinde geliştiği düşünülen yüzeysel akmalara rastlanmıştır (Şekil 3). Bununla birlikte yine 293 parselde yapılaşmaya gidilecek alanların güney sınırında dolgu içinde geliştiği düşünülen ufak çaplı yüzeysel bir kitle hareketi izlenmiştir. Bu kısımlarda yüzeysel akmaların daha çok aşırı yağışlar sırasında suya doygun hale gelen yüzeysel tabakalarda sürücü kuvvetlerin artmasından ve direnen kuvvetlerin azalmasından aşağı doğru sığ bir kayma yüzeyi boyunca ileri geldiği düşünülmektedir. Söz konusu olan bu morfolojik bozukluklardan dolayı yapılaşma sonrasını ifade eden ayrıntılı heyelan analizleri yapılması zorunlu görülmüştür. Tüm bunların yanında yapılan arazi incelemelerinde 292 parselde herhangi bir hareketin olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte 292 parselin de 293 ile hemen hemen aynı morfolojide olması ve benzer zemin profili sunması söz konusu parselin de aynı derecede heyelan riski taşıyacağını göstermektedir.



Şekil 3. 293 parselde güney batıda bulunan kitle hareketi

Çizelge 1. Çalışma alanında yapılmış sondajların özeti

z (m)	SK-1	SK-2	SK-3	SK-4
0	Bitkisel Toprak	Bitkisel Toprak	Dolgu	
1	**1.50** m		**1.50** m	Bitkisel Toprak
2		**3.00** m		
3	Açık Kahverengi Orta		Açık Kahverengi Orta Plastisiteli	**3.50** m
4	Plastisiteli (CI) Katı, Çakıllı	Açık Kahverengi Orta	(CI) Katı, Çakıllı	
5	Kumlu Kil	Plastisiteli (CI) Katı, Çakıllı	Kumlu Kil	Açık Kahverengi Orta
6	**7.00** m	Kumlu Kil	**7.00** m	Plastisiteli (CI) Çok Katı,
7		**7.50** m		Kumlu Kil
8	Açık Yeşil- Kahve Düşük	Açık Yeşil-Kahve Orta Plast.		**7.00** m
9	Plastisiteli (CL) Çok Katı,	(CI) Sert Kumlu Kil (Rezidüel	Açık Yeşil- Kahve Düşük	
10	Az Kumlu Kil **10.50** m	Zemin)	Plastisiteli (CL) Çok Katı, Çakıllı	
11		**12.00** m	Kumlu Kil	
12	Yeşilimsi Kahve Düşük			
13	Plastisiteli Az Kumlu Kil		**13.50** m	Yeşilimsi Kahve Düşük-
14	(Rezidüel Zemin)		Yeş. Kahve Düşük Plast. (CL)	Orta Plastisiteli (CI-CL),
15			Sert, Kumlu Kil (Rezidüel Zemin)	Sert, Kumlu Kil (Rezidüel
16	**16.50** m		**17.00** m	Zemin)
17		Yeşilimsi Gri Çok Zayıf		
18		Tümüyle Ayrışmış Şist		
19				
20			Yeşilimsi Gri Çok Zayıf Tümüyle	
21	Yeşilimsi Gri Çok Zayıf		Ayrışmış Şist	**16.50** m
22	Tümüyle Ayrışmış Şist			
23		**24.00** m		Yeş.Gri-Açık Gri, Çok
24		Yeşilimsi Gri Çok Zayıf Çok		Zayıf Çok Orta Ayr. Şist
25		Ayrışmış Şist	**25.00** m	**25.00** m
>25	**40.00** m	**40.00** m		

3. Fiziksel ve Mekanik Deneyler

Mevcut raporda heyelan analizlerine yönelik kalıntı parametrelerin olmaması nedeniyle Haziran 2015 tarihinde toplam derinliği 30 metre olan 2 adet ek dönel sondaj yaptırılmıştır. Bu sondajlarda da önceki sondajdakilere benzer birimlerin kesildiği görülmüş olup kesme kutusu deneylerinin yapılabilmesi amacıyla örselenmemiş numuneler aldırılmıştır. Ek sondajlardan alınan numuneler üzerinde gerekli fiziksel ve mekanik deneyler Sakarya Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarı tarafından TS1900-1, TS1900-2 uyarınca gerçekleştirilmiş olup zeminler TS1500 uyarınca sınıflandırılmıştır [4-6]. Alanda yürütülen tüm sondaj noktalarının yerleri Şekil 4'de sunulmuştur. YASS, ilk yapılan sondajlarda yüzeyden 2-5 m, son sondajlarda ise 3 m aşağıda ölçülmüştür.

Çizelge 2'de tüm fiziksel deney sonuçları görülmektedir. Çizelge 1 ve 2`den anlaşılacağı üzere çalışma alanında tamamen kumlu çakıllı düşük ve orta plastisiteli zeminler yer almaktadır. Sınıflandırma deney sonuçlarından; yüzeye yakın kısımların daha çok killi çakıllar ile kaplı olduğu ancak bu örtü tabakasının altındaki tüm zeminlerin ise kumlu çakıllı düşük ve orta plastisiteli zeminler ile temsil edildiği görülmektedir. Alanda mevcut hareketlenmeden dolayı zeminlerin dayanımının kalıcı (rezidüel) dirençler ile temsil edilebileceği düşüncesi ile kesme kutusu deneyinde rezidüel parametreleri belirlemeye yönelik çalışma da yapılmış olup deney sonuçları Çizelge 3'de özetlenmektedir.

Çizelge 3`de kesme kutusu deney sonuçları incelendiğinde üstteki zeminin pik kohezyonunun 0-19 kPa, sürtünme açısının 24-37° arasında değiştiği, rezidüel kohezyonunun ise 0-11 kPa ve sürtünme açısının da 21-29° arasında değiştiği görülmektedir. Alanın dışında güneybatıda mevcut olan hareketin çok yüzeysel olduğu düşüncesi ile üst zemin katmanlarında bu değer aralıklarının kullanılmasının yanlış olmayacağı kanaatine varılmıştır.



Şekil 4. Alanda gerçekleştirilmiş sondaj noktalarının yerleri

Çizelge 2. Çalışma alanı fiziksel deney sonuçları (derinlik sıralı)

Sondaj No	z (m)	Renk	w_n	w_L	w_P	I_P	I_L	% İnce	Sınıf
1	1.50	aK	19	36	24	12	-0.15	51	CI
2	1.50	YK	16	30	21	9	-0.57	41	GC
2	2.50UD	aK	14	33	22	11	-0.63	43	GC
1	3.00	aKaY	19	37	23	14	-0.34	55	CI
1	3.00UD	aK	20	32	22	11	-0.15	48	SC
2	3.00	KY	17	33	20	13	-0.24	50	CL
1	4.50	aKaY	18	37	22	15	-0.31	59	CI
2	4.50	XK	13	28	NP	NP	---	21	GM
1	6.00	kYK	18	39	22	17	-0.23	61	CI
1	9.00	YK	16	37	23	14	-0.46	60	CI
2	9.00	kKY	18	28	22	7	-0.57	45	SC
1	15.00	YK	15	31	21	10	-0.57	60	CL

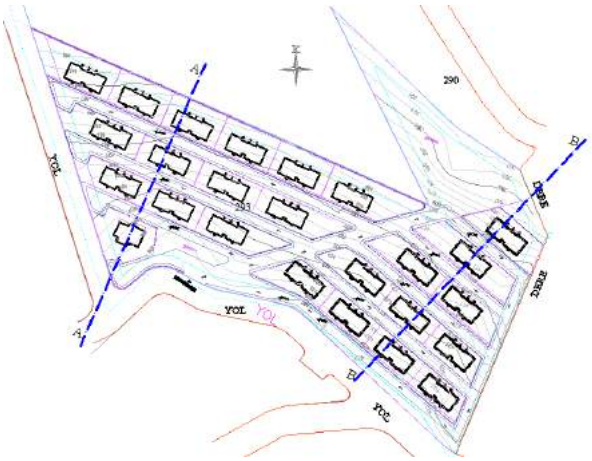
a: açık, k: koyu, K: Kahve, Y: Yeşil X: Kızıl

Çizelge 3. Kesme Kutusu Deneyi Sonuçları

Sondaj	Derinlik (m)	Litoloji	ρ_n (kN/m^3)	e	c (kPa)	ϕ	c_r (kPa)	ϕ_r
SK-1	3.00-3.50	Killi Kum	20.91	0.54	19	24	11	21
SK-2	2.50-3.00	Killi Çakıl	20.32	0.53	0	37	0	29

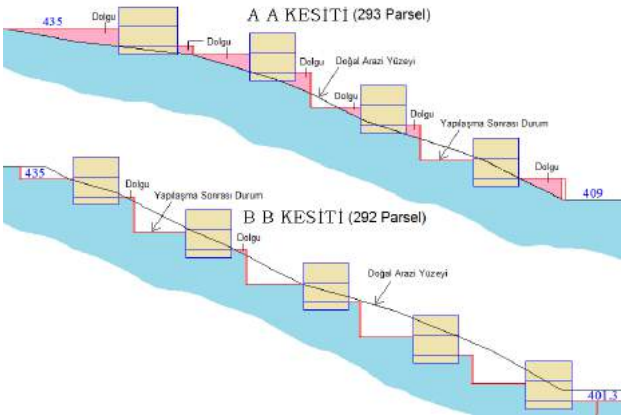
4. Heyelan Analizleri ve Destek Sistemi

Her iki parselde de kesit çıkartılarak hem doğal hem de inşaat sonu tesviye edilmiş haldeki durumları ortaya konmuştur. Her iki parsel için kullanılan kesit doğrultuları Şekil 5'de, mevcut doğal durum ile yapılaşma sonrası yamaç düzenlemesi yapılmış durumu gösteren kesitler ise Şekil 6'da sunulmuştur. A-A' kesiti 293 Parseli, B-B' kesiti ise 292 parseli temsil etmektedir. Yapılan duraylılık analizlerinde dairesel kayma yüzeyleri incelenmiş olup doğal durum, yapılaşma sonrası yamaç düzenlemesi yapılmış durum ve kazıklı durumlar için hem statik hem de depremli durumları yansıtan çözümler yapılmıştır. Analizler ilgili standart gözetilerek SLIDE ve kazıklı sistemlerin de çözümünü yapabilen TALREN yazılımları kullanılarak gerçekleştirilmiştir [7].



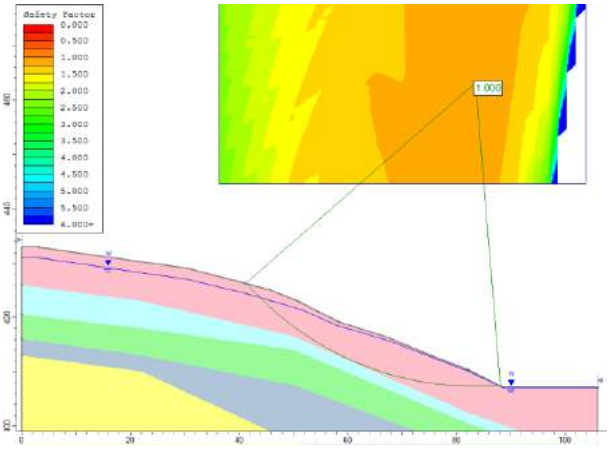
Şekil 5. Çalışma alanı planı ve kesit doğrultuları

Asıl çalışmaya başlamadan önce; daha önceden alan dışında meydana gelmiş yüzeysel kaymanın bulunduğu bölgenin doğal topoğrafyasının kesiti çıkartılarak deneysel olarak bulunan parametrelerin de ışığı altında geri analizler yapılmıştır. Bu kesitin güvenlik sayısı yaklaşık 1.00 civarlarında olduğu varsayımı ile alandaki zeminleri temsilen, diğer kesitlerde de kullanılacak olan kayma direnci parametrelerinin seçimi yapılmıştır. Yeraltı suyu seviyesi sondaj ve sondalama çalışmalarından elde edilen verilere göre modellenmiş ancak saha ziyareti sırasında topuğa yakın bölgelerde gözlemlenen sızıntı sularını temsilen bu bölgelerde yeraltı suyu yüzeye yakın modellenmiştir. Eldeki bu veriler kullanılarak parsellerin mevcut topoğrafyasının geri analizleri yapılmış, üstteki zeminin kohezyon değerinin 12 kPa, sürtünme açısının da 22° alınmasına karar verilmiş ve sonraki analizlerde bu değerler kullanılmıştır.



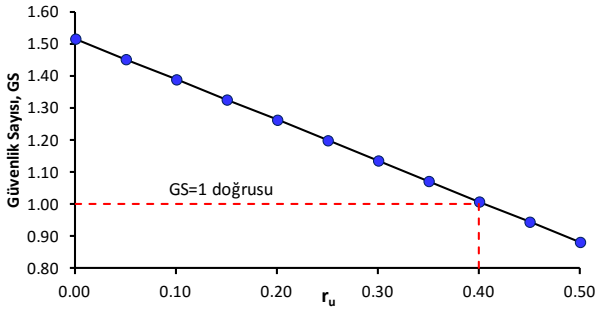
Şekil 6. 292/293 parsellerde kesitler

Analiz sonuçlarından Şekil 3'dekine benzer şekilde yamaç topuğuna yakın bölgede stabilitenin kritik düzeye geldiği ve analiz sonuçları ile bu durumun örtüştüğü görülmüştür (Şekil 7).



Şekil 7. 293 parseldeki A-A' kesitinde olası kayma yüzeyi

Uzun yıllar boyunca elde edilen bilgi birikimi ve deneyim, kitle hareketlerinde en önemli etkenin yerüstü ve yeraltı suları olduğunu göstermiştir [8]. Buradan hareketle çalışma alanında meydana gelen yüzeysel kitle hareketlerinin ana tetikleyici etkeninin aşırı yağmur/kar yağışı sonucu ortamın doygunluğunun artması ve güvenlik sayısının artan sürücü kuvvetler etkisi ile devamlı düşmesi olduğu söylenebilir. Bu amaçla daha önce yüzeysel kitle hareketlerinin gözlemlendiği bölge kritik kesit (A-A') seçilerek boşluk suyu basıncının güvenlik sayısı üzerindeki etkisi depremsiz durumda incelenmiş ve Şekil 8`den de görülebileceği gibi boşluk suyu basıncı katsayısının (r_u) 0.40 olması durumunda şevin kritik eşiğe geldiği anlaşılmıştır.



Şekil 8. A-A' Kesitinde boşluk suyu basıncı oranı (r_u)-güvenlik sayısı (GS) İlişkisi

Heyelan analizlerinde yatay deprem (sismik) katsayısının ne seçileceği hakkında literatürde kesin bir yargı yoktur. Çalışma alanı için yapılan heyelan analizlerinde yatay deprem ivmesi k_h=0.15g olarak alınmıştır [9].

Tüm kesitlerde yeraltı suyu da modellenerek doğal durum ve yapı yüklü durum olmak üzere hem depremli hem de depremsiz şartları göz önüne alan, ayrıca kazıklı ve kazıksız çözümleri de içeren durumlar için analizler yapılmıştır. Sonuçlardan her iki kesitte de (A-A', B-B') mevcut koşullar altında yapı yükü yok iken statik durumda denge durumunun bulunduğu görülmüştür (GS=1.03). Bununla birlikte inşaat sonunu temsil eden yapı yüklerinin konulduğu durumlarda ve deprem kuvvetlerinin de etkin olduğu şartlarda her iki kesitte de güvenlik sayıları 1.00'ın altına düşmektedir. B-B' kesitinde özet sonuçlar Çizelge 4`ten izlenebilir.

Çizelge 4. 292 parsel B-B' kesiti heyelan analizi sonuçları

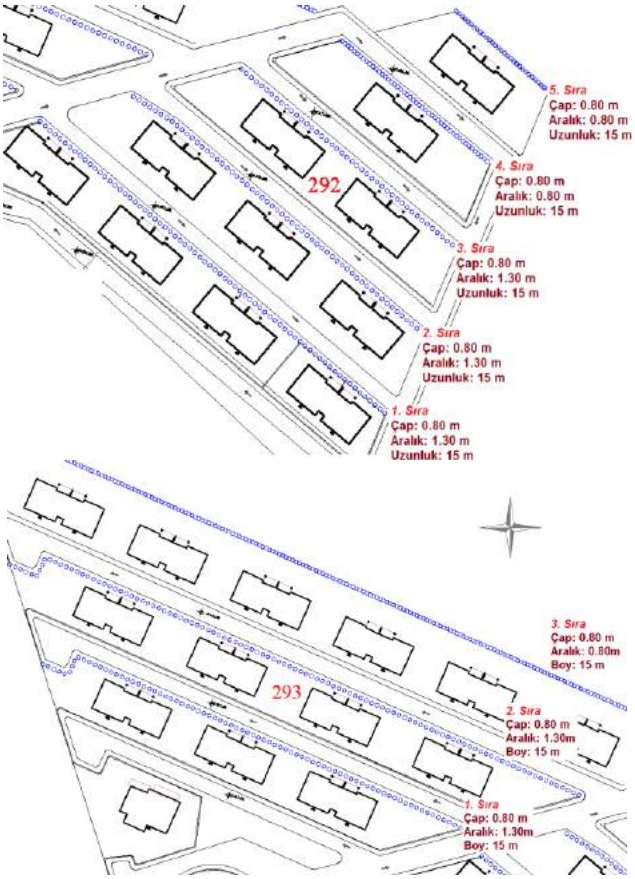
Çözüm No	Yapı Yükü	Deprem	Kazık	GS
1	-	-	-	1.03 Dairesel
2	√	-	-	1.14 Dairesel
3	√	√	-	0.85 Dairesel
4	√	-	√	1.46 Dairesel
5	√	√	√	1.03 Dairesel

Herhangi bir önlem yokken A-A' ve B-B' kesitlerinde yapı yüklü ve depremli şartlarda şevlerin genel güvenliği kritik çıkmaktadır. Bu durumda boşluk suyu basıncında öngörülmeyen artışların şevi yine güvensiz duruma getirebileceği düşünüldüğünden güvenliğin sağlanması amacıyla çapı en az 80 cm olan kazıkların teşkil edilmesi uygun görülmüştür. Buna göre 292 nolu parselde 5 sıra, 293 nolu parselde ise 3 sıra kazık imal edilmesi gerekmektedir. Çizelge 5'de parsellerde kullanılacak kazıkların çap, boy ve aralıkları özetlenmekte, Şekil 9'da ise parsellerin kazık yerleşim planları verilmektedir.

Çizelge 5. Kazık gruplarının minimum boyutları

Parsel No	292					293		
Sıra No	1	2	3	4	5	1	2	3
Çap, m	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Aralık, m	1.30	1.30	1.30	0.80	0.80	1.30	1.30	0.80
Boy*, m	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00

*duvar alt kotundan itibaren



Şekil 9. Parsellerde kazık yerleşim planı

Söz konusu projede yapı önlerine yapılması planlanan kazıkların üst kotunun yol kotu olarak alınması durumunda yol kotu ile arkadaki yapı bahçe kotu arasında toplam 5.30 m'lik kot farkı ortaya çıkmaktadır. Bu durumda kazıklı perdelerin bahçe kotuna kadar (+5.30 m) uzatılması veya 5.30 m'lik düşey kesitin güvenliğini sağlamak üzere dayanma duvarı teşkili gerekecektir. Dayanma duvarının imal edilmesi durumunda duvar arkasında kalacak zemini tamamen kaldırmak mümkün olamayacağından duvarların ters L şeklinde tasarlanması gerekmektedir. Ayrıca yol kotu nedeniyle duvar önüne pasif dolgu yapma şansı olmadığından dayanma duvarlarının temellerinin kazık donatılarından bırakılacak donatı filizlerine bağlanarak kaymaya karşı güvenliğinin sağlanması gerekmektedir. Aksi durumda dayanma duvarlarının kaymaya karşı güvenliği riskli seviyelere düşmektedir. Bu doğrultuda Retain Pro yazılımı ile yapılan analiz sonuçlarına göre önerilen duvar boyutları Çizelge 6'da sunulmuştur. Duvar arkasında kullanılacak geri dolgu malzemesinin kayma direnci açısı 33°'den az olmamalıdır.

Çizelge 6. Parsellerde kazık başlarında kullanılacak istinat duvarı boyutlandırması

Özellik	Boyut
Duvar temeli arka ampatman genişliği	0.50 m
Duvar temeli toplam genişliği	3.50 m
Duvar temeli yüksekliği	0.50 m
Duvar gövde yüksekliği	4.80 m
Duvar toplam yüksekliği	5.30 m
Duvar gövde taban genişliği	0.60 m
Duvar gövde üst genişliği	0.30 m

Bilindiği gibi yamaçlarda duraylılık kayıplarının en önemli etkeni sudur. Çalışma alanı özellikle kış aylarında ağır yağış almaktadır. Yağmurlarla ve karların ani bir şekilde erimesi ile gelen su boşluk suyu basıncı oranı (r_u) değerini arttırmaktadır, bu da duraylılığın azalmasına yol açmaktadır. Dolayısı ile su basınçlarının yükselmesini önleyici önlemler almak sistemi daha da güvenli duruma getirecektir. Alanda yapılan arazi incelemelerinde özellikle 293 parselin etek kısımlarında su sızıntılarının varlığı görülmüştür. Söz konusu sızıntının var olması durumunda mevcut parsellerin güvenliği daima en alt düzeyde olacaktır. Bu bakımdan yamaca doğru olan muhtemel sızıntılara karşı önlemlerin alınması büyük önem taşımaktadır.

5. Sonuç

Bu çalışmada Sakarya/Türkiye'de yer alan çalışma alanında yapılması planlanan konut inşaatlarına yönelik heyelan riski ortaya çıkarılmış, güvenliği sağlayan destek sistemlerinin tasarımı ile heyelan riskinin güvenli hale geleceği çözümler üretilmiştir. İnşaat alanında yapılan gözlemlerde; arazide meydana gelmiş bölgesel akmaların mevcut olması, ortamın jeolojik ve morfolojik durumu, ortamın heyelana karşı hassasiyetini ortaya koymaktadır. Yamacın yüzeysel ve yeraltı suları ile yıllardır beslenmesinin kayma direncinin dereceli olarak düşmesine sebep olduğu düşünülmektedir. Sondajlardan gelen numuneler üzerinde laboratuvarda yapılan fiziksel deneylerin sonuçlarına göre; üst 7.50 metrelerde aşağıdaki metamorfik kayaçların ayrışma ürünü olan orta ve düşük plastisiteli kumlu-çakıllı killerin hâkim olduğu belirlenmiştir. 292 ve 293 parselleri temsil eden A-A' ve B-B' kesitlerinin olduğu bölgelerde şevlerin genel güvenliği bina yüklemesi ve depremli durumlarda kritik çıkmaktadır. Yamaçların güvenliğini sağlamak amacı ile bina aralarına yapılması planlanan istinat duvarlarının taban kotundan başlamak üzere her parselde farklı aralıklı kazıklar teşkil edilmiştir. Bununla birlikte yamaçta muhtemel su sızıntıların giderilmesine yönelik önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Kazıklı perde üzerine ters L şeklinde teşkil edilecek dayanma yapılarının arkasında kullanılacak geri dolgu malzemesinin kayma direnci açısı 33°'den az olmamalı, duvar arkasında su birikmeyecek şekilde drenaj önlemleri alınmalıdır.

Kaynaklar

[1] Bol, E., Sert, S., Özocak, A., Eğimli Bir Arazide İnşa Edilmiş Donatılı Bir Zemin Duvarda Stabilite Problemi, 3. Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, 3-5 Haziran, Valencia, Spain, (bildiri no: 44) sf 289-298, 2015.

[2] Özocak, A., Bol, E., Sert, S., Dayanma Duvarında Stabilite Problemi: Vaka Analizi, 3. Uluslararası Mühendislik ve Bilim Alanında Yenilikçi Teknolojiler Sempozyumu, 3-5 Haziran, Valencia, Spain, (bildiri no: 40) sf 260-265, 2015.

[3] Önalp, A., Özocak, A., İzmir Güneşköy Heyelanı, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Yedinci Ulusal Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 22-23 Ekim, cilt 2, sf. 289-298, 1998.

[4] TSE, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri – Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini, TS1900-1, Ankara, 93 sayfa, 2006.

[5] TSE, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri – Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, TS1900-2, Ankara, 64 sayfa, 2006.

[6] TSE, İnşaat Mühendisliği'nde Zeminlerin Sınıflandırılması: TS1500, Ankara, 12 sayfa, 2000.

[7] TSE, Yamaç ve Şevlerin Dengesi ve Hesap Metodları-Zeminde: TS 8853, Ankara, 36 sayfa, 1991.

[8] Önalp, A., Arel, E. Geoteknik Bilgisi-II, Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği, 2004.

[9] Corps of Engineers. Slope Stability Manual EM-1110-2-1902, Washington, D.C., Department of the Army, Office of the Chief of Engineers, 1982.

SERİK HEYELANININ DÜŞEY ELEKTRİK SONDAJI VE SİSMİK KIRILMA YÖNTEMLERİ İLE İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF SERIK LANDSLIDE USING VERTICAL ELECTRICAL SOUNDING AND SEISMIC REFRACTION METHODS

Züheyr KAMACI [a] ve Sedat YILMAZ[b]

[a] Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Jeofizik Müh. Isparta, Türkiye, zuheyrkamaci@sdu.edu.tr
[b] Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Jeofizik Müh. Isparta, Türkiye, sedatyilmaz@sdu.edu.tr

Özet

Heyelanlar genel olarak birçok dış etkenler tarafından tetiklenen bir kaya birikimi, bir yamacın çökmesi veya kayması olarak tanımlanır. Antalya ili Serik ilçesi Sarıabalı köyü Kısıklı mahallesindeki heyelan, üst kotlarda açılan yol ile doğal yamacın tahribi, litolojik olumsuzluklar ve aşırı yağışlar yüzünden oluşmuştur. Bu yamaç ile ilgili problemler dağ yolunun yapımı ve aşırı yağıştan dolayı bir artış göstermiştir. Bu çalışmada, heyelana neden olan kütlenin kalınlığı, muhtemel kayma yüzeyi ve heyelan oluşumunda rol alan yeraltı suyu varlığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada, yerelektrik yöntemlerden düşey elektrik sondajı (DES) ve sismik yöntemlerden sismik kırılma teknikleri bu heyelanı araştırmak için kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Heyelan, özdirenç, sismik kırılma

Abstract

Landslides, defined as the movement of a mass of rock, debris or earth down a slope, are earthflows that can be triggered by a variety of external factor. The landslide located Kısıklı district of Sariabali willage, Serik, Antalya occurred due to road constructions upper part of slope, the destruction of the natural slopes, lithological negativeness and excessive precipitations. The problems related to this slope showed an increase due to construction of ridgeway and heavy rainfall. Primary attention was drawn to the determination of the thickness of the mobilized material, its possible sliding surface and evaluation of the groundwater conditions related to the occurrence of the landslide. In this study, vertical electrical sounding (VES) from geo-electrical methods and seismic refraction from seismic methods were used to investigate this landslide.

Keywords: Landslide, resistivity, seismic refraction

1. Giriş

Heyelanlar oluş nedenleri ve şekilleri bakımından farklı özelliklere sahiptir. Genellikle topoğrafyanın eğimli olması ve temel kaya ile heyelan kütlesi arasında kaymayı sağlayan, bir doygunluk bölgesinin oluştuğu yerlerde, belirli bir yüzey boyunca yamaç aşağı kayma, düşme ve akma hareketlerinden ya da çeşitli bileşenleri şeklinde gelişir. Bu nedenle heyelanlar, fiziksel değerlerin değişimi ve tabakaların sahip olduğu litolojik farklılıklardan oluşmuş jeolojik karmaşıklardır[1]. Heyelanın yapısını ve suyla doygunluğunu ortaya koyma ve yorumlamada mühendislik jeolojisinin bilinen yöntemleri ile çözüme ulaşmak bazen imkansız olmaktadır. Oysa jeofizik yöntemlerin uygulanması ile çok geniş alanlarda hızlı araştırmalar yapmakta ve diğer mühendislik dallarından daha fazla ve ayrımlılıkta veri üretilebilmektedir. Dolayısıyla jeofizik yöntemlerin uygulanması [2,3,4] bu tür sorunların çözülmesi ve daha detaylı bilgilere ulaşılması bakımından son derece yararlı ve önemlidir. Heyelan sahalarında uygulanan jeofizik yöntemler ile bir heyelanın; yeryüzünde gözlenemeyen sınırları, kayma yüzeyinin derinliği, heyelan bölgesindeki değişik malzemelerin dağılım düzeni, yeraltı suyunun durumu ve temel kaya derinliği gibi özellikler saptanabilmektedir.

Bu çalışmada, hatalı mühendislik uygulamalarından kaynaklanan ve aşırı yağış sonrası oluşan heyelanlara bir örnek olarak Antalya ili Serik ilçesi Sarıabalı köyü Kısıklı mahallesinde Şubat 2010 yılında meydan gelen bir heyelan araştırılmıştır (Şekil 1). Heyelan kütlesi üzerinde sismik kırılma ve düşey elektrik sondajı yöntemleri kullanılarak, heyelana neden olan kütlenin kalınlığı, su içeriği, kayma yüzeyi ve temel kaya yapısı ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Aktif heyelan üzerinde tarım amaçlı bir sera mevcut olup betonarme bina yoktur. Heyelanın meydana geldiği yamacın alt kotlarında karayolunun üst kısmındaki betonarme evlerin, kayma hareketinin oluşmadığı ve heyelanın topuk kısmı olarak isimlendirilen yerden, biri (KD köşesindeki) 50 m diğerleri yaklaşık olarak 100 m uzaklıktadır. Heyelan bölgesinden birkaç fotoğraf Şekil 2' de verilmiştir.

İnceleme alanındaki jeolojik birimler, [5] tarafından adlandırılmış olup, ofiyolitik melanj (karmaşık) karakterindedir. Buna göre inceleme alanının jeolojik durumu aşağıda kısaca özetlenmeye çalışılmıştır. Ofiyolitli melanj karakterinde olan birim, serpantinit hamur içerisinde değişik boyutta kumtaşı, şeyl, marn, tabakalı çört, radyolarit, bazik volkanit, Jura-Kretase yaşlı neritik kireçtaşı, gabro, diyabaz, amfibolit vb. blokları kapsar. Yukarıda belirtilen genelde melanj olarak bilinen birimler su aldıklarında şişebilen ve dolayısıyla heyelan oluşturabilen birimlerdir. Bunlar içerisinde özellikle yeşilimsi renkli serpantinit ve marnlar bu özelliği en iyi olarak gösterirler. Yukarıda belirtildiği gibi karmaşığın en yaygın litolojisini serpantinitler oluşturur. Serpantinitlerin yaygın bulunması ve aynı zamanda su aldığında kolay şişme özelliği

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

göstermesi nedeniyle bu birimlerin heyelan oluşumuna son derece uygun olduğu söylenebilir.



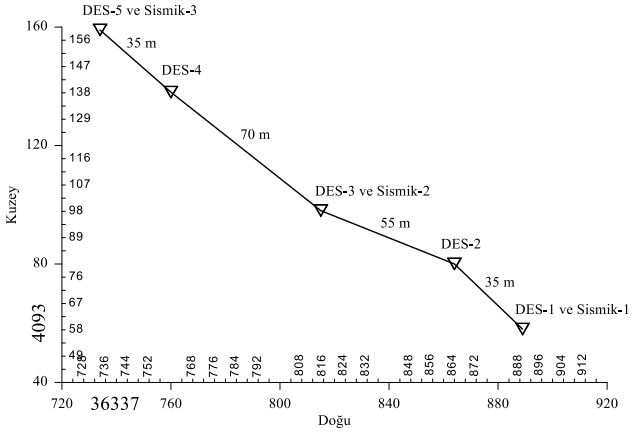
Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası (Google Earth' den) ve heyelan alanının sınırları. Yerleşim alanları dört grupta toplanarak numaralandırılmıştır.



Şekil 2. Heyelan sahasından fotoğraflar**.** Sol üstteki alttan yamacın görünümü. Sağ üstteki tepeden kuzey kesiminin görünümü. Sol alttaki aktif heyelanın dışındaki güney kesimin görünümü. Sağ alttaki ise yamacın orta kısmındaki su birikintisinin görünümü.

2. DES ve Sismik Verilerin Yorumu

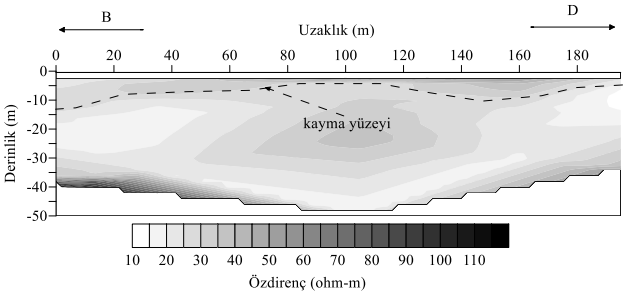
İnceleme alanında 6 noktada Schlumberger elektrot dizilimine göre Düşey Elektrik Sondajı (DES) ölçümü yapılmış olup, bunlardan biri (yarım Schlumberger elektrot dizilime göre) aktif bölgenin dışında heyelanın güney kesimde yer almaktadır. Bunun yanında, malzemenin elastik parametrelerini belirlemek, sismik profil boyunca ve civarında yer altı mekanik özelliklerini saptamak amacıyla söz konusu alanın yaklaşık 20-25 m derinlikleri tanımak için yamaca paralel olacak şekilde iki adet 60 m ve bir adet 70 m uzunluğunda 3 sismik profil P ve S ölçümü alınmıştır. Heyelan üzerindeki DES ve sismik ölçüm yerleri, yamaç boyunca Şekil 3' te gösterilmiştir.



Şekil 3. İnceleme alanındaki DES ve sismik kırılma ölçüm yerleri.

DES-1 ölçümü kayma hareketinin olmadığı en alt kotta yer almaktadır. Değerlendirme sonucuna göre, yaklaşık 1.7 m kalınlığında dirençli bir örtü tabakası (özdirenci 100 ohm-m), altında daha düşük özdirençli (20 ohm-m) 5 m derinliğine kadar bir tabaka, altında 25 m derinliğe kadar az ayrışmış özdirenci yaklaşık 28 ohm-m olan bir tabaka ve en altta ise daha dirençli bir tabaka devam etmektedir. DES-2 ölçümü birinci ölçümünün 35 m batısında yer almaktadır. Değerlendirme sonucuna göre, yaklaşık 1.5 m kalınlığında dirençli bir örtü tabakası (özdirenci 130 ohm-m), altında daha düşük özdirençli (30 ohm-m) 7 m derinliğine kadar bir tabaka ve onun altında ise 33 m derinliğe kadar özdirenci 20 ohm-m olan bir tabaka vardır. DES-3 ölçümü ikinci ölçümden 55 m yukarıda yer almaktadır. Değerlendirme sonucuna göre, yaklaşık 2.3 m kalınlığında dirençli bir örtü tabakası (özdirenci 100 ohm-m), altında daha düşük özdirençli (25 ohm-m) 5 m derinliğine kadar bir tabaka, altında 33 m derinliğe kadar az ayrışmış özdirenci yaklaşık 35 ohm-m olan bir tabaka ve en altta ise daha düşük özdirençli (20 ohm-m) bir tabaka devam etmektedir. DES-4 ölçümü üçüncü ölçümden 70 m yukarıda yer almaktadır. Değerlendirme sonucuna göre, yaklaşık 2 m kalınlığında dirençli bir örtü tabakası (özdirenci 100 ohm-m), altında az ayrışmış (özdirenci 40 ohm-m) 6.4 m derinliğine kadar bir tabaka ve onun altında ise 30 m derinliğe kadar ayrışmış özdirenci yaklaşık 20 ohm-m olan bir tabaka devam etmektedir. DES-5 ölçümü dördüncü ölçümden 35 m yukarıda yer almaktadır. Değerlendirme sonucuna göre, yaklaşık 3.3 m kalınlığında özdirenci 20 ohm-m olan bir tabaka, altında daha düşük özdirençli (15 ohm-m) 15 m derinliğine kadar bir tabaka, onun altında ise 33 m derinliğe kadar daha dirençli (özdirenci 35 ohm-m) bir tabaka devam etmektedir.

DES ölçümlerinin değerlendirme sonuçları bir hat boyunca görüntülenmiştir (Şekil 4). Bu kesite göre, yaklaşık olarak 1.5-2 m kalınlığında bir örtü tabakası altında 5-7 m aralığında değişen ayrışmış bir tabaka vardır. Bu derinlikten sonra kesitin orta kısımlarında (70-130 m aralığında) yaklaşık 35 m derinliğe kadar ayrışmanın az olduğu bir tabakanın varlığı görülmektedir. Kesitin sol tarafında (DES-5 ölçüm yeri) 15 m derinliğe kadar suya doygun bir tabaka (gözlemler sonucu burada yüzeyde su açıkça görülmektedir) vardır. Kesitin sağ tarafında ise (heyelanın alt kotunda doğu yönündeki DES-1 ve DES-2 ölçümlerinin yer aldığı yerde) ise ayrışmanın daha az olduğu görülmektedir. Değerlendirme sonuçlarına göre, heyelan kütlesinin hareketi yönünde oluşan kayma yüzeyi belirlenmiş ve şekil üzerinde gösterilmiştir. Kayma derinliğinin üst kotlarda 15 m derinliğe kadar orta kesimde ve alt kotlarda ise 5-10 m derinlik aralığında olduğu görülmektedir.



Şekil 4. DES sonuçlarının bir hat boyunca gösterimi.

Aktif heyelanın olmadığı bir alanda (1 ile işaretlenmiş bölge içinde, Şekil 1)) DES-6 ölçümü değerlendirme sonucuna göre, yaklaşık 1 m kalınlığında dirençli bir örtü tabakası (özdirenci 40 ohm-m), altında su içeriği yüksek (özdirenci 15 ohm-m) 3.3 m derinliğine kadar bir tabaka ve en altta ise dirençli (özdirenci >30 ohm-m) bir tabaka devam etmektedir.

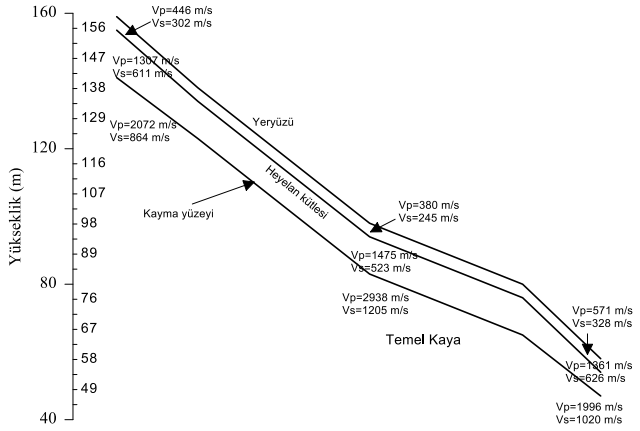
Elektrik özdirenç yanında malzemenin elastik parametrelerini belirlemek, sismik profil boyunca ve civarında yer altı mekanik özelliklerini saptamak amacıyla yamaca paralel olacak şekilde iki adet 60 m ve bir adet 70 m uzunluğunda 3 sismik profil P ve S ölçümü alınmıştır (bkz. Şekil 3).

Sismik-1 Profili: Sismik boyuna dalga hızı 571 m/s, enine dalga hızı 328 m/s olan birinci tabakanın derinliği 3-4 m arasında değişmektedir. Bu tabaka gevşek yamaç molozu alüvyonal bir yapıda olup, dinamik elastisite modülü değerleri zayıf bir malzemeye işaret eden 4000 kg/cm^2 gibi çok düşük değerler gösteren zayıf bir malzemeye işaret etmektedir. Ayrıca bu üst seviyenin Poisson oranının 0.25 oluşu zayıf olmayan ancak boşluklu bir bloklu bir yapıya ve arada yoğun killi zemin yapısını göstermektedir. Bu seviyenin altında derinliği 11 m' ye varan boyuna dalga hızı 1361 m/s, enine dalga hızı 626 m/s oluşu ofiyolitik melanj karakterindeki birime dayanan seviyenin zayıf olduğunu ve su taşıdığını, Poisson oranı 0.37 oluşu ile zayıf bir zemin yapısı ortaya koymaktadır. Üçüncü ve 11 m' den sonraki seviyenin boyuna dalga hızı 1996 m/s,

enine dalga hızının da 1020 m/s olması, Poisson oranı 0.32 ve elastisite modülü 57000 kg/cm^2 olması temel kayaya girildiğini ifade eder.

Sismik-2 Profili: Sismik boyuna dalga hızı 380 m/s, enine dalga hızı 245 m/s olan birinci tabakanın 3-4 m arasında derinliğe sahip olduğu, bu tabakanın gevşek yamaç molozu alüvyonal bir yapıya sahip olduğu, dinamik elastisite modülü değerleri zayıf bir malzemeye işaret eden 2062 kg/cm^2 gibi çok düşük değerler bulunmuştur. Ayrıca bu üst seviyenin Poisson oranının 0.14 oluşu zayıf olmayan ancak boşluklu bir bloklu yapıda ve arada yoğun killi zemin yapısını göstermektedir. Bu seviyenin altında derinliği 11 m' ye varan boyuna dalga hızı 1475 m/s, enine dalga hızı 523 m/s oluşu ofiyolitik melanj karakterindeki birime dayanan seviyenin zayıf olduğunu ve su taşıdığını, Poisson oranı 0.43 oluşu ile suya doygun zayıf bir zemini ifade eder. Bu durum elastisite modüllerinden de açıkça anlaşılabilmektedir. Üçüncü ve 11 m' den sonraki seviyenin boyuna dalga hızı 2938 m/s, enine dalga hızının da 1205 m/s olması, Poisson oranı 0.41 ve elastisite modülü 92000 kg/cm^2 olması temel kayaya girildiğini ifade eder.

Sismik-3 Profili: Sismik boyuna dalga hızı 446 m/s, enine dalga hızı 302 m/s olan birinci tabakanın 5 m derinlikte olduğu, bu tabakanın gevşek yamaç molozu alüvyonal bir yapıda, dinamik elastisite modülü değerleri ise 2945 kg/cm^2 'lik gibi zayıf bir malzemeden oluşmuştur. Ayrıca bu üst seviyenin Poisson oranının 0.08 oluşu zayıf olmayan ancak boşluklu bir bloklu yapıda ve arada yoğun killi zemin yapısını göstermektedir. Bu seviyenin altında derinliği 13 m' ye varan boyuna dalga hızı 1307 m/s, enine dalga hızı 611 m/s oluşu ofiyolitik melanj karakterindeki birime dayanan seviyenin zayıf olduğunu ve su taşıdığını, Poisson oranı 0.36 oluşu ile zayıf bir zemini ifade eder. Bu durum elastisite modüllerinden de açıkça anlaşılabilmektedir. Üçüncü ve 13 m' den sonraki seviyenin boyuna dalga hızı 2072 m/s, enine dalga hızının da 864 m/s olması, Poisson oranı 0.39 ve elastisite modülü 43550 kg/cm^2 olması temel kayaya girildiğini ifade eder. Bu üç sismik profil sonuçlarına göre yorumlanmış heyelan kesiti Şekil 5' te gösterilmiştir.



Şekil 5. Sismik veriler ile yorumlanmış heyelan kesiti.

3. Sonuç ve Öneriler

Bu heyelanın, akışkan hareketi nedeniyle suya doygun hale gelen ofiyolitik melanj karakterindeki birim yapısının mukavemeti eğim nedeniyle zamanla azalmış ve eğim yönünde bir hareket meydana gelmiştir. Potansiyel enerjinin kinematik enerjiye dönüşmesi mevsimsel sıcaklık değişimleri, ve yamaç boyunca açılan yol kesmeleri ile yer altı su seviyesinin aylara göre yağış miktarı heyelanın oluşmasını tetikleyen unsurlar olmuştur.

İnceleme alanında heyelan kütlesi üzerinde yapılan sismik ve özdirenç ölçümleri ile kayma yüzeyi ve birimlerin birbirinden ayrımlılığı ortaya çıkarılmıştır. DES 1-5 verilerinden elde edilen kesite ve sismik hız yapıları ve elastik parametrelere göre heyelanın yapısı, su içeriği, kayma derinliği aşağıda özetlenmiştir.

Jeolojik birimin üst seviyesi, özdirenci 100-130 ohm-m aralığında ve 1.3-2.3 m kalınlık aralığında değişen yamaç molozu ve gevşek bitkisel topraktan oluşmaktadır. Bu seviyenin altında 4-7 m derinlik aralığında değişen birim, sismik ve özdirenç verileri sonuçlarına göre; sismik boyuna dalga hızı 380-570 m/s, enine dalga boyu hızı 300-245 m/s ve özdirenç değerleri 20-40 ohm-m arasında değişen ofiyolitik melanj karakterindeki birim (serpantinit hamur içerisinde değişik boyutta kireçtaşı, kumtaşı, şeyl, tabakalı çört, radyolarit, bazik volkanit, Jura-Kretase yaşlı neritik kireçtaşı, gabro, diyabaz, amfibolit vb. bloklar) suya doygun ve ayrışmış bir yapıdadır. Ayrıca bu üst seviyenin Poisson oranının 0.25 oluşu zayıf olmayan ancak boşluklu bloklu bir yapıya ve arada yoğun killi zemine işaret ettiği görülmektedir. Bu seviyenin altında derinliği 5-15 m aralığında değişen birim, sismik boyuna dalga hızı 1300-1475 m/s, enine dalga boyu hızı 510-610 m/s ve özdirenç değerleri 28-35 ohm-m arasında değişmekte olup orta derecede ayrışmış ve dayanımı az olup heyelan kütlesini oluşturmaktadır. Üst kotlarda 15 m derinliğe kadar orta kesimde ve alt kotlarda ise 5-7 m derinlik aralığında değişen bir kayma derinliğine sahiptir. Özdirenç veri sonuçlarına göre, bu seviyenin altında yaklaşık 33 m' ye kadar az ayrışmış ve bu seviyeden sonra ayrışmaya uğramamış ofiyolitik melanj karakterindeki birim devam etmektedir. Aktif heyelanın olmadığı ve heyelan alanının güney kesiminde yer alan bölgede yapılmış DES ölçümü (DES-6) sonucuna göre, yaklaşık 1 m kalınlığında bitkisel toprak, altında 3.3. m derinliğe kadar suya doygun bir yapı ve en altta ise ayrışmamış birimlere ulaşılmıştır.

Bütün bu jeofizik çalışmalar sonucuna göre; heyelan sınırları ve civarındaki yerleşim alanları (bkz. Şekil 1) değerlendirildiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşılmış ve öneriler sıralanmıştır.

1. Gözlemsel olarak hiç bir betonarme yapının bu heyelandan doğrudan etkilenmediği saptanmıştır.
2. İnceleme alanında **1** ile sınırlandırılmış yerleşim alanının, söz konusu bu heyelandan hiç etkilenmediği ve jeofiziksel değerlendirme sonucuna göre bu alanın üzerinde bir heyelan oluşmayacağı sonucuna varılmıştır.
3. İnceleme alanında **3** ve **4** ile sınırlandırılmış yerleşim alanının, söz konusu bu heyelandan hiç etkilenmediği ve daha sonra olası bir kayma hareketinden etkilenmeyeceği öngörülmektedir.
4. İnceleme alanında **2** ile sınırlandırılmış yerleşim alanının, söz konusu bu heyelandan hiç

etkilenmediği görülmektedir. Bu yerleşim alanı, heyelanın kayma doğrultusundadır ve heyelanın topuk kısmından 50-100 m arasında değişen uzaklıklarda yer almaktadır. Ayrıca, akma hareketinin durduğu yerde iri kireçtaşı bloklarının varlığı sebebiyle, mevcut heyelan kütlesinin ve kayma hareketinin evlere kadar ulaşmasını engellemiştir. Böylece, bu sağlam birimlerin olmasından dolayı daha sonra oluşabilecek olası bir heyelanın bu yerleşim alanını da etkilemeyeceği öngörülse de, heyelan bölgesinde uygun iyileştirmeler yapılarak risk azaltılmalıdır.

5. Sorunun esas kaynağını teşkil eden su hareketinin neden olduğu ayrışma ve bozuşmanın önüne geçilmesi için, şev duraylılığının kontrol altına alınabilmesi, inceleme alanındaki yeraltı su hareketinin tahliyesi için, uygun drenaj sisteminin yapılması gereklidir. Ayrıca, inceleme alanında batı yönlü daha yüksek kotlarda yüzey su hareketinin yönü çevrilerek, hareketin inceleme alanına akışı durdurulabilmesi yönünde mühendislik çalışmaları (Beton kanallar, drenaj sistemleri gibi) yapılmalıdır. Ek olarak, heyelanın topuk kısmında geniş yüzeyli bir istinad duvarının yapılması uygun görülmektedir.
6. Son olarak, yakın civarda bulunan taşocakları patlatmalarının bu heyelanı, civardaki diğer yamaçların duraylılığını ve civar yerleşim alanlarındaki betonarme yapıları etkileyip etkilemediğinin araştırılması gerekmektedir.

Kaynaklar

[1] Bogoslovssky, V.A., and Ogilvy, A.A., 1977. Geophysical methots for investigation of landslides. Geophysics, 42, 3, 562-571.

[2] Türker, A.E., Kamacı, Z., Kaya, M.A., Kara, V., Doğan, A., Mutlutürk, M., Bozcu, M., Yalçın, A., ve Totiç, E., 21998. Gömbe (Antalya-Kaş) HES Jeoteknik Etüdü, SDÜ Deprem Araştırma Jeoteknik Araştırıma Merkezi-Aksu Enerji ve Tic. A.Ş., Isparta.

[3] Yilmaz, S., 2007. Investigation of Gurbulak landslide using 2D electrical resistivity image profiling method (Trabzon, Northeastern Turkey), Journal of Environmental and Engineering Geophysics, 12, 2, 199-205.

[4] Yılmaz, S., Narman, C., 2015. 2-D electrical resistivity imaging for investigating an active landslide along a ridgeway in Burdur region, southern Turkey. Arab J Geosci, 8,3343–3349.

[5] Şenel, M., Kengil, R., Ünverdi, M., Serdaroğlu, M., Gözler, M.Z., 1981. Teke Toroslarının güneydoğusunun jeolojisi, MTA Dergisi, 95/96, 13-43.

GÖLCÜK (KOCAELİ) GÜNEY KÖYLERİ HEYELAN TEHLİKESİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF THE LANDSLIDE HAZARD IN THE SOUTHERN VILLAGES OF GÖLCÜK (KOCAELI)

Musa ZENGİNCE[a] ve Ahmet KARAKAŞ[b]
[a] Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Kocaeli,Türkiye, musazengince@kocaeli.bel.tr
[b] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli,Türkiye, akarakas@kocaeli.edu.tr

Özet

Doğal afetler ülkemizde gün geçtikçe daha fazla insanı etkiler hale gelmiştir. Bu çalışmada Gölcük güney köylerinin heyelan tehlikesi araştırılmıştır. Planlama ve yapılaşma sürecinde gerekli bilimsel çalışmaların yapılmamasının, doğal olayların afete dönüşmesine zemin hazırladığı sonucu ortaya çıkmıştır. Yerleşik alan sınırları içerisinde kalan heyelanlı alanlarda 174 adet hane kaldığı belirlenmiştir. MTA heyelan haritaları dışında kalan 15 adet aktif kütle hareketi alanları (heyelan, toprak akması) tespit edilmiş ve bu alanların yapılara ve tarım alanlarına etkisi ortaya konulmuştur. Potansiyel afet alanlarında veya yakın çevresinde yaşayan nüfusun artmasının, heyelan tehlikesinin artmasında etkili olduğu anlaşılmıştır. İnceleme alanı, Türkiye'de heyelan oluşumlarının çok görüldüğü Üst Paleosen-Orta Eosen yaşlı kırıntılılar ve ayrışmamış volkanikler ve piroklastiklerin olduğu alan içerisinde kalmaktadır. CBS ile heyelan duraylılık haritasının oluşturulması çalışması devam etmektedir.

Anahtar kelimeler: Heyelan Tehlikesi, Heyelan Etkileri, Gölcük, Kocaeli.

Abstract

Natural disasters affect more and more people every day in our country. The landslide hazard of Gölcük southern villages was investigated in this study. Lack of necessary scientific work during the planning and construction phases lead to turn natural events into disasters. 174 households have been identified in the established boundaries of the landslide areas. 15 active mass movement areas (landslide, earthflow areas) have been identified in addition to the MTA landslide inventory map and impacts on the structures and agricultural areas have been identified. The potential increases of the population living around or near the disaster areas have been effective in increasing the hazard of landslides. The study area is located in a region with Upper Paleocene-Middle Eocene clastics, unaltered volcanics and pyroclastic where many landslides have occurred upon in Turkey. Preparation of a landslide susceptibility map of the study area by using GIS is continuing.

Keywords: Landslide Hazard, Landslide Impacts, Gölcük, Kocaeli

1. Giriş

Heyelanlar doğal afetler arasında en yaygın olarak gelişen tür olup can ve mal kayıplarına sebep olmaktadır. Heyelan duraylılık analizlerinin yapılması ve potansiyel heyelan alanlarının belirlenmesi; yeni yerleşim alanlarının doğru yerlerde seçilmesini, yapılacak mühendislik çalışmalarının doğru planlanmasını ve oluşabilecek zararların en aza indirilmesini sağlayacaktır. İnceleme alanının tamamı birinci derece deprem bölgesinde kalmaktadır. Bölge insanı 1999'da deprem ve deprem kaynaklı heyelanlardan etkilenmiştir. İnceleme alanı Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nün heyelan yoğunluk hartasında, yüksek yoğunluklu heyelan alanında kalmaktadır [1,4]. Coğrafi konumu ve iş potansiyeli açısından önemli bir noktada bulunan Kocaeli, yeni yerleşim alanlarına hızla ihtiyaç duymaktadır. Bölge tektonik, jeolojik, jeomorfolojik, iklim koşulları açısından heyelan oluşumuna oldukça elverişlidir [1]. İnceleme alanı Kocaeli ili, Gölcük ilçesi güneyinde yer alan Hamidiye, Ümmiye, Mamuriye, Siretiye, Nimetiye, Eski Ferhadiye ve Nüzhetiye köylerini kapsamaktadır (Şekil 1).



Şekil 1.İnceleme alanı yer bulduru haritası.

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*

2. İnceleme Alanı ve Civarının Jeolojisi

İnceleme alanı 1/25000'lik standart topoğrafik haritada G24-c1 ve G24-c2 paftaları içerisinde yer alır ve yaklaşık olarak 28 km^2 'lik bir alanı kaplar. Şekil 2 inceleme alanı ve civarının jeoloji haritasını göstermektedir.

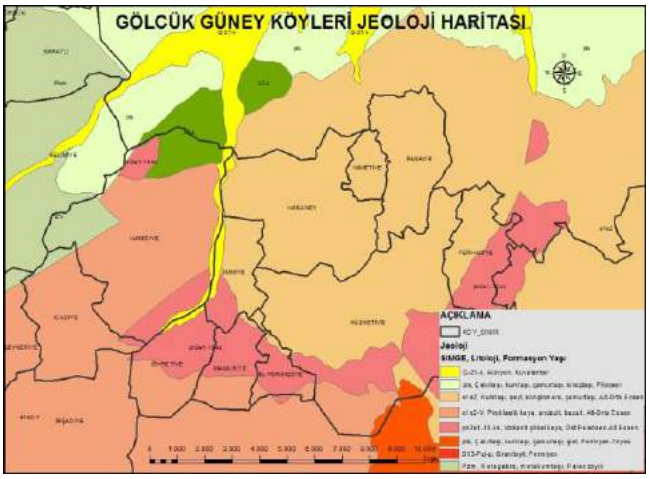
Armutlu Yarımadası'nda yer alan kaya stratigrafi birimleri iki ana grupta toplanabilir. Bunlardan birincisi düşük ya da nispi olarak daha yüksek dereceli metamorfik kayalar, diğeri ise metamorfik kayalar üzerinde Senomaniyen-Türoniyen yaşlı kireçtaşlarıyla uyumsuz olarak yer alan Kretase-Pliyosen yaş aralığındaki metamorfik olmayan magmatik ve çökel kayalardır (Şekil 3).

Metamorfik grup içinde yüksek dereceli olanlar çoğunlukla amfibolit ve metagranitlerden oluşan ve bölgenin güneyinde (Pamukova kuzeyi) kuvarsit ve granit çakıllı metakırıntıları da içeren bir istif niteliğindedir. Metamorfik grubun diğer kayaları ise Sapanca Gölü – İznik arasında ve yarımadanın batı kesimlerinde yaygın yüzeylemeler veren düşük dereceli bir istiftir. İznik metamorfikleri olarak adlanan bu istif yer yer felsik volkanik ve volkanotortul birimler de içeren metakırıntılı – karbonat istifiyle başlar. Bu birimin üzerinde ise alacalı renkli, çoğunlukla volkanik – piroklastik kayaların egemen olduğu ve yine çeşitli kırıntılı kayalar içeren bir birim yer alır. Bu birimin de üzerinde metavolkanik kayalardan oluşan ve yer yer mermer blok ve ara tabakaları içeren bir birim uyumsuz olarak yer alır [5].

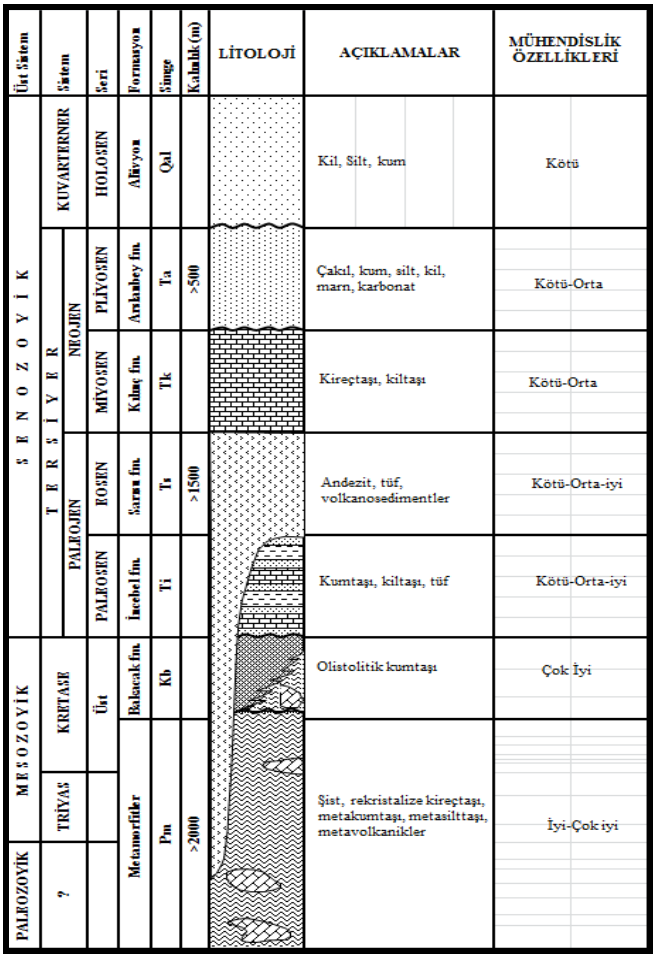
Yalnızca düşük dereceli metamorfik birimler içindeki büyük boyutlu ve yüksek mermer yüzeylemeleri üzerinde ince bir kumtaşı düzeyi ile başlayan kireçtaşları, metamorfik grubu örten istifin ilk üyesidir. Erken Üst Kretase (Senomaniyen – Turoniyen) yaşlı bu formasyona daha genç birimlerin altında rastlanmaz [5].

Bu grubun ikinci birimi, Senoniyen yaşlı makrofosilli kireçtaşlarıdır. Üst Kretase formasyonlarının en yaygını Mastrihtiyen yaşlı bir fliş istifidir (Bakacak fm.). Bu birim metamorfik grubun en üst üyesi olan metavolkanikleri ya da alacalı şistler içindeki büyük ofiyolit yüzeylemelerini bir taban konglomerasıyla uyumsuz olarak örter. Bu birimin alt düzeyleri, özellikle bölgenin güneyinde, çok nadir ofiyolit bloklarıyla birlikte Üst Jura ve Kretase yaşlı kireçtaşı blokları içeren olistostromal bölümler kapsar. Bu birimin üzerinde yer alan formasyonlar ise güneyde Paleosen – Eosen yaşlı kalın bir filiş (İncebel fm.), kuzeyde ise Eosen yaşlı daha çok andezitik volkanik bir istif niteliğindedir (Sarısu fm.) [5].

Pliyosen yaşlı çökellerden oluşan Arslanbey formasyonu yarımadanın kuzey sınırları boyunca gözlenir. Kuvaterner yaşlı Alüvyon, Armutlu Yarımadası'nın kuzeyinde İzmit Körfezi kıyısında ve yarımada içerisindeki derelerin vadilerinde kum, silt, kil,mil olarak izlenmektedir [5].



Şekil 2. İnceleme alanı ve civarının jeoloji haritası.



Şekil 3. İnceleme alanı ve civarının stratigrafik dikme kesiti.

3. Kütle Hareketleri

Heyelanlar aşırı yağışın veya depremin tetiklemesiyle dünyada en fazla can ve mal kaybına yol açan olaylar arasında yer almaktadır [7]. Bölgede meydana gelen kütle hareketlerinin oluşumu ve alansal dağılımları jeoloji, tektonik, jeomorfoloji ve iklim gibi faktörler tarafından kontrol edilmektedir [1,6].

İnceleme alanında meydana gelen heyelanlar Üst Paleosen-Orta Eosen yaşlı kırıntılılar ve ayrışmamış volkanikler ve proklastıkler üzerinde yoğunluk göstermektedir [1].

Kütle hareketleri; meydana geldiği jeolojik formasyonun cinsi, yapısal özellikleri, fay, çatlak, şistozite, tabakalanma, ayrışma-dayanım ve yeraltısuyu gibi birçok etkenlerin etkisi altında farklı geometrik yapıda (düzlemsel, dairesel, karışık), farklı hızda (çok hızlı, hızlı, yavaş, krip gibi) ve farklı yayılım özelliğinde gelişebilir [3].

Heyelan sınıflamaları için birçok kişi farklı sınıflamalar yapmıştır. Hareketin tipi, malzeme türü, hareketin hızı, yenilen malzemenin ve yenilen alanın geometrisi, yaş, yer değiştiren kütlenin kopma derecesi, jeolojik yapı ile kayma geometrisi arasındaki ilişki, gelişme (oluşma) derecesi, tip örneğinin coğrafik konumu, etkinlik durumu gibi kriterler kullanılarak sınıflamalar yapılmıştır [3].

Tanıma ve sınıflama için, hareketin tipi ve malzemenin türünün önemli olduğunu vurgulanarak; heyelanları hareketin tipine ve malzemenin türüne göre yapılan sınıflandırmalar daha yaygın kullanılmaktadır.

3.1. Heyelanlar

İnceleme alanı yaklaşık 28 km^2'lik bir alanı kapsamaktadır. 1/100000 ölçekli MTA heyelan haritasını temel alarak ve arazi çalışmalarından yararlanılarak, Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) ile bölgeyle ilgili değerlendirmeler yapılmıştır. 250 m^2 den büyük heyelanlar alansal olarak haritalanmıştır. Ancak çizgisel olarak da haritalanmış akma yapıları bölgede çok sayıda görülmektedir.

İnceleme alanında yaygın olarak Sarısı formasyonu görülmektedir. 19,9 km^2'lik bir alan kaplayan formasyon inceleme alanın %70,9'unu oluşturmaktadır. Hasaney, Nimetiye ve Nüzhetiye köylerinin hemen hemen tamamı bu formasyon içinde kalmaktadır. İncebel formasyonu çalışma alanında bulunan diğer bir formasyondur. Mamuriye, Siretiye, Eski Ferhadiye ve Nüzhetiye (Bıçkıbayırı) köyleri bu formasyon içerisinde yer almaktadır. Arazi çalışmalarımızda bu bölgelere yoğunlaşılmıştır. Bahsedilen alanlarda yerleşik hayatı olumsuz etkileyen birçok alan tespit edilmiştir.

Permiyen-Triyas yaşlı Bakacak formasyonu ve Pliyosen yaşlı Aslanbey formasyonu inceleme alanında çok küçük alanlar kapladığından ve bahsedilen formasyonlarda heyelan alanları bulunmadığından değerlendirmeye alınmamıştır.

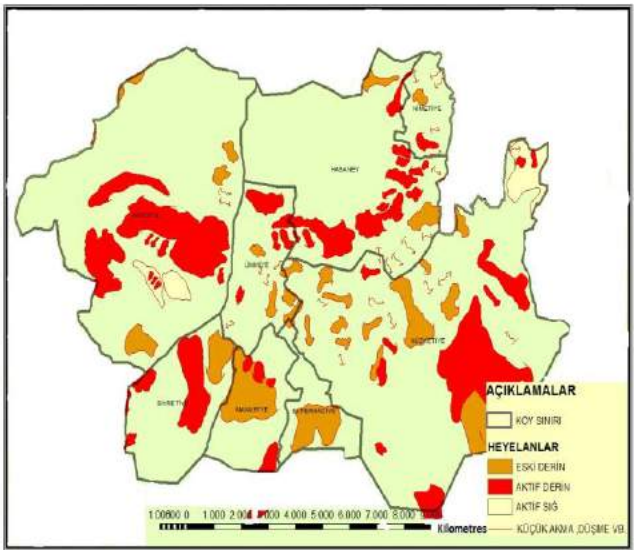
İnceleme alanında, MTA heyelan haritasına göre 84 alansal heyelan, 28 çizgisel haritalanmış aktif kütle hareketi alanları (heyelan, toprak akması, devrilme, vb.) tespit edilmiştir. Buna ek olarak arazi incelemeleri ile MTA heyelan haritalarında yer almayan 15 aktif kütle hareketi alanları (heyelan, toprak akması) belirlenmiştir (Şekil 4).

Çizelge 1.Gölcük güney köyleri yerleşik alanında meydana gelen heyelan alanları ve etkiledikleri yerleşimler.

Köy Adı	Köy Yerleşik Alanı (m^2)	Heyelan Alan (m^2)	Heyelan Alanındaki Hane Sayısı
Hamidiye	499186	18375	0
Ümmiye	402044	750	0
Siretiye	337136	175438	60
Mamuriye	284929	221572	54
Eski Ferhadiye	270414	197832	16
Nüzhetiye	796974	31852	5
Nüzhetiye(Bıçkıbayırı)	138479	132977	28
Nimetiye	201216	15787	6
Hasaney	657809	83278	5
TOPLAM			174

Çizelge 2. Jeolojik formasyonlar üzerindeki heyelanlı alanların oransal dağılımı.

Jeolojik Formasyon	Heyelanlı Alan Aktif (m^2)	Heyelanlı Alan Pasif (m^2)	Formasyon Alanı (m^2)	%
Sarısu Formasyonu (e1e2)	1259014	886005	12139144	17,67
Sarısu Formasyonu (e1e2v)	1467664	65292	7828864	19,58
İncebel Formasyonu (Pn2e110ks)	1504468	533440	5735201	27,16
Bakacak Formasyonu (Kb)			611450	0
Pamukova Metamorfikleri			749303	0
Aslanbey Formasyonu			2556	0
Alüvyon			589476	0



Şekil 4. İnceleme alanı heyelan envanter haritası.

4.Kütle Hareketlerinin Etkileri

Çalışma kapsamında köy yerleşik alan sınırları içerisinde kalan heyelanlı alanlar incelenmiştir. İnceleme alanında bulunan bütün köylerin yerleşik alan sınırları içerisinde heyelanlı alanlar tespit edilmiştir (Çizelge 1). Mamuriye, Siretiye, Nüzhetiye- Bıçkıbayırı köylerinin hemen hemen tamamı heyelanlı alanlar içerisinde kalmaktadır.

Yerleşik alan sınırları içerisinde kalan heyelanlı alanlarda 174 adet hane yer almaktadır. Hane başı nüfus sayısı ortalama 4 kişi olarak hesaplandığında 696 kişi heyelan tehlikesi ile karşı karşıyadır.

MTA heyelan haritalarında yer almayan 15 adet aktif kütle hareketi alanları (heyelan, toprak akması) tespit edilmiştir. Tespit edilen bu alanlar incelendiğinde, köy yerleşik alanı içerisinde oluşanların; logar sistemlerinin çalışmaması, drenaj sisteminin olmaması, mesken inşaatlarında önlem alınmaması vb. nedenlerden tetiklendiği tespit edilmiştir [8].

Yola yakın bölgelerde ve tarımsal olarak değerlendirilen alanların içerisinde ise, doğal sürece ek olarak yanlış sulama, projesiz yol çalışmalarının heyelan oluşumuna yol açtığı görülmektedir.

4.1. Mamuriye

Köylüler tarafında Çürükbayır olarak adlandırılan köy, eski heyelan gölü etrafına kurulmuştur. Köy jeolojik olarak iki farklı formasyon üzerinde yer almaktadır. İki formasyon sınırları içerisinde de heyelan alanları mevcuttur. Sarısu volkanikleri içerisinde meydana gelen heyelanlı alanlar daha sığdır ve alt kotlarda başlayan İncebel formasyonunun kırıntılı kayaçlarına dayanarak dengelenmektedir. Bu kırıntılı kayaçların akarsuya yakın olan bölümlerinde de aktif heyelanlar bulunmaktadır. Köy; iki adet aktif derin yataklı dere arasında kurulmuştur.

Mamuriye köyü yerleşik alanı büyük oranda, MTA haritasında işaretlenen; heyelanlı alanda kalmaktadır. Eski heyelan olarak adlandırılan alanlar üzerinde de yeni aktif alanların olduğu tespit edilmiştir. Köy içerisinde beş farklı noktada bu izleri görmek mümkündür. Köy camisi, köy okulu ve on ev meydana gelen heyelanlardan zarar görmüştür(Şekil 5). Köyün yüksek kotlu alanlarında kayma derinlikleri sığken alt kotlarında meydana gelen heyelanlarda kayma düzlemi daha derindir.



Şekil 5. Mamuriye köyünde zarar gören yapı.

4.2. Siretiye

Köy yerleşik alanın tamamı heyelan alanında kalmaktadır. Köy içerisinde ve civarında fabrika, su deposu gibi büyük yapıların olması heyelan tehlikesini artırmaktadır.

4.3. Nüzhetiye Bıçkıbayırı

Arazi çalışmaları sırasında tespit edilen bir başka heyelan alanı Nüzhetiye, Bıçkıbayırı Mahallesinde yer almaktadır. Köy yeleşik alanı aktif heyelan alanında kalmaktadır. Heyelan köye ulaşım sağlayan yol üzerinde oluşmuş ve ulaşımı engellemiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Çalışma alanıda zarar gören istinat yapısı.

Ceviz bahçesi yapılarak ağaçlandırılan alan üzerinde oluşan akma türü hareket geniş bir alanı kaplamaktadır. Bahçe yapıldıktan sonra kurulan sulama sisteminin yanlış kullanılması akmanın oluşumuna zemin hazırlamıştır.



Şekil 7. Nüzhetiye Bıçkıbayırı mahallesinde meydana gelen akmalar.

4.1. Hamdiye

Köy içerisinde meydana gelen heyelan sebebiyle iki bina boşaltılmış ve heyelan meydana gelen alan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından afete maruz bölge olarak ilan edilmiştir. Önlem alınmadığı taktirde köy yolu ve etrafındaki binalar, gelişebilecek yeni heyelanların etkisiyle zarar görecektir [8].



Şekil 8. Hamidiye köyü içerisinde zarar gören mesken.

Hamidiye köyünü diğer köylere bağlayan yollar üzerinde de heyelan, kayma, devrilme ve akma türü kütle hareketleri bulunmaktadır. Bu nedenle köy yolu zaman zaman kapanmaktadır. Alınan önlemler olsa da jeoteknik analizlerin eksikliğinden dolayı yetersiz kalmaktadır ve yeni tehlikeler ortaya çıkmaktadır.



Şekil 9. Gölcük köylerini birbirine bağlayan yol üzerinde meydana gelen heyelan.

4.1. Hasaney

Hasaney köyü içerisinde tespit edilen heyelan çevresindeki binaları tehdit etmektedir. Alanda bulunan bir bina boşaltılmış ancak heyelan sonrası gerekli teknik önlemler alınmamıştır. Heyelan alanının topuk kısmından, yol inşaatı ve su deposu inşaatı nedeniyle hafriyat alınmış, yağışlarında etkisiyle heyelan meydana gelmiştir [8].



Şekil 10. Hasaney köyünde eski heyelan alanı üzerinde oluşan yeni heyelan.



Şekil 11. Hasaney köyü mezarlik mevkiinde meydana gelen heyelan.

5. Sonuçlar

Türkiye'de heyelan oluşumlarının çok görüldüğü Üst Paleosen-Orta Eosen yaşlı kırıntılılar ve ayrışmamış volkanikler ve proklastiklerin olduğu alan içerisinde kalan inceleme alanının CBS ile heyelan duraylılık haritasının oluşturulması ve planlamalara altlık olarak kullanılması gerekmektedir. Planlama ve yapılaşma sürecinde gerekli bilimsel çalışmaların yapılmaması veya yapılamamasının doğal olayların afete dönüşmesine zemin hazırladığı sonucu ortaya çıkmıştır.

Köy yerleşik alanı: Köy cami, köy konağı, okul, sağlık ocağı gibi köy ortak yapıları ile köy nüfusuna kayıtlı ve köyde sürekli oturanlar tarafından, mevzuat hükümlerine uygun olarak inşa edilmiş yapıların toplu olarak bulunduğu yerlerdeki binaların en dışta olanlarının dış kenarlarından geçirilen çizginin içinde kalan alan, köy yerleşik (meskun) alanıdır. Köy yerleşik alan sınırından itibaren 100 m. dışında kalan alan ise köy yerleşik alanı civarı olarak tanımlanır; ancak ilgili kurumlar sorumluluk alarak köy yerleşik alanı sınırlarını daha güvenli alanlara kaydırmalıdırlar [9].

Heyelanların önlenmesine yönelik bazı çalışmalar olsa da jeoteknik analizlerin eksikliğinden dolayı yetersiz kalmaktadır ve yeni tehlikeler ortaya çıkmaktadır.

Heyelan oluşumunda doğal sürece ek olarak insan etkisinin tetikleyici ya da süreci hızlandırıcı etkisi göz önüne alınarak bölge insanının bu konuda bilinçlendirilmesi sağlanmalıdır.

Kaynaklar

[1]. Duman T.Y., Emre Ö., Çan T., Nefeslioğlu H., 1/500.000 Ölçekli Türkiye Heyelan Envanteri Haritası-İstanbul Paftası, Özel Yayın. 2006.

[2]. Varnes D.J., Landslide hazard zonation-a-review of principles and practice, UNESCO Press, Paris, 1984.

[3]. Varnes, D. J., Slope Movement Types and Processes. In Landslides: Analysis and Control. Edited by R. L. Schuster and R. J. Krizek. Transportation Research Board, National Academy Of Science, Washington. Special Report 176, Chapter 2, 11-33. 1978.

[4]. Gökçe O., Erdem Ş., Demir A., Türkiye'de Afetlerin Mekansan ve İstatistiksel Dağılımı, Afet Bilgileri Envanteri. Afet İşleri Genel Müdürlüğü 2008.

[5]. Göncüoğlu M.C., Erendil M., Tekeli O., Ürgün B.M., Aksay A., Kuşçu İ., Armutlu Yarımadasının Doğu Keminin Jeolojisi, M.T.A,1986.

[6]. Erguvanlı K., Mühendislik Jeolojisi, Seç Yayın Dağıtım, İstanbul.1994.

[7]. Curuden, D. M ve Fell, R Prefer In Proc. of The Int.Workshop on The Landslide Risk Assessment. 1997.

[8]. Yamlı M., Akgül O., Teknik Rapor, Kocaeli AFAD,2012.

[9]. Plansız Alanlar İmar Yönetmeliği, Resmi Gazete, Bölüm İki,1999.

ANALYSİS OF LANDSLIDE INDUCED DUE TO TOE EXCAVATİON: A CASE OF KARABÜK

TOPUK KAZISI NEDENİYLE TETİKLENEN BİR HEYELANIN İNCELENMESİ: KARABÜK ÖRNEĞİ

İnan KESKİN[a] Işık YILMAZ[b] ve Ali ATEŞ[c]

[a]Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, Karabük, Türkiye, 78050: inankeskin@karabuk.edu.tr
[b]Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği, Karabük, Türkiye, 58140 iyilmaz@cumhuriyet.edu.tr
[c]Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği, Düzce, Türkiye, 81620: atesali2000@gmail.com

Abstract:

Landslides are amongst the major disasters that have occurred in Karabuk, Turkey. Accordingly, they have had a great impact on human resources and property and infrastructure development as well as on the environment. Due to the rapid increase in population movement to new habitats in urban areas, there is a growing need for engineering structures. Over time, this condition has led to the construction of arts and cultural facilities and housing developments on unsafe areas. External factors such as engineering excavations carried out to prepare the ground, external loads resulting from heavy construction, and changes in vegetation on the slopes are among the causes of landslides in such areas. This study investigated a landslide which occurred due to unsupported excavation during the construction of a 25,000-seat stadium on the campus of Karabük University. The site is considered quite risky in terms of slope problems; therefore, it is an area where it is essential to conduct detailed studies prior to construction of engineering structures. This landslide caused by unsupported excavation have developed in areas of high plasticity clay units containing sand and silt. In this study, a back analysis was performed on the failed slope and the values were compared with those obtained from laboratory methods in order to convey information for improvement of the project in terms of landslide prevention.

Keywords: Karabük, landslide, unsupported excavation, improvement, stability analysis

1. Introduction

In the past, human beings have formed settlements in many different ways under various conditions. Easier access was provided by settling beside a river bed or on flat plains and plateaus, while mountain slopes were selected to give shelter from harsh natural conditions or for protection from enemies. Nowadays, however, due to the reduction of suitable areas, in rapidly growing metropolises, construction has begun to spread to the slopes of mountains and hills at the risk of landslides. Natural conditions such as those of soil and underground water behaviour and human activities such as deep excavations, increasing external loads due to tall buildings, environmental destruction, etc., combine together to create a high potential for slope stability failure. Without adequate engineering measures, excavations in a city centre can cause slope failures which damage structures in the surrounding areas. In order to prevent these failures, slope stability must be analysed before the excavation begins. Landslides have caused large numbers of casualties and huge economic losses in mountainous areas of the world. The most disastrous landslides have claimed as many as 100,000 lives [1] . When we look at the damage caused by slope movements, Japan, with $4 billion of direct and indirect damage per year, is the leader [2]. Japan is followed by the U.S., Italy and India, with the amount of damage ranging from $1-2 billion per year. Moreover, slope movements are often seen in developing countries, where losses sometimes surpass the total amount of the country's economic resources [3] . In Turkey, damage from natural disasters is estimated to reach 1-3% of the gross national product every year [4].

It is obvious that floods and landslides are increasing due to various triggering factors. Besides natural triggering factors such as heavy rains, deforestation, land use change, climate change, etc., researchers also cite anthropogenic triggering factors. Schuster (1996) [2] indicated a time-dependent increase in the number of landslides. The main reasons for this increase can be generalized to include the load from the landslide toe, load addition, urban and industrial development in areas susceptible to landslides, the destruction of forests in the region and increased regional precipitation due to climate change. In addition, in recent decades, landslides may have increased in many regions due to human activity such as highway construction, deforestation, terracing and other agricultural activities [5, 6, 7, 8] Human activities are often the cause of landslides. There are numerous ways that human activities contribute to the weakening of slope soil structures such as reducing friction on slopes, adding weight to slopes, reducing the resisting mass and making the angle of the slope steeper [9]. All of these attributes could have devastating effects if not adequately monitored. Human activities reduce slope strength and increase the stress placed upon it. Human effects including irrigation, clearing of vegetation, cultivation and digging of the land all reduce slope strength [10]. The slope angle is an essential component of a slope stability analysis. As the slope angle increases, the shear stress in soil or other unconsolidated material generally increases as well. As a minimum, economic, safety, validity, environmental protection, and farmland preservation factors must be

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

taken into consideration. Improvement of a sliding region or prevention of possible slope failures depends on reduction of the factors that trigger action in the slope and/or increasing the shear strength of the soil. These issues affect the structural or non-structural solutions that can be applied to the slope [11].

Landslides, in the form of mass movements, are one of the principal processes of hillslope erosion, and they are a recurrent problem throughout most of north western Turkey, where they cause extensive damage to property and occasionally result in loss of life. The natural hazards by themselves do not cause disasters. This study focuses on a significant landslide that occurred in the University of Karabük area. In this article, the landslides that occurred due to unsupported excavation during construction of a stadium on the Karabuk University campus were analysed using the limit equilibrium method. Furthermore, the landslides were evaluated by the back calculation method and the shear strength parameters were compared. In order for construction of the stadium to safely continue, the obtained information has been conveyed, with the goal of improving the project in terms of landslide prevention.

2. Description of the Study Area and Environmental Conditions at the Time of the Slip

The study area is located within the area of the Karabuk University campus in Karabuk, Turkey (Fig. 1). In the past, several paleo landslides have affected the university area. In the summer of 2012, excavation was carried out at the foot of a slope in order to build a stadium. This excavation reactivated existing slide surfaces, which generated new fissures and cracks. Alluvial units could be observed in the study area and in the immediate vicinity. Drillings carried out in the study area and investigations of the slope showed the presence of sand, silt and clay (Fig. 2a). For the projected 25,000-seat stadium to be built on the campus, the main excavation was approximately 13 m in depth and with quite a steep grade (Fig. 2b). Excavations were made greater than the critical depth assuming that the slope would stand at a right angle for a short time. This depth is quite dangerous for excavation. After nearly a month, slope failure occurred on the excavation site. The said case suggested that slipping had occurred in the clay layer in accordance with the pressure rise after some amount of consolidation.

The slipping occurred at the beginning of April during a rainy period. Although it was known that the excavation was below the underground water level in the field, it is believed that the slope was slightly wet at the time the sliding motion occurred. Rainfall is one of the triggering factors for slope instability because it affects surface run-off, infiltration and the depth of the saturated soil, and thus influences the soil-moisture condition, cohesion and angle of internal friction. Water is a critical factor in causing mass movements. A heavy rainstorm can be the triggering event in initiating instability of a slope. Tension cracks, steep loose material, exposed excavation and poor vegetation may also lead to instability [12].

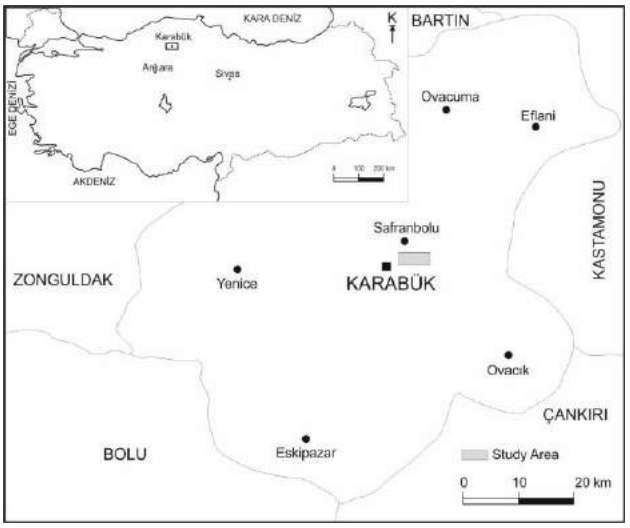


Figure 1. Map of the study area

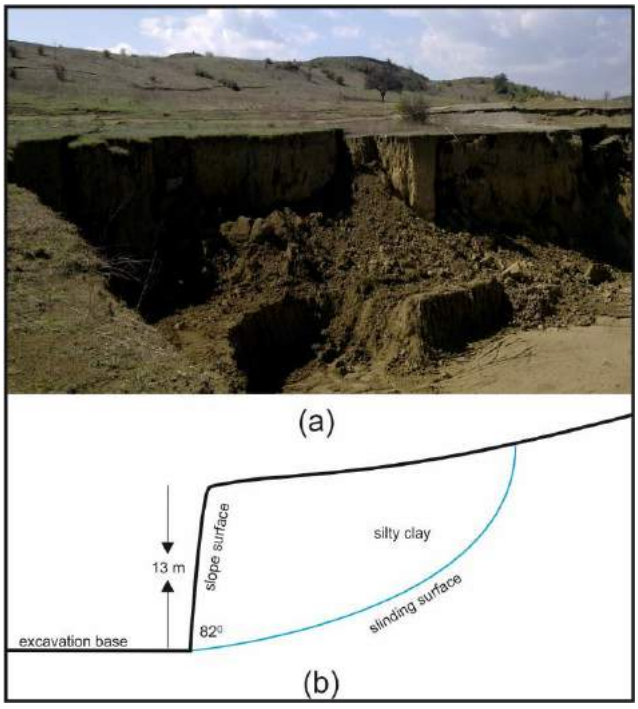


Figure 2. (a) View of the slope material; (b) two-dimensional image of the failed slope

3. Main Features of Excavation-Induced Landslides and Limit Equilibrium Analysis

Slope stability analysis using computers is an easy task for engineers when the slope configuration and the soil parameters are known. Two-dimensional slope stability methods are the most commonly used methods among engineers due to their simplicity. Two-dimensional slope stability methods using the limit equilibrium technique can be divided into the method of slices, circular methods, and noncircular methods.

The limit equilibrium method is the main method used to analyse the stability of soil slopes [13, 14, 15, 16, 17] although it has some theoretical shortcomings [18]. For the construction of the stadium, a fairly steep excavation was made. As a result of this excavation, with the steep vertical splitting, lateral pressure decreased on the slope; thus, problems developed with the slope materials and the expanding lateral instability. The crown and the toe points of the slip could be observed quite clearly in the field (Fig. 3.) In the analyses made via computer program, in the modelled slope, the crown and toe were fixed as points and the critical slip circle was searched in order to determine the landslide. Four geotechnical drillings were carried out at a depth of 30 m for determination of the slipping depth of the landslide, the properties of the sliding material and the depth of the groundwater (Fig. 4a). At most sites, drilling is necessary to determine the type of earth materials involved in the slide, the depth to the slip surface, and thus the thickness and geometry of the landslide mass, the water-table level, and the degree of disruption of the landslide materials. As seen in Figure 4, the boreholes were drilled behind the crown cracks and the toe area of the slip surface and slipping material.

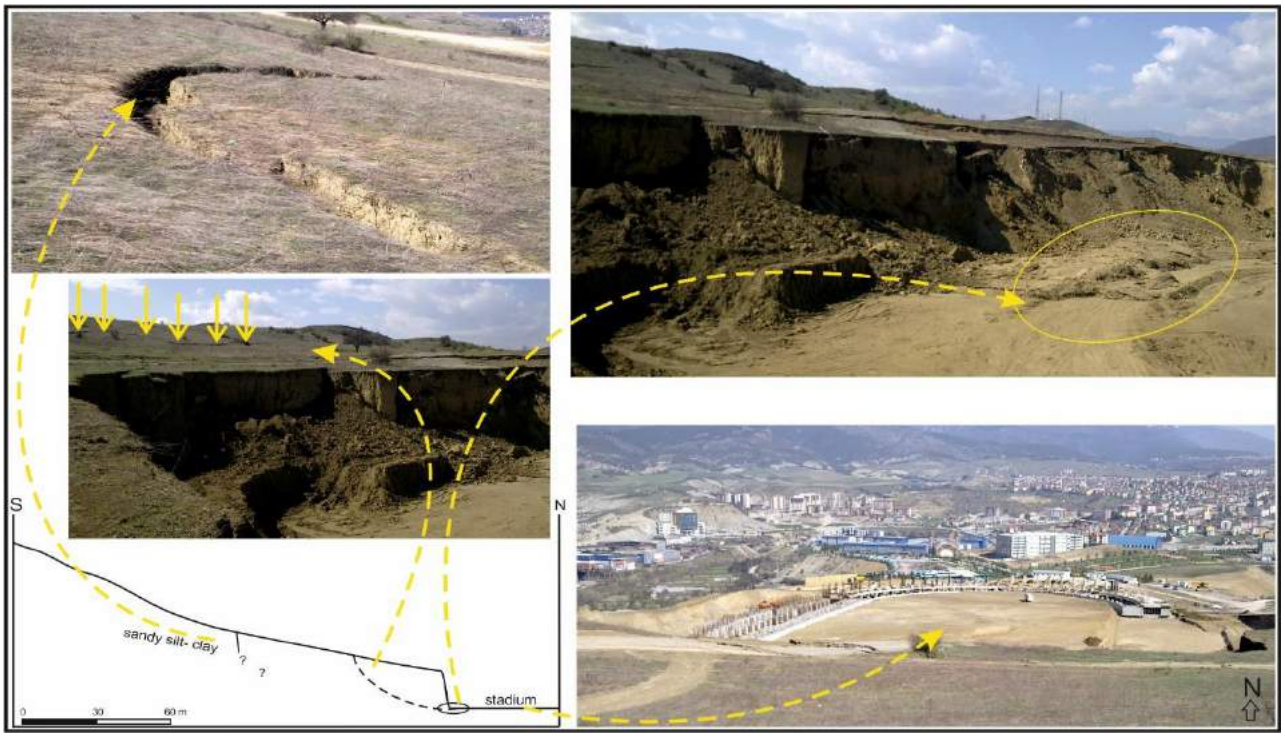


Figure 3. Schematics of the landslide

Landslides are always associated with a disturbance of the equilibrium relationship that exists between stress and strength in the material resting on a slope. The relationship is determined by factors such as the height and inclination of the slope and the density, strength, cohesion and friction of those materials that form the slope [19]. Instability arises when the shear strength, or maximum resistance of the material comprising the slope to shear stress, is exceeded by a downslope stress. The shear strength depends on internal cohesion, which is independent of the weight of the overlying material. Cohesion is produced by the interlocking of particles that enables the material to rest at an angle and by the internal friction; the resistance of particles to slide across each other depends on the weight of the overburden. Both are also highly dependent on material type and state, particularly with regard to the lubrication of internal spaces.

The shear strength parameters, c' and Φ', were determined from laboratory shear test data on samples taken from the boreholes and the sliding surface. Results showed the values for the effective cohesion as c' = 8.63 kN/m^2 and the internal friction angle as Φ' = 18°; the unit weight of the soil layer was retained at 18.33 kN/m^3. The slope did not fail immediately after the excavation. The soil material was consolidated and then began to slip. Therefore, in the modelled slide, the analysis was performed with the use of drainage parameters.

Trucks used for removing excavated soil from the excavation site were thought to have had an effect on the deformation and for this reason, truck traffic load was taken into account in the analysis. Slope stability analysis requires the input of the necessary parameters into a limit equilibrium model to obtain a factor of safety (F).

The limit equilibrium analysis was used to select the Bishop simplified method of analysis via the Slide v.5 program. Results of this analysis showed the strength parameters of effective cohesion as c' = 8.63 kN/m^2 and the internal friction angle as Φ' = 18° with the unit weight of the soil layer as 18.33 kN/m^3; the results from Slide v.5 were: F = 0.881<1.00 (Fig. 5a). Thus, the slope was still in critical condition.

Landslides are among the most hazardous natural disasters in the world and cause extensive damage to property and loss of life [20]. When a slope has failed, an analysis is usually carried out to determine the cause of the failure. In most cases, assessment of a landslide is

made after failure has occurred. An estimate of its soil strength can be made by performing what is referred to as a back analysis. Back analysis provides a framework for deductions to be made about the possible conditions that resulted in the failure. If the soil density and geometry of the slip surface are known, it leaves the shear strength parameters (c′ and ϕ′) and the groundwater conditions as the remaining uncertainties [21]. Thus, to evaluate c′ and ϕ′ by back analysis, one of these parameters must be assumed before the other can be calculated [22]. The back analysed properties can be used to design remedial slope stability measures. Most slope stability analyses are used to evaluate soil strength data for the factor of safety. But when working with a pre-formed landslide, it is useful to make a back analysis. In this analysis, the slope failure started with F = 1 and the soil strength was calculated backward [22].

slope to stay in balance, it requires great sliding strength. With the idea that the internal friction angle could be changed depending on the water content, the cohesion value was kept constant and the friction angle was periodically increased during the performance of the back analysis; thus, the safety coefficient values were obtained (Table 1). A rise of one degree was observed in the friction angle, corresponding to an increase of about 5% in the factor of safety.

Table 1. *Factor of safety values corresponding to different Φ values.*

Φ^0	1	2	3	4	5	6	7	8
Fs	1,053	1,098	1,144	1,190	1,236	1,283	1,330	1,377



Figure 4. Drilling locations and soil profile

The alternative is to assume one of the shear strength parameters and determine the other one that corresponds to a factor of safety equal to unity. Successful back analyses have been reported for reactivated slides when it was assumed that c' = 0 [23]. For the analysis carried out in this study, as a simple method to determine the presence of c' values, the internal friction angle was assumed to be zero and the safety factor as 1 for the critical failure surface. The c' value obtained in this way had a considerably bigger asset value than the c' value of the calculated laboratory tests (Fig. 5 b). If the friction angle of the soil is close to zero, it is clear that for the

4. Results and Conclusion

Analysis of slope stability is highly important as slope failure may lead to loss of lives and great economic damage. Moreover, due to rapid urban development, man-made alterations have become a contributory factor to landslides. Rapid development activities occurring without adequate engineering measures and carried out with unsupported excavation constitute great dangers for designed structures. Prevention of such damage by the investigation of the stability of the opened slope before beginning excavation is extremely important.

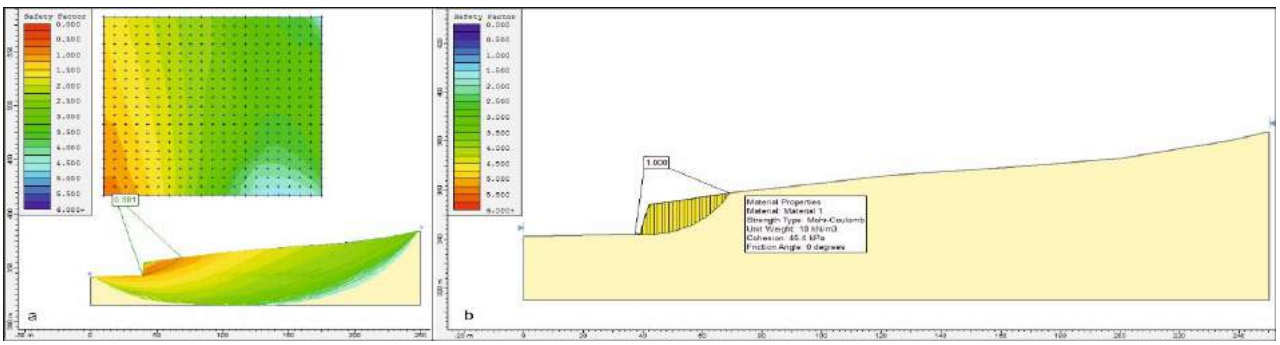


Figure 5. Slope stability results: (a) Limit equilibrium analysis; (b) cohesion value obtained by back analysis for condition of Φ = 0

The landslide investigated in this study occurred after the unsupported excavation of the foundation for a 25,000-seat stadium. The tension and toe point could be observed in the field quite clearly after the shearing. The landslide was modelled using the values of the effective cohesion (c'= 8.63 kPa) and the internal friction angle (Φ'= 18°), and as F was found to be 0.881<1.00, it was concluded that the slope was in a critical position. In order to determine the variety of improvements to be considered for providing adequate slope security, a stability analysis of the of the slope and an accurate evaluation of the position and shearing strength parameters of the sliding surface are crucial. There are many slope stabilization methods; however, the choice of the stabilization methods should take many factors into account.

At first, non-structural solutions were sought to bring about the stabilization of the landside. Accordingly, the unloading approach was considered to be an effective and economical solution; however, due to ownership problems and the reappearance of deep, long cracks which threatened the slope stability, this method was understood to be unfeasible. In any case, if this method had been selected, there would have been no convenient place available for the material excavated from the pits. This, along with the occurrence of the stability problem, showed the method to be both uneconomical and impractical.

The proposed methods for improvement of landslide management included designing a support structure in front of the slope with buttresses or supporting piles and using high-quality materials as filling. These measures would provide a short-term remedial method for improvement of slope slide stability. Selecting granular material as filling would contribute to the drainage and stability as well. Most of the slope slide was observed to occur due to increasing pore water pressure. For this reason, as a first precaution, draining the field would be a general method of improvement. In this context, the plan would be to remove the surface water from the slope slide via ditches and drainage pipes to be placed near the surface for increased stability.

References

[1] Li T, Wang S (1992) Landslide Hazards and their Mitigation in China. Science Press (1992/10), Beijing, 84 pp. ISBN: 978-7030030788

[2] Schuster RL (1996) Socioeconomic significance of landslides A.K Turner, R.L Schuster (Eds.), Landslides: Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council, National Academy Press, Washington, DC (1996), pp. 12–35

[3] Sassa K, Fukuoka F, Wang G (2005) Dynamic properties of earthquake-induced large-scale rapid landslides within past landslide masses Landslides, 2 (2) (2005), pp. 125–134

[4] Özmen B, Nurlu M, Kuterdem K, Temiz A (2004) Afet Yönetimi ve Afet İsleri Genel Müdürlüğü, Kocaeli Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart 2005, Kocaeli.

[5] Barnard PL, Owen LA, Sharma MC, Finkel RC (2001) Natural and human-induced landsliding in the Garhwal Himalaya of northern India Geomorphology, 40 (2001), pp. 21–35

[6] Hancox GT (2002) The Abbotsford landslide its nature and causes Tephra, 19 (2002), pp. 9–13

[7] Runqui H, Lungsang C (2003) Human-induced landslides in China: mechanism study and its implication on slope management Chinese Journal of Rock Mechanics and Engineering, 23 (2003), pp. 2766–2777

[8] Remondo J, Soto J, González-Díez A, Díaz de Terán JR, Cendrero A (2005) Human impact on geomorphic processes and hazards in mountain areas in northern Spain. Geomorphology 66(1–4):69–84

[9] Abbott Patrick L (2002) Natural Disasters. Boston: McGraw-Hill.

[10] Bennett MR, Doyle P (1997) Environmental Geology – Geology and the Human Environment. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.

[11] Popescu ME, Sasahara K (2005) Engineering Measures for Landslide Disaster Mitigation Landslides – Disaster Risk Reduction (2009), pp 609-631

[12] Chen H, Lee CF (2000) Numerical simulation of debris flows Canadian Geotechnical Journal, 37 (2000), pp. 146–160.

[13] Janbu N (1954) Application of composite slip surface for stability analysis. In: Proc., Euro. Conf. On Stability of Earth Slopes, Stockholm, Sweden, 43-49.

[14] Bishop AW (1955) The use of the slip circle in the stability analysis of slopes. Geotechnique, London, Vol. 5, No.1, pp. 7-17.

[15] Morgenstern NR, VE Price (1965) The analysis of the stability of general slip surface Geotechnique, Vol.15, No.4, pp. 289-290.

[16] Spencer E (1967) A method of analysis of the stability of embankments assuming parallel interslice forces Geotechnique, Vol.17, No.1, pp.11-26.

[17] Sarma S K (1973) Stability Analysis of Embankments and Slopes. Geotechnique, Vol. 23, No. 3, pp. 423-433.

[18] Wright SG, Kulhawy FH, Duncan JM (1973) "Accuracy of Equilibrium Slope Stability Analysis," Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division, American Society of Civil Engineers, Vol. 99, No. 10, October, pp 783-791.

[19] Cruden DM, Varnes DJ (1996) Landslide types and processes. In: Turner AK, Schuster RL, editors. Landslides, investigation and mitigation, transportation research board, special report 247. Washington, DC: National Academy Press; p. 36–75.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

[20] Mason PJ, Rosenbaum MS (2002) Predicting future landslides in a residential area on the basis of geohazard mapping: the Langhe Hills in Piemonte, NW Italy. Quarterly Journal of Engineering Geology and Hydrology 35, 317–326.

[21] Cornforth DH (2005) Landslides in practice: investigation, analysis, and remedial/preventative options in soils. Wiley, New York

[22] Duncan JM, Stark TD (1992) Soil strengths form back analysis of slope failures in Stability and performance of slopes and embankments Geotechnical Special Publication (Berkeley, California, 1992), 890-904.

[23] Chandler RJ (1977) “Back Analysis Techniques For Slope Stabilization Works: A Case Record.” Geotechnique, 27, 4: 479-495.

SAMSUN İLİ BÜTÜNLEŞİK AFET TEHLİKE HARİTALARININ HAZIRLANMASI PROJESİ KAPSAMINDA YÜRÜTÜLEN HEYELAN ENVANTER TOPLAMA ÇALIŞMASI

LANDSLIDE INVENTORY COLLECTION WITHIN THE SCOPE OF INTEGRATED DISASTER HAZARD MAPPING OF SAMSUN CITY

Aytek ERSAN, Kıvanç ÇALIŞKAN, Emre ÇOŞKUNLU, Emre DOĞRAMACI, Erkin TEKİN, Levent UÇARLI, Ali ÜN, Hakan TOKEL, Erkan KOPARMAL
İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Samsun, Türkiye, E-posta: aytek.ersan@afad.gov.tr

Özet

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığınca hayata geçirilen proje ile ülkemiz bütününde gerçekleştirilecek büro ve arazi çalışmaları sonrası bilhassa olmuş heyelan, kaya düşmesi ve çığ afetlerine ait envanter hazırlama, duyarlılık ve tehlike haritalarının hazırlanması istenmiştir. Bu amaçla Mayıs 2015'te şube müdürü, jeoloji, jeofizik ve harita branşlarından oluşan 81 il müdürlüğü teknik personeline teorik ve uygulamalı arazi eğitimleri verilmiştir. AFAD Başkanlığınca ilimize gönderilen envantere altlık teşkil eden sayısal verinin işlenmesiyle arazi hazırlık aşaması tamamlanmıştır. Büro çalışmalarında 1/25.000 ölçekli topografik harita, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası, 1/5.000 ölçekli ortofoto, MTA heyelan envanter haritları ile ArcGIS, GoogleEarth ve mobil coğrafi yazılımlar kullanılmıştır. Heyelan envanter altlığının arazide tespiti ve kesinleştirilmesi için ilk arazi çalışmasına Ağustos 2015'te başlanmıştır. Saha çalışmalarında 4 arazi ekibi görev almış olup, sahada büro çalışmalarında kullanılan haritalar ile dizüstü bilgisayar, araç şarj cihazı, GPS, fotoğraf makinesi, akıllı telefon ve heyelan kayıt formları da kullanılmıştır. 17 ilçeden ibaret Samsun ili heyelan envanter toplama çalışmaları Kasım 2015 itibariyle tamamlanmıştır. Heyelan envanter altlığında bulunmayan paleoheyelanlar ile gözlemlenen aktif heyelanlar da heyelan kayıt formlarına işlenmiş olup, yerinde tespit edilen tüm heyelanlar sonraki arazi çalışmaları ve Afet Yönetim ve Karar Destek Sistemi (AYDES) altyapısına işlenmesi amacıyla fotoğraflanmıştır. Araziden elde edilen tüm veriler büroda sayısal hale getirilerek heyelan envanteri tamamlanmıştır. Envanteri oluşturan heyelanlar eğim, bakı, yükseklik, yön dağılımı ve benzeri özelliklerine göre sınıflandırılmıştır. Bu haliyle, üretilecek heyelan duyarlılık haritasına altlık oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Afet, envanter, heyelan, paleoheyelan, Samsun.

Abstract

This study mentions the works done in our city on landslide inventory collection studies within the scope of Integrated Disaster Hazard Mapping Project of Samsun City. With this project, which is implemented by Prime Ministry Disaster and Emergency Management Authority (AFAD), it has been requested that an inventory of landslides, rock fallings, and avalanches as well as susceptibility and hazard mapping is to be prepared, through office and field works to be done all around Turkey. For this goal, in May 2015, technical personnel working in 81 provincial directorates, who are from different disciplines such as chief, geology, geophysics, and survey engineering were given theoretical and practical field training. Field preperadness stage was completed after processing of digital datas, which is inventory source, sent by AFAD. In office work, 1:25.000 scale topographical map, 1:25.000 scale geology map, 1:5.000 scale orthophoto, MTA (General Directorate of Mineral Research and Exploration) landslide inventory map, GoogleEarth, ArcGIS, and mobile geographical softwares were used. First field survey to determine and ensure the landslide inventory source in the field started in August 2015. Four different squads were employed in field studies. 1:25.000 scale topographical map, 1:25.000 scale geology map, 1:5.000 scale orthophoto, laptop, portable charger, GPS, camera, smart phone, and landslide log sheet were used by them. The works of landslide inventory collection in Samsun, which consists of 17 districts, was completed in November 2015. Paleo-landslides and active landslides observed on field, which were not indicated in landslide inventory source, were recorded in the landslide log sheet. All landslides determined in situ were taken photos to be used by advanced field surveys in the future and to upload on the database of Disaster Management and Decision Support System (AYDES). Landslide inventory was successfully accomplished by way of digitizing all the data acquired from the field. The landslides in the inventory were classified by their slope, aspect, elevation, direction pattern and so on. In this way, a source for landslide susceptibility inventory map of Samsun, which will be produced later, was composed.

Keywords: Disaster, inventory, landslide, paleo-landslide, Samsun.

1. Giriş

17/06/2009 tarih ve 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanunla Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü, İçişleri Bakanlığı Sivil Savunma Genel Müdürlüğü ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü lağvedilerek, Başbakanlığa bağlı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ile 81 İl Valiliğine bağlı İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri kurulmuştur. Amaç; etkin

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

planlama, etkin müdahale ve etkin iyileştirmenin sağlanmasıdır.

Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunda, ilin afet planlaması ve afet riski yönetim çalışmalarının koordinasyonu ve yönetiminin il müdürlüğünün yetki ve sorumluluğunda olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının 24/06/2015 gün ve 13887 sayılı 2015/5 genelgesi ile 1/25.000 ölçeğinde heyelan, kaya düşmesi ve çığ afetleri için duyarlılık ve tehlike zonlamalarının altlıklarını oluşturmak üzere envanter toplanması ve veri tabanlarına aktarılması çalışmalarının idari ve teknik süreçler ile 2015 yılı sonuna kadar yürütülmesi gerektiği belirtilmiş olup; bu çalışmada Samsun İli Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesinin aşamalarından biri olan heyelan envanter toplama çalışmalarından bahsedilmiştir. Çalışmanın ülkemizdeki risk azaltma çalışmalarına temel teşkiline, Samsun ili afet tehlikelerinin belirlenmesine, afet ve acil yardım planlarına esas olabilecek bilgilerin hazırlanmasına, çevre düzeni planlarının hazırlanması için plancılara gerekli olabilecek afet ile ilgili bilgilerin düzenlenmesine, karar verici ve uygulayıcı mekanizmaya doğru ve güncel sonuçların aktarılmasına hizmet etmesi beklenmektedir.

1.1. Samsun İli Heyelanları

Kaya, toprak veya arazi parçalarının, yer çekimi veya depremler, aşırı yağışlar gibi dış etkenlerin etkisi ile fark edilebilir düzeyde eğim aşağı doğru kayması veya hareket etmesi durumu, toprak kayması [1] olarak tanımlanan heyelanlar Samsun ili afetleri incelendiğinde, en sık karşılaşılan olaydır. Bölgede heyelanlar daha çok akma şeklinde gözlenmektedir. Bununla birlikte bazı heyelanlar yavaş ilerleyerek yerleşim biriminin bir bölümünün çok geniş ölçekte afete maruz bölge (AMB, yapı ve ikamete yasaklı alan) olarak ilan edilmesine [2], bazı heyelanlar ise aşırı yağışlar sonrası aniden meydana gelerek can kaybına sebebiyet vermektedir [3].

Meydana gelen/gelmesi muhtemel heyelanların AFAD Başkanlığın 20/03/2013 tarih ve 1919 sayılı genelge esaslarına göre yerinde incelenmesi sonrası jeolojik etüt raporları (JER) hazırlanmaktadır. 2010-2015 dönemine bakıldığında; 2010 yılında 6, 2011 yılında 20, 2012 yılında 35, 2013 yılında 23, 2014 yılında 6 ve 2015 yılında 30 olmak üzere toplam 120 JER hazırlanmıştır. Hazırlanan 120 JER'den 58'i için AMB talebinde bulunulmuş; 21 JER için Genel Hayata Etkililik Oluru alınmış veya alınan Olur kapsamında inceleme yapılmış; 38 JER için Genel Hayata Etkisizlik Oluru alınmış; 64 JER'in kontrol etütleri programında izlenmesi uygun görülmüş; 82 JER içeriğinde önlem verilmiş; toplamda 72 konut için geçici tahliye, 148 konut için nakil, 92 ahır+diğer yapılar için nakil verilmiş; 4 konut ve 2 ahır+diğer yapılar yıkık tespit edilmiştir. 2010-2015 yılları arasında AMB olarak kapatılan alanların toplamı 2.998.436 m^2'dir (~299 hektar) (Çizelge 1).

1.2. Saha Ekiplerinin Oluşturulması

Bütünleşik Afet Tehlike Haritalarının Hazırlanması Projesinin hayata geçirilebilmesi amacıyla AFAD Başkanlığınca Mayıs 2015'te şube müdürü, jeoloji, jeofizik ve harita mühendislerinden oluşan 81 il müdürlüğü teknik personeline teorik ve uygulamalı arazi eğitimleri verilmiştir. Bu eğitimlere müteakip, AFAD Başkanlığınca ilimize gönderilen envantere altlık teşkil eden sayısal verinin yardımıyla arazi hazırlık aşaması planlanmıştır. Planlama ilçe bazlı düşünülerek, heyelanların cepheden görülebilecek lokasyonları da dikkate alınarak gerekli güzergahlar belirlenmiştir. Büro çalışmalarında 1/25.000 ölçekli topografik harita [4], 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası, 1/5.000 ölçekli ortofoto, MTA heyelan envanter haritaları ile ArcGIS, GoogleEarth ve mobil coğrafi yazılımlar kullanılmıştır.

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının 2015/5 genelgesi gereği Planlama ve Zarar Azaltma Şube Müdürü başkanlığında İl Afet ve Tehlike Haritaları Hazırlama Komisyonu kurulmuş olup, komisyon toplantıları sonucunda saha çalışmalarının yürütülmesi için 4 arazi ekibinin teşkili uygun görülmüştür. Ekipler, içlerinde en az 1 yerbilimci (jeoloji ve jeofizik mühendisi) olmak kaydıyla, farklı mesleki branşlardan yardımcı personelin (harita mühendisi, inşaat mühendisi, endüstri mühendisi, şehir plancısı) katılımıyla oluşturulmuştur. Çalışma alanı, heyelan envanter toplama aşaması Müdürlüğümüzce 2012 ve 2014 yıllarında tamamlanan 19 Mayıs [5] ve Ladik ilçeleri haricinde kalan 15 ilçeyi kapsamaktadır (Şekil 1).

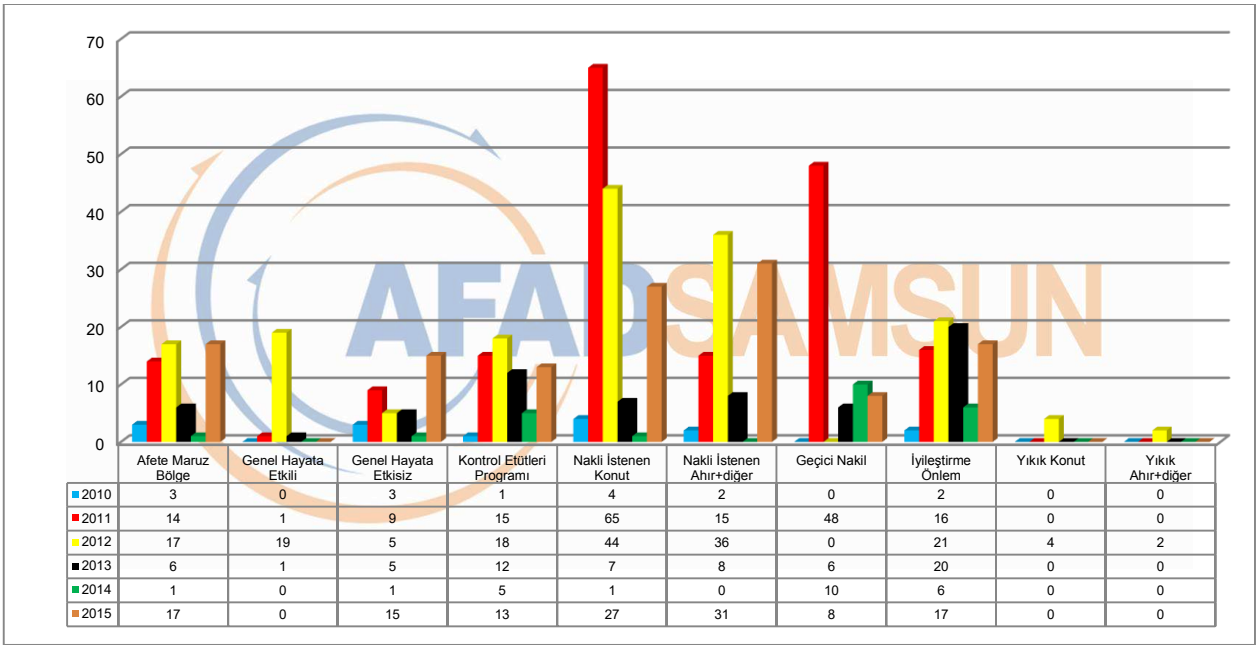


Şekil 1. Samsun ili idari yapısı.

2. Büro ve Arazi Çalışmaları

1 harita mühendisi, 1 jeoloji mühendisi ve 1 şehir plancısından oluşan büro ekibi, Haziran 2015'ten itibaren arazi altlığı ve veri tabanı oluşturulması çalışmalarında görev almıştır. Ekip tarafından öncelikle Samsun iline ait 1/25.000 ölçekli 98 adet sayısal yükseklik haritasına ArcMap yazılımında *zone tanımlaması* yapılmıştır. Bu haritalar aynı yazılım ile tek bir dosya içerisinde yan yana eklenmiştir. Eklenen paftaların kenar çizgileri tek tek silinerek yükseklik eğrilerinin bütünlüğü sağlanmıştır. Duyarlılık haritalarına altlık oluşturacak sayısal yükseklik modeli (DEM) haritaları; bu dosya kullanılarak çığ-heyelan-kaya düşmesi duyarlılık haritaları için sırasıyla 20-25-30 piksel olarak ayrı ayrı üretilmiştir (ArcMap programında 1 adet haritanın oluşturulması 8-10 saat sürmektedir). 15 ilçede görevli 4 ekibi kapsayan heyelan envanter toplama çalışmalarına, büro ekibinin arazi ekiplerine görev yerlerini dağıtmaları ve tespit noktalarını sayısal olarak vermeleriyle Ağustos 2015'te başlanmıştır. Saha çalışmalarında, 1/25.000 ölçekli topografik harita, 1/25.000 ölçekli jeoloji haritası, 1/5.000 ölçekli ortofoto, dizüstü bilgisayar, araç şarj cihazı, GPS, fotoğraf makinesi, akıllı telefon ve Mayıs 2015'te düzenlenen eğitimler sırasında AFAD Başkanlıkça temin edilen heyelan kayıt formları kullanılmıştır.

Çizelge 1. AFAD Samsun 2010-2015 yılları arasında heyelan afeti nedeniyle düzenlenen jeolojik etüt raporu istatistiği.



	Afete Maruz Bölge	Genel Hayata Etkili	Genel Hayata Etkisiz	Kontrol Etütleri Programı	Nakli İstenen Konut	Nakli İstenen Ahır+diğer	Geçici Nakil	İyileştirme Önlem	Yıkık Konut	Yıkık Ahır+diğer
2010	3	0	3	1	4	2	0	2	0	0
2011	14	1	9	15	65	15	48	16	0	0
2012	17	19	5	18	44	36	0	21	4	2
2013	6	1	5	12	7	8	6	20	0	0
2014	1	0	1	5	1	0	10	6	0	0
2015	17	0	15	13	27	31	8	17	0	0

3. Sayısallaştırma

Sahada görevli arazi ekiplerince plana göre bölgedeki paleoheyelanlar ve gözlemlenen aktif heyelanlar, topografik harita veya ortofoto üzerine elle kapalı alan olarak çizilmiştir. Heyelan kütleleri çizilirken topuk kısmı göz ardı edilmiş olup, aktif olan kayma bölgeleri dikkate alınmıştır. Arazi ekiplerince günlük teslim edilen heyelanlara ait kapalı alan verileri, büro ekibince ArcMap ortamında topografik harita üzerinde sayısal hale getirilmiş ve gerekli düzeltmeleri yapılmıştır. Ayrıca sayısallaştırılan her heyelan için bulunduğu ilçeyi belirten kod sistemi ile tanımlama yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Bafra ilçesinde sayısallaştırılan heyelanların kod sistemi ile gösterimi [6].

4. Kazanımlar

Kasım 2015'te tamamlanan heyelan envanter toplama çalışmasında 15 ilçede görevli 4 arazi ekibi tarafından toplam 882 tespit yapılmıştır (Çizelge 2). Heyelan envanter altlığında bulunmayan paleoheyelanlar ile saha çalışması sırasında fark edilen aktif heyelanlar da kayıt formlarına işlenmiştir. Tespit edilen tüm heyelanlar gelecekte yürütülecek çalışmalar ve Afet Yönetim Karar Destek Sistemi (AYDES) altyapısına işlenmesi amacıyla fotoğraflanmıştır. Fotoğraflanan heyelanların farklı ilçelerde, farklı jeolojik yapılar üzerinde farklı geometrik özellikler ile oluştukları belirlenmiştir (Şekil 3-13).

Çizelge 2. Saha ekiplerinin 15 ilçede yaptığı tespit sayıları.

İlçe	Ekipler				İlçe Toplamı
	EÇ	ED	EK	AE	
Alaçam	60	82	-	-	142
Asarcık	-	3	-	-	3
Atakum	-	-	-	18	18
Ayvacık	20	-	-	-	20
Bafra	93	50	-	44	187
Canik	-	15	-	-	15
Çarşamba	-	-	-	11	11
İlkadım	-	26	-	-	26
Havza	59	-	-	17	76
Kavak	9	-	-	-	9
Salıpazarı	-	-	13	-	13
Tekkeköy	3	-	-	-	3
Terme	-	-	14	-	14
Vezirköprü	71	75	46	53	245
Yakakent	100	-	-	-	100
Toplam	415	251	73	143	882

Tespit edilen heyelanlara, bulundukları lokasyonların komşu heyelan lokasyonlarına birleştirilmesi, ayrılması, daraltılması, genişletilmesi ve iptal edilmesi gibi işlemler uygulanmıştır. Buradan elde edilen envantere, 2012 ve 2014 yıllarında heyelan envanter toplama aşaması Müdürlüğümüzce tamamlanan 19 Mayıs ve Ladik heyelan envanterinin de dahil edilmesiyle toplam 749 adet heyelan, çalışmaya altlık oluşturmak üzere belirlenmiştir. Bu 749 heyelandan 600'ü 17 ilçe analizi için kullanılmış (Çizelge 3), 149'u (8'i afete maruz bölge heyelanı) da analiz sonrası kontrol için ayrılmıştır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 3. Akma (Alaçam).



Şekil 4. Paleoheyelan (Ayvacık).

Çizelge 3. İlçelere göre heyelan envanteri ve analize giren heyelan sayısı.

İlçe	Heyelan Envanteri	Analize Giren Heyelan Sayısı
19 Mayıs	14	12
Alaçam	106	83
Asarcık	2	2
Atakum	17	15
Ayvacık	13	10
Bafra	163	128
Canik	12	10
Çarşamba	14	7
İlkadım	20	13
Havza	80	66
Kavak	9	8
Ladik	32	27
Salıpazarı	13	10
Tekkeköy	3	3
Terme	16	11
Vezirköprü	159	135
Yakakent	76	60
Toplam	749	600



Şekil 5. Krip (Havza).



Şekil 6. Paleoheyelan (Bafra).



Şekil 7. Akma (Atakum).



Şekil 8. Dairesel kayma-akma (Havza).



Şekil 9. Akma (Çarşamba).

2010 yılı öncesi el krokisi şeklinde belirlenmiş ve/veya 2010 yılı sonrası iyileştirme çalışmaları amacıyla, daha çok parseller dikkate alınarak sınırlandırılmış afete maruz bölge olarak tespit edilen ve Samsun İli Heyelanları bölümünde (bkz. 1.1) ayrıntılı olarak açıklanan alanların büyük bir kısmı, analizin sağlıklı olması amacıyla analize dahil edilmemiştir.

Analiz sonrası heyelanlara ait eğim, bakı, yükseklik ve yön dağılımları belirlenmiştir. Samsun ili genelinde, heyelanların 6-12 derece eğim aralığında yoğunlaştığı görülmüştür (Çizelge 4).

Kaya düşmesi ve çığ kaynak alanlarının belirlenmesi işlemi Samsun geneli için tamamlanmıştır. İlgili haritalar ArcMap ve ConeFall (kaya için) [7] yazılımlarıyla üretilmiştir.



Şekil 10. Paleoheyelan (Salıpazarı).



Şekil 11. Akma (Havza).



Şekil 12. Kaya kayması (Yakakent).

5. Sonuç ve Öneriler

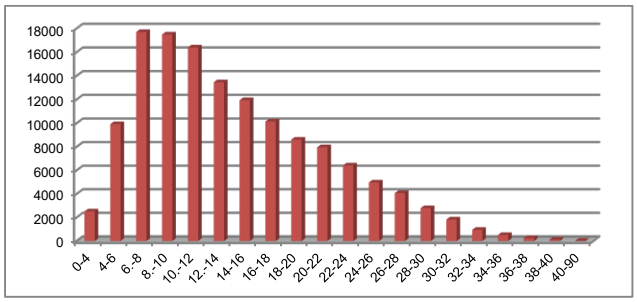
Araziden elde edilen tüm veriler büroda sayısal hale getirilerek heyelan envanteri tamamlanmıştır. Bu haliyle, il geneli için üretilecek heyelan duyarlılık haritasına altlık oluşturulmuştur.

Eğim, bakı, yükseklik ve yön dağılımı gibi sınıflandırmalar il genelindeki heyelanların hangi bölgelerde ne kadar yoğunlaştığı bilgisini vermektedir. Bu bilginin olası afet öncesi planlama ve bilhassa afet anı müdahale çalışmalarına katkı sağlayacağı beklenmektedir.



Şekil 13. Akma (Canik).

Çizelge 4. Samsun ili genelinde analize giren heyelanların eğim gruplarına göre dağılımları (yatay eksen eğimi, dikey eksen kapalı alan içerisindeki heyelanlı piksel sayısını göstermektedir).



Büro ve arazi çalışmalarında teknolojiden mümkün olduğunca yararlanılmış, özellikle mobil yazılımların kullanılması ile saha çalışmalarının hızlı, doğru ve güvenilir yürütüldüğü görülmüştür.

Yapılan saha çalışmaları ile farklı mesleki branşlardan personelin harita okuma, yön ve yer bulma kabiliyetlerinin arttığı gözlemlenmiştir.

Kamu kaynağının verimli kullanılması ve mükerrer arazi çalışmalarının önüne geçilmesi amacıyla ilgili yazılımlarla üretilecek kaya düşmesi ve çığ kaynak alanları, heyelan envanter toplama aşaması sırasında tespit edilebilir.

Kaynaklar

[1] http://aats.afad.gov.tr, Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, 2015.
[2] Ersan, A., Çoşkunlu, E., Tekin, E., Çalışkan, K., Uçarlı, L., Koparmal, E., Ağcagüney (Samsun) Heyelanı ve Afet Yönetimi, III. Ulusal Jeomorfoloji Sempozyumu 2012, 4-6 Ekim 2012, Mustafa Kemal Üniversitesi, Hatay, Bildiriler Kitabı, s. 334-345.
[3] Ersan A., Çoşkunlu E., Aysu Y., Uçarlı L. Koparmal E., Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı ve Terme İlçelerinde 9 Temmuz 2012 Tarihinde Yaşanan Bölgesel Afetlerin Yönetimi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu, -poster- 11-13 Ekim 2012, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Bildiri Özetleri Kitabı, s. 29-30.
[4] Harita Genel Komutanlığı, 1/25.000 ölçekli topografik haritalar.
[5] Ersan A., Çoşkunlu E., Tekin E., Uçarlı L., Çalışkan K., Aysu Y., Koparmal E., GIS Appplications for Disaster

Management in Ondokuzmayıs, Samsun (North Turkey), 4th International Geosciences Student Conference -poster-, 25-29 April 2013, Freie University, Berlin.
[6] GoogleEarth, 2015.
[7] http://www.quanterra.org/softs.HTM

TRABZON İLİNDE KAYA DÜŞMESİ NEDENİYLE AFETE MARUZ BÖLGELERDE YAPILAN ISLAH ÇALIŞMALARININ, YÖNTEMLERİ, ZORLUKLARI, FAYDALARI VE MALİYETLERİ

REHABİLİTATİON METHODS, CHALLENGES, COST BENEFİT ANALYSİS OF DİSASTER AREA EXPOSED DUE TO ROCKFALLS İN TRABZON PROVİNCE

Muhammet ÇELİK[1], Mehmet Tevfik SEFEROĞLU[2], Ayşegül Güneş SEFEROĞLU[3]

Muhammet Vefa AKPINAR[4]

[1] AFAD, Trabzon, Türkiye E-posta: m.celik53@gmail.com
[2] KTÜ, Trabzon, Türkiye E-posta: mtseferoglu@gmail.com
[3] GÜ, Gümüşhane, Türkiye E-posta: gnskaya61@gmail.com
[4] KTÜ, Trabzon, Türkiye E-posta: mvakpinar70@yahoo.com

Özet

İnsan hayatını doğrudan etkileyen alanlara düşme tehlikesi bulunan kayaların varlığı ciddi bir sorun oluşturmaktadır. Gelişen kaya ıslahı teknolojleri ile birlikte bu sorun giderilmekte ve insanlar alıştıkları yaşam alanlarında güvenle yaşamaya devam etmektedir. Ancak kaya ıslahı detaylı mühendislik hizmeti, projelendirme aşamaları ve birkaç mühendislik disiplininin ortak çalışmasıyla yapılmaktadır. Doğu Karadeniz Bölgesinde projelendirilen kaya ıslahı çalışmalarında birçok yöntem kullanılmıştır. Özellikle kayaların yerinde bulon veya bulonsuz çelik grid ağlar ve/veya halatlarla sarılarak duraylılığının sağlanması veya enerji sönümleyici özelliği olan çelik bariyerler veya toprakarme duvarlar ile kaya düşmelerinin tehlikesiz bir hal almasını sağlamaya yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Ayrıca kayaların yerinde kırılarak istiflenmesi veya güvenli alanlara taşınması da gerekli görüldüğünde kullanılan yöntemlerdendir. Kaya ıslahı yapılan bölgelerin topografyası, jeolojisi ve iklimi gibi nedenler yapılacak çalışmaları zorlaştırmaktadır. Doğu Karadeniz bölgesi çeşitli zorlukların bir arada bulunduğu ve çalışmaların bu zorlukların dikkate alınarak yapılması gerektiği bir bölgedir. Bu çalışma içerisinde Trabzon İli genelinde hazırlanan 18 projede karşılaşılan zorluklar derlenerek aktarılmaya çalışılmıştır. Hazırlanan projelerin uygulama sırasında dikkat edilen hususları ve imalat sırasında kullanılan yöntem ve malzemeleriörnek projeler üzerinden incelenmiştir. Çalışmada istatistiksel analiz programı kullanılarak basit veri değişimlerinin, kayaların farklı eğimlerdeki davranışları tespit edilmiştir. Kaya ıslahının yapılmaması durumunda oluşabilecek tahmini masraf ile ihale edilen koruma projelerinin maliyetleri karşılaştırılmıştır. Kaya ıslahı projelerinin maliyetleri, yapılmadan nakletme maliyetlerinden ortalama 15 kat daha uygun olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kaya Düşmesi, Çelik Bariyer, Toprakarme, Çelik Ağ, Kaya Islahı

Abstract

The potential existence of rock fall, constitutes a serious problemin residential areas. This problem is being handled with several developed rock reclamation techniques and people are able to continue live safely in their residential areas. Rock reclamation is established with the collaborative work of detailed engineering service, project design stages and interdisciplinary engineering studies. Various methods have been used in rock reclamations projects for East Black Sea Region in Turkey. Bolted or unbolted steel grid nets, rapping with rope, and energy absorbing barriers, retaining structures are utilized on the sites to prevent rock falls. Breaking, piling or transporting rocks to safe areas are also applicable methods if appropriate. The topography, geology and climate of the areas being conducted of rock reclamation aggravate the work. East Black sea Region is an area where various challenges exist together and therefore works should be conducted by considering these challenges. In this study, the challenges encountered in 18 projects in Trabzon province are studied and solutions are given details. Conspicuous design project aspects during implementation process and methods and materials during manufacturing are examined over example projects. Statistic analysis program is used in the study to determine the behaviors of simple data changes in various slopes of rocks. Estimated expense occurring in the non-reclaimed areas and cost of tendered protection projects are compared. The costs of rock reclamation projects are determined to be 15 times less expensive than the cost of transportation without rock reclamation.

Keywords: Rock fall, Steel Barrier, Reinforced Earth, Steel Net, Rock reclamation

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

1. Giriş

Kaya düşmeleri, fiziksel veya kimyasal nedenler ile ana kayadan ayrılmış veya ayrılma riski bulunan kayaların, dağ, tepe, yamaç vb. yerlerden toprak yapısı, nem, yağış rejimi, bitki örtüsü, ani sıcaklık değişimleri, volkanik hareketlilik, depremsellik vb. nedenlerle bulundukları bölgelerden aşağı doğru yuvarlanması veya sıçraması olayıdır [1]. Ayrıca eğimi yüksek olan alanların üst kotlarında yüzeylenmiş olan eklemli kayaların, süreksizlikler nedeniyle serbest yüzeye doğru duraylılığını yitirerek harekete geçmesi de kaya düşmesi olarak tanımlanmaktadır [2]. Kayaların düşmesi projelendirilirken kaya bloklarının boyutlarıoldukça önemlidir. Düşen kaya blokların hacmi, kaynak alanda bulunan kayaların süreksizliklerine ve duraylılığına bağlıdır [3]. Duraylılık, herhangi bir cismin yerini ve konumunu koruyabilmesi koşuluna denir. Şev duraysızlığı: Kayan kütlenin sınırları boyunca gelişen bir makaslama yenilmesine bağlı olarak şevi oluşturan malzemenin aşağı yöndeki hareketidir [4]. İnsan yaşamını doğrudan veya dolaylı yönden etkileyen düşme riski bulunan kayaların, çeşitli teknik metotlar kullanılarak yerlerinde tutulması, düşme durumunda tehlike yaratılmadan durdurulması veya kontrollü ve güvenli bir şekilde düşmesinin sağlanması çalışmalarına kaya ıslahı denmektedir.

Ülkemizde birçok yerleşim biriminde kaya düşmesi olayı yaşanmaktadır. Kaya düşmesi tehlikeli boyutlarda ve sıklıkta olduğu durumlarda, 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun gereği Afete Maruz Bölge İlanı yapılmaktadır. Buna göre Afete Maruz İlan edilen bölgede iskan ve imar yapılması engellenir. Bu durum özellikle il ve ilçe merkezlerinin gelişmesini engelleyen bir hususdur. Örneğin Trabzon İli Maçka İlçe merkezinde üç farklı noktada bulunan kayaların düşmesinden dolayı bölgeler afete maruz yer olarak ilan edilmiş ve bu durum ilçenin büyümesine engel oluşturmuştur. Aynı kanun gereği afete maruz bölgede, genel hayata etkinlik kriterivarsa ikamet eden vatandaşlar daha güvenli bölgelere nakledilmektedir. Vatandaşları alıştıkları yerlerden nakletmek birçok sıkıntıyı beraberinde getirmektedir. Bu sıkıntılar ekonomik ve sosyolojik şekilde hem devlete hem de vatandaşlara yansımaktadır. Örneğin vatandaşların alıştıkları köy hayatı ve köy ekonomisi (Tarım ve Hayvancılık) nakil edildikleri yerlerde mümkün olamadığında bir takım problemleri de beraberinde getirmektedir. Afete maruz bölge kararı çıkmış yerleşim biriminin gerekli ıslah ve önlem çalışmaları yapılması durumunda afete maruz kararı kaldırılmaktadır. Bu önlemler vatandaşların güvenliğini sağlamak üzere hazırlanmaktadır. Kaya düşme riski bulunan bölgelerde de bu şekilde ıslah çalışmaları yapılabilmektedir. Trabzon ilinde İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü mühendisleri 2014-15 yıllarında 18 adet afete maruz bölgede kaya ıslahı çalışması için projeler hazırlamıştır. Bu projelerden bir kısmı ihaleye çıkartılarak uygulama yapılmış bir kısmı da ihale aşamasını beklemektedir.

Trabzon İlinde yapılan ıslah çalışmaları sırasında kullanılan yöntemler arazi şartlarına göre değişiklikler göstermektedir. İl genelinde kullanılan yöntemlerin başında çelik ağlar ile kayaların yerinde stabil hale getirilmesi amaçlanmıştır. Bazı bölgelerde çelik ağlar, bulonlar veya çelik halatlar ile desteklenmektedir. Diğer bir yöntem enerji sönümleme özelliği olan çelik bariyerlerin kullanımıdır. Bu bariyerlerin kapasiteleri, kaya düşmelerininistatistiksel olarak modellenebildiği bilgisayar programları kullanılarak hesaplanmıştır. Uygun alanlarda çelik bariyer yerine toprakarme duvarlar kullanılmıştır. Toprakarme duvarlar çelik bariyerlerin işlevini görmekle beraber kullanılan grid malzemeler ile kapasitesi artırılabilmekte ve ayrıca yerli üretim malzemeler nedeniyle çelik bariyerlerden daha ucuz olmaktadır. Son olarak bazı ıslah alanlarında bulunan kayalar kırılarak yerinde veya güvenli alanlarda istiflenmiştir. Çalışmalar sırasında birçok aksaklık ve eksiklik tespit edilmiştir. Özellikle eksiklikler ile ilgili çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bölgenin iklim, topografya, bitki örtüsü ve jeolojik yapısı yapılan ıslah çalışmalarında etkili zorluklar oluşturmuştur. Araziden alınan topografya verileri istatistiksel bilgisayar programına girilmektedir. Bu veriler araziden alınırken gerekli özen gösterilmez ise bilgisayar programından elde edilecek, kayaların sıçrama ve enerji hesaplarının önemli ölçüde değiştiği görülecektir.

Kaya ıslahı çalışmalarının en önemli hususlarından biride maliyet olarak sağlanılan faydadır. Kaya ıslahı çalışması yapılmaması durumunda bölgede yaşayan insanların nakledilmesi gerekmektedir. Daha önce bölgede yapılmış olan çeşitli kamu yapılarının (sağlık ocağı, okul, yol vb.) maliyetleri, devletin yükü taşıdığı maliyetlerdir. Evler, ahır, kümes ve müştemilatlar ve şahısların tarım yaptığı alanlarise şahısların yüklendiği maliyelerdir. Bu maliyet toplam olarak hesaplandığında, kaya ıslahının yapılmasının maliyeti bunun yanında oldukça az kalmaktadır. Özellikle kaya ıslahı çalışmalarında hesaplanan yaklaşık maliyetlerden müteahhit firmaların yaptığı ihale kırımları, gelişen teknolojiler ve Türkiye'de bu çalışmaların artması bu maliyetleri daha az hale getirmektedir.

2. Yöntem

2.1 Karadeniz Bölgesinin Kaya Islahı Bakımından Olumsuz Özellikleri ve Karşılaşılan Zorlukları

Bölgede yükselti, sahil şeridinin bitmesi ile başlamaktadır. Yerleşim birimleri, bu yükselti içerisinde bulunan dere vadilerinde kurulmuştur. Düz ve ekilebilir arazinin azlığı dağınık yerleşimlere neden olmaktadır. Birkaç haneden oluşan yerleşim birimleri bulunmaktadır. Dağınık ve dağlık yerleşim şekli insan hayatını doğrudan etkileyen birçok yerdeve birçok yerleşim biriminde kaya düşme riskineneden olmaktadır [5]. Kaya kaynaklarının bulunduğu arazilerin eğimleri oldukça fazladır. Çalışma yapılan alanlarda kimi bölgelerde bu eğim 70°'nin üzerine çıkmaktadır. Ayrıca yüksek eğimli araziler, çalışmaları oldukça zorlaştırmaktadır. Bu nedenle projelendirme yapılırken imalat aşamasının da düşünülmesi gerekmektedir. Oluşan derin vadilerde bazı kaya ıslahı yöntemlerinin uygulanması tehlikeli veya yüksek maliyetli olduğundan alternatif yöntemlerin üretilmesi gerekmektedir.

Kaya ıslahı projelendirmesi yapılırken topografya çalışmalarının detaylı olması gerekmektedir. Ayrıca bazı özel bölgelerde mikro topografya çalışması ihtiyacı doğmaktadır. Aksi halde gözden kaçacak en ufak bir detay istatistiksel analiz sonuçlarını önemli ölçüde etkilemektedir. Tablo 1'de istatistiksel bilgisayar programı kullanılarak 50

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

cm yüksekliğinde basit bir engelin, kayanın sıçrama yüksekliğini ortalama %108 artırdığını görülmektedir.

Tablo 1. Çeşitli Kaya tiplerinde düşme enerjisi hızı ve düşerken oluşan maksimum sıçrama

Kaya Ağırlığı (Ton)	60° Eğimli arazide ilk hız 1.5 m/sn engelsiz Kayalık yüzey			60° Eğimli arazide ilk hız 1.5 m/sn 50 cm engelli kayalık yüzey		
	Hmax (m)	Emax (Kjoule)	Vmax (m/sn)	Hmax (m)	Emax (Kjoule)	Vmax (m/sn)
1	1,77	4072,68	79,2	3,76	3592,02	78,24
2,5	1,73	9079,8	79,38	3,56	9390,55	78,75
5	1,67	18533,48	79,46	3,42	18033,69	79,02
Ortalama	1,72	10561,98	79,34	3,58	10338,75	78,67

Karadeniz Bölgesinin genelinde bulunan yoğun bitki örtüsü özellikle kaya ıslahı alanlarında da oldukça sık görülmektedir. Bitki örtüsü nedeniyle harita alımı işlemleri oldukça zorlaşmaktadır. Harita alımları ile ilgili teknolojik yöntemler kullanılamamaktadır. Derin ve bitki ile kapalı vadiler teknik elemanların harita alımı sırasında çalışmalarını da engellemektedir. Ayrıca bitki örtüsü kayaların yerlerinin tespiti ile ilgili çeşitli zorluklar ortaya çıkartmaktadır. Yoğun bitki örtüsü içerisinde kaybolmuş kayalar ancak bitkilerin yapraklarını döktüğü mevsimlerde tespit edilebilmektedir. Bu nedenle harita alım işleri sonbahar ve kış aylarında yapılmaktadır. Buna rağmenŞekil 1'de görüldüğü gibi bazı kayalar zor seçilmekte ve bu durum yüzde yüz doğru tespitler yapılamamasına neden olmaktadır.Yoğun bitki örtüsünün kapattığı veya derin vadilerde kalan kayaların hacimleri ve dolayısıyla kütleleri hakkında kesin bilgi edinmesi oldukça zor hatta bazen imkânsız olmaktadır. Tablo1'de kaya kütlelerin artışının enerji değişimlerine etkisi görülmektedir. 1 ton bir kaya ile 5 ton kaya arasında enerji farkı 4,5 kat fark göstermektedir.



Şekil 1. Bitkilerin arasında kalmış kayalar

Bitki örtüsünün bir diğer zorluğu da bazı endemik bitkilerin bölgede bulunmasıdır. İmalat aşamasında özellikle bazı ağaçların korunması için proje revizyonlarına gidilmesi gerekmektedir.

Bölgede iklim sahil kısmında ılıman olarak görülse de yükseklere çıktıkça karasal iklime dönüşmektedir. Gün içerisinde oluşan sıcaklık farkı şehrin iç kısımlarına doğru artmaktadır. Bu durum donma çözülmeyi artırmakta kayalarda oluşan çatlakların büyümesine ve kaya düşme riskinin artmasına neden olmaktadır. Şehrin iç kesimlerinde kaya düşme olaylarının sıkça yaşanmasının en önemli sebeplerinden biride bu durumdur. Bölgede iklimin yağışlı olması özellikle kayaların altında kalan toprakların yıkanarak kayanın altından akmasına ve kayanın stabilitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca yağışlar çalışma şartlarını da zorlamakta projelendirme sırasında ekstra önlemler alınmasını gerektirmektedir.

Karadeniz bölgesinde bulunan kayaç tiplerini genellikle volkanik karakterli kayaçlar (granit, bazalt vs.) oluşturmaktadır. Bu kayaçlaryapılarında bulunan süreksizlikler (çatlaklar ve boşluklar) nedeniyle fiziksel faktörlerden kolay etkilenebilmektedirler.

Karadeniz Bölgesinde görülen son olumsuz özellik az olan düz arazi nedeniyle kaya diplerine ve şevlerine yapılan konutlardır. Bu konutların üzerinde bulunan kaynak kayalar nedeniyle tehlikenin en fazla olduğu konut tipidir. Çalışmalar sırasında bu tarz konutlara zarar verme ihtimalide oldukça fazla olmaktadır.

2.2 Kaya Islahı Çalışmalarının Bölgeye Faydaları

Yapılan ıslah çalışmalarının, ekonomik, demografik vb. birçok faydası sıralanabilir. Bunlardan önemli olan birkaç tanesini şunlardır;

- Kaya ıslahı çalışması genellikle içkesimlerde yüksek eğimli arazilerin bulunduğu yerlerde yapılmaktadır. Bu tip bölgelerde yaşayan vatandaşların başka yerlere nakledilmesi buralarda yaşamın bir şekilde bitmesi demektir.
- Kaya ıslah çalışması yapılmaz ve vatandaşlar nakledilir ise bölgede yapılan hayvancılık, tarım, orman işleri, arıcılık vb. ekonomik uygulamalar sekteye uğrar. Eski oranlarda yapılamaz.
- Kaya ıslah çalışmalarının bir kısmı il ve ilçe merkezlerinde veya mücavir alan sınırlarına yakın yerlerde yapılmaktadır. Bu sayede il ve ilçe merkezlerinde kıymetli arazilerde bulunan afete maruzlar kaldırılarak imara açık alan artmaktadır.İl veya ilçe merkezlerinin büyümesi önündeki engel kalkmaktadır.
- Afete maruz bölge ilan edilen yerlerde bulunan vatandaşlara ait konutların boşaltılması ve yıkılması gerekmektedir. Vatandaşın onlarca yıllık birikimini yatırdığı konutların yıkılmasını engellemek için kaya ıslahı çalışmalarını yapmak çok önemlidir.
- Afete maruz bölge ilan edilen yerlerde bulunan devlet imkânları ile yapılmış yol, okul, sağlık ocağı, su hatları, telefon, elektrik hatları ve benzeri yapılar kullanılamamakta ve zayi olmaktadır. Bu durum devlet için ölü yatırımlar olarak ekonomiyi etkilemektedir. Örneğin Trabzon Araklı ilçesi Kayaiçi mahallesinde 2 km boyunca beton yol sette ve su tahliyesi için hazırlanan mazgallar bulunmaktadır. Bu imalatın devlete 1 km masrafı yaklaşık 300 bin lira civarındadır.
- Genellikle dağlık arazilerde bulunan kaya düşme riskli bölgelerin ıslah edilmemesi durumunda devlet

tarafından vatandaşın tahliyesi bölgelerin kırsallaşmasına neden olmaktadır, bu durum terör gibi istenilmeyen unsurların daha rahat hareket etmesine neden olabilir.

- Afete maruz nedeniyle hak sahibi olan vatandaşlara konut veya EYY (Ev yapana Yardım) yöntemi ile yardım edilmesi devlete ekstra mali külfet oluşturmaktadır. Birçok kaya ıslahı projesi bu mali külfetten çok daha az bir maliyete yapılabilmektedir.
- Afete Maruz Bölgelerin bazılarında tarihi ve turistik alanlar bulunmaktadır. Kaya Islahı çalışmaları ile bu alanlarda güvenlik sağlanmakta ve turizm sekteye uğratılmamaktadır. Ayrıca kaya düşmesi riski bulunan birçok köyümüzde eski mezar taşı, ev vb. tarihsel değere sahip yapılar bulunmakta ve kaya ıslah çalışmaları ile bu değerler korunmaktadır. Örneğin Trabzon ilinde dünyaca meşhur olan Uzungöl ve Sümela Manastırı kaya düşmesi nedeni ile sıkıntılı bölgelerdir.
- Afete maruz ilan edilmiş bölgelerde kaya düşme riski bulunmasına hatta düşmesine rağmen bazı vatandaşlar konutlarını boşaltmamakta ve tehlikeli alanlarda yaşamaya devam etmektedirler. Yani kaya ıslahı yerine nakletmenin can ve mal güvenliğini tam sağlamadığı görülmektedir. Özellikle tarımla uğraşan vatandaşların fındık ve çay hasadı zamanında bu konutlarını kullanmaktadırlar.

3.Yapılan Çalışmalar

Trabzon İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü bünyesinde 2013 yılından itibaren Kaya Islahı çalışmaları ile ilgili araştırmalar başlamıştır. Bu araştırmalar neticesinde 2014-2015 yılları içerisinde 18 Afete Maruz Bölgede kaya ıslahı projesi hazırlanmıştır. Hazırlanan projelerden 5 tanesi ihale edilmiştir. Projelendirilecek yer hakkındaki çalışmalar şu sırada olmuştur: Detaylı plankote çalışması, kayaların yerlerinin harita üzerinde tespiti ve kayalar hakkında jeolojik bilgi elde edilmesi. Kaya ıslahı yapılacak bölgenin gezilerek alternatif proje üretilmesini gerektirecek durumların tespiti, elde edilen verilen bilgisayar istatistik programlarına girilmesi ve hız sıçrama yüksekliği ve enerjinin hesaplanması, bu hesaplara göre proje tipinin ve yerinin seçilmesi. Maliyet, iş programı, teknik şartname vb. evrakların hazırlanmasıdır. Yapılan çalışmalarda Trabzon İlinde uygulanan kaya ıslahı metotları ise şunlardır:

3.1 Çelik Ağlar (Tel Ağ) İle Yüzey Kaplama

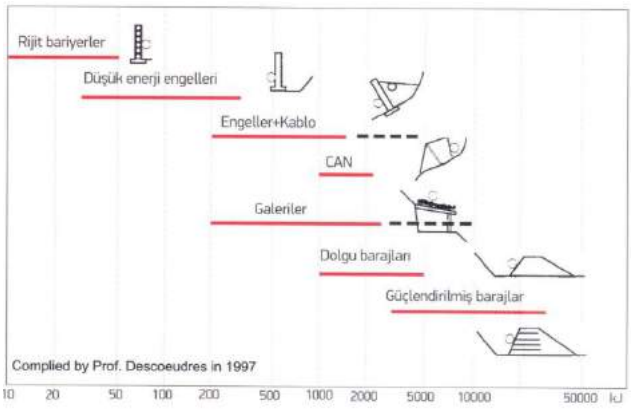
Kaynak alanların fazla olmadığı ama etki ettiği alanların çok fazla olduğu kayalarda genellikle bu yöntem kullanılmıştır. Kullanılan çelik ağlar,düşen blokların güvenli bir şekilde yamaç veya kaya diplerinde birikmesini sağlamaktadır. Biriken malzeme (Debris) daha sonra gerekli görüldükçe güvenli bir şekilde temizlenmektedir. Bu yöntemin uygulandığı bazı yerlerde bulon halat ve benzeri malzemeler ile çelik ağların güçlendirilmesi gerekmektedir. Trabzon İlindekibazı bölgelerde konutlar kayalara yaslanmış haldedir. Bu tarz bölgelerde kayaların güvenli bir şekilde aşağı düşmesi sağlanamayacağından çelik ağlar belirli aralıklarla döşenen halatlarla desteklenerek kayaları yerlerinde sabit tutmaktadır. Çelik ağ için yapılan hesaplarda önemli olan çelik ağın çekme dayanımı kapasitesinin şu yükleri taşıyabiliyor olmasıdır: Çelik ağ ve halatların kendi ağırlıkları, biriken malzemenin yükü ve kar yükü olarak değerlendirilir. Bu yöntem yapılırken rastlanılan sıkıntılardan bir tanesi çelik ağları taşıyacak olan ankrajların yerlerinin tespitidir. Bu ankrajlar kimi zaman çok çatlaklı arazilerde gerekli güvenlik önlemleri alınarak yapılmaktadır. Bir diğer sıkıntı olarak debris malzemesinin biriktikçe ağ üzerine yorulma etkisi yapmasıdır. Bu ağların bazıları temizlemesi imkânsız alanlarda bulunmaktadır. Bu ağlarda yorulma etkisini azaltmak için yatay ve dikey halatlar sıklaştırılmıştır.

3.2 Enerji Kırıcı Bariyer Sistemleri

Bölgede sık kullanılması öngörülen diğer bir sistem ise bariyer sistemleridir. Enerjiyi söndürücü etkisi olan bu bariyerlerde çeşitli açılar ile imal edilen çelik direkler arasına sönümleyici özelliği olan çelik ağlar gerilmektedir. Bu sistemin projelendirilmesinde 3 ana kritere dikkat edilmesi gerekmektedir. Kayanın düşme sırasında kazanacağı enerjiler, hızlar ve düşme güzergahında oluşan sıçramalar. Bu üç ana kritere göre daha önce hazırlanan plankoteler ve en kesitlere bakılarak en uygun yere bariyer yerleştirilmesi yapılır. Bariyerin yerleştirildiği yer, boyutları (yükseklik ve genişlik) doğrudan etkilemektedir. Bu durum maliyeti de doğrudan etkileyeceğinden bariyerin yerleştirileceği yer seçimi oldukça önemlidir. Yüksek kapasiteli çelik bariyerler ne yazık ki yurtdışından geldiği için maliyeti oldukça yüksektir. Trabzon İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik personelleri ve KTÜ İnşaat Mühendisliği Ulaştırma Bilim Dalı tarafından yerli yüksek kapasiteli bariyer oluşturabilmek için bilgisayar modelleri ve arazi çalışmaları devam etmektedir.

3.3 Gabion Geogrid Donatılı Dolgu Duvarlar

İçine malzeme doldurulan gabion duvarların tekniğine uygun yerleştirilmesi ve donatı veya geogrid malzeme ile desteklenmesi ile yapılan bariyerler Şekil 2'de görüldüğü gibi yüksek enerji sönümleme özelliğine sahiptir. Ayrıca bu yöntem diğer yöntemlere göre maliyet açısından oldukça avantajlıdır. Ancak taban alanı yaklaşık 4-5 m düzlük gerektirdiğinden ayrıca uygulama zorluğu ve malzeme seçimindeki etkileri nedeniyle deher yerde tercih edilememektedir. İçine yerleştirilen ince malzeme enerjiyi sönümlemekte ve ağırlık duvarı olarak çalışmaktadır. Ayrıca yüzeyine koyulacak nebati toprak sayesinde doğa içerisinde çirkin gözükmeyecek yapıda olabilir. Çelik bariyerlerin projelendirilmesinde kullanılan kriterler, gabion duvarlarında projelendirilmesi için geçerlidir.



Şekil 2. Çeşitli kaya ıslahı metotlarının enerji kapasiteleri [6]

3.4 Temizleme ve İstifleme

Bazı alanlarda kaya ıslahı gerektiren parça kayalar veya ortalama insan kafası büyüklüğünde moloz yığınları bulunmaktadır. Bu kayalar için pahalı önlemlerin alınmasına gerek duyulmadığında kayalar,hilti ile kırılarak sabitlenmesi, istiflenmesi veya güvenli görülen yerlere taşınması uygulamaları yapılmaktadır. Ayrıca bazı kayaların kırılması tehlike oluşturduğundan yerinde halatlar ile sabitlenmesi de bu yöntem içerisinde yer almaktadır. Örneğin kaynak kaya alanından zamanında şev üzerine düşüp kalmış bir kaç kaya parçasının bulunduğu bir alanda, kaynak kaya alanın güvenliği sağlandıktan sonra, daha önce düşmüş kayalar için bu yöntem kullanılır. Bu durum için en çok karşılaşılan sıkıntı proje alanı içerisinde bazı kayaların tam tespit edilememesidir. Bu nedenle kaya ıslahı işlerinde birim fiyat yöntemi ile ihaleye çıkılması ve alan temizliğinden sonra iş artışı veya azalışı kolaylıkla yapılması gerekmektedir.

3.5 Örnek Proje İncelemesi

Trabzon İli genelinde yapılan projelerden ihaleye çıkmış olan Şalpazarı Çetrik mahallesi projesini incelediğimizde; 05.03.2012 tarihli rapor sonucunda Şalpazarı Çetrik mahallesinin bir kısmı afete maruz bölge ilan edilmiştir. Bölgede afete maruz dahilinde sekiz adet konut belirlenmiştir. Ayrıca afete maruzun içerisinde fındık bahçeleri, meyve ağaçları, ahır, kümes ve müştemilatlar ve çeşitli kamu yapısı bulunmaktadır. Dere yatağı boyunca ve üst kotlarda kaynak kayalartespit edilmiştir. Alan içinde daha önceden düşmüş birçok kaya bloğu görülmüş bu kaya bloklardan yaklaşık 15 m³ boyutlarında bir kayanın yağmur sonrası altındaki toprağın akması nedeniyle tekrar harekete geçerek Şekil 3'de görüldüğü gibi bir evin üstüne düştüğü raporlanmıştır.



Şekil 3. Şalpazarı Çetrik Mahallesi Kaya düşmesi olayı

Alanın detaylı plankote çalışması ve bu çalışmanın üzerine işlenen tehlikeli kaya haritası ile birlikte çalışmalar başlamış, İnşaat Mühendisleri tarafından bu tehlikeli kayalar karşı şu önlemler alınmıştır:
Muhtelif Noktalarda toplam 1300 m² 1,5 m'de bir çelik halat ile güçlendirilerek çelik ağ kaplama, 40 m genişliğinde 2 metre yüksekliğinde 500 KJoule enerji sönümleme kapasiteli çelik bariyer, alan içinde dağınık halde bulunan toplam 100 m³ kaya kırılması ve istiflenmesi.

3.5.1 Kaya Islahı Proje Maliyetleri ile Nakletme Maliyetlerinin Karşılaştırılması

Çalışmanın bu kısmında, kaya ıslahı yapılmasının maliyeti ile yapılmaması durumunda oluşan maliyet kıyaslanmıştır. İncelenen örnek projede, kaya ıslahı çalışmasının hesaplanan yaklaşık maliyeti 210.708,80 TL'dir. İhale sonucu müteahhit firmanın sözleşme bedeli ise 127.680,70 TL'dir. Arada yaklaşık %40 kırım farkı vardır. Nakledilmemesi durumunda ise burada bulunan 8 hak sahibine afet konutu verilecekti. Ayrıca müştemilat, ahır ve kümes gibi yapılar ve tarım arazileri maliyetleri ile devlet imkanlarıyla yapılmış yol, telefon, su ve elektrik hatlarının maliyetleri hesaba katılması gerekmektedir. Yaklaşık bir konutun maliyetinin ortalama en az 100.000,00 TL (Yer ve yapım şartlarına bağlı değişir) aldığımızda ve diğer maliyetlerinde konut maliyetinin en az %25'i olduğunu düşündüğümüzde bir hak sahibinin toplam maliyetinin asgari 125 000,00 TL olduğu görülecektir. Bu rakamı 8 hak sahibi ile çarptığımızda 1.000.000,00 TL rakamına ulaşılmaktadır. Bu rakam kaya ıslahı bedelinden yaklaşık 8 kat daha fazladır.Yani ıslah yapmak nakletmekten %87,23 daha karlıdır. Tablo2'de ihaleye çıkan üç ıslah çalışması hakkında bilgiler verilmiştir. İlk sütunda ihaleye çıkan yer ve hak sahibi sayısı verilmiştir. İkinci sütun ihale sonucu sözleşme bedelidir. Son sütun ise kaya ıslahı yapmanın, nakletmeye oranla karlılık bedelini vermektedir. Bu üç ihalenin ortalaması alındığında kaya ıslahı çalışmalarının yaklaşık % 92oranında bir kar oluşturduğu belirlenmiştir. Bu oran yerli üretim malzemelerin geliştirilmesi ve daha fazla kaya ıslahı yapılması durumunda daha da artacaktır. Tablo2'de verilen Yeşilyurt kaya ıslahı projesinin en yüksek oranlara sahip olmasının nedeni bölgede toprakarme duvar yapılacak olmasıdır. Toprakarme hem yerli üretim hem de çelik bariyere göre daha az maliyetli bir üründür.

Tablo 2. İhale yapılan alanlarda maliyetler

Yer/ Hak sahibi sayısı	Kaya Islahı Çalışmasının Sözleşme Maliyeti (TL)	Nakledilmesi Durumunda Oluşan Tahmini Maliyet (TL)	Karlık Oranı (%)
Çetrik/8	127.680,70	1.000.000,00	87,23
Maçka/44	291.088,00	5.500.000,00	94,71
Yeşilyurt/24	156.880,00	3.000.000,00	94,77

4. Sonuç ve Öneriler

Doğu Karadeniz Bölgesinde kaya ıslahı çalışmalarının sürdürülmesi, yaşamın zor olduğu alanlarda ikamet eden vatandaşlarımızın bu coğrafyayı Türk ekonomisine kazandırması açısından oldukça önemlidir. Ayrıca bu insanların kendi yaşam alanlarından alınarak, şehir hayatına zorla adapte edilmesini engellemekte bir nevi toplum huzuruna hizmet etmektedir. Bunun yanı sıra maliyetler incelendiğinde ıslah etmenin nakletmeye oranla ortalama %92 daha ucuz maliyetlere sahip olduğu görülmektedir. İl, ilçe merkezlerinde bulunan kaya düşmesi nedenli afete maruz bölgeler, il ve ilçelerin büyümesini engellemektedir. Yine tarihi ve turisttik alanlarda bulunan kaya düşme riskleri bu alanların, ülke turizmine katkısını azaltmaktadır. Kaya ıslahı çalışmaları bu olumsuz

durumların giderilmesi içinde oldukça önemli çalışmalar olarak ortaya çıkmaktadır.

Trabzon İli AFAD (Afet ve Acil Durum) Müdürlüğü yaklaşık 3 senedir kaya ıslahı çalışmalarını sürdürmektedir. Bu süreç boyunca yeni problemler tespit edilmekte ve bu problemlere çözümler için çalışmalar sürdürülmektedir. Her yapılan ve uygulanan proje bir sonraki projenin daha iyi olmasını sağlamaktadır. Karşılaşılan büyük projeler için ise daha detaylı çalışmalar gerekmektedir. Bu konuda Ankara'da bulunan AFAD Başkanlık bünyesindeki yetkililerin, illere daha fazla yardımcı olması beklenmektedir. Zira özellikle deneysel çalışma ve yurtdışı uygulamalarının incelenmesi vb. çalışmalar için il bazında yapılacaklar sınırlı olmaktadır. Ayrıca üniversitelerin daha aktif olarak araştırma geliştirme çalışmalarına katılması gerekmektedir. Bu araştırma geliştirme sırasında birçok öğrenciye bildiri, makale veya Yüksek Lisans/Doktora makalesi çıkarabilir.

Kaya Islahı yöntemlerinden özellikle çelik bariyer yöntemi ithal edilen malzemeler ile yapılmaktadır. Bu durum hem maliyetleri yükseltmekte hem de yapılan imalatın süresini uzatmaktadır. Bu malzemeler Türk Mühendisler tarafından üretilemeyecek kadar zor değildir. Bu konuda yapılacak çalışmalar ile malzemelerin yerli üretimlerinin yapılması, hem ülke ekonomisine hem de AFAD müdürlüklerinin ve DSİ, TCK, TCDD gibi bu malzemeyi kullanan kamu kurumlarının çalışmalarını kolaylaştıracaktır. Yine bu konuda Şekil 4'de görüldüğü gibi üniversite kamu ve özel sektörünün beraber hareket edeceği çalışmalar yapılmalıdır.



Şekil 4. Kaya ıslahı için yerli üretim yapabilmek için çalışma şeması

Kaynaklar

[1] Talobre, J., Kaya Mekaniğin ve İnşaat İşlerinde Tatbikatı, Mars Matbası, Ankara,1970

[2] Heyelan ve Kaya Düşmesi Temel Kılavuzu, AFAD Başkanlık, Ankara,2015

[3] Varnes, D.J., "Slope Movements: type sand processes" Transportation Research Board, Special Report No: 176 Washington, 1978

[4] Wyllie, C. D., Mah, C.W., "Kaya Şev Mühendisliği", Çev: Kayabalı, K., Gazi Kitapevi, Ankara,2006

[5] Çelik, M., "Karadeniz Bölgesi Köy Yolları İçin Rijit Ve Esnek Kaplamanın Mekanistik Ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2015

[6] Labiouse V., Mitigation measures: Protective Works Intensive Course on Landslide Quantitative Risk Assessment and Risk Management 3, Barcelona, Spain September, 2008.

DETERMINATION OF THE NATURAL DISASTER SUSCEPTIBILITY AREAS KIRŞEHİR USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

KIRŞEHİR DOĞAL AFET DUYARLILIK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

Zeynel BAŞIBÜYÜK[a], Eren ELİBOL[b], Engin EKDUR[c], Lütfi NAZİK[d], Mahmut PEHLİVANER[b], Serhat YILMAZ[e]

a Ahi Evran Üniversitesi Müh.-Mim. Fak.Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, Türkiye, zbasibuyuk@ahievran.edu.tr
b Ahi Evran Üniversitesi Fen Bil.Ens. İleri Tek. A.B.D. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, Türkiye
c Ahi Evran Üniversitesi Kaman Meslek Yüksek Okulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kırşehir, Türkiye
d Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Kırşehir, Türkiye
e Kırşehir İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü Planlama, Zarar Azaltma ve İyileştirme Şubesi, Kırşehir, Türkiye

Özet

Ülkemizde jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel özellikler nedeni ile sık sık doğal afetler meydana gelmektedir. Geçen yüzyıl içerisinde, bu afetler sonucunda binlerce insanımız yaşamını yitirmiş, sakat kalmış ya da maddi kayıplar yaşamıştır. İlimizde doğal afetler konusunda diğer birçok ilimize nazaran daha az doğal afet meydana gelmekle birlikte, il genelinin bir bölümü 1. derece deprem bölgesi olup, Çiçekdağı ve Akpınar ilçeleri heyelan; Merkez, Kaman ve Çiçekdağı ilçeleri kaya düşmesi tehlikesi açısından duyarlı alanlar olarak görülmektedir. Son 65 yıllık kayıtlara göre Kırşehir ve yakın çevresinde şiddeti Richter ölçeğine göre 3 ve üzeri 150 deprem, 17 heyelan ve 8 kaya düşmesi afeti raporlanmıştır. Afet verileri Surfer 12 ve ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Bölgenin eğim haritası, bakı haritası ve jeoloji haritası birlikte değerlendirilerek Afet Duyarlılık Haritaları (deprem, heyelan ve kaya düşmesi) oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Deprem, heyelan, kaya düşmesi, afet, coğrafi bilgi sistemleri

Abstract

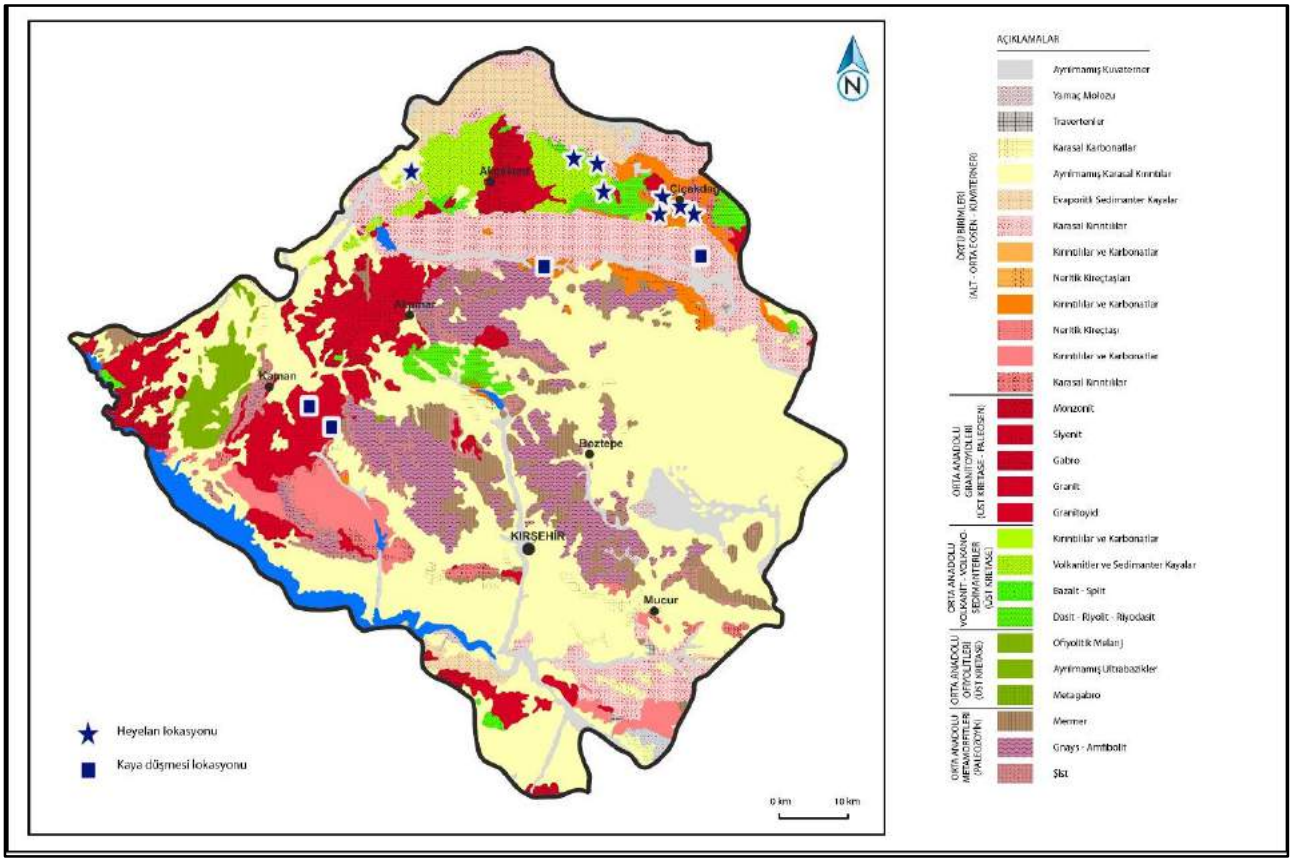
Geological, geomorphological and climatic conditions frequently cause natural disasters occur In our country. These disasters result in thousands of our people have lost their lives, became disabled or have experienced financial losses in the past century. Made less than many other natural disasters in our province is relatively natural disasters. Natural disasters in our province is comprised less than many other natural disasters in our city. It is part of the provincial 1st degree earthquake zone; Çiçekdagi and Akpinar districts are susceptible in terms of landslides; Central Kirsehir, Kaman and Çiçekdagi in terms of the danger of falling rocks districts are seen as susceptible areas. Intensty 3 and above 150 earthquakes, 17 landslides and 8 rockfalls have been reported in Kirsehir region. Disaster data is processed using 12 Surfer and ArcGIS 10.2 software. The region's slope map, aspect map and geological map with evaluating Disaster Susceptibility Maps (earthquake, landslide and rock fall) were created.

Keywords: Earthquake, landslide, rock fall, disaster, geographic information systems

1. Giriş

Doğal afetleri oluşturan nedenlere bakıldığında en önemli sebeplerin jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel koşulların olduğu görülmektedir. Bölgedeki doğal afetleri oluşturan jeolojik koşulların daha iyi anlaşılması için bölgenin jeolojisine kısaca bakmak gerekmektedir. Kırşehir ilinin de içerisinde yer aldığı Orta Anadolu Bölgesi ve çevresinde farklı yaş, tektonik konum ve kayaç türlerine sahip birimler bulunmaktadır. Bunların başlıcaları kuzeyde Karadeniz'den güneyde Orta Anadolu'ya kadar uzanan jeotraveste ofiyolitik kenet kuşaklarıyla ayrılan kıtasal bloklardır. Bu tektonik kuşaklar kuzeyden güneye doğru Pontid Kıtası, İntra-Pontid Kenedi, Sakarya Kıtası, Ankara-Yozgat-Erzincan Kenedi (Orta Anadolu Ofiyolitleri) ve Kırşehir Kıtası (Orta Anadolu Metamorfitleri) olup; kıtasal bloklar Pan-Afrikan, Hersiniyen ve Kimmeridorojenezleri sonucunda gelişmişler ve bölgenin Neotetis evrimi süresince kıtasal temel olarak kalmışlardır [1]. Orta Anadolu metamorfitleri, bölgenin en yaşlı birimini oluşturur. Paleozoyik yaşlı bu metamorfik kayaçlar genellikle Kırşehir'in kuzeyinde yüzeylemektedir (Şekil 1). Paleosen'de çarpışma ile ilişkili magmatiklerden Orta Anadolu Granitoyidleri olarak adlandırılan plütonik kayalar, temele ait metamorfik birimler ile ofiyolitleri sıcak dokanaklarla kesmişlerdir. Neo-Tetis'in kapanmasına koşut olarak Geç Kretase'den itibaren Sakarya Kıtası ve Kırşehir Bloku olmak üzere iki kıtasal birim üzerinde [2], Orta Anadolu havzaları [3,4] oluşmaya başlamış ve Orta Miyosen'e kadar gelişimlerini sürdürmüşlerdir. Orta Miyosen'den itibaren ise neotektonik "Ova" rejimi [5] altında intrakratonik havzalar gelişmiş olup [4], bu rejim Geç Pliyosen'e kadar [3] devam etmiştir. Bu jeolojik evrimden dolayı bölgede çok fazla bir engebeli topografya bulunmamakla birlikte nispeten ilin kuzey bölgeleri diğer bölgelerine göre daha engebeli bir topografyaya sahiptir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Kırşehir ili jeoloji haritası [6]

İnceleme sahasının özellikle kuzeybatı bölgesinde küçük ve orta şiddette depremler üreten aktif fay hatları bulunmakta, hatlarda oluşan bu depremler can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra bölgenin kuzey kesimlerinde mevcut topografya eğim miktarı ve iklimsel olarak yağış miktarındaki artış ve jeolojik birimlerdeki kaya türleri, bu alanlarda heyelanların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca inceleme bölgesinde eğimin arttığı batı ve kuzey kesimlerinde, magmatik derinlik kayaçlarının ve kireçtaşlarının bulunduğu sahalardaki yerleşim alanlarında kaya düşmesi afetlerinin yoğunlaştığı gözlenmektedir.

2. Materyal Metot

İnceleme alanı ve yakın çevresinin afet geçmişi ve jeolojisi ile ilgili literatür taraması yapıldı. Şiddeti Richter ölçeğine göre en az 3 olan ve Kırşehir il merkezinin yaklaşık 20 km kuzeyindeki Çoğun Barajı merkez alınarak yaklaşık 75 km çaptaki bir alanın, 1900-2015 yılları arasındaki deprem verileri, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi'nden temin edildi. Kaya düşmesi ve heyelan afetleri ile ilgili 1961 – 2010 arasındaki veriler Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'ndan (AFAD), 2010 - 2015 yılları arasındaki veriler ise Kırşehir İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nden alındı. Afet verileri Surfer 12 ve ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılarak işlendi ve bölgenin Afet Duyarlılık Haritaları (deprem, heyelan ve kaya düşmesi), eğim haritası ve bakı haritası oluşturuldu.

3. Kırşehir Doğal Afet Risk Alanları

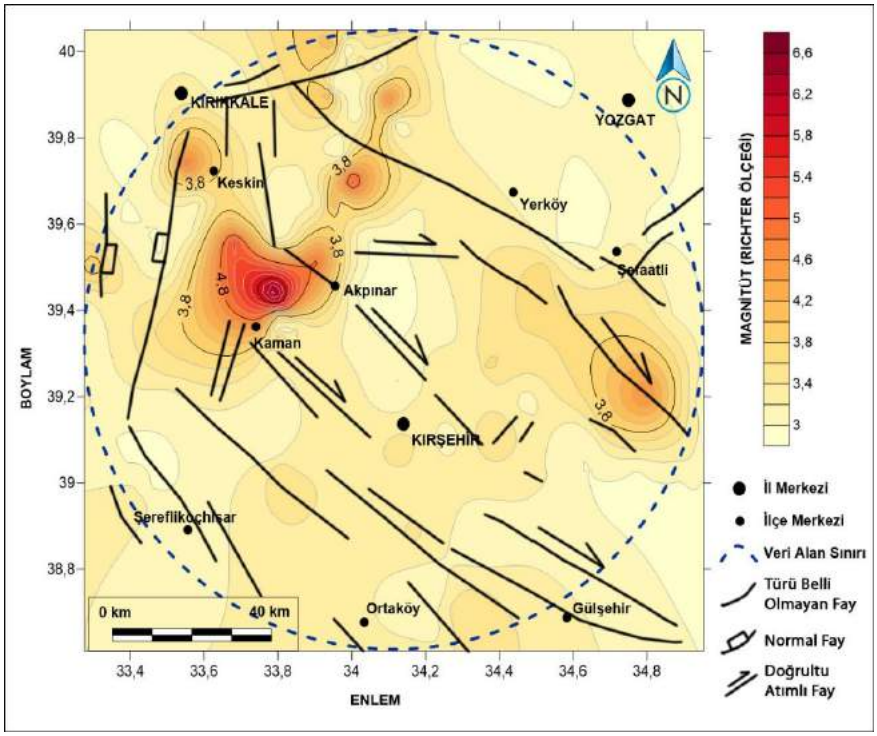
3.1. Deprem Duyarlılık Alanları

Kırşehir il merkezinin yaklaşık 20 km kuzeyindeki Çoğun Barajı merkez alınarak yaklaşık 75 km yarıçaptaki bir alanın, 1900-2015 yılları arasındaki deprem verileri incelendiğinde, Richter ölçeğine göre 3 ve üzeri şiddette 150 deprem olduğu belirlenmiştir. Belirlenen alandaki en yüksek depremin, Yukarıçiftlikköyü (Kaman – Kırşehir) bölgesinde, 19.04.1938 tarihinde Richter ölçeğine göre 6,6 şiddetinde meydana geldiği gözlenmiştir. Depremlerin koordinatları ve şiddetleri CBS programlarında işlenerek bölgenin deprem yoğunluk alanları haritalanmıştır (Şekil 2).İnceleme sahasının kuzeybatı bölgesinde, küçük ve orta şiddette depremlerin yoğunlaştığı gözlenmektedir. Depremlerin fay zonları ile ilişkisini belirlemek amacıyla bölgenin neotektonik verileri bu harita üzerine işlenmiştir. Deprem açısından en yoğun ve duyarlı olarak gözlenen bu bölgelerde, depremleri üreten aktif fay hat veya hatlarının belirlenmesi amacı ile yapısal jeoloji çalışmalarının ayrıntılı olarak gerçekleştirilmesi önem arzetmektedir.

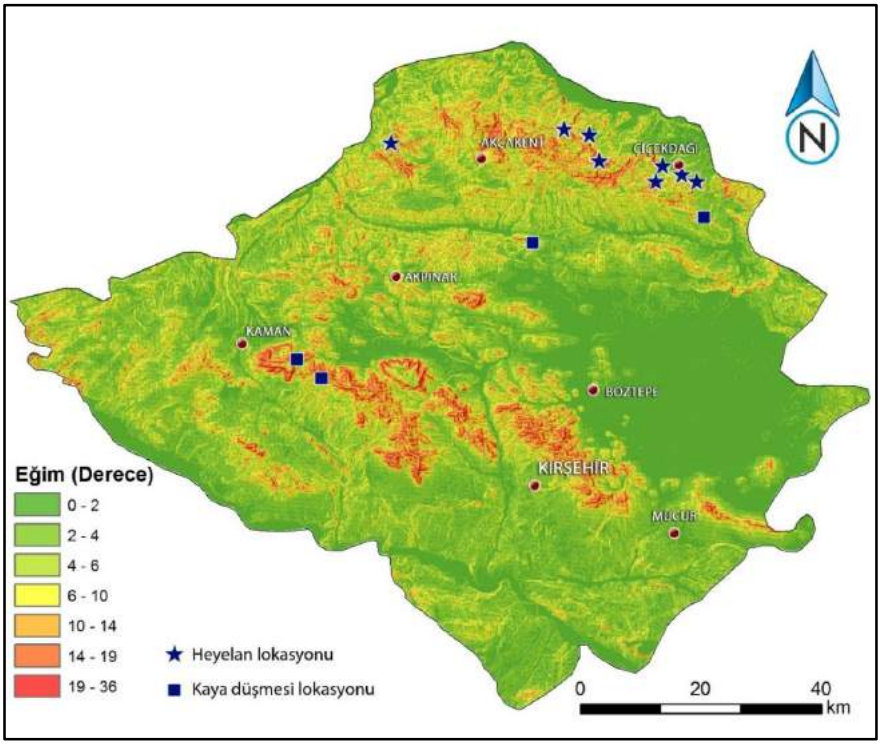
3.2. Heyelan Duyaylılık Alanları

AFAD tarafından 1961 – 2015 tarihleri arasında 17 heyelan afeti raporlanmıştır (Tablo 1). Raporlanan heyelan sayısının az olması, il genelinde insan yaşamını etkilemeyen bölgelerde meydana gelen heyelanların AFAD tarafından raporlanmamış olmasıdır. Heyelan duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla bölgenin heyelan envanteri, eğim haritası ve bakı haritası oluşturularak jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. ARCGIS yazılımı kullanılarak

DEM verilerinden bölgenin eğim haritası oluşturulmuştur (Şekil 3). Elde edilen eğim haritası üzerine AFAD tarafından raporlanan heyelan verileri işaretlenmiştir. Heyelanların oluştuğu lokasyonlara bakıldığında Kırşehir'in kuzeyinde Akçakent ve Çiçekdağı civarında eğimin 10^0'den fazla olduğu bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Heyelan oluşumları Kelismailuşağı, Tepecik, Safali ve Kızılcalı bölgelerinde, Üst Kretase yaşlı volkanitler- sedimanter kayaçlar ile dasit, riyolit, riyodasit seviyelerinde; Alimpınar, Hacıoğlu, Harmanpınar, Çiçekdağı bölgelerinde ise Alt - Orta Eosen yaşlı karasal kırıntılılardan oluşan seviyeler içerisinde gözlenmektedir (Şekil 1). Kırşehir ilinin orta ve güney kesimlerinde yüksek eğime sahip bölgelerde litoloji Orta Anadolu Metamorfitleri ve Orta Anadolu Granitoyidleri'ne ait masif birimlerden oluşmaktadır. Bu alanlarda AFAD tarafından raporlanan her hangi bir heyelan oluşumu bulunmamaktadır.



Şekil 2. Kırşehir ili deprem yoğunluğu ve neotektonik haritası (Neotektonik veriler [7])



Şekil 3. Kırşehir ili eğim haritası

Bakı yönü, topraktaki nem tutma oranı ve arazi örtüsü gelişimi gibi etkilere neden olduğu için toprak dayanımı ve heyelan duyarlılığı üzerinde etki oluşturur [8]. Topoğrafya durumunun, yağış miktarı, rüzgâr etkisi, güneş ışığına maruz kalma durumu, nemlilik, arazi örtüsünün gelişimi gibi birçok faktörde etkileri bulunmaktadır. Bölgedeki heyelan oluşumlarına neden olan nemlilik artışı, yağış ve yeraltısuyu seviyesindeki artışa bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. Ancak raporlanan heyelanların mevsimsel dağılımına bakıldığında mevsimsel bir yoğunluğun mevcut olmadığı gözlenmektedir. Yağışın en az olduğu yaz aylarında da heyelanların meydana gelmesi, heyelanların yağış miktarı ile doğrudan ilişkisinin bulunmadığını düşündürmektedir. Envantere bakıldığında heyelan oluşum tarihlerinde, mevsimsel yağışın en fazla olduğu ilkbahar ve sonbahar aylarında (Kış: 3, İlkbahar: 5, Yaz: 4, Sonbahar: 3) bir yoğunluğun oluşmadığı gözlenmektedir (Tablo 1).İnceleme sahasında Akçakent ve Çiçekdağı civarında yoğun olarak gözlenen heyelanlar, bölgenin kuzey, kuzeydoğu ve doğu yamaçlarında meydana gelmektedir (Şekil 4). Akçakent ve Çiçekdağı'nın yaklaşık 2-10 km kuzeyinde bulunan Delice Çayı'nın buharlaşma etkisinin, bölgedeki hakim rüzgar yönünün kuzey – kuzeydoğu – kuzeybatı [9] olması nedeniyle heyelanların oluştuğu kuzey – kuzeydoğu - kuzeybatı yamaçlarında yüzey neminin artmasına sebebiyet verdiği söylenebilir. Bu nedenle, bölgede meydana gelen heyelanlardaki nem oranı artışının mevsimsel yağış, yeraltısuyu seviyesindeki artış ve Delice Çayı'nın buharlaşma etkisinin birleşimi ile oluştuğu düşünülmektedir.

Tablo 1. Kırşehir ili heyelan envanteri (AFAD)

İLÇE	KÖY	TARİH
ÇİÇEKDAĞI	TEPECİK	02.12.1961
ÇİÇEKDAĞI	HARMANPINAR	15.08.1963
ÇİÇEKDAĞI	KIZILCALI	04.08.1972
ÇİÇEKDAĞI	TEPECİK	22.05.1979
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	10.11.1981
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	17.08.1982
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	28.06.1983
ÇİÇEKDAĞI	HARMANPINAR	27.07.1983
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	30.12.1985
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	31.10.1986
ÇİÇEKDAĞI	SAFALİ	14.03.1989
ÇİÇEKDAĞI	ALİMPINAR	09.01.1991
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	02.04.1991
ÇİÇEKDAĞI	HARMANPINAR	16.05.1991
ÇİÇEKDAĞI	ÇİÇEKDAĞI	16.06.1991
ÇİÇEKDAĞI	ALİMPINAR	12.07.1996
AKPINAR	KELİSMAİLUŞAĞI	03.04.2012

3.2. Kaya Düşmesi Duyarlılık Alanları

AFAD tarafından 1961 – 2015 tarihleri arasında 8 kaya düşmesi afeti raporlanmıştır (Tablo 2). Raporlanan kaya düşmesi sayısının az olmasının nedeni, il genelinde insan yaşamını etkilemeyen bölgelerde oluşan kaya düşmelerinin AFAD tarafından raporlanmamış olmasıdır.
Kaya düşmesi duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla bölgenin kaya düşmesi envanteri, eğim haritası ve bakı haritası oluşturularak jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. Dört lokasyonda meydana gelen kaya düşmesi afetleri, Çağırkan ve Ömerhacılı bölgesinde Üst Kretase – Paleosen yaşlı Orta Anadolu Granitoyidleri içerisinde eğim miktarının 19^0'den fazla olduğu; Dulkadirliyarımkale bölgesinde Eosen yaşlı neritik kireçtaşları içerisinde ve Doğankaş bölgesinde Oligosen yaşlı karasal kırıntılılar içerisinde eğim miktarının 14^0'den fazla olduğu alanlarda gözlenmiştir (Şekil 1, 3).

Tablo 2. Kırşehir ili kaya düşmesi envanteri (AFAD)

İLÇE	KÖY	TARİH
KAMAN	ÖMERHACILI	27.08.1969
KAMAN	ÇAĞIRKAN	16.12.1972
MERKEZ	DULKADİRLİYARIMKALE	27.02.1981
KAMAN	ÖMERHACILI	29.06.1983
MERKEZ	DULKADİRLİYARIMKALE	06.07.1984
ÇİÇEKDAĞI	DOĞANKAŞ	12.04.1989
MERKEZ	DULKADİRLİYARIMKALE	17.05.1990
KAMAN	ÖMERHACILI	03.04.2005

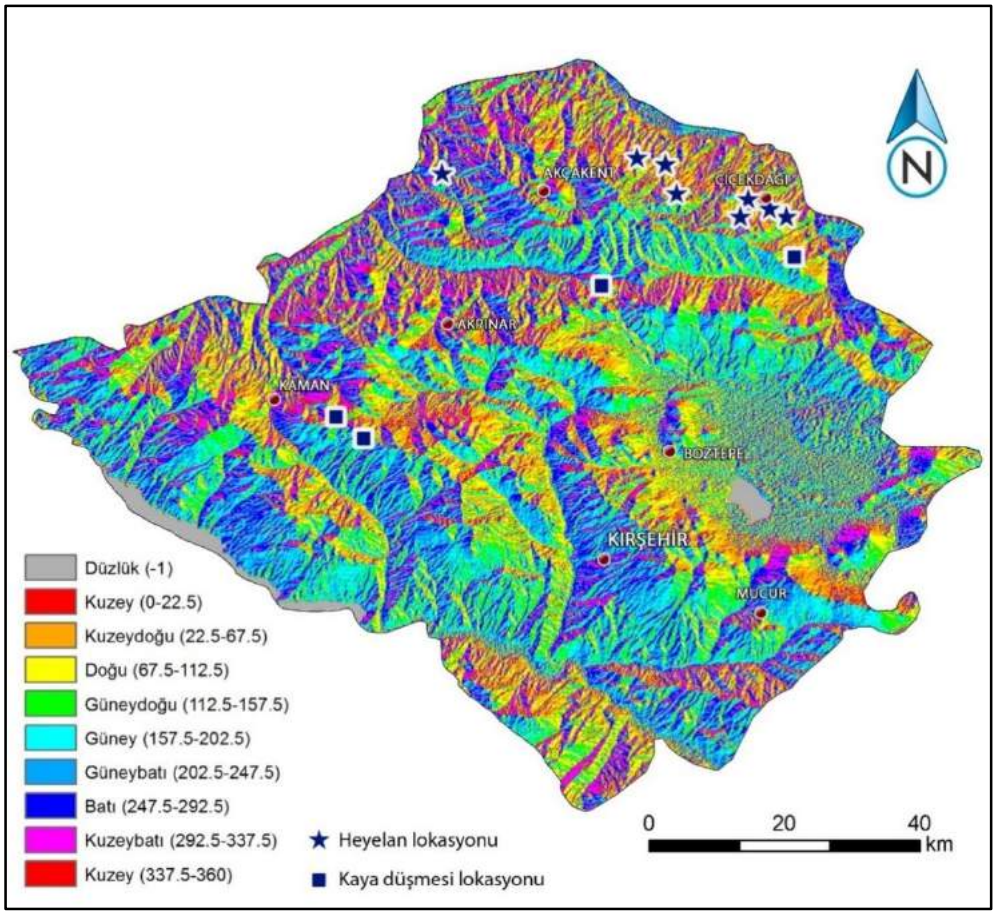
4. Sonuçlar Ve Öneriler

Kırşehir ili doğal afetler açısından çalışma kapsamında incelenmiş; deprem, heyelan ve kaya düşmesi afetlerinin yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen afet yoğunluk haritaları, eğim, bakı ve jeoloji haritaları ile birlikte değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Kırşehir il merkezinin yaklaşık 20 km kuzeyindeki Çoğun Barajı merkez alınarak yaklaşık 75 km yarıçaptaki bir alanın, 1900-2015 yılları arasındaki deprem verileri incelendiğinde, Richter ölçeğine göre 3 ve üzeri şiddette 150 deprem olduğu belirlenmiştir. Depremlerin koordinatları ve şiddetleri CBS programlarında işlenerek bölgenin deprem yoğunluk alanları haritalanmıştır. Deprem açısından en yoğun ve duyarlı bölgelerin Kaman, Akpınar ve Akçakent ilçelerinin kuzeybatısı olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde depremleri oluşturan aktif fay hatlarının belirlenmesi için yapısal jeoloji çalışmaların ayrıntılı olarak yapılması önem arzetmektedir.

AFAD tarafından 1961 – 2015 tarihleri arasında 17 heyelan afeti raporlanmıştır. Heyelan duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla bölgenin heyelan envanteri, eğim haritası ve bakı haritası oluşturularak jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. Heyelanların Kırşehir'in kuzeyinde Akçakent ve Çiçekdağı civarında eğimin 10^0'den fazla olduğu; Kelismailuşağı, Tepecik, Safali ve Kızılcalı bölgelerinde, Üst Kretase yaşlı volkanitler - sedimanter

kayaçlar ile dasit, riyolit, riyodasit seviyelerinde, Alimpınar, Hacıoğlu, Harmanpınar, Çiçekdağı bölgelerinde ise Alt - Orta Eosen yaşlı karasal kırıntılılardan oluşan seviyeler içerisinde yoğunlaştığı görülmektedir. Heyelan oluşumuna neden olan nem artışının mevsimsel yağış, yeraltısuyu seviyesindeki artış ve Delice Çayı'nın buharlaşma etkisinin birleşimi ile oluştuğu düşünülmektedir. Kırşehir ili orta kesimlerindeki yüksek eğime sahip bölgelerde heyelan afeti raporlanmamasındaki en büyük etkenin, jeolojik birimlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu bölgelerde litoloji Orta Anadolu Metamorfitleri ve Orta Anadolu Granitoyidleri'ne ait masif birimlerden oluşmaktadır.



Şekil 4. Kırşehir ili bakı haritası

AFAD tarafından 1961 – 2015 tarihleri arasında 8 kaya düşmesi afeti raporlanmıştır. Kaya düşmesi duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla bölgenin kaya düşmesi envanteri, eğim haritası ve bakı haritası oluşturularak jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. Bölgedeki kaya düşmesi afetleri, Çağırkan ve Ömerhacılı bölgesinde Üst Kretase – Paleosen yaşlı Orta Anadolu Granitoyidleri içerisinde eğim miktarının 19^{0}'den fazla olduğu, Dulkadirliyarımkale bölgesinde Eosen yaşlı neritik kireçtaşları içerisinde ve Doğankaş bölgesinde Oligosen yaşlı karasal kırıntılılar içerisinde eğim miktarının 14^{0}'den fazla olduğu alanlarda gözlenmiştir.

Kaynaklar

[1] Tüysüz, O., 1993, Karadeniz'den Orta Anadolu'ya bir jeotravers: Kuzey Neo-tetisin tektonik evrimi: TPJD Bült.,C.5/l,s. 1-33.

[2] Şengör, A.M.C. & Yılmaz, Y. 1981. Tethyanevolution of Turkey: a platetectonic approach. Tectonophysics 75, 181–241.

[3] Koçyiğit, A. 1991. Changing stressorientation in progressive in tracontinental deformation as indicatedbytheneotectonics of the Ankara region, (NWCentral Anatolia). TAPG Bulletin 3/1, 48– 55.

[4] Görür, N. Tüysüz, O. & Şengör, A.M.C. 1998. Tectonic evolution of the central Anatolianbasins. International GeologyReview 40, 831– 850.

[5] Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian transform fault: itsage, offsetandtectonicsignifiance, Jour. Geol. Soc. Lond., 136, pp. 269-282.

[6] MTA 1:500.000 ölçekli jeoloji haritaları serisi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü web sayfası, http://www.mta.gov.tr/.

[7] Koçyiğit, A., 2003. Orta Anadolu ' nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, özel sayı 5, 1-25.

[8] Dai F, Lee C (2002) Landslide characteristic sand slope in stability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. Geomorphology42:213–228

[9] Kırşehir Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2008. Kırşehir İl Çevre Durum Raporu. Kırşehir, s. 161.

KAYA DÜŞMESİ ÖNLEME YÖNTEMLERİNE BİR ÖRNEK: ÇELİK BARİYER UYGULAMASI (GÜRÜN-SARICA)

AN EXAMPLE OF ROCK FALL PROTECTION SYSTEM: STEEL BARRIER APPLICATION (GÜRÜN-SARICA)

Ali POLAT[a] İnan KESKİN[b] İrfan DENİZLİ[c]

[a]Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, SİVAS, TÜRKİYE, E-posta: ali.polat@afad.gov.tr
[b]Karabük Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Karabük, TÜRKİYE, E-posta: inankeskin@karabuk.edu.tr
[c]Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, SİVAS, TÜRKİYE, E-posta: irfan.denizli@afad.gov.tr

Özet

Kaya düşmesi olayı can ve mal kaybına neden olan önemli doğal afetlerden biridir. Ülkemizde de bugüne kadar kayıt altına alınmış birçok olay yer almaktadır. Bu çalışma Sivas-Gürün İlçesi Sarıca köyünde olması muhtemel kaya düşmesi olayı için alınan önlem yöntemini (Çelik Bariyer) anlatmaktadır.Sarıca köyü Sivas ilinin 120 km güney batısında ve Gürün ilçesinin 50 km kuzey batısında yer almaktadır. Köyün hemen kuzeyindeki 40^0-50^0 eğimli yamaçlarda bulunan kaya bloklarının düşme tehlikesi bulunmaktadır. Sedimanter kayaçlardan ve magmatik kayaçlardan oluşan bu birimlerden özellikle kırıklı ve çatlaklı, tabakalı kayaçların düşme riskinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Bölge ile ilgili gerekli çalışmalar yapılmış olup blok boyutları tespit edilmiş, arazinin hali hazır haritası yapılmış ve süreksizlikler belirlenmiştir. Rockfall yazılımı kullanılarak belirli güzergahlar için analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda zıplama yüksekliği, enerji, hız ve ulaşacağı maksimum mesafe gibi verilere ulaşılmıştır. Bütün bu çalışmalar sonucunda bölge için daha güvenli ve pratik bir yöntem olan çelik bariyer uygulamasının en uygun kaya ıslah yöntemi olduğuna karar verilmiştir. Yamaç üzerinde uygulama için en uygun yerler belirlenerek 100 m 500 Kj'lük (40 m ve 60 m ayrı yerlere) ve 100 m 1000 Kj'lük enerji sönümleyici çelik bariyer uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kaya düşmesi, çelik bariyer, kaya düşmesi önlem yöntemleri.

Abstract

Rockfall event is one of the major natural disasters that cause life and property losses. Many events appear in our country so far been recorded. This study is describe the preventing method (Steel Barrier) for the event of possible rock falls in the Sarıca village the county of the Gürün (Sivas City). Study area is located to the 120 km south-west of the Sivas city and 50 km north-west of the Gürün County. There is a danger falling of rock masses on an area with very steep cliffs and 40-50^0 slopes at the just North of the village. Especially cracked and fractured bedded rocks have high risk of falling rocks formed Sedimentery and igneous units. Necassary studies have been done as the block sizes are determined, base map was prepared and discontinuities are identified. Rockfall analysis was performed using the software for specific routes. As a result of this analysis obtained that bounce height, total kinetic energy, velocity and end point location. As a result of all this work, decided to best rockfall preventing system is steel barrier which is more secure and practical method for this region. Determining the most suitable places to practice on the slopes of 100 m to 500 kJ (40 m and 60 m to separate) and 100 m 1000 kJ of energy-absorbing steel barrier applications have been performed.

Keywords: Rockfall,Steel barrier,rockfall preventing systems.

1. Giriş

Kaya düşmesi ülkemizde olduğu gibi bütün dünyada can ve mal kaybına neden olan önemli doğal afetlerden bir tanesidir. Günümüze kadar ülkemizde yaşanmış birçok kaya düşmesi olayı saptanmıştır (Çizelge 1). Çizelgeye bakıldığı zaman toplamda yaklaşık 20.000 kişinin kaya düşmesi afetinden etkilendiği (afetzede) olduğu görülür. Kaya düşmesi afetinin insan hayatı ve ekonomik etkileri düşünüldüğünde tüm afetlerde olduğu gibi önlem alınması kaçınılmaz hale gelmiştir. Tehlikeden korunmak için konutların afet bölgesinden uzaklaştırılması (taşınması) veya ıslah çalışmaları yapılmıştır. Son dönemlerde nakilden ziyade ıslah çalışmaları daha ekonomik, sosyal ve pratiklik olması açısından tercih edilmeye başlanmıştır. Çelik grid (Tel ağlar), Çelik Kompozit grid, Enerji kırıcı paneller, kaya bariyerleri, seddeler gibi çok çeşitli kaya düşmesine karşı koruma sistemleri mevcuttur [1]. Sarıca köyünde enerji sönümleyici çelik bariyer uygulaması gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Sarıca köyü, Sivas ilinin 120 km güney batısında, Gürün ilçesinin kuzey batısında ve 50 km mesafededir (Şekil 1). İnceleme alanında, köyün kuzeyinde muhtemel kaya düşmesi olayı mevcuttur. Ortalama 50^0'lik eğime sahip yamaçta bol süreksizlik içeren magmatik kayaçlar ve sedimanter kayaçlar bulunmaktadır (Şekil 2a). Yamacın alt kesimlerinde düzenli tabakalı sedimanter kayaçlar yamaç içeri eğimli olmasına rağmen altere olmuş ve parçalanmışlardır. Bu birim ve daha üst kesimdeki kaya biriminden parçalanan kayaçlar döküntü halinde yamaç molozu şeklinde gözlenmektedir. Daha üst kesimlerde blok şeklinde kaya parçaları vardır (Şekil 2b). Zeminin yapısı, eğim, blok boyutu ve evlere olan uzaklık riski artırmaktadır.

2. İnceleme Alanının Jeolojisi

Sivas ili için hazırlanan dikme kesitler irdelendiğinde [3,4,5,6,7], Sivas İli sınırları içinde üç önemli tektonik birliğin yer aldığı görülür. Bu tektonik birlikler kuzeyden güneye doğru sıra ile Pontid Tektonik Kuşağı, Kuzey Anadolu Ofiyolit Kuşağı ve Toros Tektonik Kuşağı ile temsil edilmektedir. Yöredeki metamorfik masifler ise olasılıkla Toros Tektonik Kuşağı'nda yer alan Platfom türü karbonatların metamorfizmaya uğramış eşdeğerleridir. Tektonik birliklerin üzerinde ise Maestrihtiyen Kuvaterner yaşlı bir kayatürü topluluğu ile temsil edilen örtü, açılı uyumsuzlukla yer almaktadır.

Çizelge 1. Afet türüne göre afet olay sayısı ve afetzedelerin dağılımı [2].

Afetzede						Etkilenen Toplam Afetzede Sayısı
Afet Türü	Afet olay sayısı	Etkili Nakil	İlave Nakil	Etkisiz Nakil	Nakil İptali	
Heyelan	13.494	65.759	2.622	3.998	13.034	59.345
Kaya Düşmesi	2.956	19.699	935	2.442	3.654	19.422
Taşkın	4.067	29.020	506	1.197	8.566	22.157
Deprem	5.318	157.794	45	637	235	158.241
Diğer Afetler	1.175	11.309	8	85	2.165	9.237
Çığ	731	4.409	181	336	542	4384
Çoklu Afetler	2.024	17.221	629	838	6.478	12.210
Tasnif Edilmemişler	42	0	0	0	0	0
Toplam	**29.807**	**305.211**	**4.926**	**9.533**	**34.674**	**284.996**



Şekil 2. a) Kayalık alan ve b) düşmesi muhtemel kaya blokları yakından görünüm.

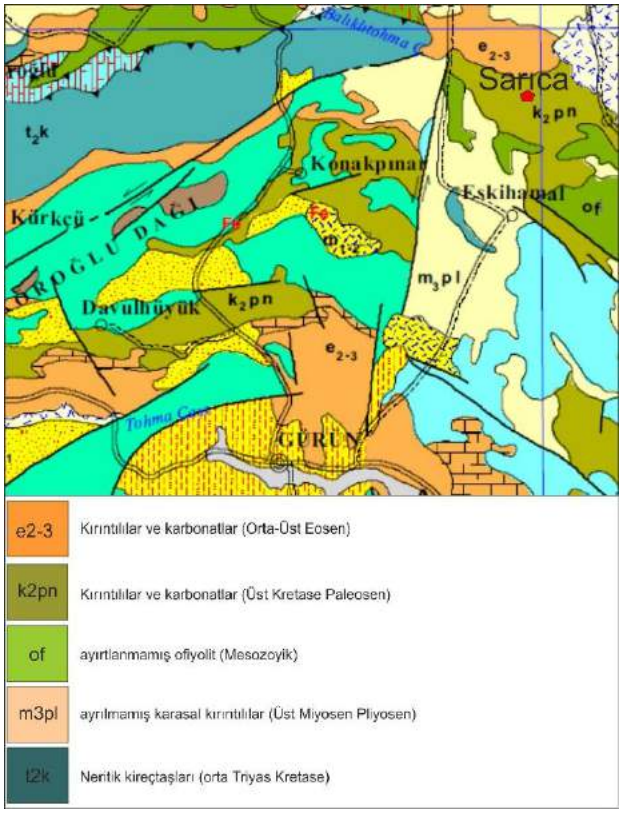
Sarıca köyü, 1/500000 ölçekli M.T.A jeoloji haritasında Üst Bunların üzerinde uyumsuzlukla fliş istifi özelliğinde şeyl, kiltaşı, kumtaşı ve kireçtaşları ardalanmasından oluşan bir birim gözlenmektedir. Tabaka kalınlıkları değişiklik göstermektedir. Tabakaların genel doğrultusu K80B civarında eğimleri ise 40-60 derece arasında KD'ya doğrudur. Bu kırıntılı kayaçlar arasında magmatik kayaçlar gözlenmektedir. Tabakalı kayaçlara paralel uzanan bu birimin sil olabileceği düşünülmüştür. Aynı bölgede lav akıntısı şeklinde gözlenen farklı bir birim bulunmaktadır. Gabro ya da diyorit olabilecek bu birimlerin petrografisinin detaylı çalışılması sonucu net olarak isimlendirilebileceklerdir. Ayrışmaya ve bozunmaya uğramış bu birimler yamaç üzerinde moloz birikintileri oluşturmuşlardır.

Kretase-Paleosen yaşlı kırıntılı ve karbonatlı birimler ile temsil edilmektedir (Şekil 3). İnceleme alanının jeolojisi ile ilgili detaylı bir çalışma bulunmamaktadır. Arazide yapılan gözlemlere göre; kaya düşmesi olan bölge ve yakın civarı ofiyolitik, magmatik ve kırıntılı kayaçlardan oluşmaktadır. Yaş tayini yapılamamakla birlikte temeli köyün kuzeyinde yüzlek veren ofiyolitler oluşturmaktadır. Yapılan araştırmada krom yataklarının bulunabileceği ofiyolitik kayaçlar Gürün ilçesinin sadece kuzeydoğusunda Sarıca ve Yeşildere çevresinde, bir küçük yüzeylemenin de Tepecik'te görüldüğü belirtilmiştir[8].

2.1. Deprem Durumu ve Faylar

Sivas yöresinin önemli Neotektonik yapıları; Suşehri-Koyulhisar yöresinden geçen Kuzey Anadolu Fayı (KAF),Yıldızeli'nin güneyinden geçen Belcik-Pazarcık Fayı, Gemerek-Şarkışla-Sivas hattında Kızılırmak boyunca uzanan Yukarı Kızılırmak Fayı (YKF), Tecer Dağı yöresinden geçen Tecer Fayı, Gemerek güneyinden geçen Deliler Fayı (DF), İmranlı'dan geçen İmranlı Fayı (İF) ve Tecer Bindirmesi (TB) ile Kuzey Anadolu Bindirmesi (KAB) şeklinde tanımlanabilir. Depremsellik açısından; Sivas'ın kuzey kesimleri I. derecede deprem kuşağında yer alırken, güneye

doğru geçişli olarak azalmakta ve IV. dereceye düşmektedir. Kuzey Anadolu Fay Zonu üzerindeki Koyulhisar, Suşehri, Akıncılar, Gölova, İmranlı, Zara ve Doğanşar ilçeleri I. derecede deprem alanlarıdır. Ayrıca, Yukarı Kızılırmak ve Tecer Dağları boyunca bulunan tektonik denetimli faylar ve heyelanlar, sınırlı da olsa deprem oluşumlarına neden olmaktadır. Gürün bölgesi Türkiye Deprem Bölgeleri Haritasında 3. Derecede yer almaktadır. Haritalara ve uydu görüntülerine bakıldığında bölgede kırık tektoniğinin egemen olduğu anlaşılmaktadır. Bunun önemli nedenlerinden biri tektonik kuvvetler karşısında kıvrılmaya pek elverişli olmayan, sert ve orta-kalın tabakalı kireçtaşlarının yaygınlığı olabilir. Üç büyük kırık (fay) kuşağından söz edebiliriz. Bunları a) Uzunyayla kırık kuşağı, b) Suçatı kırık kuşağı, c) Yuva kırık kuşağı olarak adlandıralım. Bu kuşakların geometrik konumu bölgenin yaklaşık kuzey-güney doğrultulu sıkışma etkisinde şekillendiğine işaret etmektedir. Kuzeydoğuda Yeşildere yakınında ofiyolitik serinin güneybatı sınırı da faylıdır. Bu fay da, biraz daha büyük bir kırık olan Yuva fay kuşağına paraleldir. Üç büyük kuşak dışında orta kesimde Sularbaşı-Camiliyurt köyleri arasındaki alanda da kırık hatları bulunmaktadır. Bunlardan büyük olanlar Uzunyayla kırık kuşağına paraleldir.Uzunyayla kırık kuşağı doğrultusu kabaca KD-GB, Yuva kırık hattı doğrultusu ise KB-GD olarak kabul edilebilir. Suçatı fay kuşağı tansiyon fayı olduğuna işaret eden özellikler göstermektedir. Bu özellikler bölgenin tektonik açıdan kabaca kuzey-güney doğrultulu sıkışma kuvvetleriyle şekillendiğine işaret etmektedir. Kireçtaşı alanlarının arasında ince taneli, kısmen killi ve ince tabakalı Kretase ve Tersiyer yaşlı birimlerde yer yer yoğun ve karışık kıvrımlı yapılar gözlenmektedir. Bu kıvrımlı alanlarda çoğu yerde kıvrım kanatları küçük faylarla kesilmiştir [4].



Şekil 3. Sarıca köyünün 1/500000 ölçekli jeoloji haritasındaki konumu.



Şekil 4. Analizde kullanılan güzergahlar.

3. Önlem Yöntemi Seçimi

Kaya düşme riskini önlemek bakımından bölgede ayrıntılı bir çalışma yapılmıştır. Düşmesi muhtemel kaya blokları ile risk altında kalan konutları içine alan bölge için hali hazır harita yapılarak bloklarının düşeceği yamaçtaki arazinin eğimi ve diğer özellikleri belirlendi. Kayaçların hacim ve ağırlıkları ile yuvarlanma güzergâhları belirlendi. Afet alanı içerisinde kalan konutların parsel sınırları tespit edilerek önlem yapısı inşa edilebilecek kamu arazisi tespiti yapıldı. Önlem yöntemi seçilirken bölge için uygulanabilecek çelik ağlar (tel ağ) ile yüzey kaplama, gabion geogrid donatılı dolgu duvarlar, istinat yapıları, temizleme ve istifleme ile güvenlik önlemi alınarak düşecek kayaların yüzeysel temizliği gibi tüm çözüm metotları analiz edildi.

Bazı önlem yapıları inşa edebilmek için arazinin tesviye edilerek düzeltilmesi gerekmektedir. İş makineleri vasıtasıyla bu işi yaparken oluşacak titreşim etkisinin kayaçları harekete geçirerek risk oluşturabileceği anlaşılmıştır. Betonarme istinat duvarının inşa edilmesi durumunda betonarme duvarın temelinin yaklaşık 2 metre derinliğe ineceği hesaplanarak, temel kazısı sırasında titreşim etkisi nedeniyle eğimli arazide yer alan düşmesi muhtemel kaya bloklarının harekete geçerek tehlike oluşturacağı düşünülmüştür. Bu sorun çözülmüş olsa da beton taşıyıcı mikser ve beton pompasını inşaat alanına ulaştıracak yeterli yol bulunmadığından yine bu uygulamayı gerçekleştirmek mümkün olamayacaktır. Sarıca köyünde iş makinelerinin çalışma alanına ulaşabileceği yeterli yol ağının bulunmaması da diğer sorunlardan biridir.Yukarda açıklaması yapılan sebeplerden dolayı kaya düşme riskini önlemek bakımından en uygun yöntemin Enerji Sönümleyici Çelik Kaya Bariyeri olduğuna karar verilmiştir.

4. Çelik Bariyer Uygulaması

Bölge için uygun yöntem seçildikten sonra önleme yönelik çalışmalar yapılmıştır. Rocfall yazılımı kullanılarak çeşitli güzergâhlar için analiz yapılmıştır. Analizde kullanılan kesitler hali hazır haritalardan elde edilmiştir. 2-3 m^3 lük kaya bloklarından oluşan alanda analiz için 6000 kg olduğu var sayılan blok boyutu kullanılmıştır. Analiz için kullanılan diğer parametreler çizelge 2'de verilmiştir. Diğer bir önemli faktör yamaç için seçilen yüzey modelidir. Yazılım kendi içerisinde tanımlanmış yüzeyler ve bunlara ait Rn ve Rt değerleri bulunmaktadır. Ancak kendimizde yeni bir yüzey tanımlayabiliriz. Bizim analizimizde yüzey "Talus Cover" olarak seçilmiş, Rn ve Rt değerleri yüzey için otomatik tanımlanmış olup sürtünme açısı Rt değerinden

hesaplanmıştır. Düşmesi muhtemel kayaların bulunduğu alanda 6 adet profil güzergahı seçilerek bu güzergahlar için yukarıda anlatılan parametreler kullanılarak analiz yapılmıştır (Şekil 4). Analizlerde 6 tonluk bir kayacın belirlenen şevler boyunca hareketi esnasında ulaşacağı maksimum mesafe, kinetik enerji, zıplama yükseklikleri ve hızları belirlenmiştir (Şekil 5, Şekil 6 bariyer ile).

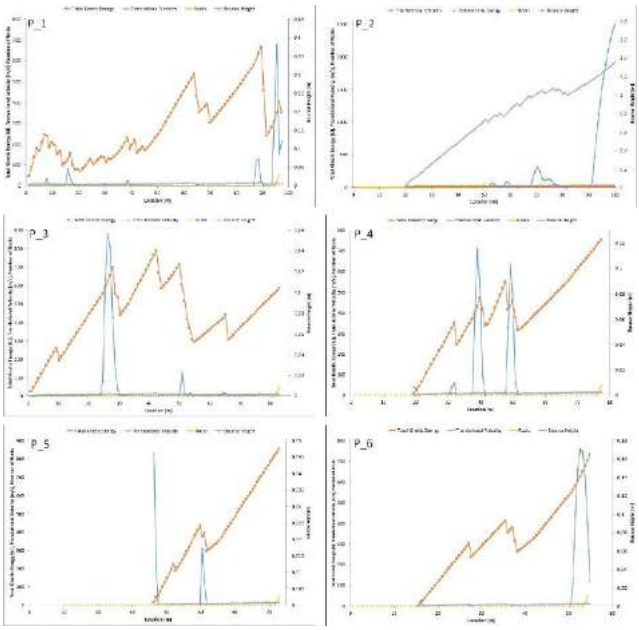
Çizelge 2. Rocfall analizde kullanılan parametreler.

Parameters	Value
Minimum velocity cut-off (m/s)	0,1
Friction angle (degrees)	30±2
Number of throws	50
Coefficient of normal restitution	0,32± 0.04
Coefficient of tangential restitution	0,82± 0.04
Slope roughness	0
Horizontal velocity (m/s)	0,1
Sampling interval	50

Yapılan analizlere göre kaynak bölgeden düşen bir blok araştırılan güzergâhlar boyunca 55-105 m mesafeye kadar gidebilmektedir. Bloklar düştükten sonra enerjisi değişmez ise zıplayarak hareketine devam edecektir. Analiz göstermiştir ki bazı düşen bloklar 2 m yüksekliğe kadar zıplayabilmektedir. Bu veriler düşen blokların yerleşim yerinin iç kısımlarına kadar ulaşacağını göstermiştir. Analizler ile kinetik enerji değişimi de hesaplanmış olup 0,5-2 milyon J arasında olduğu gözlenmiştir. Blokların hız değerleri de tespit dilmiş olup bazı alanlarda 25 m/s hıza ulaştığı görülmüştür. Analiz sonuçları ve arazi gözlemleri birlikte değerlendirilerek en uygun bariyer yeri seçilmiştir. Batıdan doğuya doğru ilk 40 m için 500 Kj'lük bariyer devamında 100 m için 1000 Kj 'lük bariyer ve doğuda 60 m için tekrar 500 kj' lük ve 3 m yüksekliğinde bariyer kullanılması gerektiğine karar verilmiştir (Şekil 7). Her bir dikme arasında mesafe 10 m olacak şekilde monte edilmiş, dikmelerin monte edilmiş olduğu plakalar arasında ise rotasyona (dönmeye) izin verilmiştir.

Dikmelerin temellerinde kullanılacak olan her türlü çelik komponent (çelik halatlı ankrajlar, kancalar, mikro kazık vb.) paslanmaya karşı korunmuş ve dikme boylarına göre boyutlandırılmıştır. Bariyer dikmelerinin montajı projede belirtilen ankraj deliklerinin açılmasına müteakip, ankrajların etrafının çimento ile doldurulması akabinde zemin plakasının vidalı tip ankraj uçlarına monte edilmesi ve vidaların gergin biçimde sıkılması şeklinde yapılmıştır. Belirtilen ankraj deliklerinin derinliklerinin belirlenmesinde malzemenin test aşamasında kullanılan derinlikleri ve zemin yapısı dikkate alınmıştır. Bariyer dikmelerinin ankrajları kaya zeminlerde bariyer yüksekliğinin 1/3 kadar derinliğe inmiştir. Her ne sebeple olursa olsun ankraj derinliği 1,00 metreden az olmayacak şekilde uygulama yapılmıştır.

Bariyerler, bariyer dikmeleri, düşme yönünde ki gerdirme çelik halatları ve bariyerin iki ucunda enerji disipatörlerine sahip çelik halatlarca ayakta tutulmuştur. İki dikme arası yüzeyde kullanılacak tutucu kısım çelik halatlar ile oluşturulmuş ve birleşim noktalarından sabitlenmiş çelik panellerden oluşur. Bariyer dikmeleri arasında kaya yakalama ve tutma yapısı yer almaktadır. Çelik halatlarla oluşturulmuş, birleşim noktalarından sabitlenmiş çelik paneller ve daha küçük kaya parçalarının tutulabilmesi için çift bükümlü tel ağlardan imal edilmiş 80x100mm gözenek açıklığına sahip en az 2,2mm tel kalınlığında galvaniz kaplı tel ağlar panele monte edilerek 2 farklı malzeme ile kaya yakalama işlemi sağlanmaktadır. Bariyerlerin üst, alt, yanlar ve yerleştirilme doğrultusundaki iki ucu ile bağlantı noktalarında kullanılacak olan ağır galvaniz kaplı çelik halatlar EN 12385-4 normuna göre minimum 1770 N/mm2 çekme dayanımına sahip çelik tellerden üretilmiştir. Çelik halatlar, enerji sönümleyici disipatörler, çelik paneller ve bulonlar ile birlikte sistemin kaya yakalamasını temin etmektedir. Sorunsuz bir şekilde tamamlanan kaya sönümleyici çelik bariyer uygulaması yerleşim yeri için mevcut olan muhtemel kaya düşmesi riskini ortadan kaldırmıştır (Şekil 8).

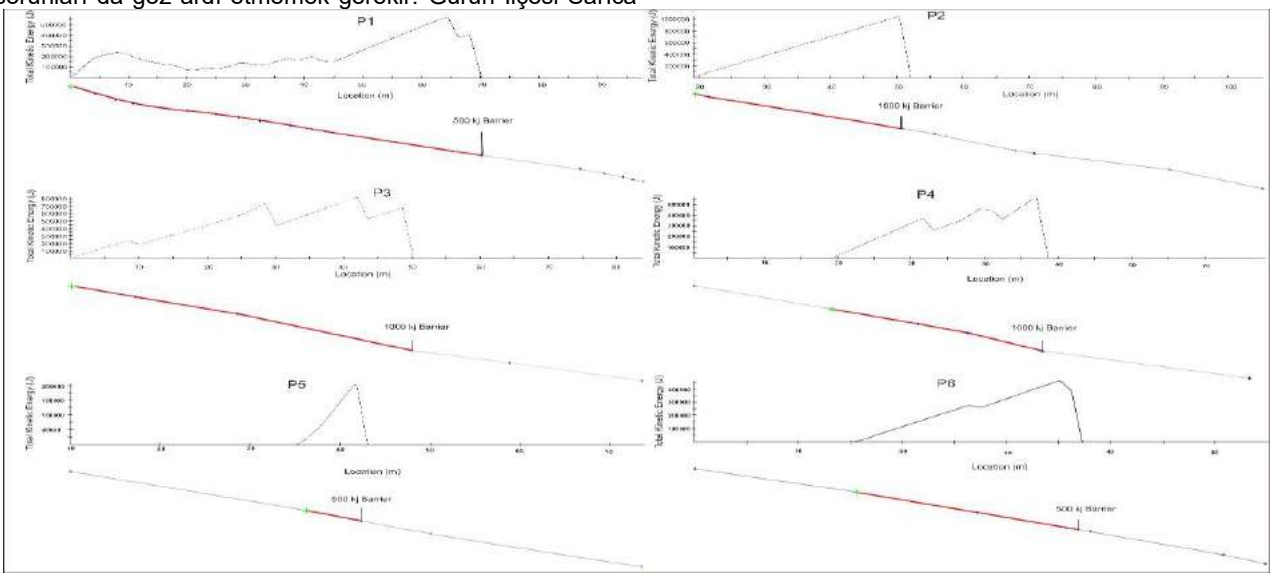


Şekil 5. Analiz sonucu elde edilen enerji, hız, zıplama yüksekliği ve en uzak mesafe grafiği

5. Sonuç

Gürün İlçesi Sarıca Köyünde muhtemel kaya düşmesi olayından korunmak amacıyla enerji sönümleyici çelik kaya bariyeri inşa edilerek kaya düşme riski altında bulunan 20 konut ve eklenti yapıları (depo, ahır, kümes…) güvenli hale getirilmiştir. Bölge ile ilgili gerekli teknik çalışmalar yapıldıktan sonra, bölge için en ekonomik ve pratik çözüm olan enerji sönümleyici çelik bariyer kaya düşmesi önlem yöntemi uygulanmıştır. Alanın hali hazır haritası yapılmış, blok boyutları belirlenmiş ve rocfall analizleri de yapılarak en uygun sönümleme kapasitesine sahip bariyer ve bariyer yerleri seçimi yapılmıştır. 25.08.2014 tarihinde tamamlanan projenin toplam maliyeti 311.520,00.-TL (111.300,00 €) olmuştur. Risk altında bulunan 20 konut ve eklenti yapılarının aynı tarih itibariyle yaklaşık olarak yapım maliyeti 1.100.000,00 TL (393.000,00 €) olacaktı. Ayrıca 20 konutu inşa etmek için gerekli olan kamu arazisine ihtiyaç duyulacaktı. Uygun yerleşim alanı için yaklaşık olarak 14.000 m² kamu arazisi bulunacak ve bu arazide imar uygulaması yapılarak yerleşim alanı oluşturmaya hazır hale getirilecekti. Sarıca köyü civarında böyle bir arazi bulunamaması halinde başka bir bölgeye nakledilecek ve bu insanlar yaşadıkları çevreden uzaklaşmak zorunda kalacaklardı. Afet riski altında kalan binaların başka bir bölgeye inşa edilmesi halinde bunların altyapı ihtiyaçlarının (Elektrik, İçmesuyu,

Kanalizasyon, Telefon…) karşılanması için ayrıca kamu kaynakları aktarmak zorunda kalınacaktı. Okul, Cami gibi sosyal yapılar dikkate alınmamıştır. Yeni inşa edilecek afet konutların altyapı inşaatları için yaklaşık olarak 140.000,00 TL (50.000,00 €) harcama yapılabileceği tahmin edilmektedir. Kırsalda yaşayan insanların sürekli ikamet ettikleri bölgeden uzaklaştırılmasının doğuracağı sosyal sorunları da göz ardı etmemek gerekir. Gürün İlçesi Sarıca Köyünde enerji sönümleyici çelik kaya bariyeri inşa edilerek risk altında kalan 20 konutta yaşayan insanların aynı bölgede, kendi köylerinde yaşaması temin edilmiştir. Afet önleyici tedbir kapsamında inşa edilen Enerji Sönümleyici Çelik Kaya Bariyerinin maliyeti ile bu konutların taşınması halinde ortaya çıkacak maliyet karşılaştırıldığında karlılık oranının 4 kat olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Analizlerde bariyer kullanılarak elde edilen sonuçlar.



Şekil 7. Bariyer yerleri arazi görünümü ve krokisi.



Şekil 8. Sarıca çelik bariyer fotoğrafları.

Kaynaklar

[1] http://www.teknomaccaferri.com.tr/dokumanlar/teknik-dokumanlar

[2] Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., 2008. Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.

[3] Kurtman, F., 1963, Tecer Dağlarının Jeolojisi ve Alacalı Seri Hakkında Bazı Müşahadeler:TJK Bül.,8,1,1/2,19-26.

[4] Pelin, S., 1977, Alucra (Giresun) Güney Doğu Yöresinin Petrol Olanakları bakımından Jeolojik İncelenmesi, K.T.Ü. Yayın no. 87.

[5] Öztürk, A.,1979,Ladik-Destek dolayının Stratigrafisi:T.J.K. bült.,22/1,27-34, Ankara.

[6] Yılmaz, Y., 1984, Türkiye'nin Jeolojik tarihinde magmatic etkinlik ve tektonik evrimle ilişkisi:T.J.K. Ketin Sempozyumu Bildirileri, 63-81.

[7] İnan, S., Öztürk, A. ve Gürsoy,H., 1993, Ulaş-Sincan (Sivas) Yöresinin Stratigrafisi; Doğa, Türk Yerb. Derg., 2, 1-15, Ankara.

[8] Tatar, Y., 2011, Gürün Bölgesinin Uydu Görüntüleri Üzerinde Gözlenen Jeolojik Özellikleri, Uluslararası Gürün Sempozyumu, Gürün, 42s.

TÜRKİYEDEKİ HEYELAN VE KAYA DÜŞMESİ TEHLİKE VE RİSK HARİTALARININ HAZIRLANMA STANDARTLARINA YÖNELİK KILAVUZLAR

GUIDELINES ABOUT PREPARING STANDARD OF HAZARD AND RISK MAPS FOR LANDSLIDE AND ROCK FALL IN TURKEY

Asli İDE BARSBAY[a] ve Fatih AYDIN[a]
[a] AFAD, Ankara, Türkiye, E-posta:asli.ide@afad.gov.tr
[a] AFAD, Ankara, Türkiye, E-posta:Fatih.Aydin@afad.gov.tr

Özet

Türkiye'deki doğal afetler ve etkileri dikkate alındığında ülkemizin içinde bulunduğu jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel özellikler nedeniyle, doğal afetlerin meydana gelmesi için her türlü koşulu içerdiği bilinen bir gerçektir. Yıkıcı etkileri açısından değerlendirildiğinde ilk sırayı alan depremden sonra heyelan ülkemizde en sık yaşanan afet türüdür. AFAD tarafından hazırlanan, heyelan ve kaya düşmesi afetlerinin tehlike haritalarının üretilmesine rehberlik edecek kılavuzlar, genel ve teknik bilgilerin yanı sıra, uygulamacılara destek olacak "pratik" bir yöntem biçimini de içermektedir. Genel ve teknik bilgilerin sunumunda, heyelan ve kaya düşmesi konularına temel teşkil eden literatür bilgisinin yanı sıra, özellikle güncel çalışmalara yer verilmiş olup, kullanıcıların bilimsel ve güncel literatürden haberdar olmaları da sağlanmaya çalışılmıştır. Kılavuz kapsamında öncelikle, heyelan kavramı ve genel özelliklerine ilişkin bilgiler verilmekte, daha sonra heyelan zarar azaltma çalışmalarının temeli olan heyelan envanterlerinin oluşturulması aşamaları üzerinde durulmaktadır. Bir sonraki aşamada heyelanların bu tür haritalama çalışmalarındaki teknik analizlerinin gerçekleştirilme aşamaları ile özellikle bölgesel çalışmalarda dikkate alınması gereken parametreler irdelenmiştir. Parametre değerlendirmelerini, bu tür çalışmalarda kullanılan yöntemler izlenmekte olup, daha sonra heyelan duyarlılık, tehlike ve risk kavramları üzerinde durulmaktadır.

Anahtar kelimeler: Heyelan, Kaya Düşmesi, Tehlike, Risk, Türkiye

Abstract

It is a fact that Turkey has all conditions required for natural disasters due to its geological, geomorphological, and climatic characteristics. Landslide is a disaster type having the most damaging effect after the earthquake in Turkey. Mass movement guidelines prepared by AFAD for the production of landslide and rock-fall disaster hazard maps include a "practical" methodology that provides support for applications in addition to general and technical information. Up-to-date studies have been provided together with basic literature information on landslides and rock-falls in the presentation of general and technical information. Details are provided on the concept of landslides and its characteristics in the guideline and then stages of landslide inventory development have been focused on. Inventories are the foundation of mitigation efforts. Stages of technical analysis in such mapping efforts of landslides and parameters that especially need to be taken into consideration have been analyzed subsequently. Methods employed in such studies follow parameter assessments and then the concepts of landslide susceptibility, hazard and risk have been emphasized.

Keywords: Landslide, Rock-Fall, Hazard, Risk,Turkey

1. Giriş

Bilindiği üzere, doğal afetler nedeniyle dünyanın pek çok yerinde can ve mal kayıpları yaşanmakta, son derece büyük ekonomik kayıplar meydana gelebilmektedir. Ayrıca, sözü edilen bu doğrudan kayıpların dışında, pazar, üretim ve işgücü kaybı, işsizlik ve çevresel zararlar da göz önünde bulundurulursa, mevcut kaybın tahmin edilenden çok daha fazla olacağı açıktır. Türkiye'deki doğal afetler ve etkileri dikkate alındığında ise, ülkemizin içinde bulunduğu jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel özellikler nedeniyle, doğal afetlerin meydana gelmesi için her türlü koşulu içerdiği de bilinen bir gerçektir. Bu duruma ilaveten, bilinçsiz ve çarpık kentleşme, ve kontrolsüz nüfus artışı kayıpların artmasını tetikleyen önemli faktörler olarak ortaya çıkmaktadır. Günümüze değin, ülkemizde doğal afetler nedeniyle, birçok vatandaşımız yaşamını yitirmiş ve ekonomik açıdan çok büyük kayıplar yaşanmıştır. Bu durumu yansıtan bir değerlendirme, Çizelge 1' de sunulmaktadır.

Çizelge 1' e göre ülkemizde en çok hasar verici etkiye sahip afet türleri, deprem, heyelan ve taşkın olarak ortaya çıkmaktadır. Bu veriler, ülkemizdeki yaklaşık son 50 yıllık periyottaki genel afet profilini özetlemekte olup, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) veri tabanına göre yapılan değerlendirmelerdir. Ayrıca, bu veri tabanına göre, yerleşim birimlerini (il, ilçe, belde ve köyler) etkileyen afet türlerinin dağılımı incelendiğinde ise (Çizelge 2), yine deprem, taşkın ve heyelanlar en çok zarar verici etkiye sahip doğal afet türleri olarak ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 1 ve 2'yi bir arada değerlendirdiğimiz zaman, kaya düşmeleri bu çizelgelerde ayrı sınıflandırılmalarına karşın, temelde kaya düşmelerinin de bir heyelan türü veya kütle hareketleri sınıfının içinde yer almasından dolayı; heyelanlar ülkemiz için belki de en önemli zarar verici etkiye sahip olan doğal afet türü olduğu söylenebilir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Çizelge 1. Afet türüne göre afet olay sayısı ve afetzede sayılarının dağılımı (Gökçe vd.,2008)

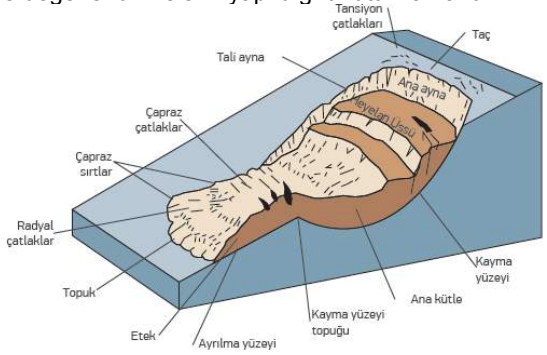
AFETLER	AFET OLAY SAYISI	AFETZEDE				ETKİLENEN TOPLAM AFETZEDE SAYISI (ETKİLİ+ İLAVE+ETKİSİZ+İPTAL)
		ETKİLİ NAKİL	İLAVE NAKİL	ETKİSİZ NAKİL	NAKİL İPTALİ	
HEYELAN	13494	65759	2622	3998	13034	59345
KAYA DÜŞMESİ	2956	19699	935	2442	3654	19422
SU BASKINI	4067	29020	506	1197	8566	22157
DEPREM	5318	157794	45	637	235	158241
DİĞER AETLER	1175	11309	8	85	2165	9237
ÇIĞ	731	4409	181	336	542	4384
ÇOKLU AFETLER	2024	17221	629	838	6478	12210
TASNiF EDiLMEMiŞLER	42	0	0	0	0	0
TOPLAM	**29807**	**305211**	**4926**	**9533**	**34674**	**284996**

Çizelge 2. Afet türlerine göre afetlerden etkilenen yerleşim birimi sayısı (Gökçe vd., 2008)

Afet Türü	Afet Gören Yerleşim Birimi Sayısı	Toplam Yerleşim Birimine Oranı
Heyelan	5472	15.31
Kaya Düşmesi	1703	4.76
Taşkın	2924	8.18
Deprem	3942	11.03
Diğer	992	2.78
Çığ	605	1.69

2. Heyelan Kavramı

Cruden ve Varnes (1996) tarafından heyelan kavramı, kayaç, moloz ve toprak malzemelerin veya bunların karışımının, yerçekimi etkisi ile aşağı yönde hareketi olarak tanımlanmaktadır (Şekil 1). Esas olarak kütle hareketleri içinde yer alan heyelanların bu kılavuz içindeki kullanımında, yukarıda sözü edilen doğal malzemelerin, herhangi bir tetikleyici unsur veya hazırlayıcı parametreler etkisiyle, aşağı yönde hareketi olarak ele alınması gereklidir. Bu kılavuz kapsamında ülkemizde sıklıkla görülen kaya düşmesi, kayma, akma veya bunların birlikte gözlendiği kütle hareketleri dikkate alınarak tanımlamaların ve değerlendirmelerin yapıldığı unutulmamalıdır.

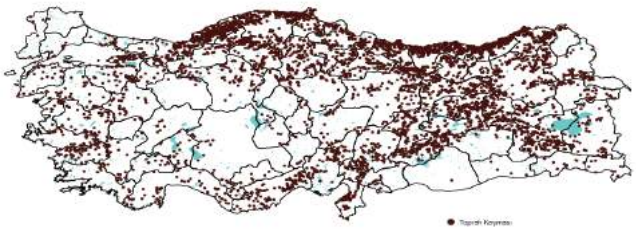


Şekil 1. Dönel bir heyelan ve unsurları (http://pubs.usgs.gov)

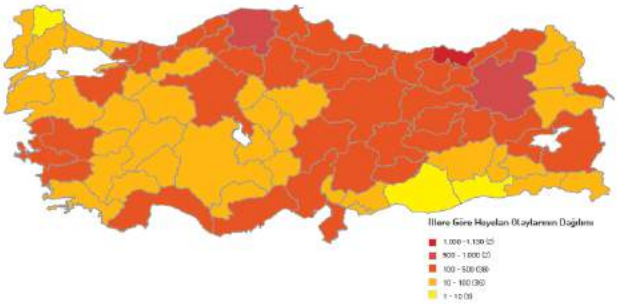
Heyelanlar; jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel etkenler ve süreçleri ile insanların çeşitli etkinliklerine bağlı olarak ta gelişebilmekte; doğal ve insan etkisiyle ilişkili süreçler ile de tetiklenebilmektedirler. Ayrıca, yamaç üzerindeki hareketin hızını belirleyen, kütlenin kayma derecesini azaltan ve/veya arttıran pek çok etken ve birbirini takip eden olaylar zinciri sonucunda, jeomorfolojik özelliklerin de içinde bulunduğu bir şekilde kütlesel hareket meydana gelmektedir. Doğal afetler içinde hem dünyada hem de ülkemiz de yaratmakta olduğu olumsuz etkilerden dolayı son derece önemli bir yer tutan heyelanlar, etkiledikleri yerleşim alanlarında can ve mal kayıplarına yol açmakla birlikte, kara ve demir yolları, tarımsal ve ormanlık alanlar gibi ekonomik değeri olan alanlarda da hasar ve kayıplara da neden olabilmektedirler. Ayrıca, akarsuların kalitesi üzerinde de olumsuz etki yaratabilen heyelanlar, kentleşme ve doğal çevrenin korunması, toplumun yaşam kalitesi gibi sosyo-ekonomik hususlarda da sorunlara neden olabilmektedir (Schuster ve Fleming, 1986). Bununla birlikte, heyelan zararları çoğu kez, heyelanları tetikleyen en önemli faktörlerden biri olan deprem ve aşırı yağış süreçleri içerisinde yanlış bir şekilde değerlendirilmekte ve bunun sonucunda heyelan zararlarının boyutları, tahmin edilenden ve/veya var olandan daha düşük olarak değerlendirilmektedir (Schuster, 1996).

3. Türkiye'de Meydana Gelmiş Önemli Heyelanlar

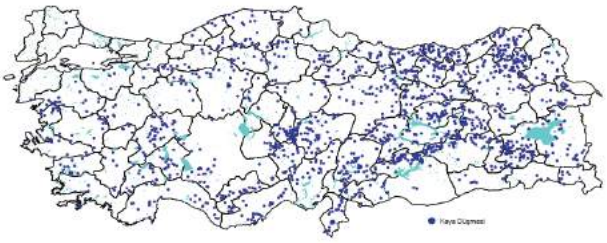
Jeolojik ve jeomorfolojik özellikler ele alındığında, ülkemizde başta Karadeniz bölgesi olmak üzere, Doğu Anadolu ve Orta Anadolu bölgeleri heyelanların sıkça geliştiği alanları kapsamaktadır. Gökçe vd. (2008) tarafından yapılan afetlerin mekansal ve istatistiksel dağılımının incelendiği çalışmada, afet bilgi envanteri içinde Türkiye'de, son 50 yılda meydana gelen afetlerden, 13.494 tanesi heyelan, 2.956 tanesi de kaya düşmesi olarak kayıtlara geçmiştir. Bu iki doğal afet türü için etkilenen toplam afetzede sayısı ise 78.767 olarak verilmektedir (Gökçe vd., 2008). Söz konusu çalışmada vurgulanan bir diğer husus da, ilgili veri tabanında bulunan 35.741 adet yerleşim biriminden (il, ilçe, belde, belediye ve köyler) 5.472'sinde (% 15.31) heyelan olayının gözlenmesidir. Kaya düşmeleri için bu oran, 1.703 (% 4.76) olup, heyelan ve kaya düşmeleri için illere göre olay sayıları ve mekansal dağılımları Şekil 2, Şekil 3, Şekil 4, Şekil 5 'te sunulmuştur.



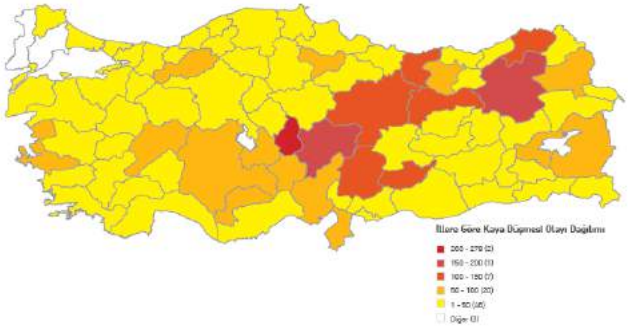
Şekil 2. Türkiye'de 1950-2008 yılları arasında meydana gelen gelen heyelanların mekansal dağılımı (Gökçe vd., 2008).



Şekil 3. Türkiye'de 1950-2008 yılları arasında meydana gelen heyelan olay sayısının illere göre dağılımı (Gökçe vd., 2008).



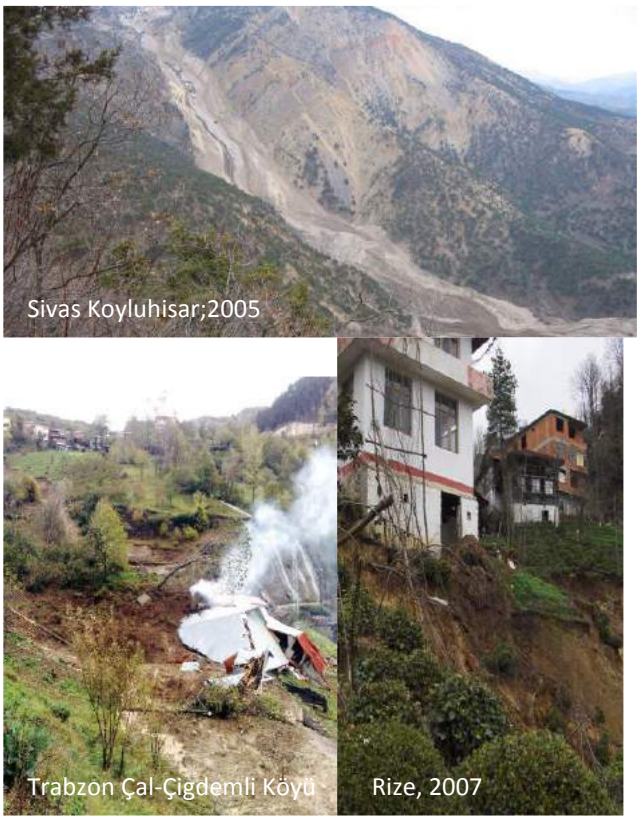
Şekil 4. Türkiye'de 1950-2008 yılda yıları arasında meydana gelen kaya düşmelerinin mekansal dağılımı (Gökçe vd., 2008)



Şekil 5. Türkiye'de 1950-2008 yılları arasında meydana gelen kaya düşmesi olay sayısının illere göre dağılımı (Gökçe vd., 2008).

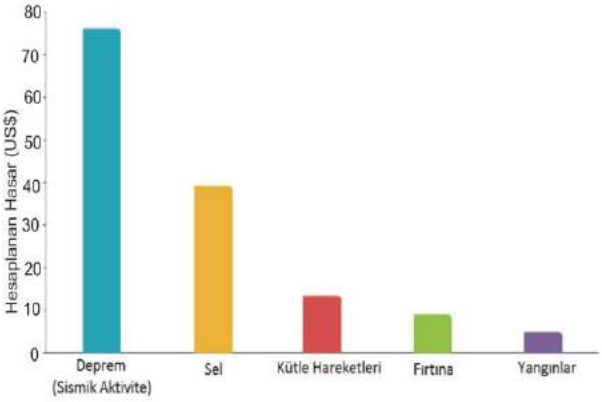
Ülkemizde, özellikle Karadeniz bölgesinde 1929, 1950, 1952, 1985, 1988 ve 1990 yıllarında büyük ölçüde can ve mal kaybına neden olan heyelanlar meydana gelmiştir. Tortum, Geyve, Ayancık, Sinop, Of, Sürmene, Sera/Trabzon ve Maçka/Çatak heyelanları, bu tarihlerde yaşanmış heyelanlardan bazılarıdır. Örneğin, 21.06.1990'da şiddetli yağışlardan sonra Maçka/Çatak bölgesinde meydana gelen heyelanda, 65 kişi yaşamını yitirmiş ve büyük maddi hasar ortaya çıkmıştır (Öztürk, 2002). 13 Temmuz 1995 Senirkent (Isparta) bölgesinde yaşanan moloz/çamur akması türündeki heyelanda ise, 74 kişi yaşamını yitirmiş ve yüzlerce konut toprak altında kalmıştır. 17.03.2005 tarihinde ise Sivas iline bağlı Koyulhisar ilçesindeki Sugözü köyünün Kuzulu Mahallesi'nde meydana gelen heyelanda da, 15 kişi yaşamını yitirmiş, köy camisi ve 21 ev toprak altında kalmıştır.

Heyelan sırasında hareket eden malzemenin hacmi yaklaşık olarak 12.5 milyon m^3 olup, heyelan dairesel duraysızlık şeklinde gelişmiştir. 26.08.2010 tarihinde ise, Rize ilinin Gündoğdu beldesinde meydana gelen heyelan sonucunda, 13 vatandaşımız hayatını kaybetmiş, son derece büyük maddi hasar meydana gelmiştir. Bu kayıtlar, önemli oranda hasar veren ve can ve mal kaybına yol açmış heyelanlar olup, kayda girmeyen, yerleşim birimlerinden uzakta meydana gelen binlerce sayıdaki heyelan da dikkate alınırsa, ülkemizdeki heyelan sorununun çok daha ciddi boyutlarda olduğu söylenebilir (Şekil 6.)



Şekil 6. Türkiye'de meydana gelen önemli heyelanlar

Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere, Türkiye'de heyelanlar ve verdiği zararlar, son derece önem arz etmektedir. Ülkemizde 1900-2014 yılları arasında meydana gelmiş doğal afet türlerinin sayısı **(**Şekil 7) incelendiğinde, heyelanların (kayıt altına alınmışların yerleşim birimlerinde meydana gelmiş sayılarıdır), kayıt altına alınamayan sayıları da dikkate alındığında, çok daha fazla sayıda meydana geldiği ve ortaya çıkan kayıpların, tahmin edilen veya hesaplanandan çok daha yüksek olduğu söylenebilir.



Şekil 7. Ülkemizde 1900-2014 yılları arasında meydana gelmiş olan doğal afetler ve hesaplanan hasarlar. (EM-DAT, 2014)

4. Heyelan Envanteri

Heyelanlar, jeolojik ve/veya jeomorfolojik süreçler ile hidrolojik, klimatolojik ve bitki örtüsü/arazi kullanımı gibi birçok parametreye bağlı olarak gelişebilmekte, ve deprem, yağış ve insan etkisi gibi faktörlere bağlı olarak tetiklenebilmektedirler. Ayrıca, heyelanlar yer yüzeyinin gelişimi içinde de etkin bir rol oynamaktadır (Brabb ve Harrod, 1989; Harmon ve Doe, 2001). İnsan yaşamını etkileyen önemli doğal afet türlerinden biri olan heyelanlara ilişkin ayrıntılı bir heyelan envanterinin ve haritalamasının hayata geçirilmesi, heyelanlarla ilgili yapılacak her türlü çalışmanın ilk aşaması olarak dikkate alınması gereken bir konudur. Ayrıca, konumsal ve zamansal heyelan çözümlemeleri ile yer yüzeyinin gelişiminin anlaşılmasında, zarar azaltma çalışmaların her aşamasına da temel teşkil etmektedir (Soeters ve Van Westen, 1996; Guzzetti vd., 2000; Galli vd., 2008; Booth vd., 2009; Guzzetti vd., 2012). Heyelan envanter haritaları, uygulama açısından ele alındığında karar vericiler, planlamacılar ve yerel yönetimler için son derece önemli bilgiler içermektedir. Bu nedenle, dünyanın bir çok farklı bölgesinde ulusal ölçekten büyük ölçeklere değişen farklı ölçek türlerinde, farklı yöntemler kullanılarak heyelan envanter haritaları oluşturulmakta, heyelanlara ilişkin özellikler veri tabanlarında saklanmaktadır. Bununla birlikte, heyelan envanter haritalarının ancak %25'i uygulamalarda doğrudan ve etkin olarak kullanılmakta (Aleotti ve Chowdury, 1999); sistematik olarak değerlendirildiğinde ise, heyelanların mekansal dağılımı, türü ve boyut bilgileri, ancak %1 oranında toplanmaktadır (Guzzetti vd., 2012).

Genel olarak değerlendirildiğinde, heyelan envanter haritalarının oluşturulmasında, heyelan yeri, türü, boyutları, aktivitesi ve etkileri ile oluşma zamanı ve varsa, tetikleyici parametreler gibi özelliklerin belirtilmesi gerekmektedir (Guzzetti vd., 2000; Galli vd., 2008; Guzzetti vd., 2012). Heyelan envanter haritalarının oluşturulma amaçları aşağıda özetlenmiştir (Brabb, 1991):

1. Yerel, bölgesel veya ülke ölçeğinde heyelan oluşumlarının yerlerini göstermek ve dokümantasyonunu oluşturmak
2. Kütle hareketlerinin yeryüzü üzerindeki etkilerini ve değişimini incelemek ve ortaya koymak
3. Heyelanların jeomorfolojik ve jeolojik özelliklerle ilgili olacak şekilde mekansal dağılımını, türlerini ve aktivitesini göstermek
4. Heyelan tehlike ve risk değerlendirmelerine temel teşkil edecek bilgileri içerecek şekilde bir altlık oluşturmak.

Heyelan envanter haritalarının oluşturulmasında literatürde kabul görmüş birçok yöntem bulunmaktadır. Bunlar arasında sıklıkla kullanılanlar aşağıda özetlenmiştir (Soeters ve Van Westen, 1996; Guzzetti vd., 2000; Metternicht vd., 2005; Leeve Lee, 2006; Nichol vd., 2006; Weirich ve Blesius, 2007; Galli vd., 2008; Van Westen vd., 2008; Booth vd., 2009; Marcelino vd., 2009; Alkevli ve Ercanoglu, 2011; Guzzetti vd., 2012).

1. Topoğrafik harita ve Sayısal Yüksekli Modeli (SYM) analizleri
2. Hava fotoğrafı yorumlamaları
3. Saha çalışmaları / yerinde jeomorfolojik analizler
4. Basılı veya sayısal harita arşivleri
5. LIDAR (Light Detection and Ranging) uygulamaları
6. Uydu görüntülerinin kullanılması

Heyelan envanter haritalarının oluşturulmasında kullanılan bu yöntemlerden ilk dört sıradaki yöntemler "klasik" veya "geleneksel" olarak değerlendirilmekteyken, LIDAR ve optik/pasif veya radar/aktif uydu görüntülerinin kullanılması da "yeni" ve "güncel" yöntemler olarak tanımlanmaktadır (Nichol vd., 2006). Bununla birlikte, heyelan envanter haritalarının oluşturulmasında, çoğunlukla hava fotoğrafı yorumlamaları, arazide doğrudan yapılan saha çalışmaları (jeomorfolojik analizler) veya bu iki yöntemin bir arada kullanıldığı yöntemler, dünyada en çok kabul gören ve sıklıkla kullanılan yöntemler olarak ortaya çıkmaktadır (Guzzetti vd., 2000; Metternicht vd., 2005).

4.1 Heyelan Envanterinin Oluşturulması ve Standardizasyonu

Heyelan çalışmalarının temelini oluşturan heyelan envanterlerinin oluşturulması çalışmaları ilk olarak WP/WLI (1993) tarafından oluşturulan ve yayımlanan çalışmalara dayanmaktadır. Daha sonraki yıllarda, heyelan özelliklerinin kaydedilmesine yönelik oluşturulması gereken heyelan envanterleri üzerinde çalışmalar (Soeters ve Van Westen, 1996; Cruden ve Varnes 1996; Fell vd., 2008a ve b; Van Westen vd., 2008) yapılmış olsa da, tüm dünyada kabul gören standart bir heyelan envanter formundan söz edilememektedir. Bununla birlikte, dünyada ve Türkiye'de yapılan çalışmalarda, yukarıda sözü edilen çalışmalarda önerilen ve çoğu kez araştırmacıların, çalışmalarını yaptıkları alansal koşulları dikkate alarak kendi amaçlarına göre güncelledikleri formlar ve bilgiler kullanılmaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, heyelan envanterlerinin oluşturulma amacı, heyelan yerleri ile heyelana neden olan faktörlerin belirlenmesi ve heyelan özelliklerinin ortaya koyulmasına yöneliktir. Heyelan oluşumuna neden olan faktörler genel olarak 4 ana grupta incelenmekte olup, bunlar Çizelge 3.'te sunulmuştur.
Doğal olarak bir standarttan bahsedilememesinin ana nedeni, yukarıda değinilen tüm parametrelerin, her heyelan oluşumunda etkin olmamasıdır. Burada değinilen ana

faktörler ve alt grupları olup, bu nedenlerin farklı şekillerde heyelana yol açma potansiyeli göz önünde bulundurulmalıdır. Bunların dışında, heyelan değerlendirilmesine altlık oluşturacak heyelan envanterlerinin ve içeriklerinin oluşturulmasında, çalışmanın amacı, veriye ulaşım, finansal koşullar ve zaman gibi kaliteyi etkileyecek birçok parametrenin de bulunduğu unutulmamalıdır (Şekil 8).

Çizelge 3. Heyelan oluşumuna neden olan faktörler (Cruden ve Varnes, 1996).

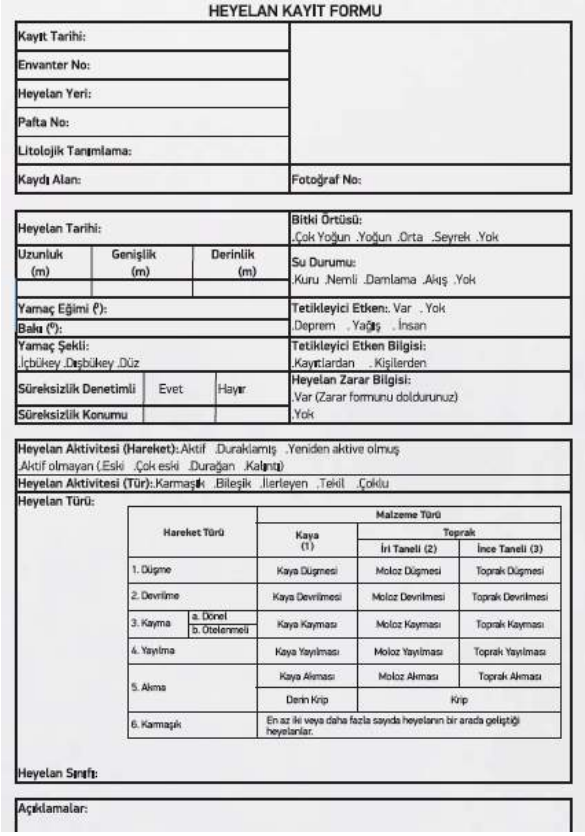
Ana Faktörler	Alt Faktörler
1) Jeolojik Nedenler	a) Zayıf jeolojik malzeme
	b) Duyarlı jeolojik malzeme
	c) Bozunmuş zeminler
	d) Makaslama zonlarına maruz kalmış malzemeler
	e) Eklemli ve fisürlü jeolojik malzeme
	f) Tabakalanma, faylanma gibi süreksizlikler
	g) Malzeme özellikleri (geçirimlilik, düşük dayanım vb.)
2) Morfolojik Nedenler	a) Volkanik tektonik yükselme
	b) Flüvyal veya glasiyel erozyon
	c) Akarsu aşındırması
	d) Bitki örtüsünün yok olması
	e) Yağış alma/almama, buharlaşma
3) Fiziksel Nedenler	a) Şiddetli ani yağış
	b) Ani kar erimesi
	c) Uzun süreli yağış
	d) Taşkınlar
	e) Depremler
	f) Volkanik aktivite
	g) Donma-çözünme
	h) Şişme
4) İnsan Etkisi	a) Kazı
	b) Yükleme
	c) Ormanlık alanların tahrip edilmesi
	d) Sulama
	e) Madencilik faaliyetleri
	f) Patlatma
	g) Su çekme/su alma

5. Heyelan Analiz Aşamaları

Heyelanların oluşumu ve hangi süreç(ler) altında geliştiğini belirleyebilmek için, temelde son derece ayrıntılı analizlerin yapılması gereklidir. Bu analizler çoğunlukla çalışmanın amacına, çalışılacak ölçeğe, finansal koşullara ve zamana bağlı olarak değişim göstermektedir. Dikkate alınması gereken, heyelanların potansiyel olarak nerelerde oluşabileceği hakkında bilgi sahibi olunması gerekliliğidir. Genel olarak değerlendirildiğinde, heyelanların gelişebileceği alanlar, jeolojik, jeomorfolojik ve çevresel koşullar da dikkate alındığında şu şekilde özetlenebilir (Fell vd., 2008a):

a) Bir bölgede heyelan kaydı var ise:

- Doğal yamaçlarda derin kaymaların yinelenmesi olasıdır.
- Doğal yamaçlarda sığ kaymaların yinelenmesi olasıdır.
- Dik yamaçlarda kaya düşmelerinin gerçekleşmesi olasıdır.
- Kentsel gelişime bağlı olarak karayolu ve demiryolları üzerindeki kazılar ve istinat duvarlarının olduğu bölgelerde heyelan gelişmesi olasıdır.
- Aktif olmayan, ancak topuk aşındırması sonucunda (akarsu veya erozyon süreçleri ile) yeniden aktivite kazanabilecek alanlarda gelişmesi olasıdır.
- Yamaçlarda daha önceden meydana gelmiş olan moloz akması veya toprak kayması şeklinde gelişmesi olasıdır.


HEYELAN KAYIT FORMU

Kayıt Tarihi:
Envanter No:
Heyelan Yeri:
Pafta No:
Litolojik Tanımlama:
Kaydı Alan:
Fotoğraf No:

Heyelan Tarihi:
Bitki Örtüsü: .Çok Yoğun .Yoğun .Orta .Seyrek .Yok
Uzunluk (m) | Genişlik (m) | Derinlik (m)
Su Durumu: .Kuru .Nemli .Damlama .Akış .Yok
Yamaç Eğimi (°):
Tetikleyici Etken:. Var . Yok .Deprem . Yağış . İnsan
Baka (°):
Yamaç Şekli: .İçbükey .Dışbükey .Düz
Tetikleyici Etken Bilgisi: .Kaynaklardan . Kişilerden
Süreksizlik Denetimli: Evet / Hayır
Heyelan Zarar Bilgisi: .Var (Zarar formunu doldurunuz) .Yok
Süreksizlik Konumu

Heyelan Aktivitesi (Hareket): .Aktif .Duraklamış .Yeniden aktive olmuş .Aktif olmayan (.Eski .Çok eski .Durağan .Kalıntı)
Heyelan Aktivitesi (Tür): .Karmaşık .Bileşik .İlerleyen .Tekil .Çoklu
Heyelan Türü:

Hareket Türü		Malzeme Türü: Kaya (1)	Toprak: İri Taneli (2)	Toprak: İnce Taneli (3)
1. Düşme		Kaya Düşmesi	Moloz Düşmesi	Toprak Düşmesi
2. Devrilme		Kaya Devrilmesi	Moloz Devrilmesi	Toprak Devrilmesi
3. Kayma	a. Dönel	Kaya Kayması	Moloz Kayması	Toprak Kayması
	b. Ötelenmeli			
4. Yayılma		Kaya Yayılması	Moloz Yayılması	Toprak Yayılması
5. Akma		Kaya Akması	Moloz Akması	Toprak Akması
		Derin Krip	Krip	
6. Karmaşık		En az iki veya daha fazla sayıda heyelanın bir arada geliştiği heyelanlar.		

Heyelan Sınıfı:

Açıklamalar:

Şekil 8. Kılavuz kapsamında önerilen heyelan kayıt formu

b) Bir bölgede heyelan kaydı yok, ancak heyelan varlığı açısından topoğrafik özellikler uygunluk gösteriyor ise; aşağıdaki özelliklere dikkat edilmesi gerekmektedir.

- Dik yamaçlar
- 35^0'den daha yüksek eğime sahip yamaçlar (ani heyelan)
- 20^0-35^0 arasındaki eğime sahip yamaçlar (olası heyelan)
- Dik ve yüksek yamaç kazıları (karayolu, demiryolu, maden kazıları)
- Orman yangınlarının olduğu veya bitki örtüsünün tahrip edildiği dik yamaçlar
- Yeraltısu seviyesinin artış gösterdiği eski veya aktif olmayan heyelanlı alanlar

c) Bir bölgede heyelan kaydı yok, ancak jeolojik ve jeomorfolojik özellikler uygunluk gösteriyor ise; heyelan oluşumu açısından aşağıdaki özelliklerin bulunduğu yerlere dikkat edilmesi önerilmektedir.

- Ayrışmaya uğramış bazaltların, daha sağlam kayaçlar üzerinde bulunması (kayma sınır boyunca gerçekleşebilir)
- Ayrışmış granit veya volkanik kayaçlar
- Ayrışmaya uğramış tabakalı kayaçlar (kiltaşı, şeyl ve silttaşı) ve kumtaşı veya kireçtaşı
- Marn veya şeyl üzerinde bulunan sağlam kayaçlar (örneğin kalın tabakalı kireçtaşı)
- Aktif erozyona uğrayan veya taşkınların geliştiği alanlardaki nehir kenarları

- Büyük depremler veya aşırı yağışlardan etkilenebilecek dik yamaçlar
- Yüksek duyarlılığa sahip killer veya kalın silt çökelleri
- Nehir veya deniz tarafından sürekli aşındırılan/oyulan yamaçlar
- Sismik aktif bölgelerde sıvılaşmaya eğilimli gevşek doygun topraklar.

d) Duyarlılıkları sonucunda hızlı hareket edebilecek malzemelerin bulunduğu bölgeler var ise; aşağıdaki özelliklerin olduğu bölgeler heyelan oluşumu açısından yüksek potansiyele sahip olabilir.

- Gevşek silt/kum dolgular
- Yüksek eğimli dolgular
- Büyük istinat duvarları
- Maden atıklarının ve atık barajlarının olduğu yerler

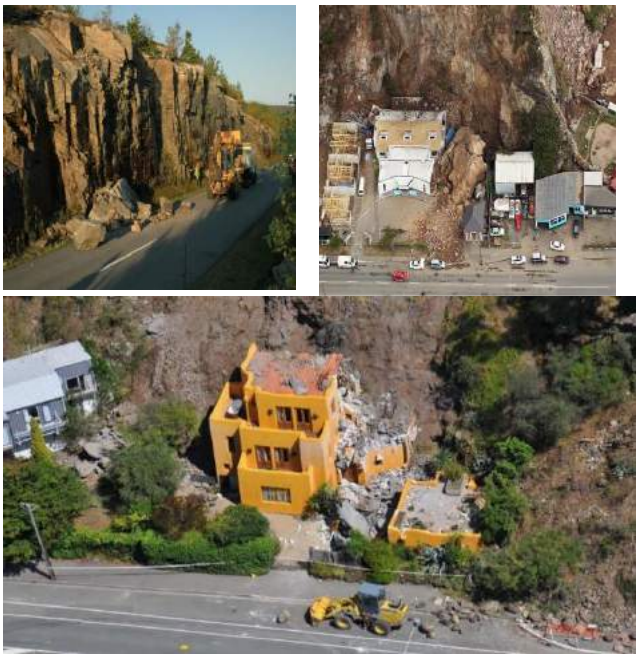
e) Ormancılık ve tarımsal faaliyetlerin gerçekleştirildiği alanlar

Yukarıda değinilen parametreler, heyelanların gelişmesi olası alanlara işaret etmekte olup, tek başına belirleyici birer unsur olarak algılanmamalıdır. Bu tip alanlarda heyelan oluşumu açısından bir potansiyel olduğu, ancak ayrıntılı heyelan analizleri ile bu tür alanların değerlendirilmesi gerektiği unutulmamalıdır.

6. Kaya Düşmesi Analizleri

Kaya düşmeleri, dik topoğrafyaya sahip alanların yüksek kotlarında yüzeylenen eklemli kaya ortamlarında, süreksizliklerin sınırlandırdığı kaya bloklarının serbest yüzeye doğru küçük hareketlerde duraylılığını yitirerek, kaynak bölgeden eğim aşağı oldukça hızlı olarak hareket ettiği bir tür yamaç duraysızlığıdır (Varnes, 1978; Hutchinson, 1988; Cruden ve Varnes, 1996). Kaya bloğunun hareketi dik yamaçlarda düşme şeklinde olup, eğimin azalmasına bağlı olarak sıçrama ve yuvarlanma şeklinde devam etmektedir. Olay anında hızının yüksek olması nedeniyle kaya düşmesi blok hacmine de bağlı olarak, ulaşım ağları ve yapılaşma alanları için oldukça tehlikeli olabilirler (Şekil 9).

Düşen kaya bloklarının hacmi, kaynak alanındaki süreksizliklerin set sayısı, yönelimi ve aralığı gibi süreksizlik özelliklerine bağlıdır. Kaya düşme olayının gözlenebileceği alanların ve menzil mesafelerinin (run-out distance) ayırtlandığı haritalar, alan seçimlerinde karar vericilere önemli bilgiler sağlamaktadır. Kaya düşmesi analizleri büyük ölçekte (ayrıntıda) kaya bloğunun harekete başladığı lokasyon, kaya blok ağırlığı, kaya blok şekli, litoloji, iki boyutta (2D) şev profili veya üç boyutta yüksek çözünürlükte sayısal arazi modeli (SYM, 3D topoğrafya), teğetsel ve normal enerji azalım katsayıları gibi çok sayıdaki girdi parametreleri kullanılarak yapılabilir. Kaya bloğunun hareketi sırasındaki enerjisi, bloğun hareket izi (yörüngesi), menzil mesafesi (run-out distance) gibi çıktılar alınabilir. Ancak, bölgesel ölçekte kaya düşme potansiyelini ve etkileyebileceği alanları ifade eden haritaların hazırlanmasında, kaya düşme analizlerinin uygulanması pratik değerler açısından sınırlı olup, özellikle risk altındaki elemana (yapıya) yönelik önleme çalışmaları açısından daha büyük öneme sahiptirler.



Şekil 9. Kaya düşmesi sonucunda zarar gören yapılara bazı örnekler.(http://www.nps.gov/acad/photosmultimedia/; http://blogs.agu.org/landslideblog)

Kaya düşmeleri kaya kütlesinin süreksizlik özellikleri açısından uygun jeolojik ortamlarda dik topoğrafyanın varlığına bağlı olarak gelişirler. Ancak, kaya düşmeleri kütlesel heyelanlar ile karşılaştırıldıklarında; yağış, deprem gibi tetikleyici unsurlar açısından dönüşüm periyodu veya belirli bir olay hacminin yaşanması için gerekli tetikleyici sınır değerinin belirlenmesi mümkün değildir. Bu yönüyle değerlendirildiğinde, kaya düşme potansiyeli haritalarından, kütlesel heyelanlardaki terminolojiye uygun bir yaklaşımla, tetikleyici unsura bağlı olarak kaya düşmesi tehlike haritalarının gerçekçi bir şekilde üretilmesini beklemek de mümkün değildir. Buna karşın, kaya düşmesi olayından etkilenebilecek alanlarda dolaylı olarak belirlenebilen kaya düşme sayısı, kinetik enerji (hızı) ve hareket izi (yörünge) yüksekliği parametrelerine bağlı olarak, kaya düşmesi tehlike haritaları üretilebilmektedir. Kaya düşmeleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, aktif kaynak alanların ve menzil mesafelerine bağlı olarak farklı etki zonlarının işaretlendiği haritaların zaman zaman kaya düşmesi tehlikesi haritası (rock fall hazard map) olarak da adlandırıldıkları görülmektedir. Kaya düşmesi tehlike haritalarının üzerine yaşamsal alanlar, evler, yollar, elektrik hatları vb. yerlerin işlenerek yorumlanması ise, kaya düşmesi risk değerlendirmesi (rock fall risk assessment) olarak nitelendirilmektedir. Ancak, kaynak alandan itibaren kaya düşmesi olayından birbirleri ile karşılaştırılması mümkün farklı düzeylerde etkilenebilecek zonların ayırtlandığı haritalarda, doğru terminolojinin kullanılması açısından kaya düşmesi duyarlılık haritası olarak isimlendirilmesi, daha uygun olacaktır.

Pratikte bölgesel ölçekte kaya düşmesi tehlike haritalarının üretilmesinde, aşağıdaki sorulara cevap aranmalıdır(Larcher vd., 2012).

i.Aktif kaynak alanı var mıdır ve bu alanlar nerelerdedir?
ii.Sahadaki en büyük menzil zonu nedir?
iii.İnsan yaşam alanlarındaki evler, alt yapı, elektrik hatları, yollar vb. etkileniyor mu?
iv.İnsan yaşamsal alanları ile aktif kaynak alanlar arasında ağaçlık (orman) alanlar var mıdır?

Kaya düşmesi duyarlılık haritalarının hazırlanması alan kullanımı ve planlaması açısından büyük öneme sahiptir. Ancak küçük sahalarda (büyük ölçekte ve ayrıntıda) çok iyi uygulanabilen klasik deterministik kaya düşme analizi yaklaşımlarıyla bu haritaların bölgesel ölçekte üretilmesi, pek çok girdi parametresi gerektirdiği için literatürde uygulamaları olmasına karşın, pratiklikten uzak ve uygulamaları da oldukça zor olmaktadır.Buna karşın bölgesel ölçekte kaya düşmesi haritaları daha önceki olaylardan yararlanan tecrübelere göre geliştirilen ampirik yaklaşımlarla sayısal arazi modelinden (SYM; Digital Elevation Model, DEM) itibaren nispeten kaba olmakla birlikte temel gereksinimlere cevap verebilecek niteliklerde hazırlanabilmektedir.

Bu bölümde, kaya düşmesi duyarlılık değerlendirmeleri için pratik kullanıma yönelik bir uygulama sunulmuştur. Bu işlemlerin yapılabilmesi için, öncelikle kaya düşmesi olay(lar)ının gerçekleştiği alanda, kılavuz kapsamında önerilen Kaya Düşmesi Kayıt Formunun (Şekil 10) doldurulması gerekmektedir. Eğer kaya düşmesi olayları, süreksizlik denetimli duraysızlıklarla (devrilme, kama, düzlemsel) başlayıp daha sonra duraysızlık türü, kaya düşmesine dönüşüyorsa, Hat Etüdü formu doldurulmalıdır. Hat etüdleri, ISRM (1981) standartlarına uygun olarak gerçekleştirilmelidir. Bu bilgiler elde edildikten sonra, çalışılacak alanın SYM oluşturulmalıdır.

Kullanılacak altlık harita ölçeği gözetilerek, kaya düşmesi açısından kaynak alan olabilecek alanlar, oluşturulan SYM'den üretilecek eğim haritası kullanılarak belirlenebilir. Potansiyel aktif kaynak alanların sınır (alabileceği en düşük) eğimi SYM'nin çözünürlüğüne bağlı olarak aşağıdaki eşitlikten belirlenebilir (Dorren ve Seijmonsbergen 2003; Troisi, Berger ve Dorren 2008).

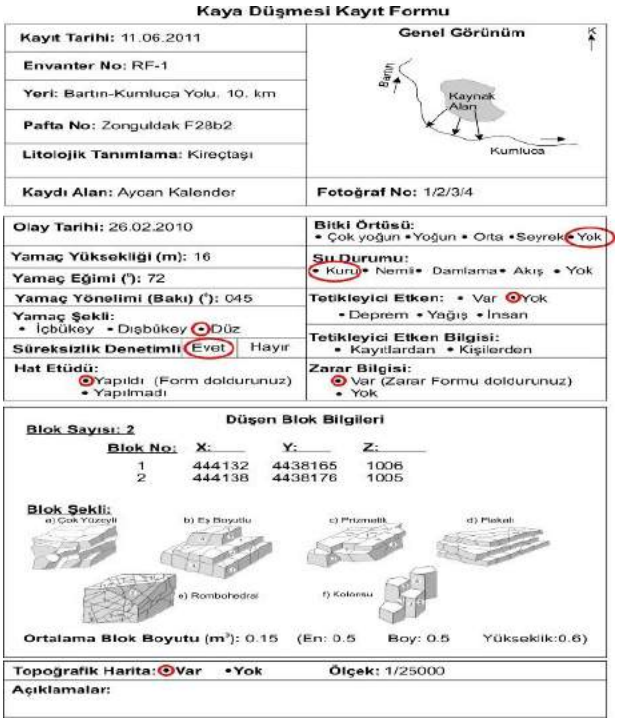
$$\alpha = 55 \times RES^{-0,075} \quad (1)$$

Burada α(derece) potansiyel aktif kaynak alanlar için sınır eğim değeri, RES ise sayısal arazi modelinin çözünürlüğüdür. Eşitlik (1)' den yararlanılarak, 1/25.000 ölçekli bir topoğrafik haritadan üretilecek 25mx25m çözünürlüğe sahip SYM kullanılıyorsa, bu SYM kullanılarak türetilen yamaç eğim haritasında 43^0 ve üstünün kapladığı alanlar, ilk aşamada kaynak alan olarak değerlendirilebilir.

Daha sonra yapılacak saha gözlemleri ve eğer mümkünse, hava fotoğrafı veya uydu görüntülerinin yorumlanması sonucunda, kaynak alan sınırları netleştirilmeli ve sayısal olarak kullanılan CBS platformunda saklanmalıdır.

7. Sonuç

Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de doğal afetler nedeniyle birçok can ve mal kaybı yaşanmış ve önemli ekonomik kayıplar meydana gelmiştir. Afetlerin oluşturduğu zararların asgari düzeye indirgenebilmesi için ilk aşamada yapılması gereken çalışmalardan birisi, ülke, bölge ve il bazında bütünleşik afet tehlike ve risk haritalarının oluşturulması aşamasıdır. Bu tür haritalardan faydalanmak, gerek karar vericiler, gerekse yerel yönetimler gibi otoritelerin daha sağlıklı planlar yapmasını sağlayacağı gibi, doğru yer seçimi konularında da önemli katkılar sağlamaktadır.



Şekil 10. Kılavuz kapsamında önerilen kaya-düşmesi kayıt formu.

Ülkemizde, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın öncülüğünde yapılan ve özellikle son yıllarda büyük bir ivme kazanan "afet bilincinin" yerleşmesi ve "uygulamaya sokulması" girişimleri sonucunda, bütünleşik afet tehlike haritalarının hazırlanması, son derece büyük önem arz etmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalar doğrultusunda, uluslararası literatür araştırılarak ülke gereksinimleri doğrultusunda "Temel Kılavuz" ve "Pratik Kılavuzlar" olmak üzere, iki ana bileşen geliştirilmiştir. Başkanlığımız hazırlanan bu kılavuzları diğer ülkeler ve sivil toplum kuruluşları ile de paylaşmaktadır.

Kaynaklar

Aleotti, P. And Chowdhurry, R., 1999, Landslide hazard assessments: Summry rewiew and new perspective, Bulletin of Engineering Geology of the Environment, 58, 21-44.

Alkevli, T. and Ercanoğlu, M., 2011. Assessment of ASTER satellite images in landslide inventory mapping: Yenice-Gökçebey (Western Black Sea Region, Turkey). Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 70, 607-617.

Booth, A.M., Roering, J.J., Perron, J.T., 2009. Automated landslide mapping using spectral analysis and high-resolution topographic data: Puget Sound lowlands, Washington, and Portland Hills, Oregon. Geomorphology, Volume 109, Issues 3–4, 132-147.

Brabb, E., 1991. The world landslide problem. Episodes, 14(i): 52-61.

Brabb, E.E., Harrod, B.L., 1989. Landslides: Extent and Economic Significance. A.A. Balkema Publisher, Rotterdam, 385 pp.

Cruden, D. M. and Varnes, D. J., 1996. Landslide types and processes, in: Landslides. Investigation and Mitigation, edited by: Tuner, A. K. and Schuster, R. L., Special report of the Transportation Research Brand. Natural Research Council, National Academy Press, Washington DC, 36–75.

Cruden, D.M., Varnes, D.J., 1996. Landslide Types and Processes. Landslides Investigation and Mitigation, Special Report 247. In: Turner, A.K. and Schuster, R.L. (eds.), 36–75 pp.

Dorren L.K.A., Seıjmonsbergen A.C., 2003. Comparison of three GIS-based models for predicting rockfall runout zones at a regional scale, Geomorphology 56(1-2), p. 49-64.

Emergency Events Data Base (EM-DAT), 2014. (http://www.emdat.be) (Erişim Tarihi: 27.01.2014).

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z., 2008a. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. Engineering Geology, 102, 3-4, 85-98.

Fell, R., Corominas, J., Bonnard, C., Cascini, L., Leroi, E., Savage, W.Z., 2008b. Guidelines for landslide susceptibility, hazard and risk zoning for land-use planning. Engineering Geology, 102, 3-4, 99-111.

Galli, M., Ardizzone, F., Cardinali, M., Guzzetti, F., Reichenbach, P., 2008. Comparing landslide inventory maps. Geomorphology 94, 268-289.

Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., 2008. Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Afet Etüt ve Hasar Tespit Daire Başkanlığı, Ankara.

Guzzetti, F., Cardinali, M., Reichenbach, P., Carrara, A., 2000. Comparing landslide maps: a case study in the Upper Tiber River Basin, Central Italy. Environmental Management, 25, 247-263.

Guzzetti, F., Mondini, A.C., Cardinali, M., Fiorucci, F., Santangelo, M., Chang, K.T., 2012. Landslide inventory maps: new tools for and old problem. Earth-Science Reviews, 112, 42-66.

Harmon, R.S., Doe III, W.W., 2001. Landscape Erosion and Evolution Modeling, Spinger-Verlag. 535 pp.

http://blogs.agu.org/landslideblog/2011/02/23/on-the-causes-of-the-high-levels-of-loss-in-the-christchurch-earthquake (Erişim Tarihi: 27.02.2014).

http://pubs.usgs.gov (Erişim Tarihi: 25.01.2014).

http://www.nps.gov/acad/photosmultimedia/Earthquake-Effects.htm (Erişim Tarihi: 27.02.2014).

Hutchinson, J. N., 1988. Morphological and geotechnical parameters of landslide in relation to geology and hydrogeology, in: 5th international symposium on landslides, Lausanne, edited by: Bonnard, C., A.A. Balkema, 1, 3–35.

ISRM (International Society for Rock Mechanics), 1981. ISRM Suggested Methods for Discontinuities in Rock Masses

Larcher V., Simoni, S., Pasquazzo, R., Strada, C., Zampedri, G., 2012. Rockfall and Forecast systems, WP6 guidelines, PARAmount.

Lee, S., Lee, M-J., 2006. Detecting landslide location using KOMPSAT 1 and its application to landslide-susceptibility mapping at the Gangneung area, Korea, Advances in Space Research, 38, 2261-2271.

Marcelino, E.V., Formaggio, A.R., Maeda, E.E., 2009. Landslide inventory using image fusion techniques in Brazil. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, Volume 11, Issue 3, 181-191.

Metternicht, G., 2005. Remote sensing of landslides: An analysis of the potential contribution to geo-spatial systems for hazard assessment in mountainous environments. Remote Sensing of Environment, Volume 98, Issues 2-3, 284-303.

Nichol, J.E., Shaker, A., Wong, M.-S., 2006. Application of high-resolution stereo satellite images to detailed landslide hazard assessment. Geomorphology, Volume 76, Issues 1–2, 5, 68–75.

Öztürk, K., 2002. Heyelanlar ve Türkiye'ye etkileri. G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, 22 (2), s.35-50.

Schuster, R.L., 1996, Socia-economic significance of landslides, In: Turner, Schuster (eds) "Landslides: Investigation and Mitigation". Transportation Research Board-National Research Council, Special Report 247, 12-35.

Schuster, R.L., and Fleming, R.W., 1986, Economic losses and fatalities due to landslides, Bulletin of the Association of Engineering Geologists, 23 (1), 11-28.

Soeters, R. and Van Westen C. J.: 1996. Slope Instability Recognition, Analysis and Zonation. In:Turner, A. K. and Schuster, R. L. (eds), Landslides, investigation and mitigation, Transportation Research Board, National Research Council, Special Report 247, National Academy Press, Washington D.C., U.S.A., pp 129-177.

Troisi, C., Berger, F, Dorren, L., 2008. Protection de la viabilité alpine, PROVIALP project report, Interreg IIIa 200 – 2006 Alpes Latines n° 165, ARPA/Cemagref.

Van Westen, C.J., Castellanos, E., Kuriakose, S.L., 2008, Spatial data for landslide susceptibility, hazard and vulnerability assessment: An overview, Engineering Geology, 102: 112-132.

Varnes, D.J., 1978. Slope movements: types and processes. In: Schuster, R.L., Krizek, R.J.(Eds.), Landslide Analysis and Control. Transportation Research Board, Special Report No. 176, Washington, DC, pp. 11–33.

Weirich, F., Blesius, L., 2007. Comparison of satellite and air photo based landslide susceptibility maps. Geomorphology, 87, 352-364.

WP/WLI (Working Party on World Landslide Inventory), 1993. A suggested method for describing the activity of a landslide, IAEG Bull. 47, 53-57.

AFET RİSKLERİNİN AZALTILMASI KAPSAMINDA BURDUR MERKEZ KOCAPINAR KÖYÜNDE YAPILAN KAYA ISLAHI ÇALIŞMALARININ ARAŞTIRILMASI

A RESEARCH ON THE ROCK RECLAMATION STUDIES PERFORMED UNDER THE CONCEPT OF DECREASING DISASTER RISK OF KOCAPINAR VILLAGE - CENTRAL BURDUR REGION

Osman ÇELİK[1], Hüseyin Hakan İNCE[2], Ahmet SAĞDIÇ[3], İbrahim İskender SOYASLAN[4], Erdinç GÜNEŞ[5], Hasret Kamer SOYLU[6]

[1,3,5]Burdur AFAD Müdürlüğü, Planlama, Zarar Azaltma ve İyileştirme Şube Müdürlüğü, Burdur
osman.celik@afad.gov.tr ; ahmet.sagdic@afad.gov.tr ; erdincgunes77@hotmail.com.tr
[2,4]Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Burdur
hakanince@mehmetakif.edu.tr ; isoyaslan@mehmetakif.edu.tr
[6]Kastamonu AFAD Müdürlüğü, Planlama, Zarar Azaltma ve İyileştirme Şube Müdürlüğü, Kastamonu
hkamer.soylu@afad.gov.tr

Özet

Kaya düşmesi, eğimli yamaçlarda bulunan büyük kaya bloklarının, dış olayların etkisiyle düşmesi sonucu meydana gelen bir doğal afet türüdür. Kaya düşmesi olayları ülkenin tamamında görülmekle beraber, göreceli olarak karasal iklimin hüküm sürdüğü, gece – gündüz sıcaklık faklarının yüksek olduğu dolayısıyla fiziksel aşınmanın etkin gözlendiği, Kayseri, Nevsehir, Niğde civarındaki volkanik birimlerde, Güneydoğu Anadolu Yitim Kuşağında bindirmeler boyunca yoğunlaşmaktadır. Ayrıca, Kuzeydoğu Karadeniz'de de yoğunlaşmaktadırlar. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Burdur AFAD Müdürlüğü'nce Afet Risklerinin azaltılması kapsamında Burdur Merkez Kocapınar Köyünde kaya ıslah çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmalardan Kocapınar Köyünde 39 konut ve 34 ahır/samanlık'ın kaya düşmesi tehlikesi altında olduğundan Genel Hayata Etkililik Oluru alınmasını müteakiben risk altında bulunan alan Bakanlar Kurulunca 'Afete Maruz Bölge' ilan edilerek ıslah çalışmaları tamamlanmış 39 konut ve 34 ahır / samanlık'ın kaya düşmesi tehlike riski ortadan kaldırılmıştır. Bu çalışmada genel olarak kaya düşmesinin nedenleri, alınacak önlemler, Kocapınar köyünde yapılan kaya ıslahı çalışmalarında kullanılan ıslah teknikleri, ıslahın sonuçları ve yapılan ıslahın çevreye olan etkileri araştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kaya düşmesi, kaya ıslahı, çevresel etkiler, risk azaltma, AFAD

Abstract

Although seen in all of the rockfall events the country is relatively dominated by continental climate, night - daytime temperatures fake high that due to the physical wear of the active observation, Kayseri, Nevsehir, in the volcanic unit near Nigde, overlays are concentrated along the Southeastern Anatolia Subduction Zone. In addition, they concentrate in the northeastern Black Sea. Prime Ministry Disaster and Emergency Management Presidency scope of Burdur Burdur AFAD Directorate of Disaster Risk Reduction Centers Kocapinar village rock improvement works were made in the village. In Kocapinar village from this study 39 houses and 34 stables / barn rock is in danger of falling General Life Effectiveness happens to be the subsequent Areas with the Council of Ministers at risk 'Disaster Exposure Zone' declared by improvement works completed 39 residential and 34 stables / barn rock fall hazard risk has been eliminated. In this study, general causes of falling rocks, precautions, Kocapinar and breeding techniques used during rock reclamation work in Mamak village, their impact on the improvement of the results and made the improvement of the environment were investigated.

Keywords: rockfall, rock reclamation, environmental impacts, mitigation, AFAD

1. Giriş

Kaya düşmesi, eğimli yamaçlarda bulunan büyük kaya bloklarının, dış olayların etkisiyle düşmesi sonucu meydana gelen bir doğal afet türüdür (Şekil 1). Yerleşim merkezlerinde olan kaya düşmeleri, ev veya iş yerlerinde hasarlara zaman zaman ulaşımın aksamasına ve insan ölümüne neden olmaktadır. Ülkemizde kaya düşmesi olayı en fazla ilkbahar ve kış mevsiminde meydana gelmektedir. Bunun nedeni bu mevsimde kaya çatlakları içinde suyun bulunması ve sık sık donma çözülmeye uğramasıdır [1]. Türkiye'de meydana gelen afetler nedeniyle oluşan ekonomik zararın %4'ü kaya düşmesi kaynaklıdır [2].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Kaya düşmeleri, İç Anadolu bölgesinin bazı kısımları ile Doğu Anadolu bölgesinde etkin olan bir diğer doğal afet türüdür. Kaya düşmesi olaylarının yaşandığı il sayısı 79, ülkemizdeki yerleşim birimlerinin % 4,76'sı (2008 yılı verilerine göre) kaya düşmesi riski altındadır. [3]. Türkiye`de 79 ilde kaya düşmesi görülmektedir. En fazla kaya düşmesinin meydana geldiği il Kayseridir. Onu, Erzurum, Nevşehir, Adıyaman ve Sivas izlemektedir. Etkilenen afetzede sayısına bakıldığında da Kayseri, Nevşehir, Niğde, Erzurum ve Karaman öne çıkmaktadır [4].



Şekil 1. Burdur İli, Merkez İlçe Kocapınar Köyü kaya ıslah çalışmaları

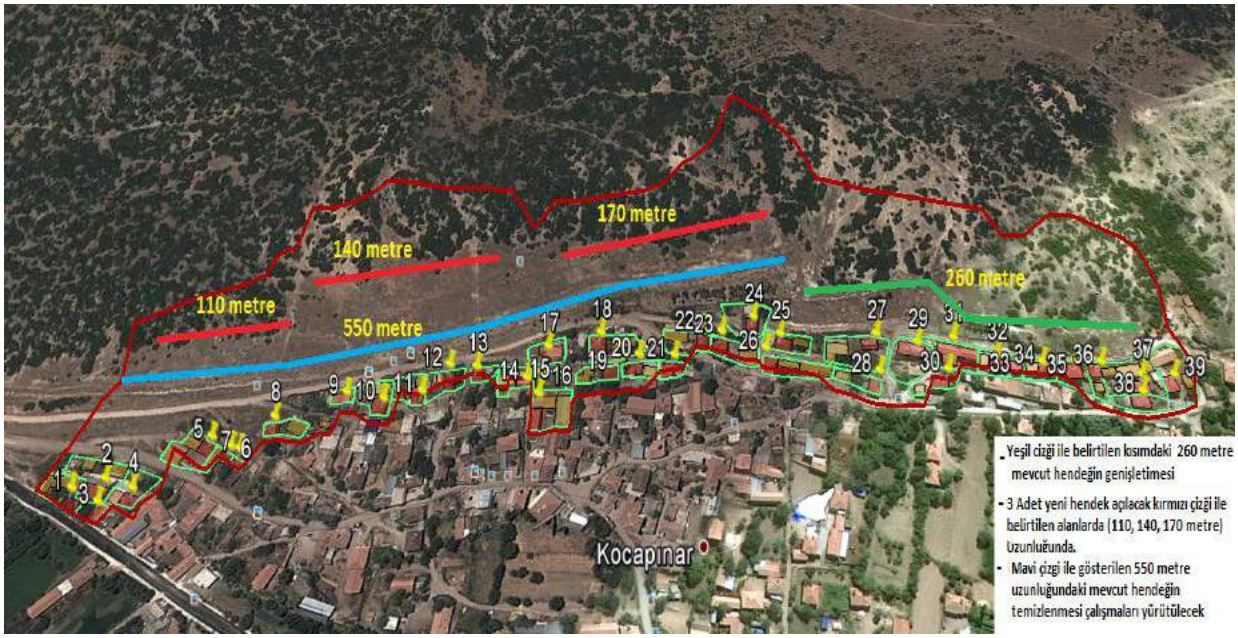
Kaya düşmesi olayları ülkemizin tamamında görülmekle beraber, göreceli olarak karasal iklimin hüküm sürdüğü, gece – gündüz sıcaklık faklarının yüksek olduğu dolayısıyla fiziksel aşınmanın etkin gözlendiği, Kayseri, Nevşehir, Niğde civarındaki volkanik birimlerde, Güneydoğu Anadolu Yitim Kuşağında bindirmeler boyunca ve ayrıca Kuzeydoğu Karadeniz'de de yoğunlaşmaktadırlar. Kaya düşmesinin de depremin dışında oluşan doğal afet olduğunu, çok ekonomik önlemlerle kaya düşmesi riskinin bertaraf edilerek can ve mal güvenliği sağlanmalıdır. Bu çalışmada genel olarak kaya düşmesinin nedenleri, alınacak önlemler, Burdur Merkez Kocapınar köyünde yapılan kaya ıslahı çalışmalarında kullanılan ıslah teknikleri, ıslahın sonuçları ve yapılan ıslahın ekonomiye sosyal hayata ve çevreye olan etkileri araştırılmıştır ve kaya ıslahında risk azaltma ve afet önleyici tedbirlerin nasıl yapıldığı, sosyal ve ekonomik boyutları anlatılmıştır.

2. Kaya Islahı Uygulaması

Türkiye Cumhuriyeti Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Burdur İl Müdürlüğü'nce Afet Risklerinin azaltılması kapsamında 2013 yılında Burdur Merkez Kocapınar Köyünde (Şekil 2) kaya ıslah çalışmaları yapılmıştır. Kocapınar Köyünde 39 konut ve 34 ahır/samanlık'ın kaya düşmesi tehlikesi altında olduğundan Genel Hayata Etkililik Oluru alınmasını müteakiben risk altında bulunan alan Bakanlar Kurulunca 'Afete Maruz Bölge' ilan edilerek ıslah çalışmaları yapılmıştır.

3. Kaya Islahında Uygulanan Teknik Yöntemler

Afete maruz bölge sınırları içerisinde belirlenen, konutları etkileme tehlikesi taşıyan ve muhtelif hacimlerde bulunan kaya parçaları, topografik şartlara uygun olacak şekilde kompresör ile kırılarak çalışma alanından uzağa taşınmıştır.



Şekil 2. Kocapınar Köyü afete maruz alanın Google Earth görünümü

Ayrıca bahse konu açılacak hendek ile konutlar arasında tel örgü çit uygulaması yapılmıştır. Kaya kırma işlemi esnasında düşebilecek ve sonrasında atmosferik şartlara bağlı olarak serbest hale gelerek düşebilecek kaya parçalarının konutlar için tehlike oluşturmaması için bazı bölümlere çelik tel örgü seti yapılmıştır. Kaya kırma işlemleri esnasında, çalışma alanı ve etki alanında yer alan konutlarda ikamet eden vatandaşların tahliyesi ve iş güvenliği etmenlerinin sağlanması ile birlikte kalıcı kaya ıslahı çalışması tamamlanarak, belirlenen konutları tehdit eden kaya düşmesi tehlikesi bertaraf edilmiştir (Şekil 3-6).



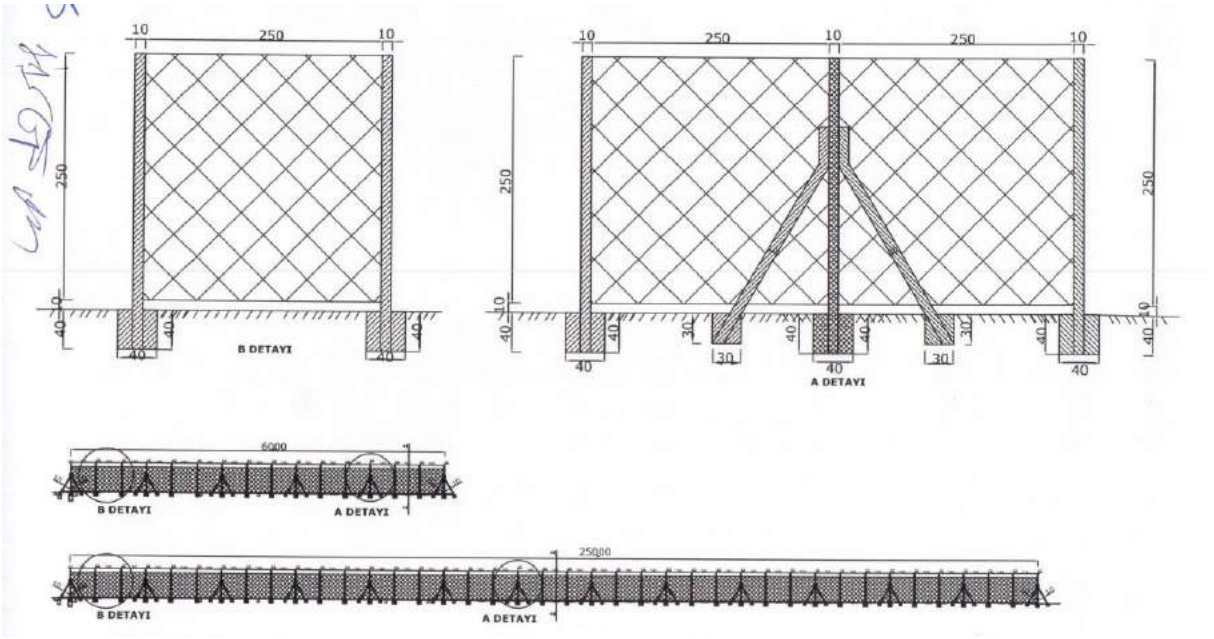
Şekil 3. Kocapınar Köyü kaya ıslahı uygulama fotoğrafı (1)



Şekil 4. Kocapınar Köyü kaya ıslahı uygulama fotoğrafı (2)



Şekil 5. Kocapınar Köyü kaya ıslahı tel örgü çit uygulaması



Şekil 6. Kocapınar Köyü kaya ıslahı projesinde yapılan tel örgü çit uygulaması

4. Sonuç

Kaya Islahı çalışmaları sonucunda Kocapınar Köyünde 39 konut ve 34 ahır/samanlık'ın kaya düşmesi tehlikesinden dolayı risk altında bulunan alan Bakanlar Kurulunca 'Afete Maruz Bölge' ilan edilerek ıslah çalışmaları tamamlanmış 39 konut ve 34 ahır/samanlık'ın kaya düşmesi tehlike riski ortadan kaldırılmıştır. Yapılan risk azaltma çalışmasının ekonomik boyutuna bir örnek verecek olursak; Burdur Kocapınar köyünde kaya düşmesi riski altında bulunan 39 konut ve 34 ahır/samanlık başka bir yerleşim alanına taşınsaydı bunun bütçeye olan maliyeti 10.500.000,00TL yaklaşık 3,5 milyon $ olacaktı. Yapılan çalışma sonucunda 115.000,00 TL'ye yaklaşık 40 bin $ harcanarak risk azaltma ve afet önleme tedbirleriyle kaya ıslahı tamamlanarak kaya düşmesi riski sonucunda meydana gelebilecek olan can ve mal kaybı ortadan kaldırılmıştır. Kaya ıslah çalışmaları tamamlandıktan sonra çalışma yapılan alan ağaçlandırılarak bölgede erozyon ve toprak kayması riski azaltılarak, çevresel eko sisteme katkı sağlanmıştır. Ayrıca ekonomik olan risk azaltma yöntemleriyle risk altında bulunan yerleşim birimlerimde kaya düşmesi riskinin tamamen ortadan kaldırabildiği görülmüştür.

Kaynaklar

[1] T.C. Gümüşhane Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD). Kaya Düşmesi. Erişim tarihi: 12.11.2015. http://gumushane.afad.gov.tr/sayfa.asp?sayfaID=12

[2] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB). Türkiye Habitat III Ulusal Raporu. 2014. Erişim tarihi: 12.11.2015. http://www.csb.gov.tr/db/mpgm/editordosya/file/HABITAT/HABITAT%20III%20ULUSAL%20RAPOR_TR_FINAL_V2.pdf

[3] Gökçe, O., Özden, Ş., Demir, A., Türkiye'de Afetlerin Mekansal ve İstatistiksel Dağılımı Afet Bilgileri Envanteri. T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü Afet Etüt ve Hasar Daire Başkanlığı, Ankara, 2008.

[4] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). İllerin Afetselliği. 2012. Erişim tarihi: 12.11.2015. https://www.afad.gov.tr/TR/IcerikDetay.aspx?ID=23&IcerikID=245

YENİCE YÖRESİ (KARABÜK) HEYELANLARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF LANDSLIDES AROUND YENICE (KARABUK)

Ayşe Gül YİĞİTTEPE[a], Hülya KESKİN ÇITIROĞLU[b], İsmail Kerem TAŞOĞLU[a], Ahmet KARAKAŞ[c] Çetin MEKİK[d]

[a]Eskişehir Çevre ve Şehircilik il Müdürlüğü Eskişehir Türkiye agul.yigittepe@csb.gov.tr
[b]Aydın YİKOB Yatırım İzleme ve Koordinasyon Başkanlığı Aydın Türkiye keskinh@hotmail.com
[a]Eskişehir Çevre ve Şehircilik il Müdürlüğü Eskişehir Türkiye ikerem.tasoglu@cbs.gov.tr
[c]Kocaeli Üniversitesi Jeoloji Müh. Böl. Kocaeli Türkiye akarakas@kocaeli.edu.tr
[d]Bülent Ecevit Üniversitesi Geomatik Müh. Böl. Zonguldak Türkiye cmekik@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, Karabük iline bağlı Yenice ilçesi köy ve mahallelerinde bulunan kütle hareketleri belirlenerek bu tür hareketlerin jeolojisi, sınıfları, eğimleri ve alanlarıyla ilişkileri değerlendirilmiştir. İnceleme alanında kayma, akma, düşme ve karmaşık yapıda kütle hareketleri gözlenmiştir. Kütle hareketlerinden kayma türü en çok karşılaşılan hareket türü olduğundan bu çalışmada heyelanlar üzerinde yoğunlaşılmıştır. Arazi çalışmaları sonucu çalışma alanında toplam 61 adet heyelanlı saha belirlenmiştir. Bu heyelanlardan 57 adedi Ulus formasyonu üzerinde 4 tanesi ise Akveren, Yığılca ve Çaycuma formasyonlarında gelişmiştir. Sahalar ile ilgili arazi çalışmaları sonucu elde edilen bilgiler toplanarak bir heyelan envanteri oluşturulmuştur. Bu bilgiler coğrafi bilgi sistemi (CBS) ortamında oluşturulmuş veri tabanına aktarılmıştır. Heyelanın oluşumunda etkili olabilecek özellikler belirlenmiş ve heyelan oluşumda en etkin özelliğin jeoloji olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kütle hareketleri, Heyelan, Jeoloji, Yenice

Abstract

Mass movements occurred in the districts and villages of Yenice County were defined and were evaluated in terms of their geology, classes, slopes and area in this study. Slide, flow, fall and complex type mass movements were observed in the study area. The most common mass movements were landslides so this study concentrated on detailing landslides. A total of 61 landslides were determined in the study area as a result of field work. 57 out of 61 landslides occurred on Ulus formation and 4 landslides took place on Akveren, Yığılca and Çaycuma formations. As a result of field work, a landslide inventory was created by entering collected landslide data. The collected landslide data were also entered into a Geographical Information System (GIS) database. The factors contributing landslide occurrence were determined and the most prominent factor defined was geology in conclusion.

Keywords: Mass Movements, Landslide, Geology, Yenice

1. Giriş

Heyelanlar, genel anlamda yerel jeolojik, hidrolojik, jeomorfolojik koşulların ürünü olarak bitki örtüsü, arazi kullanımı, insan aktiviteleri tarafından etkilenen, yağış ve sismik olayların sıklığı ve şiddeti tarafından kontrol edilen yapay ve doğal şev duraysızlıklarıdır [1]. Çalışma alanı olarak belirlenen Karabük ili Yenice ilçesi, heyelan potansiyeli yüksek olan ve Batı Karadeniz ikliminin hüküm sürdüğü bir yerleşim yeridir. Jeolojik ve topoğrafik özellikleri de heyelan gelişimine uygun şartlar sağlaması bu bölgenin çalışma alanı olarak belirlenmesinde önemli bir etkendir. İnceleme alanı ve çevresi heyelanlara maruz kalması nedeniyle araştırmalara konu olmuştur. Ercanoğlu ve Gökçeoğlu (2004) Batı Karadeniz Bölgesinde [2], Hasekioğulları ve Ercanoğlu (2012) Yenice'de heyelan duraylılık haritalarının üretilmesi [3], Ercanoğlu ve Gökçeoğlu (2002) Yenice'de heyelana eğilimli alanların heyelan duyarlılığı [4] üzerine çalışmışlardır. Yenice ilçesi geçmişten beri heyelan afetine maruz kalmış bir ilçedir. Hemen hemen tüm köy ve mahallelerinde özellikle heyelan nedeniyle 7269 sayılı kanun kapsamında konutlar nakledilmiştir. Nakledilen konutların bulunduğu alanlar Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Bakanlar Kurulu kararı ile Yapı ve İkamet için Yasaklanmış Afete Maruz Bölge olarak ilan edilmiştir. Bazı köylerin mahalleleri tamamen boşaltılmıştır. 7269 sayılı kanun kapsamında yeni konutlar için ilk etapta kendi köyleri seçilmesi gerekirken köylerde heyelan riski nedeniyle Yenice ilçe merkezi tercih edilmiştir. Çalışma alanında 61 adet heyelanlı saha tespit edilmiştir. Çalışmalarda kaynak olarak çalışma alanın jeolojisi, topoğrafik haritalar, afet nedeni ile yerleşim yerleri için düzenlenmiş jeolojik etüt raporları kullanılmıştır. Heyelanlı sahalar 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar üzerine işlenmiş olup veriler doğrultusunda çalışma alanında bulunan heyelanlı sahaların belirgin özelliklerine göre yoğunlaştığı alanlar belirlenmiştir.

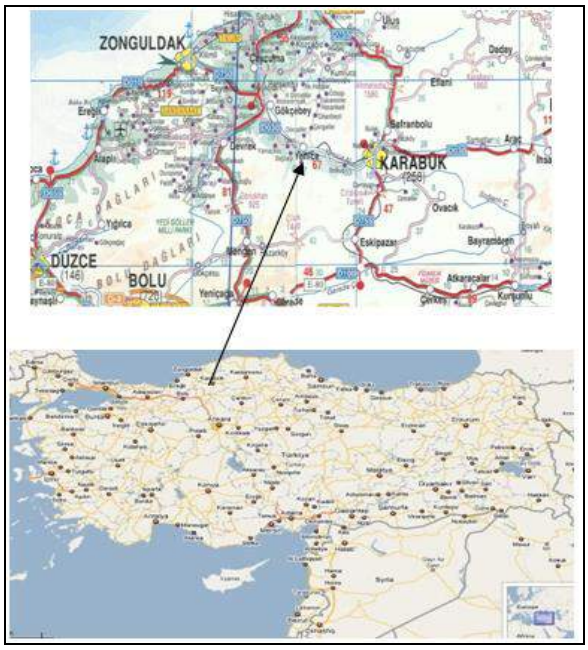
2. İnceleme Alanının Tanıtımı

İnceleme alanı; Karabük iline bağlı Yenice ilçesi (Şekil 1) Merkez mahalleleri, Bağbaşı, Güney, Hisar, Ibrıcak, Kale, Kayaarkası, Kayadibi, Ören, Tır, Yamaç, Yeniköy, Derebaşı, Çeltik, Yeşilköy ve Yazıköy köylerinin bulunduğu Zonguldak F28c1, F28d2 ve F28b4 paftalarını içermekte ve 121.135.593 m^2'lik bir alanı kapsamaktadır.

Yenice'nin arazi yapısı Batı Karadeniz Bölgesi'nin temel özelliklerini taşır. Düz ve ova niteliğinde olan arazisi oldukça azdır. Eğimli arazi yapısı nedeniyle tarıma uygun alanları yoktur [5]. Yenice Irmağı, ilçe merkezinden geçmektedir. İnceleme alanında Acısu, İnceçay, Büyükdere, Şimşir, Kirazpınar dereleri yer almakta olup bu dereler Filyos çayına akarlar. Yenice'de yaz mevsiminin ılık ve zaman zaman sağnak yağışlı geçtiği tipik Karadeniz

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

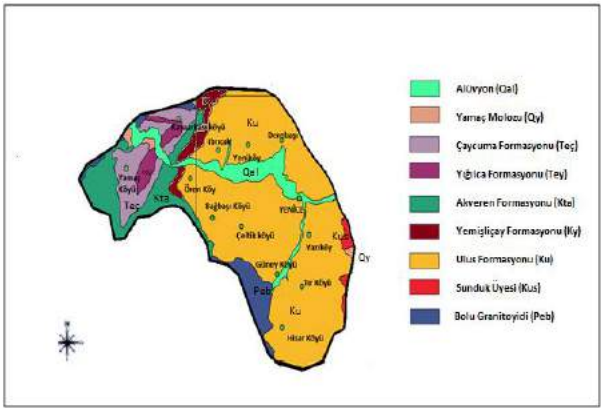
iklimi görülmektedir. Yenice denizden uzak iç kesimde yer aldığı için kışları sert ve kar yağışlı geçer. Yıllık karlı gün sayısı yaklaşık 25 gündür. Yenice'de en fazla yağış ilkbahar aylarında görülür. Yıllık ortalama yağış miktarı 1200 mm, yıllık ortalama nispi nem % 76.2 olarak belirlenmiştir [5].



Şekil 1. İnceleme alanı yer bulduru haritası.

3. Jeoloji

İnceleme alanında Bolu Granitoyidi (PЄb), Ulus formasyonu (Ku) ve Sunduk üyesi (Kus), Yemişliçay formasyonu (Ky), Akveren formasyonu (KTa), Yığılca formasyonu (Ty), Çaycuma formasyonu (Tç), yamaç molozu (Qym) ve alüvyon (Qal) yer almaktadır [6] (Şekil 2).

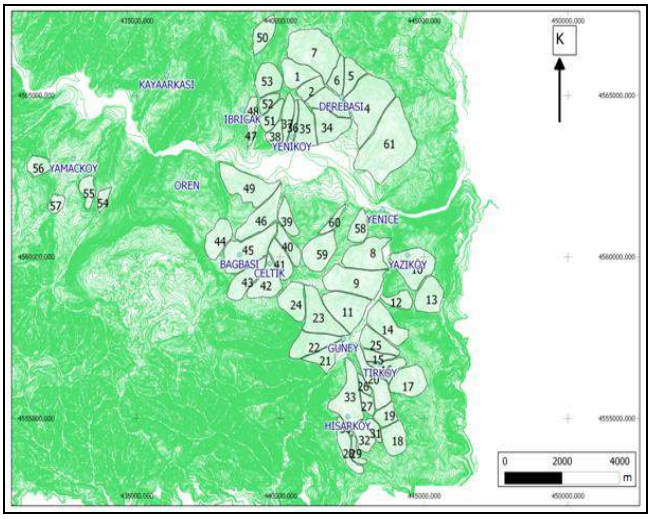


Şekil 2. İnceleme alanının jeoloji haritası [6].

Bolu Granitoyidi (PЄb) granodiyorit, tonalit, granit, gabro gibi plütonik kayaçlardan oluşmaktadır. Kiltaşı, marn, kireçtaşı ve şeyl gibi yerinde çökelmiş sedimanlarla kumtaşı, kumlu kireçtaşı ve konglomera gibi türbiditik çökellerin ardalanmasından oluşan ve çeşitli olistolitler içeren Ulus formasyonu (Ku) ile Ulus formasyonunun kireçtaşları Sunduk üyesi (Kus) olarak tanımlanmaktadır. Pelajik ve yarı pelajik kireçtaşlarından oluşan seviyelerin hakim olduğu Yemişliçay formasyonunda (Ky) ayrıca tüf, tüfit, aglomera, konglomera, kumtaşı, mikrit, şeyl ve volkanitler de bulunmaktadır. Kumtaşı kırıntılı kireçtaşı ile başlayan Akveren formasyonu (KTa), üste doğru killi kireçtaşı-marn çoğunlukla olmak üzere kiltaşı-silttaşı ardalanmalı olarak devam eder. İstif içerisinde yer yer türbidit akıntıları ile oluşan çökeller gözlenir. Yığılca formasyonu (Ty), andezit, bazalt, tüf, aglomera ve volkanojenik kumtaşından oluşmakta, Çaycuma formasyonunun birimlerine yanalda ve düşeyde geçiş göstermektedir. Çaycuma formasyonu (Tç) kumtaşı, silttaşı, kiltaşı ardalanmasının hakim olduğu, volkanizmanın da eşlik ettiği bir birimdir [6]. Çakıl ve blok parçalarından oluşan, tutturulmamış veya az tutturulmuş yamaç aşağı hareket eden birim yamaç molozu (Qym), akarsu yataklarında, eski çukurluklar üzerine gelişmiş düz alanlardaki çakıl, kum, çamur çökelleri de alüvyonu (Qal) oluşturur. Kuvaterner yaşlı alüvyon kil, mil, silt, kum, çakıl ve blok gibi malzemelerden oluşmaktadır [7].

4. Gözlenen Heyelanlar

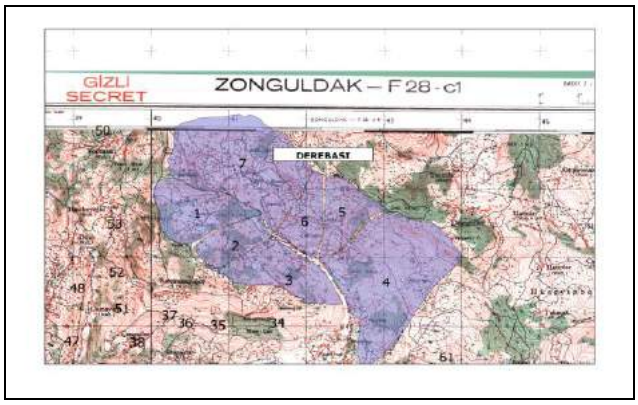
Yenice ilçe merkezine bağlı mahalle ve köylerin hemen hemen hepsi topoğrafik olarak eğimli araziler üzerine kurulmuştur. Topoğrafik ve jeolojik koşullar yerleşim yerlerinin büyük bir bölümünün kütle hareketlerine maruz kalmasına neden olmuştur. İnceleme bölgesinde birbirinden bağımsız 61 adet heyelanlı saha tespit edilmiş (Şekil 3) ve yerleşim yerlerinde yapılan tespitler ayrı ayrı ifade edilmiştir.



Şekil 3. Heyelanlı sahaları gösteren topoğrafik harita.

Derebaşı köyü Yenice ilçesinin kuzeyinde yer almakta olup Kürtler, Tomlar, Cebeciler ve Mahmutlar mahallelerinden oluşmaktadır. Köyün içinden geçen derenin batı, doğu ve kuzeyinde bulunan 15^0–20^0 eğimlere sahip yamaçlara kurulmuştur. Bitki örtüsü orta yoğunluktadır. Köyde ve civarında yapılan çalışmalarda 7 ayrı heyelan olayı gözlenmiştir (Şekil 4). 5 ve 6 numaralı heyelanlı saha (Şekil 5) olarak belirlenen alanlarda topoğrafik olarak eğimin fazla olması nedeniyle heyelanların aktif hale geçmesi ve tekrarlanma ihtimalinin daha fazla olacağı düşünülmektedir (Şekil 6). Yazıköy köyü, Yenice ilçesinin güney doğusunda eğimli bir arazi üzerine kurulmuştur. İlçe

merkezine yaklaşık 4 km mesafededir. Yerleşim alanlarının olduğu yerler orta sıklıkta bitki örtüsüne sahiptir. Yassıveren Mahallesinde, Güney Deresi'ne doğru akış gösteren birden fazla kuru dere gözlenmektedir. Bu derelerin etrafında birçok akma ve kayma türü heyelanlar gözlenmektedir (Şekil 7).



Şekil 4. Derebaşı heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.

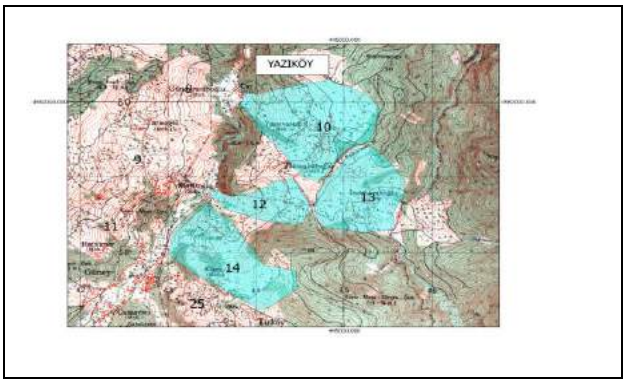


Şekil 5. 5 ve 6 numaralı heyelanların google earth uydu görüntüsü.

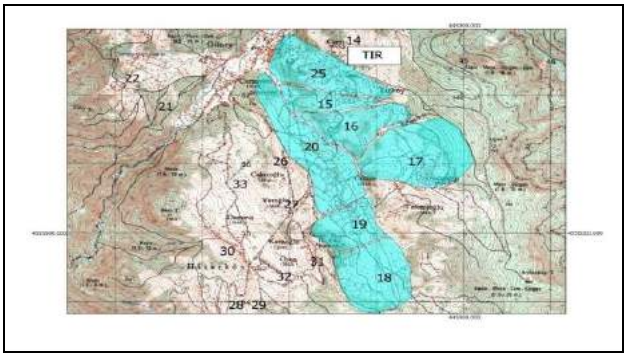


Şekil 6. 5 ve 6 numaralı heyelanlara ait fotoğraf.

Tır köyü, Yenice ilçesinin güneyinde ve ilçeye 10 km mesafede bulunmaktadır. Köy genel olarak eğimli bir arazi üzerine olup sadece bir mahallesi Güney Deresi'nin de içinden aktığı alüvyon zeminden oluşan düz arazi yapısı üzerine kurulmuştur. Birçok mahallesi heyelan ve buna bağlı ulaşım sorunları yüzünden terk edildiğinden yoğun çalılık, ağaç ve bitki örtüsü ile kaplanmıştır. Akma ve kayma türü hareketler oldukça sık gözlenmiştir (Şekil 8).

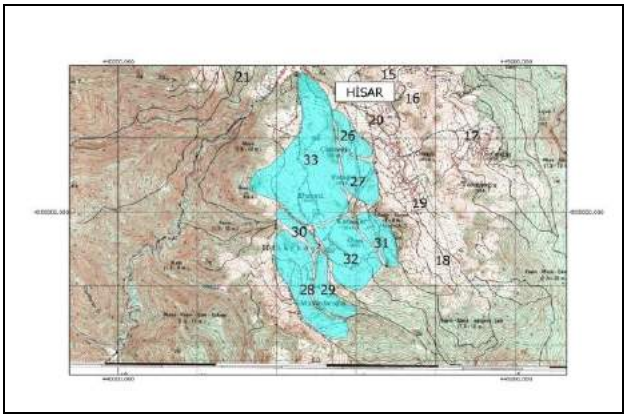


Şekil 7. Yazıköy heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.



Şekil 8. Tırköyü heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.

Hisar köyü, Yenice ilçesinin güneyinde ve 10 km mesafede bulunmakta olup bir sırt üzerine ve yamaçlarına kurulmuş olup yerleşim yerlerinin eğimi 15^0-22^0 arasında değişmektedir (Şekil 9). Bitki örtüsü genel olarak seyrektir.

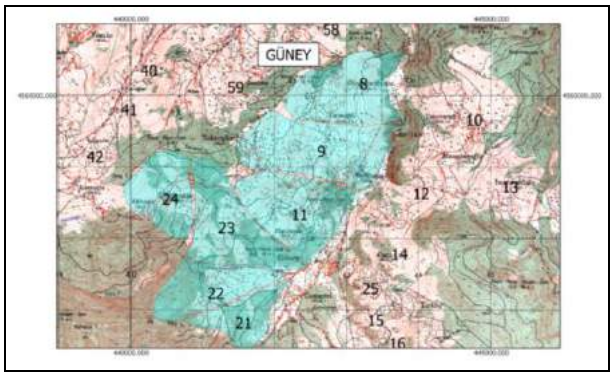


Şekil 9. Hisar köyü heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.

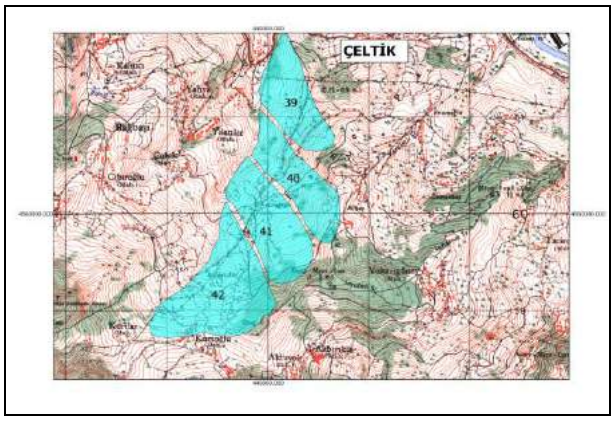
Güney köyü Yenice ilçesinin güneyinde 9 km uzaklıktadır. Bitki örtüsü oldukça seyrek olup gözlenen heyelanlar Şekil 10'da verilmiştir.

Çeltik köyü, Yenice ilçesinin 5 km güney batısında yer almakta ve mahallelerinin tamamı yamaçlara kurulmuştur. Bitki örtüsü oldukça sıktır. Heyelanlar köyün ormanla sınırlı

en üst kotlarından dereye kadar olan bütün alanları etkilemektedir (Şekil 11). Heyelanlı alanların eğimleri 19^0 ve 20^0'dir.

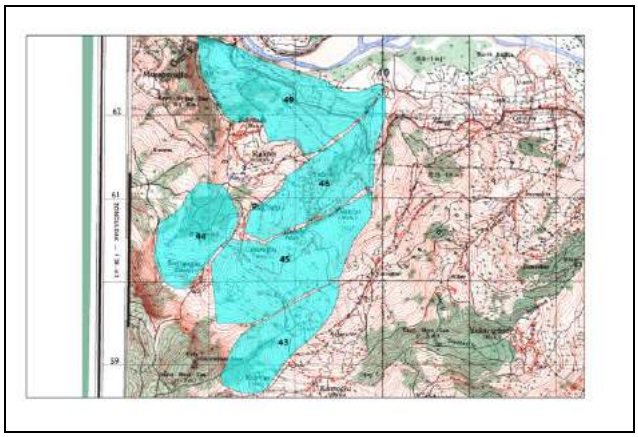


Şekil 10. Güney köyü heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.



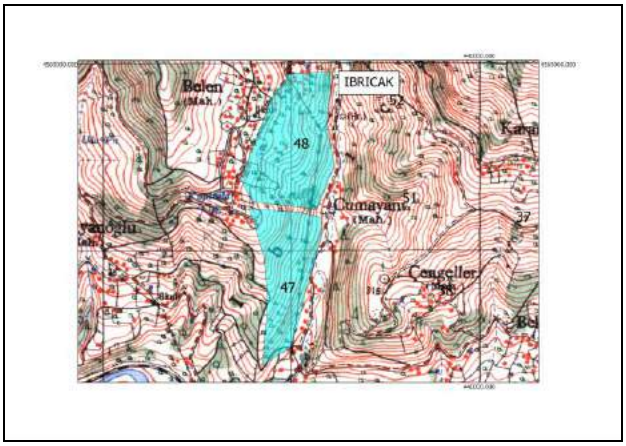
Şekil 11. Çeltik köyü heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.

Bağbaşı köyü, Yenice ilçesinin 5 km güney batısında yer alıp köyde Koymatlar mahallesi dışında kalan mahallelerde ikamet oranı oldukça düşüktür. Bitki örtüsü seyrektir. Köye ulaşımı sağlayan yolda birçok noktada kayma türü, ayrıca yolun alt ve üst kotlarında ise akma türü kütle hareketleri gözlenmiştir (Şekil 12).



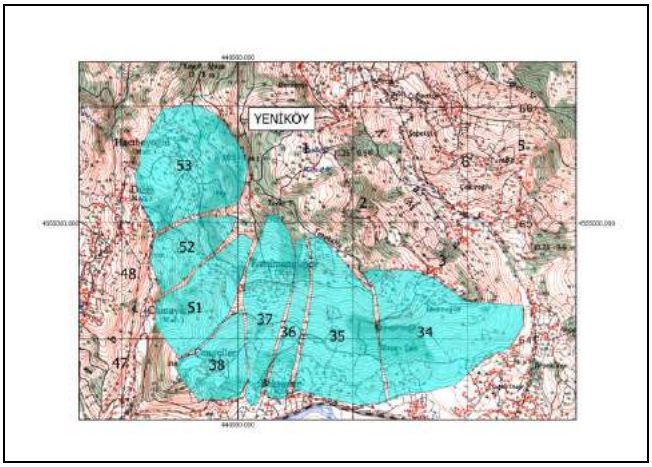
Şekil 12. Bağbaşı köyü heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.

Ibrıcak Köyü, Yenice ilçesinin 6 km batısında yer alır. Yerleşim yerlerinde bitki örtüsü oldukça seyrek olup diğer alanlarda yoğun bir bitki örtüsü bulunmaktadır. Sahanın Cuma deresine yakın olan bölümlerinde eğim artmaktadır (Şekil 13). Heyelanlı alanların eğimi 19^0-21^0 dir.



Şekil 13. Ibrıcak köyü heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.

Yeniköy köyü, Yenice ilçesinin 4 km batısında yer alıp mahallelerinin tamamı eğimli arazi üzerine kurulmuştur. Bitki örtüsü Göktaşlar, Balcılar, Cumayanı ve Karamanyanı mahallelerinde seyrektir ancak Hacıbeyler ve Yağbasan mahallelerinde oldukça sıktır (Şekil 14).

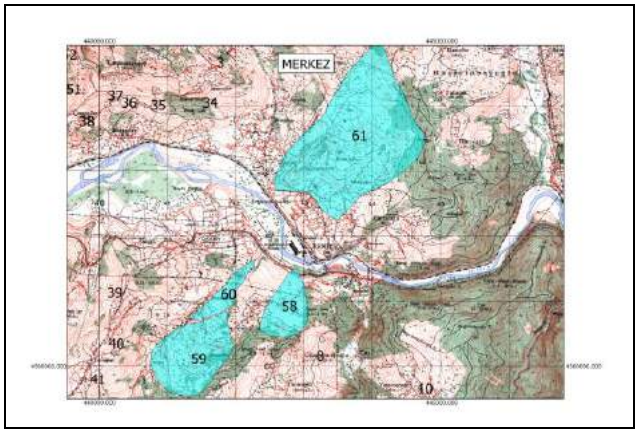


Şekil 14. Yeniköy köyü heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.

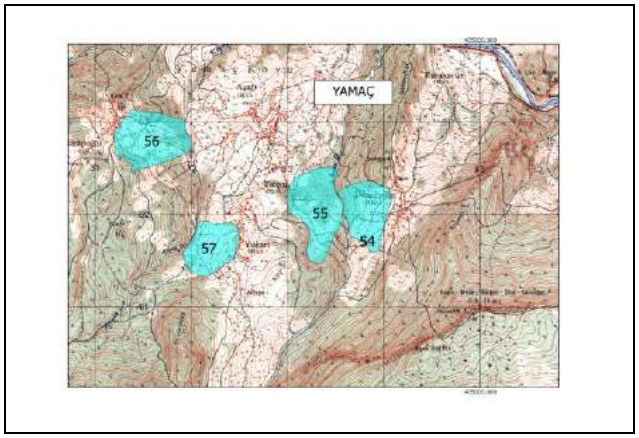
Yenice merkez mahalleleri genellikle Filyos çayı etrafında bulunan alüvyon zemin ve yamaç molozları üzerinde bulunmaktadır. Yapılan incelemelerde bu yerleşim yerlerinin çok eski heyelanlar sonucu oluşan az eğimli düzlükler üzerinde kurulduğu görülmüştür (Şekil 15).

Yamaç köyü, Yenice ilçesinin batısında yer almakta olup, jeolojik açıdan ele alındığında çalışma alanında bulunan diğer köylerden farklıdır. Köy alanı ve civarında genel olarak kumtaşı, silttaşı, kiltaşı, ardalanmasının hâkim olduğu volkanizmanın da eşlik ettiği Çaycuma formasyonu hâkimdir. Bunun dışında killi kireçtaşları, kumlu karbonatlar, çamurtaşları, marnlı türbiditler ve

volkanitlerden oluşan Akveren formasyonu (KTa) ve andezit, bazalt, tüf, aglomera ve volkanojenik kumtaşı ardalanmasından oluşan Yığılca formasyonu bulunmaktadır (Şekil 16).



Şekil 15. Merkez mahalleleri heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.



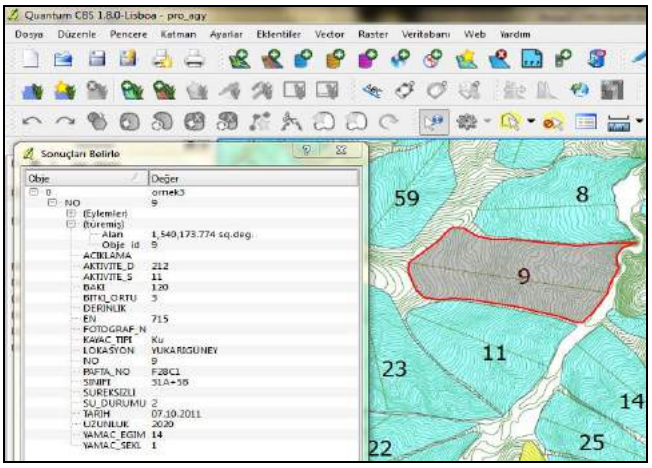
Şekil 16. Yamaç köyü heyelanlarının topoğrafik harita görüntüsü.

5. Heyelanların Değerlendirilmesi

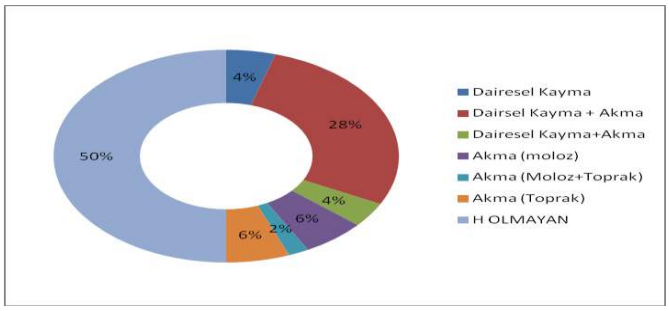
5.1 Heyelanların Sınıfları Açısından Değerlendirilmesi

İnceleme alanında kayma, akma ve düşme türü kütle hareketleri tespit edilmiştir. Bazı alanlarda kayma ve akma türü hareketler aynı anda gözlenmiştir. Kayma türü hareketlerden zemin kaymaları (heyelanlar) oldukça yaygın bir şekilde inceleme alanında mevcuttur. Bu nedenle, arazi çalışmalarında tespit edilen heyelanların özellikleri Quantum GIS ortamında heyelanlı sahalar çizilirken heyelan envanter çizelgesine girilmiştir (Şekil 17). Heyelanların sınıfları alansal olarak değerlendirilerek, Şekil 18'de grafik haline getirilmiştir.

İnceleme alanın %50'si kütle hareketleri içermeyen alan olarak belirlenmiştir. Bu alanlar Filyos çayının geçmişte meydana gelen sel afetleri sonucu yatağını değiştirerek geniş bir alüvyon yelpazesi bırakması sonucu oluşan düz alanlardır. İnceleme alanında en çok %28 oranında dairesel kayma ve akma tarzı kütle hareketlerinin birlikte görüldüğü heyelanlı sahalar mevcuttur. Jeolojik yapının bu tip heyelanların meydana gelmesinde öncelikli nedeni oluşturduğu gözlenmektedir [8]. Çalışma alanında geniş alanlarda yayılım gösteren Kretase yaşlı fliş serisi ile olistostrom tipi birimlerde bu tip heyelanları yoğun bir şekilde görmek mümkündür.



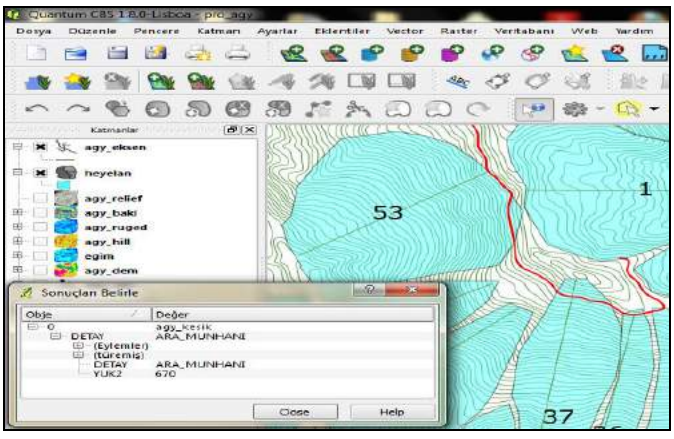
Şekil 17. Heyelan envanter girişi (9 nolu heyelan).



Şekil 18. Kütle hareketlerinin alansal dağılımı.

5.2 Heyelanların Kotlarına Göre Değerlendirilmesi

Çalışma alanında bulunan heyelanların üst kotları ve alt kotları Quantum GIS programı yardımı ile okunmuştur. Heyelanlı sahaların üst kotu ile sayısallaştırılmış eşyükselti eğrilerinin çakıştığı yerden kot okuması yapılmıştır (Şekil 19).



Şekil 19. Heyelan yükseklik değeri belirleme.

Şekil 19'da görüldüğü üzere 53 numaralı heyelanlı sahanın üst kotu 670 m olarak okunmuştur. Bu uygulama diğer tüm heyelanlar için yapılarak Excel tablolarına girilmiştir. Buradan kotlar 100 m'lik dilimlere ayrılarak sınıflama yapılmıştır (Çizelge 1). Çizelge 1 değerlendirildiğinde heyelanların üst kotunun genellikle 500–700 m yükseklikler arasında olduğu görülmektedir. Toplam belirlenen heyelanların taç kısmının %66'sının 500-700 m arasında olduğu görülmektedir.

Çizelge 1. Heyelanlı saha üst kot dağılım yüzdesi.

Yükseklik (m)	Adet	Yüzde (%)
300-400	5	8.19
400-500	7	11.47
500-600	16	26.22
600-700	25	40.98
700-800	7	11.47
800-900	1	1.63
Toplam	61	100

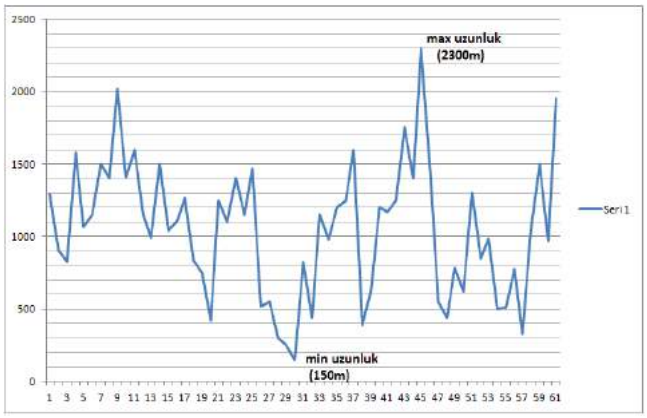
Heyelanlı sahaların alt kotları ile sayısallaştırılmış eşyükselti eğrilerinin çakıştığı yerden kot okuması yapılmıştır (Çizelge 2). Heyelanlı sahaların alt kotunun daha çok 100-300 m arasında olduğu görülmektedir. Bu kot aynı zamanda Yenice Çayı ve Filyos Çayı yatağının kotlarıdır. Sahada bulunan heyelanlar genellikle zeminin stabil hale gelebileceği çay yatağına kadar etkilidir.

Çizelge 2. Heyelanlı saha alt kot dağılım yüzdesi.

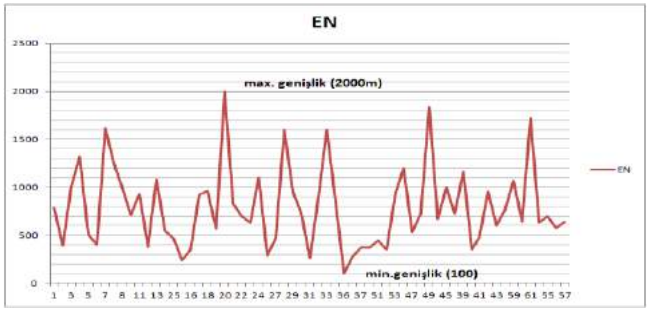
Yükseklik	Adet	Yüzdesi
100-300	19	31.14754
200-300	21	34.42623
300-400	13	21.31148
400-500	5	8.196721
500-600	3	4.918033
Toplam	61	100

5.3 Heyelanların Boyutlarına Göre Değerlendirilmesi

Heyelanlar ile ilgili elde edilen uzunluk ve en verileri Quantum GIS öznitelik çizelgesine girilmiştir. Heyelanların belirgin bir geometrik şekli olmadığından en iyi temsil edilecek yerden ölçümleri alınmıştır. Buna göre elde edilen veriler Excel ortamına aktarılarak Şekil 20 ve Şekil 21'de görülen grafikler elde edilmiştir. En uzun heyelanlı saha Bağbaşı köyünde bulunan ve Cıbıroğlu Mahallesinde kapsayan 45 nolu heyelanlı sahadır. En kısa olarak ölçülen heyelan Hisar köyünde bulunan 30 nolu heyelanlı sahadır. Genel olarak çalışma alnında heyelanların boyu 500-1500 m arasında yoğunlaşmaktadır. En geniş heyelanlı saha ise Hisar köyünde bulunan 20 nolu heyelanlı sahadır. En dar olarak ölçülen heyelan Hisar köyünde bulunan 36 nolu heyelanlı sahadır. Genel olarak çalışma alanında heyelanların eni 300-1600 m arasında yoğunlaşmaktadır.



Şekil 20. Heyelanlı sahaların uzunluk grafiği.



Şekil 21. Heyelanlı sahaların en dağılımı grafiği.

5.4 Heyelanların Eğim Açısından Değerlendirilmesi

Yenice ilçesi mahalle ve köylerinde tespit edilen heyelanların birbirleri ile eğim yönünden ilişkisi değerlendirilmiştir. Heyelanların eğimlerinin hesaplanması için eğim açısının saptanmasında Eşitlik 1'deki formül kullanılmıştır.

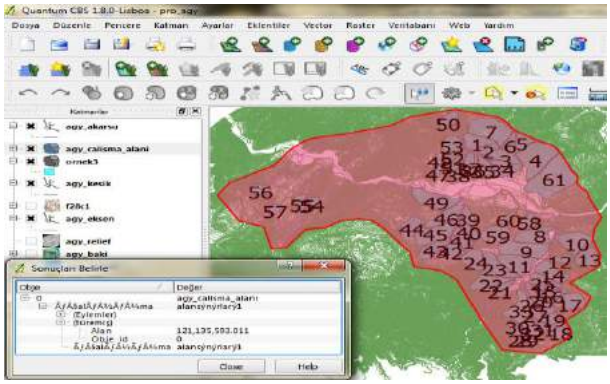
$$\text{Tan } \alpha = \text{yükseklik / yatay uzunluk} \quad (1)$$

Yükseklik değerinin belirlenmesinde Quantum GIS programı kullanılarak sayısal topoğrafik eğri verilerinden heyelanın sahanın üst kotundan yükseklik değeri okunmuştur. İki kot arasındaki fark h (yükseklik) değerini vermektedir (Eşitlik 2).

$$Z \text{ (en üst kot)} - Z \text{ (en alt kot)} = h \text{ (yükseklik)} \quad (2)$$

Elde edilen bu veriler Eşitlik 1'de yerine koyularak tanα değeri bulunmuştur. α değeri ise arctanjant ile hesaplanarak eğim açısı belirlenmiştir. Tüm heyelanların alanları belirlendikten sonra toplam çalışma alanından çıkartılarak heyelanlı olmayan bölgelerin alanları hesaplanmıştır (Şekil 22).

Çalışma alanı 121.135.593 m^2'lik alanı kapsamakta olup, 49.534.195 m^2 si heyelan olmayan saha, 71.601.398 m^2 si heyelanlı saha olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Heyelanlı sahaların eğimlerinin genel olarak 12^0–20^0 arasında olduğu görülmüştür. Buna göre 15^0 eğime sahip heyelanların adet bazında fazla olduğu görülmüştür. Genel olarak heyelanlar 14^0–20^0 eğimleri arasında yoğunlaşmaktadır (Çizelge 4).



Şekil 22. Çalışma alanı alan tespiti.

Çizelge 3. Heyelanlı saha eğim dağılım yüzdesi.

Eğim (^{0})	Alan(m^2)	Yüzde (%)
10	3061110	2.53
11	1039915	0.86
12	2487765	2.05
13	282081	0.23
14	3806343	3.14
15	12304189	10.16
16	4362513	3.60
17	3987768	3.29
18	929324	0.77
19	6073447	5.01
20	3032502	2.50
21	2100508	1.73
22	208561	0.17
23	753210	0.62
24	269842	0.22
H.Olmayan	49.534.195	40.89
Çalışma Alanı	121.135.593	100

Çizelge 4. Heyelanlı saha eğim frekans tablosu.

Eğim	Frekans	Kümülatif %
10	1	1.64
12	4	8.20
14	6	18.03
16	19	49.18
18	10	65.57
20	14	88.52
22	5	96.72
Diğer	2	100.00

6. Sonuçlar

Bu çalışmada Karabük ili Yenice ilçesi köy ve mahallelerinde meydana gelmiş ve gelme olasılığı yüksek olan kütle hareketleri incelenmiştir. Çalışma alanı için yapılan literatür araştırmaları kapsamında Karabük İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü kayıtlarında, Karabük ili Yenice ilçesi köy ve mahallelerinde bulunan konutların büyük bir çoğunluğunun heyelan afetinden etkilendiği ve Yenice Merkezinde bulunan 876 adet yeni afet konutlarına taşındığı görülmüştür. Heyelanlı sahalarda yapılan eğim analizlerinde sahaların genel olarak 16^0 eğime sahip olduğu belirlenmiştir. Eğimin fazla olduğu yerlerde heyelan olma riski olmasına rağmen düşük eğimli sahalarda da akma tarzı kütle hareketleri gözlenmiştir. İnceleme alanında en çok dairesel kayma ve akma tarzı kütle hareketlerinin birlikte görüldüğü belirlenmiştir. Çalışma alanının %40,89'unda heyelan olmadığı, %22,75'inde dairesel kayma ve akma tarzı heyelanın birlikte görüldüğü karmaşık, %3,75'inde dairesel kayma, % 6,41 akma tarzı kütle hareketlerinin olduğu görülmüştür. Heyelanlı sahaların 57 adedinin Ulus formasyonu üzerinde olduğu 4 adedinin ise Akveren, Yığılca ve Çaycuma formasyonları üzerinde olduğu belirlenmiştir. Bolu Granitoyidi üzerinde 2 heyelanlı alan gözlenmektedir. Ulus formasyonu kiltaşı, kumtaşı, silttaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Formasyon oluşumundan bugüne kadar geçen süreçte sürekli heyelanlara maruz kaldığından belirgin tabaka eğimi ve yönelimi bulunmamaktadır. Heyelanlı sahalar ile ilgili elde edilen veriler teker teker değerlendirildiğinde hemen hemen tüm özelliklerinin birbirlerine benzediği görülmektedir. Bu durumda heyelan oluşumda en etkin özelliğin jeoloji olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

[1] Soeters, R.S. and Van Westen, C.J., Slope instability recognition, analysis and zonation. In landslides: investigation and mitigation A.K.Turner and R.L. Schuster (eds.). Transportation Research Board, National Research Council, Special Report-247, National Academy Press, Washington DC, 129-177, 1996.

[2] Ercanoğlu, M. and Gökçeoğlu, C., Use of fuzzy relations to produce landslide susceptibility map of a landslide prone area (West Black Sea Region, Turkey), Engineering Geology, 75, 229–250, 2004.

[3] Hasekioğulları, G.D. and Ercanoğlu, M., A new approach to use AHP in landslide susceptibility mapping: a case study at Yenice (Karabuk, NW Turkey), Nat. Hazards 63:1157-1179, 2012.

[4] Ercanoğlu, M. and Gökçeoğlu, C., Assessment of landslide susceptibility for a landslide-prone area (north of Yenice, NW Turkey) by fuzzy approach, Environmental Geology, 41:720-730, 2002.

[5] Yenice Belediyesi, Yenice, www. karabukyenice.bel.tr. / karabukyenice (11.04.2015).

[6] Alan, İ. ve Aksay, A., 1/100000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları No:29 Zonguldak F28 Paftası, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2002.

[7] Yergök, A.F., Akman, Ü., Tekin, F., Karabalık, N., Arbas, A., Akat, U., Armağan, F., Erdoğan, K. ve Kaymakçı, H., Batı Karadeniz Bölgesinin Jeolojisi (II), MTA, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Ankara, 1989.

[8] Yiğittepe, A.G., Yenice Bölgesindeki (Karabük) Kütle Hareketlerinin İncelenmesi, BEÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak, 209 s, 2013.

KAYA DÜŞMESİ ÖNLEM ÇALIŞMALARINDA KİMYASAL KIRICI KULLANILMASI: ADATEPE KÖYÜ, SİVAS ÖRNEK ÇALIŞMA

USING CHEMICAL BREAKER ON ROCK PREVENTION STUDIES: CASE STUDY OF ADATEPE VILLAGE, SIVAS

İrfan DENİZLİ[1] Ali POLAT[2]

[1]Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, SİVAS, TÜRKİYE, E-posta: irfan.denizli@afad.gov.tr
[2]Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, SİVAS, TÜRKİYE, E-posta: ali.polat@afad.gov.tr

Özet

Çalışma alanı Sivas il merkezine 230 km, Divriği ilçesine 44 km mesafede, Adatepe Köyü'nün güney doğusunda yer almaktadır. Karasu ırmağı güneyinde 20º-30º eğime sahip yamaç üzerinde serbest halde bulunan, yaklaşık 57,5 ton ağırlığındaki kaya bloğu yerleşim alanı ve Sivas-Erzincan demiryolu hattı için tehlike arz etmektedir. Muhtemel kaya düşmesi riskini ortadan kaldırmak amacıyla bu çalışmaya ihtiyaç duyulmuştur. Adatepe köyü yamacında stabil durumda bulunmayan, blok halinde düşme potansiyeli bulunan kaya kütlesi çelik panel sistemi ile geçici olarak yerinde sabitlenerek kırma işlemi esnasında devrilme ve yuvarlanma tehlikesi ortadan kaldırılmıştır. Kaya bloğu güvenli hale getirildikten sonra üzerinde 10-15 cm arasında değişecek aralıklarla 20 mm çapında delikler açılmış ve kaya kırıcı kimyasal toz hazırlanarak deliklere yerleştirilmiştir. Kırma işlemi tamamlandıktan sonra kırılan parçalar ortamdan uzaklaştırılmış ve güvenli bir ortama istiflenerek kaya düşme riski ortadan kaldırılırmıştır.

Anahtar kelimeler: Kaya düşmesi, Kaya kırıcı kimyasal, Çelik panel ağ, Çatlatıcı toz (kalsiyum oksit),

Abstract

The study area is located to South West of Adatepe village which is away from 230 km Sivas city and 44 km Divriği county.
About 57,5 ton free rock block stuated on 20º-30º slope at the South of Karasu river poses hazard to settlement and Sivas-Erzincan rail line. This study aims to eliminate the potential risk of rock fall. The risk of falling unstable rock mass on the hillside of Adatepe village fixed temporarily in place with steel panel system to eliminate risk of tipping and Rolling during the breaking process. prepared rock breaker chemical powder put in to holes After make secured processing of rock block, drilled holes with 20 mm diametre and 10-15 cm variable space. Rockfall hazard is removed by the breaking processes and disintegrated rocks carried to safe place.

Keywords: Rockfall, rock breakers chemicals, steel panel network, cracker powder (calcium oxide)

1. Giriş

İnceleme alanı Sivas İlinin 230 km güney doğusunda ve Divriği İlçesinin 44 km doğusunda yer alan Adatepe köyünde yer almaktadır (Şekil 1). Yerleşim biriminin ortasından Karasu nehri geçmektedir. Muhtemel kaya düşmesi riski köyün güneyinde kalan yerleşim birimi içerisindedir. Adatepe köyünün güneyinde kalan bu bölgenin güneybatı yamaçlarında kayalık alanlar bulunmaktadır. Kireçtaşlarından oluşan bu kayalık alandan bloklar halinde kopmalar olmuştur. Kayalık alanda çok iyi gözlenebilen bir fay aynası bulunmaktadır. Faylanmaya bağlı olarak kireçtaşlarında süreksizlikler gözlenmektedir. Bu blokların düşme nedeni de muhtemelen faylanma ile ilişkilidir.

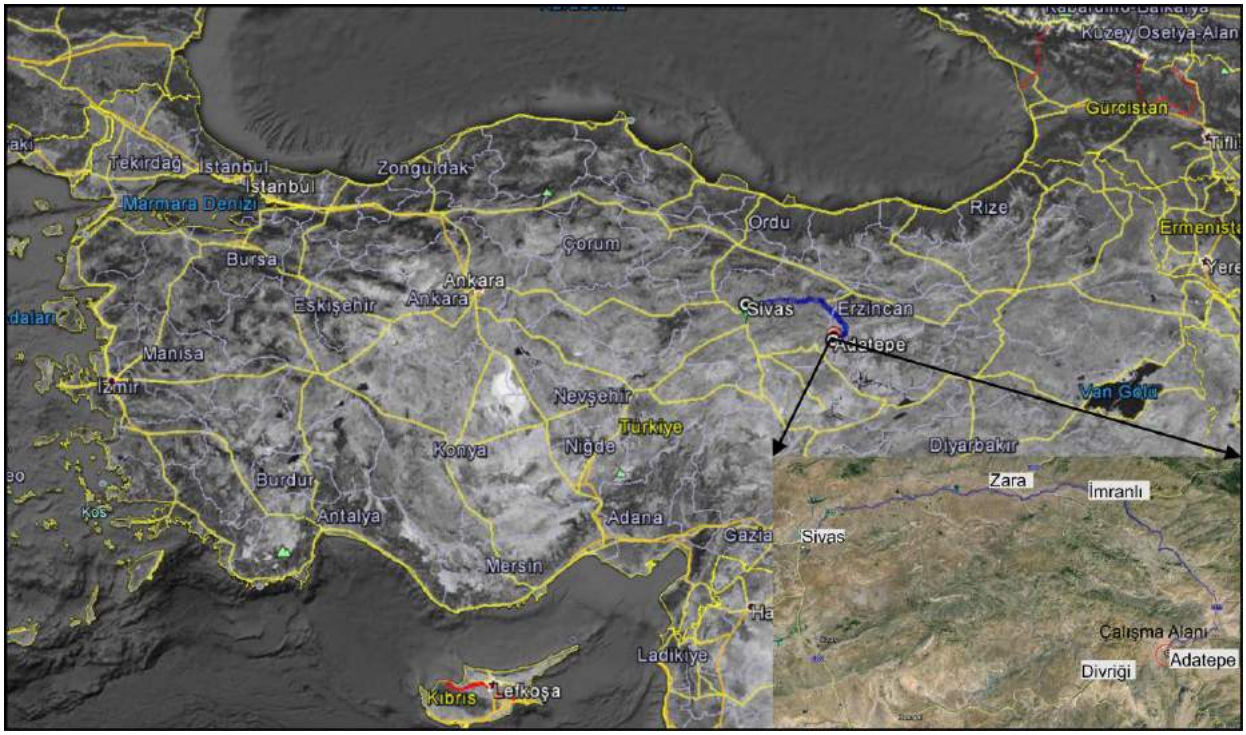
Yerleşim yerindeki konutlara 115 metre mesafede, 20º-30º eğime sahip yamacın yaklaşık tepe kısmında 23 m³ lük bir kireçtaşı bloğu bulunmaktadır (Şekil 2). Düşme riski bulunan bu kaya bloğu halatlar ile sabitlenmiş ve geçici çözüm üretilmiştir. Bloğun bulunduğu yamaç üzerinde yüzey sularından kaynaklı aşınmalar ve oyulmalar gözlenmiştir. Uzun vadede bu halatların kayacı tutamayacağı ve hareket edebileceği düşünülerek kesin çözüm üretilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Bu blok TCDD yol güvenliğini de tehdit etmekte olup yaklaşık 25 yıl önce TCDD kaya bloğunu çelik halatlarla bağlayarak bir önlem almıştır. Kaya bloğuna yaklaşık 10 metre mesafede, ray demirleri zemine çakılmış ve halatların ucu demirlere bağlanmıştır. Çelik halatların korozyona uğradığı görülmekte olup taşıma gücü hakkında herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır. (Şekil 3)

Kaya bloğunun tehlike arz ettiği ve bu konuda önlem alınmasıyla ilgili olarak Adatepe Köyü Muhtarlığı, farklı tarihlerde defalarca Divriği Kaymakamlığına çeşitli taleplerde bulunmuş ve herhangi bir sonuç alamamıştır. Farklı kurumlardan teknik personeller yerinde incelemelerde bulunmuş ve 25 yıl içinde herhangi bir sonuç alınamamıştır.

Bu çalışma ile kimyasal madde kullanılarak herhangi bir patlatma yapmadan, güvenli bir şekilde kaya bloğunun parçalanarak kırılması ve ortamdan uzaklaştırılması amaçlanmıştır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



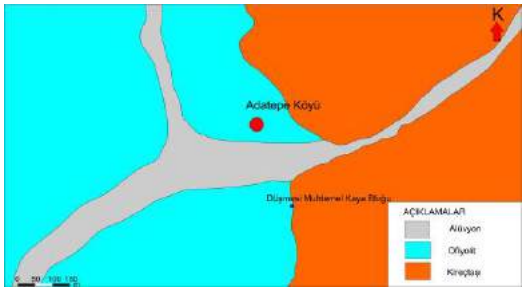
Şekil 1. İnceleme alanının yer bulduru haritası.



Şekil 2. Düşmesi muhtemel kaya bloğu.

2. İnceleme Alanının jeolojisi

Jeolojik birimler köyün doğu kesiminde kireçtaşları, batısında ofiyolitlerden oluşmaktadır. Karasu ırmağının yatağı ve çevresinde ise alüvyonlar bulunur. Muhtemel kaya düşmesinin gerçekleşeceği birimler kireçtaşıdır. Tabanda ofiyolitik kayalar gözlenmektedir (Şekil 3). Şev ofiyolitik kayalardan oluşmakta olup ofiyolitik kayaçlarla tektonik dokanaklı olan kireçtaşlarından blok halinde kopmalar olmuş ve yamaç üzerine düşmüştür.



Şekil 3. İnceleme alanının jeoloji haritası.

Yamacın hemen kuzey batısında bulunan kireçtaşlarında faylanma gözlenmiştir. Doğrultu atımlı bir fayı temsil

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

eden fay düzlemi çok net bir şekilde gözlenmekte ve muhtemelen düşen blokları harekete geçiren olayın da faylanma olduğu düşünülmektedir. Faylanmaya bağlı olarak ana kaya üzerinde süreksizlikler gözlenmiş ve bu süreksizliklerden kaynaklı, ilerleyen dönemlerde blok şeklinde düşme ihtimalinin olduğu tespit edilmiştir. Yamaç üzerinde bulunan bloğun tabanında erozyondan kaynaklı aşınmalar gözlenmiştir. İlerleyen dönemlerde bloğun tabanındaki aşınma miktarı artacak ve bloklar serbest hale gelebilecektir. Düz bir yamaç şekline sahip olan bloğun bulunduğu alanda düşme anında kayacın enerjisini sönümleyecek herhangi bir malzeme ve bitki örtüsü bulunmamaktadır.

3.1. Islah Çalışmaları

3.1.1. Kaya Düşme Tehlikesi Bulunan Bölgede Çalışma Güçlükleri

Karasu nehri Murat nehri ile birleşerek Fırat nehrini oluşturmaktadır. Karasu nehri Adatepe köyünün ortasından geçmekte ve köy yerleşimini ikiye bölmektedir. Kaya düşme riskinin bulunduğu alana geçebilmek için yalnızca Karasu nehri üzerinde yer alan köprü kullanılmaktadır. Köprünün genişliği 4 metre olup yolun kurp yarıçapı ve taşıma kapasitesi düşünüldüğünde iş makinelerinin geçişine izin vermemektedir. Çalışma alanı köyün güney yamacında kalmakta olup yol, su ve elektrik gibi altyapı imkanlarından yoksundur. Kaya bloğunun yuvarlanma güzergâhında 4 konut ve demiryolu hattı bulunmaktadır. 57,5 ton ağırlığındaki kaya bloğunun minimum 20° lik eğimli arazide en yakın meskene çarpma mesafesi olan 115. Metredeki maksimum toplam kinetik enerjisi 6000 KJ (kilo joule) olarak hesaplanmıştır.

Bu enerjiyi sönümleme kapasitesine sahip diğer önlem yapılarının (enerji sönümleyici çelik kaya bariyeri, gabion duvar, toprakarme sedde, betonarme istinat duvarı, çelik grid, çelik kompozit grid ve şev stabilitesi) ekonomik olmayacağı, sürekli bakım ihtiyaçlarının olacağı ve yapım güçlükleri nedeniyle ayrı ayrı analiz edilerek uygun yöntem konusunda bir değerlendirme yapılmış olup kimyasal madde kullanılarak parçalanmasına karar verilmiştir.

3.1.2. Kaya Bloğunu Yerinde Sabitleme İşi

Kaya bloğu üzerinde herhangi bir çalışma yapmadan önce kaya bloğunu yerinde sabitlemek gerektiği düşünülmüştür. Kimyasal madde kullanarak yapılacak olan kaya kırma çalışmaları esnasında, titreşim etkisi nedeniyle kaya bloğunun harekete geçerek yerleşim alanı üzerine doğru hareket etme ihtimaline karşı böyle bir önlem alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır.

Kaya bloğunu sabitlemek için galvaniz kaplı çelik paneller, çelik halat, ankraj bulonları ve epoksi kullanıldı. Çelik panelin gözenek açıklığının maksimum 30x30 cm olması ve daha büyük çapta bir kaya parçasının koparak tehlike yaratması engellenmiştir.

Panelin örüldüğü halatların minimum 10 mm çapında ve çelik özlü olması, 1770 N/mm² mukavemete sahip olması gerektiği hesaplandı. Ayrıca kullanılacak panellerin ISO 9001 kalite standartları altında üretilmiş olmasına da dikkat edildi.

Panelin oluşturduğu çelik halatın düğüm noktaları mukavemetlerini kaybetmeyecek şekilde klemensler ile sabitlenmiş olması ve panel imalatında kullanılacak halatların tümünün galvaniz kaplı olması düşünüldü.

Kaya parçasının hareketini önleyecek şekilde 12,5x12,5x0,8 cm ebatlarında yeterli sayıda levhalı somunlu tip ankrajlarla kimyasal epoksi kullanarak kaya zemine sabitlenme işlemi yapıldı (Şekil 4).

İlgili ankrajların boyunun minimum 75 cm uzunluğunda ve galvaniz kaplı olması ile kaya bloğunu güvenle taşıyacak sayıda, çapta ve derinlikte olması sağlandı.



Şekil 4. Çelik panelin zemine sabitlenmesi

HEA paneller ıslah edilecek kaya bloğu üzerine serilerek 10 mm kalınlığında çelik halatlar ile ana kayaya yeterli sayıda ankraj ile sabitlendi. Bu paneller yüksek dayanımlı halat ile baklava dilimi biçiminde örülerek üretilmektedir. Çelik halatların üst üste Bindiği noktalar 3,00 mm çapında çelik tel ile birbirine bağlanmaktadır [1]. Tel halat ve çelik tel standardı, Sınıf A (EN 10264-2)'dır [2].

HEA panel özellikleri:

Maksimum gücü transferi için çift düğüm bağlantısı,
Üstün çok yönlü gücü performansı için çok eksenli yapılandırma,
Kaya dekolmanı sınırlamak için yüksek sertlik,
Ağır dayanıklılık için galvanizli,
Düzensiz kaya şekilleri için uygun esnekliktedir
Diyafram Boyutu: 300 mm x 300 mm
Kablo Boyutu: 10mm
Panel Boyutu: 6m x 3m'dir.

3.1.3. Kimyasal Madde Kullanarak Kaya Parçalama

Kaya kırıcı, sessiz patlayıcı, genleşme basınç maddesi ve çatlatıcı toz ismiyle de bilinir. Patlamayan, gürültü yapmayan, darbesiz, kendiliğinden tutuşmayan, parlamayan, yanmayan, taş parçaları sıçratmayan tehlikesiz bir genleşme basınç maddesi olup piyasaya toz halinde sürülmüştür [3].

Kimyasal adı Kalsiyum Oksit olup kireç taşlarının yanması ile elde edilirler. Kimyasal Formülü CaO olan madde toz formunda, kahverengimsi bir renkte ve kokusuzdur. pH. değeri suyla birleştiğinde 13 e ulaşan

alkalik bir maddedir. Özgül Ağırlığı: 3,1 g/cm³ - 3,4 g/cm³ dolaylarındadır.

Kimyasal maddenin CAS Numarası 1305-78-8, EINECS Numarası 215-138-9, ONU Numarası 1910, İkincil maddeleri 65/548/CEE direktifine göre zararlı görülmemektedir. CAS numarası kimyasal bileşikler, polimerler, biyolojik dizinler, karışımlar ve alaşımlar için kullanılan tek tanımlayıcı (unique) sayılardır. Amerikan Kimya Derneği'nin (American Chemical Society) bir alt bölümü olan Chemical Abstracts Service (CAS), bu tanımlayıcı numaraları bilimsel literatürde tanımlanmış her bir kimyasal bileşik için verir [4].

Kimyasal maddenin diğer kullanım alanları;

• Çeşitli yıkım işlerinde
• Su altında kaya ve beton kırımında,
• Horasan kaya parçalanmasında,
• İnşaat hafriyatlarında,
• Yol hafriyatlarında,
• Kablo/Kanal çukurlarının açılmasında,
• Maden hafriyatlarında,
• Kayaların parçalanmasında,
•Betonarme veya taş/tuğla örme Köprü ayaklarının, kulelerin, duvarların yıkılıp kırılmasında,
• Temellerin parçalanmasında,
• Dalgakıranların parçalanmasında,
• Tuğla veya ateş tuğlasından yapılmış binaların yıkılmasında da kullanılabilir.

Yerinde sabitlenmiş kaya bloğu üzerinde 10-15 cm arasında değişecek aralıklarla matkapla 20 mm çapında delikler açıldı. Matkap boyunun delik çapının 10-15 katı olmasına dikkat edildi.

Açılan deliklere hazırlanacak olan kimyasal maddenin daha iyi doldurulabilmesi için deliklerin ıslatılması sağlandı. Deliklerin ıslatılma işleminde, deliklere su birikmesini önlemek için gerektiğinde hava sıkılarak bu suyun boşaltılması temin edildi.

Kaya kırıcı kimyasal toz kullanılmadan evvel büyük bir kap içerisinde %30 oranında temiz su ile karıştırılır. Önce büyük bir kap içine su doldurulur daha sonra toz kimyasal yavaş yavaş katılır. Kremsi bir bulaşım oluncaya kadar devamlı karıştırılır. Topakların oluşmamasına büyük bir özen gösterilmelidir. Hamur sert oldu ise homojen ve akışkan bir karışım elde etmek için % 5-10 kadar su ilave edip tekrar karıştırılır.

Kimyasal madde su ile karıştırıldığında ısı salar. Hızla ısınmadan dolayı, delikten tozların fışkırmasına neden olacak bir buharlaşma olabilir. Bu olay, delik çapının ve su sıcaklığının tarifelere uygun olmadığı zamanlarda görülebilir. İlk iki, üç saat içerisinde yüzünüzü deliklere yaklaştırmayınız, zira kullanma talimatına uyulmayan bazı durumlarda az da olsa malzemenin deliklerden fışkırması mümkündür. İşleme, karıştırma ve doldurma sırasında koruyucu gözlük, lastik eldiven ve kask kullanılmalıdır. Deriyle temasında derhal bol suyla yıkanmalıdır.

Bundan sonra karışım, 5-7 dakika içerisinde açılmış olan deliklere doldurulur. Yatay delikler malzemenin akabilmesi için hafif meyilli olarak açılmış olmalıdır (muhtemel taşmalar bir süngerle deliklere tıkılır). Delikler tıka basa doldurulmamalıdır. Doldurulmuş delikler kesinlikle kapatılmamalıdır. Açılan deliklere üst seviyeden 2-3 cm aşağıda kalacak şekilde doldurulacaktır. Yağmurda, su geçirmeyen bir örtü ile kapatılmalıdır.

Delik çapı ve çevre sıcaklığına uygun bir malzeme seçilmesine dikkat edilmelidir. Çalışma araç ve gereçleri ile karışıma girecek su kullanıma girmeden önce gerekirse soğutulmalıdır. Kaya kırıcı kimyasal madde piyasa da 6 farklı ambalaj renginde bulunmakta olup -5°C ile +70° C arasındaki hava sıcaklıklarında kullanılabilir [3].

Kaya bloğu üzerindeki deliklere doldurulan kimyasal madde yaklaşık 20-25 dakika sonra yoğun bir sıcaklığa geçerek içindeki suyu buharlaştırarak tekrar toz haline dönüyor ve o an itibarıyla 500-1000-1500-2000-2500-8000 ton/m² zamanla beraber basıncını arttırarak genleşme yoluyla kırma işlemi çok kısa bir sürede sessizce gerçekleşmiştir. İstenilen ebatta parçalanan kaya parçaları, panel ağ içerisinden çıkarılarak uygun bir alana istiflenmiştir. Yamaç üzerinde halatlar ile bağlanmış kaya bloğu sessiz, güvenli bir şekilde parçalanarak kaya düşmesi riski ortadan kaldırılmıştır. Şekil 5' de kaya bloğunun önceki konumu (a) ve parçalanarak taşındıktan sonraki yeri gösterilmiştir (b).



Şekil 5. a) Kaya bloğunun kırılmadan önceki durumu, b) Kırılan kaya bloğunun yeri.

4. Sonuç

Sivas İli Divriği İlçesi Adatepe Köyünün güney yamacında bulunan, yerleşim alanı ve demiryolu güzergâhı için tehlike oluşturan 23 m³'lük (57,5 ton) tek parça halindeki kaya bloğunun ilk etapta çelik paneller ve ankraj bulonlarıyla devrilme riski önlenmiştir. Yerleşim yerlerine olan uzaklığından dolayı bu önleme ihtiyaç duyulmuş olup blok güvenli hale getirildikten sonra kaya kırıcı kimyasal madde yardımı ile parçalanarak bölgeden uzaklaştırılmış ve düşme riski ortadan kaldırılmıştır.

Bu çalışmada kaya ıslahı için kimyasal madde kullanılmasının amacı; Bu enerjiyi sönümleme kapasitesine sahip diğer önlem yapılarının ekonomik olmayacağı, sürekli bakım ihtiyaçlarının olacağı ve yapım güçlüklerinin bulunmasıdır. Kaya bloğunu parçalarken herhangi bir patlama meydana gelmemektedir. Kimyasallar yardımıyla sessiz ve kontrollü bir işlem gerçekleşmektedir.

Netice itibariyle yerleşim alanlarına yakın ve eğimli bir arazi üzerinde bulunan, düşme riski oluşturan kaya bloklarının kimyasallar ile parçalanması güvenli,

ekonomik, uzun ömürlü, sessiz bir yöntem olup rahatlıkla kullanılabilir.

Kaynaklar

[1] http://www.teknomaccaferri.com.tr
[2] Türk Standardı (direktif: 2006/42/EC) TS EN 12385-2+A1 Çelik tel halatlar
[3] http://www.chimicaedile.it
[4] Kimyasalların envanteri ve kontrolü hakkında yönetmelik (resmi gazete tarihi: 26.12.2008 resmi gazete sayısı: 27092 mükerrer)

HEYELAN OLUŞAN ALANLARIN İSKANA KAPATILMA GEREKLİĞİNE BİR ÖRNEK (KURTULUŞ MAHALLESİ)

A SAMPLE ABOUT THE NECESSİTY OF CLOSİNG LANDSLİDE SİTES TO SETTLEMENT (KURTULUŞ NEİGHBORHOOD)

Savaş SÜRÜL
İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Karabük, Türkiye, E-posta: sucuticera@hotmail.com

Özet

Heyelan olayı meydana geldikten sonra bu bölgeler yapılaşma ve iskana kapatılmalı, denetim mekanizması iyi bir şekilde çalıştırılmalıdır. Ancak ülkemizde heyelanlı alanlar belirlenip iskana kapatılsa dahi özellikle sosyo-ekonomik durumdan dolayı insanlar yasak alanlara yerleşmekte ve bu tür bölgelerde yaşamlarını devam ettirmeye çalışmaktadırlar. Heyelan potansiyeli eğim, litoloji ve iklim gibi faktörlerin etkisiyle meydana gelmektedir. Heyelan potansiyeli yüksek olan alanlar heyelan tekrarı oluşturabilmektir. Karabük ilinde bulunan Kurtuluş Mahallesi de geçmişte heyelan olayı yaşamış ve iskana kapatılmıştır. Fakat iskana kapatıldığı halde heyelanlı alanda insanlar yaşamaya devam etmiştir ve heyelan tekrarına maruz kalmıştır. Bu çalışma heyelan alanlarının iskana kapatılmasına bir örnek olarak hazırlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Heyelan, İskan, Afet Bölgesi.

Abstract

After the landslide occured, these sites should be closed to structring and settlement, inspection mechanism sholud be activated efficiently. But in our country especially because of social economical conditions, people setle and try to continue their living on banned sites seven if these sites are identified and closed to settlement. The potantial of landslide is raising with the effects of slope, lithology and climate conditions. The sites with a high potantial of landslide may cause recurring landslides. Karabuk Kurtuluş Neighborhood has experienced landslide and closed to settlement in the past. Although it is closed to settlement, people continued to live on this site and undergone landslide again. This work was prepared as an example of clasing landslide sites to settlement.

Keywords: Landslides, Housing, Disaster Zone.

1. Giriş

Dünyada afetsel olaylara bakıldığında deprem, sel, heyelan, çığ, fırtına gibi olaylar toplumsal mekanizmada ilk akla gelen olaylardır. Türkiye'de ise deprem, sel, heyelan ve çığ daha etkili doğal afet olaylarıdır. Çığ özellikle doğu illerimizde meydana gelmektedir.

Türkiye'yi tehdit eden doğa afetleri arasında sel ve depremlerin ardından 3. sırada heyelan gelmektedir. Heyelanların oluşabilmesi için yükselti, eğim, eğim yönü (bakı), litoloji ve yağış etkenlerinin olması gerekmektedir. Özellikle etkenler arasında yağış gelmektedir. Heyelanlar konusunda günümüze kadar elde edilen bilgi ve deneyim, kütle hareketlerinde en önemli tetikleyici etkenin yağışlar olduğunu göstermiştir. Yapılan çalışmalar yağışların heyelanları tetiklediğini göstermesi yanında, yağışın sürekliliğinin ve şiddetinin de duraylılıkta önemli rol oynadığını göstermiştir [1]. Karabük, kütle hareketleri açısından incelendiğinde heyelan potansiyeli yüksek bir ilimizdir. Özellikle Yenice İlçesi Batı Karadeniz'de heyelan oluşumunda 1. sırada yer almaktadır.

2. Heyelan Olan Veya Olabilecek Alanların Kapatılması

Heyelanlar, yıkım ölçüsünde can ve mal kayıplarına yol açabilmektedir. Heyelanların neden olduğu can kayıplarının, ekonomik olarak ölçülebilmesinin olanağı yoktur. Kaldı ki yalnızca alt ve üst yapı yatırımlarında, parasal zarara yol açan heyelanlarda bile doğrudan ve dolaylı ekonomik kayıpların değerlendirilebilmesi çok güçtür. Birçok yörede heyelana duyarlı alanların kullanıma açılması kentsel planlarda yasaklanmıştır [7]. Heyelanlar eğimli yerlerde olduğu gibi kayan kütlenin topuk kısmı düz alanlara kadar uzanabilmektedir. Kayan kütle üzerindeki tüm malzeme hareket edebilmektedir. Hareket durduktan sonra bile zemin üzerinde oturmalar devam edebilir. Hatta aktifliğini yitirmiş heyelan günün koşullarına göre tekrar aktivite kazanabilmektedir.

Özellikle eski heyelanların aşırı yüklenmesi sonucu, günümüzde Avcılar Balaban, Çukurlar, Pekmez ve Yakuplu heyelanları tekrar aktif hale gelmiştir. Bu nedenle eski heyelanların olduğu alanlar, uygun mühendislik çözüm yöntemleri uygulanmadan yeni yerleşim yerleri olarak kullanılmamalıdır [2]. Heyelanlar afet kapsamına alınabilir. Heyelanların dışında da afet kapsamında alınabilecek doğa olayları vardır. İnsanların yaşam alanlarında ve bu yaşam alanlarını etkileyebilecek deprem, sel, heyelan, kaya düşmesi, çığ ve benzeri doğa olaylarının yaşandığı alanlar belirlenir ve bu alanlar yapılaşmaya kapatılıp afet kapsamına alınabilir. Afetlere uğramış ve uğrayabilecek alanlar, İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü teknik

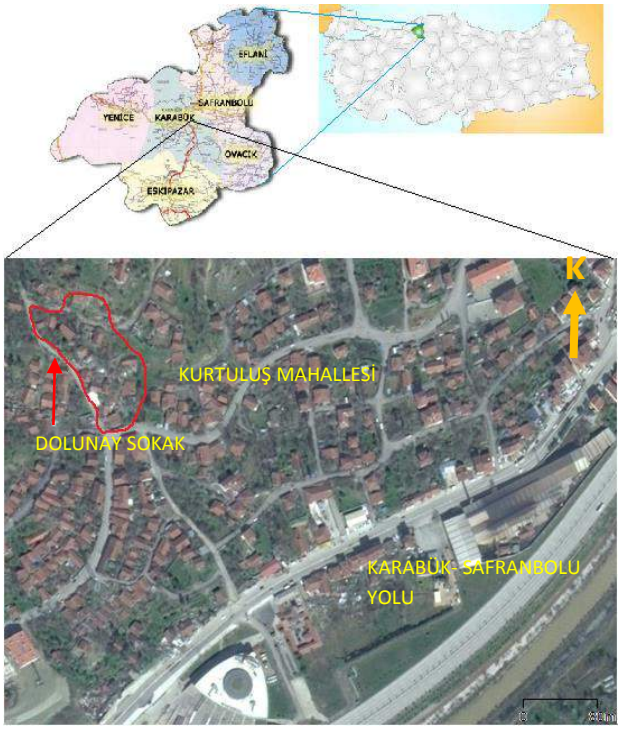
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

elemanlarınca tespit edilir ve afete maruz bölge kararı alınması gerekliliğinde bahsedilen raporlar hazırlanır. Bu raporlarda belirlenen alanlar, AFAD Başkanlığın teklifiyle Bakanlar Kuruluna sunulur ve Bakanlar Kurulu Kararı alınarak Afete Maruz Bölge (AMB) olarak adlandırılır.

3. İnceleme Alanı

3.1 İnceleme Alanı

Kurtuluş Mahallesi, Dolunay Sokak, Karabük şehrinin kuzeydoğusunda, Esentepe mahallesinin güneyinde olup, Araç Çayı'nın kuzeyinde yer almaktadır (Şekil 1). Ulaşım karayoluyla sağlanmaktadır.



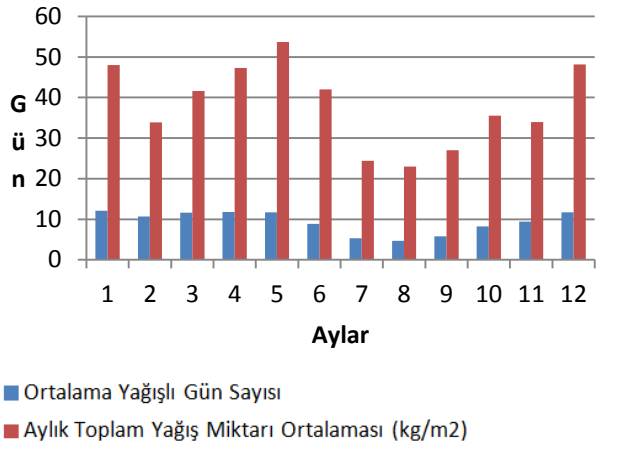
Şekil 1. Kurtuluş Mahallesi yerbulduru haritası.

3.2 İklim

Batı Karadeniz Bölümünde yer alan Karabük'te kısmen Karadeniz ikliminin özellikleri görülmektedir. Yalnız Karabük, kıyıdan içeride kaldığı için, Karadeniz'in nemli havasından yeterince yararlanamamakta, karasal iklimin özellikleri daha ağır basmaktadır. Karadeniz ikliminden karasal iklime geçiş sahasındaki Karabük'te geçiş tipi iklim etkili olmaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.20 ^{0}C'dir. En soğuk ay olan Ocak'ta ortalama 2.60 ^{0}C, en sıcak ay olan Temmuz'da 23.10 ^{0}C, sıcaklık vardır. Ortalama yıllık amplitüd ise 20.50 C'dir. Şu ana kadar ölçülen en yüksek sıcaklık 11 Ağustos 1970'de 44.10 ^{0}C'dir. En düşük sıcaklık ise 25 Ocak 1974'de -15.10 ^{0}C olarak ölçülmüştür [9].

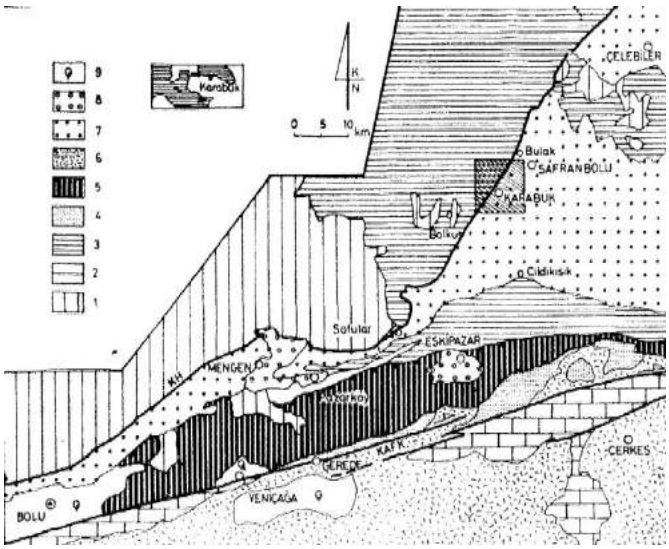
Kütle hareketleri incelendiğinde iklim ve özellikle de yağışlı aylar önem kazanmaktadır. Dolayısıyla Karabük İli'nde hangi mevsim ve aylarda yağışların arttığını ve azaldığını bilmek gereklidir (Çizelge 1).

Çizelge 1- 1950 ve 2014 yılları arasında gerçekleşen en yüksek ve en düşük yağış değerleri [9].



3.3 İnceleme Alanı Jeolojisi

Karabük İli ve yakın dolaylarında Üst Mesozoyik, Alt Tersiyer ve Kuvaterner yaşlı kayaların yer aldığı görülür. Üst Mesozoyik yaşlı kayalar genel olarak filiş fasiyesinde olup Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası'nın temelini oluşturur. Genel olarak havzanın içinde Alt Lütesiyen yaşlı (silttaşı, kiltaşı, marn) Nummulitesli kumlu kireçtaşı ve Kuvaterner yaşlı, iki ayrı dönemde oluşmuş akarsu taraçaları görülür [6]. Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası ve yakın çevresinin yalınlaştırılmış bölgesel jeoloji haritası (Şekil 2). 1.Jura öncesi yaşlı metamorfitler ve sokulum kayaları; 2. Jura-Kretase yaşlı sedimenter istif; 3. Alt Kretase yaşlı filiş (Çağlayan Formasyonu); 4. Eosen yaşlı volkano-tortul istif; 5. Ofiolitik melanj (Anadolu Napı) 6. Kızılcahamam volkanitleri; 7. Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası tortulları; 8. Üst Tersiyer yaşlı karasal tortullar; 9. Alüvyon [5].



Şekil 2. Karabük-Safranbolu Tersiyer Havzası ve yakın çevresinin yalınlaştırılmış bölgesel jeoloji haritası [5].

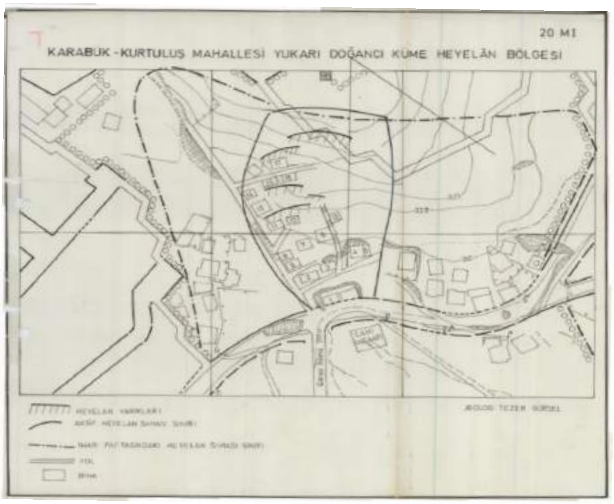
3.3.1 Kurtuluş Mahallesi Jeolojisi

Kurtuluş Mahallesi topoğrafik olarak G-GD yönünde 40-45 derece meyilli olan bir arazi üzerindedir. Evler kalınlığı yer yer 1,5 ile 2 metre arasında değişen bir yamaç molozu üzerinde inşa edilmiştir. Bu yamaç molozu kil-marn-kumtaşı ve kireç taşlarının sıkılaşmamış çakıllarını ihtiva etmektedir. Bunların altında ince sarımsı renkli kil ve şeylere rastlanmaktadır [3].

3.4 Kurtuluş Mahallesi Afet Durumu

Kurtuluş Mahallesi 1963 tarihli raporda anılan Yeşil Mahalle ile bağlantılıdır. Bu alan gerek topoğrafik gerekse de jeolojik koşulların olumsuzluğu nedeniyle heyelana müsait bir alan olup bunun yanı sıra gecekondu biçiminde gelişigüzel konut yerleştirilerek zemin koşulları zorlanılmıştır [4]. 16.09.1963 tarihli Ahmet TABBAN'a ait imar planına esas olacak jeolojik raporda yapı için yasaklanan gerekse de 31.12.1969 tarihli jeolog M. ZORALİOĞLU tarafından düzenlenen şehircilik raporunda sınırlanıp yerleşime kapatılması belirtilen bu sahada yeni yapı yapılmasına kesinlikle izin verilmemeli bu arada bahçelerde fazla su ihtiyacı olan sebze türlerinin ekimine de engel olunmasından bahsedilmiştir [4].

Kurtuluş Mahallesi'ndeki heyelan, yağmur suları ve fosseptiklerden sızan sularla iyice doygun hale gelen yamaç molozunun alttaki geçirimsiz kil ve şeyler üzerinde kalmasıyla meydana gelmiştir. Topoğrafik meylin çok, yamaçların bitki örtüsünden yoksun olması, hareketi kolaylaştırmıştır. Bu kayma neticesinde ekli haritada(Şekil 3) işaretli sahada geniş heyelan yarıkları oluşmuş ve iki ev yıkılmıştır. Diğer evler ise ağır hasar gördüklerinden oturulamayacak hale gelmişlerdir. Buradaki heyelanın tedbirlerle önlenmesi ekonomik görülmemiştir [3].



Şekil 3. Kurtuluş Mahallesi heyelan bölgesi [3].

Karabük Belediyesi tarafından Yücel Müşavirlik ve Mühendislik'e 1991 yılında Karabük Şehrinin Zemin Etüdü Raporu hazırlatılmıştır. Raporda; yapılaşmaya elverişsiz alanlar, sondaj yapılması önerilen ve ayrıntılı etüt gerektiren alanlar, Koşullu yerleşime açılabilecek alanlar, yapı yasak alanlar belirlenmiştir.
Hazırlanan raporun ekli harita paftalarında sınırları belirtilen aktif heyelan bölgeleri aynen kabul edilmiş ve afet bölgesi olarak ilan edilmesinin uygun bulunduğundan bahsedilmektedir.

Karabük Belediyesi'nce hazırlatılan raporun 17.09.1992 tarihli ve 3525 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı bulunmaktadır. Bu rapora göre Kurtuluş Mahallesinde sınırları belirtilen alan "Afete Maruz Bölge (AMB)" ilan edilmiştir.

Önceki çalışmalarda da görüldüğü üzere Kurtuluş Mahallesi yerleşim açısından uygun bulunmamış olup heyelanlı bölge olarak belirlendiğinden 1991 tarihli rapora göre AMB kararı alınmıştır. AMB kararı alınan alanlar, yapılaşma ve iskana yasaklanmış alanlardır. AMB kararı heyelan ya da diğer afet türlerine maruz kalan alanlar için alınabilmektedir. AMB kararı yürürlüğe girdikten sonra bu bölgeler boşaltılması gerekmektedir. Çünkü bu bölgelerde tekrar aynı afet türlerinin gerçekleşebilme ihtimali vardır ve gerçekleşen afet neticesinde bu bölgeler güvenli yaşanacak alan dışında kalmaktadır.

3.4.1 Kurtuluş Mahallesi Heyelan Tekrarı

Kurtuluş Mahallesinde 44 yıl sonra 04.03.2015 tarihinde 1971 raporunda sınırları belirlenen ve AMB kararı alınmış aynı alan içerisinde heyelan tekrarlamıştır. Tekrarlayan heyelan sırasında Kurtuluş Mahallesinde heyelan sınırları içerisindeki alanda ikamet edildiği görülmüştür. Yapılan incelemelerde Afete Maruz Bölge içerisinde kalan alanda 23 konut bulunmaktadır. Bu konutların 14'ünde ikamet edildiği gözlenmiştir. Heyelan sonrasında binalar boşaltılmış ve vatandaşların belirlenen heyelan sınırları içersinde kalmadığı tespit edilmiştir.

Toprak kaymasının gerçekleştiği alanın üst kotunda eski su deposu bulunmaktadır. Su deposundaki, su çıkışı sonucu zemin altına giren su, zeminde zayıf zonlar oluşturarak stabiliteyi bozmuştur. Zeminin zayıflaması ve suyun da zemine kattığı ağırlıkla birlikte 40-45 derece eğim yönünde akmalar meydana gelmiştir. Su deposunun alt kotunda bulunan yolda gerilme çatlakları ve oturmalar gözlenmiştir. Bir evde de yamaç yönündeki yükü taşıyamadığından bina içine moloz girişi olmuştur [8].

Ayrıca 2 adet ev ve 3 adet depo yıkılmıştır. Bunlardan bazıları Fotoğraf 1 ve Fotoğraf 2' de görülmektedir.



Fotoğraf 1. AMB'nin Kuzey tarafından bir görünüm.

Heyelan sonrasında bölge tekrar incelenmiştir. İnceleme sonucunda AMB sınır komşusu olan iki adet binanın yamaç kısmına bakan duvarlarında nemlenmeler ve tretuvarlarında çatlaklar gözlenmiştir (Fotoğraf 3). Bunun nedeni de heyelanın tepe noktasının daha üst kotunda bulunan su deposu borularından su kaçağının devam etmesi olmuştur (Fotoğraf 4).



Fotoğraf 2. Heyelanın tepe noktasına yakın bir yerden görünümü.



Fotoğraf 3. Heyelan sonrası AMB sınırı dışındaki tretuvarda çatlaklar.



Fotoğraf 4. Bölgedeki su varlığı gösteren yamaçtaki su çıkışı.

4. Sonuç ve Öneriler

Kurtuluş Mahallesi topoğrafik olarak 40-45 derece eğimli bir yapıdadır. Litoloji ise zemin suyunun rahatça ilerleyebileceği killi-siltli akarsu çökeli içeren bir birimdir. Bölgedeki su deposundan kaynaklanan yüksek kottaki su zemin içine sızarak yamacın duraylılığını bozmuş ve heyelan meydana gelmiştir.

Geçmişte heyelanlı saha olarak belirlenen alanın iskana yasak alan olmasına rağmen bu alan üzerindeki yapılarda vatandaşlar yaşamaya devam etmiştir. Tekrarlayan heyelan sonrası bölgedeki binalarda hasar oluşmuş ve konutların bazıları oturulamayacak halde zarar görmüştür. Heyelan oluşabilmesi için gerekli şartların yükselti, eğim, eğim yönü**,** iklim etkenleri olduğu bilinmektedir. Bu etkenler bir araya geldiğinde heyelanlı sahalar oluşabilmektedir. Heyelanlı kütle hareketi gerçekleştiğinde yüzeyde kayan, hareket eden kütlede bozunmalar olmakta ve zemin taneleri arasında birbirini tutan dayanım düşmektedir.

Sonuçta hareket eden kütle eski kütleye (heyelan hareketinden önceki) göre daha az dayanımlı olmaktadır. Gerekli şartlar sağlandığında ise zeminin yeterli miktarda su ile buluşmasıyla tekrar hareket edebileceği yani heyelan oluşturabileceği görülmüştür.

Heyelan olayının gerçekleştiği alanlar iskana kapatıldığı halde kontrolsüz (denetimsiz) yerleşme sonucunda bu tür bölgelerde insanlar yaşamaya devam etmektedir. Özellikle bu bölgelerde yaşayanların sosyo-ekonomik şartları yeterli olmadığından bu bölgeleri tercih etmektedirler.

Bu tür bölgelerde gerekli denetimler daha sık yapılmalı ve elektrik su gibi yaşamsal ihtiyaçlar bölgeye ulaştırılmamalıdır.

Afet olayı yaşandığında vatandaşlar evlerinden çıkarıldıktan sonra heyelanlı alan (AMB kararı alanın alan) içerisindeki konutlar yıkılmalıdır ve iskana kapatılarak daha sıkı denetim yapılmalıdır.

Kaynaklar

[1] Akçalı, E. ve Arman, H. Yağış Eşiği Bazlı Heyelan Erken Uyarı Sistem Önerisi: Trabzon İli Örneği, İMO Teknik Dergi, 6307-6332, Yazı 396, 2013.

[2] Dalgıç, S., Turgut, M., Kuşku, İ. Büyükçekmece İle Küçükçekmece Arasındaki Heyelanların Oluşmasında Hazırlayıcı Ve Tetikleyici Parametrelerin Değerlendirilmesi. Uygulamalı Yerbilimleri, Sayı 2, 56-73, Ekim-Kasım, 2010.

[3] Gürsel, T. Jeolojik Etüt Raporu, Kurtuluş (Yukarı Doğancıküme), Karabük-Zonguldak, 4, Haziran 1971.

[4] İbişoğlu, Y., Artaş, A., Akın, D., Tutal, M., Tarama Etütü Raporu. Yk Doğancıküme (Kurtuluş), Çamdibi Küme, Yeşil Mah., Karabük-Zonguldak, 5, Mayıs 1983.

[5] Koçyiğit, A. Karabük-Safranbolu Tersiyer havzası kuzey kenarının stratigrafisi ve niteliği, Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, C. 30, 61-69, Şubat 1987.

[6] Köksal, A., ve Akbulut, Ö. Karabük Şehrinin Zemin Etüt Raporu, Yücel Müşavirlik ve Mühendislik, 136, Mart 1991.

[7] Öztürk, K. Heyelanlar ve Türkiye'ye Etkileri, G.Ü Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Cilt 22, Sayı 2, 35-50, 2002.

[8] Sürül, S. ve Köksal, P. Jeolojik Etüt Raporu, Kurtuluş Mahallesi, Merkez-Karabük, 3, Mart 2015.

[9] URL -1 (2015) http://www.mgm.gov.tr/ verideger lendirme /il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KARABUK, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Resmi İstatistikler (İl Ve İlçelerimize Ait İstatistiki Veriler) Erişim Tarihi: 20 Kasım 2015.

KAYA DÜŞMESİ RİSK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ İLE BELİRLENMESİ: BURDUR İLİ ÖRNEĞİ

DETERMINING THE ROCKFALL HAZARD ZONES WİTH GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS: A CASE STUDY IN BURDUR PROVINCE

Kerem HEPDENİZ[a], İ. İskender SOYASLAN[a] ve Ahmet SAĞDIÇ[b]
[a] 1Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, Türkiye, E-posta: khepdeniz@mehmetakif.edu.tr
[b] AFAD İl Müdürlüğü, Burdur, Türkiye.

Özet

Doğal afetler sınıfında yer alan kaya düşmesi, ayrık kaya kütlelerinin eğim yönünde kayma, devrilme veya düşmesi olarak tanımlanır [1] ve iri çakıl boyutundan 100 m3' lük kaya parçalarına kadar değişik boyutlarda olabilmektedir [2]. Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı tarafından ülkemizde son 50 yılda gerçekleşen afet profiline bakıldığında, yaklaşık 2956 kaya düşmesi olayının envanterde yer aldığı ve 19.422 kişinin ise bu olaylardan etkilendiği görülmektedir. Kaya düşmesi gibi ani gelişen doğa olaylarının önlenmesi mümkün olmamakla birlikte, potansiyel risk alanlarının ortaya çıkarılması ve bu tür afetlere karşı can ve mal kaybının en aza indirilmesi, kaya düşmesi gibi bir doğal tehlikenin afete dönüşmesinin önüne geçerek zararın en aza indirilmesini sağlayacaktır. Zarar azaltma, modern afet yönetiminin en önemli evresi olup, bu amaçla belirlenecek stratejiler, olası bir tehlike ile karşılaşılması durumunda ne tür risklerin olabileceğini ve bu tür risklerin önlenebilmesi için nelerin yapılabileceğini açıklar. Coğrafi Bilgi Sistemleri bölgesel tehlike analizleri ve afet yönetiminde etkin bir şekilde kullanılan önemli bir araçtır. Ancak kaya düşmesine etki eden faktörlerden süreksizlik düzlemlerinin yapısı, arazi boyunca değişkenlik göstermesi, kaya düşmesini tetikleyen yağış ve deprem gibi doğa olaylarının zamansal ve şiddet açısından sınır değerlerinin belirlenememesi gibi etkenler nedeniyle, kaya düşmesi tehlike haritalarının tam da gerçeği yansıtacak şekilde belirlenebilmesi mümkün değildir. Yapılan bu çalışma ile; Burdur il sınırları içerisinde Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden yararlanarak oluşturulan kaya düşmesi duyarlılık haritalarının, arazi çalışmalarına ön bilgi sağlayarak, kaya düşme olasılığı yüksek olan alanların önceden belirlenmesi ve bu sayede arazi çalışmaları için işgücü, zaman ve ekonomik katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Kaya düşmesi, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Burdur, Afet

Abstract

Rock fall is classified as a natural disaster and it is defined as the slide, roll or fall of discrete rocks in the direction of slope [1] and this can be between big gravel and 100 m3 rock pieces, different sizes [2]. When we consider the disaster profile in our country prepared by Disaster and Emergency Situation Management Directorate for the last 50 years in Turkey; we see that the inventory includes 2956 rock fall events, affecting 19.422 people. The prevention of natural events such as rock fall is not possible; but revealing the potential risk areas would help to minimize the loss of life and property as a result of this disaster and therefore stop a natural disaster such as rock fall to turn into a disaster; thereby minimize the damages. Minimizing the damages is the most important phase of modern disaster management and the strategies to be determined for this purpose explains the types of risks that could be faced when confronting a possible danger and things to do in order to prevent these risks. Geographical Information Systems is an important tool which is effectively used for regional danger analyses and disaster management. But, due to the factors of structure of fugacity levels, the change it has throughout the surface, and not determining the limit values of natural events such as rainfall and earthquake that trigger the rock fall; it is not possible to determine the rock fall danger maps to reflect the real situation accurately. This study aims to provide preliminary information for rock fall sensitivity maps field studies created by Geographical Information Systems within the Burdur province; thereby, determining the areas with high possibility of rock fall and to provide contribution to field studies in terms of workforce, time and economy.

Keywords: Rockfall, Geographic Information Systems, Burdur, Disaster

1. Giriş

Heyelanlar ve kaya düşmeleri, kütle hareketleri içerisinde en yaygın olarak gözüken doğal afetlerdir. Ülkemizde 1900-2014 yılları arasında meydana gelen doğal afetler ve meydana getirdiği hasarlar açısından incelendiğinde, deprem ve selin ardından kütle hareketleri 3. sırada gelmektedir [3]. Sadece bu veri bile kütle hareketlerinin önemini istatistik açıdan ortaya koymaktadır. Kütle hareketlerinden doğacak zararların en aza indirilebilmesi için ise kütle hareketlerine duyarlı sahaların tespit edilmesi gerekmektedir.

Özellikle 1950-1960 yıllarından sonra nüfus ile paralel olarak artan yerleşim alanları, sanayileşme, yol güzergahlarının genişlemesi, azalan orman alanları, doğada zemin hareketleriyle birlikte can ve mal kayıplarının artmasına neden olmuştur. Kütle hareketleri içerisinde yer alan kaya düşmesi, dik ve dağlık eğimli arazilerde meydana gelen önemli bir jeomorfik süreçtir. Kaya düşmesinin başlamasına neden olan etkenler iklimsel, topografik ve bitkisel faktörlerin bileşimi olup, kayaçların parçalanması, eklem sistemlerinin gelişmesi, yağmur ile birlikte gelişen boşluk basıncının artması, soğuk

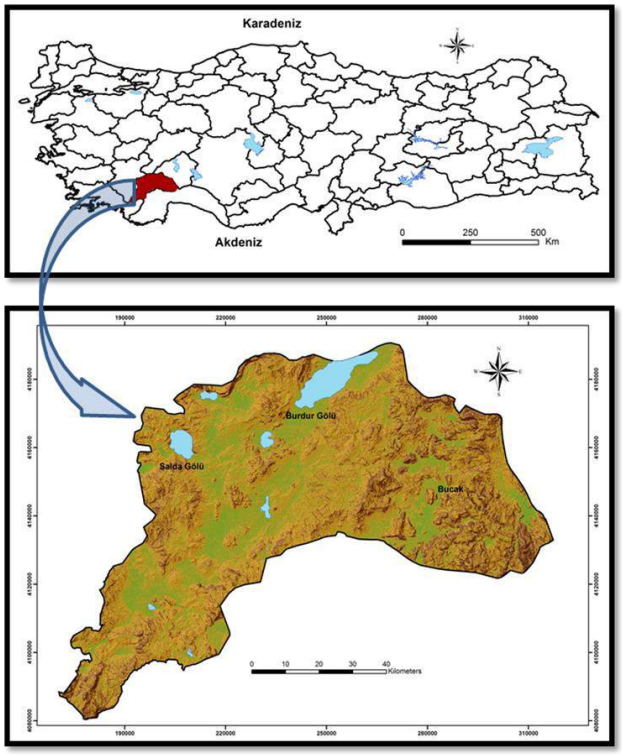
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

bölgelerde donma-çözünme süreci ve kayaçlardaki kimyasal parçalanma bu süreci hızlandırmaktadır [4].

1965 yılından günümüze kadar il sınırları içerisinde meydana gelen kaya düşmesi sayısı MTA' dan alınan envanter verilerine göre 23 olup, bunlardan 7 tanesi Bucak, 4 tanesi Çavdır, 4 tanesi Yeşilova ve 3 tanesi de Burdur il merkezinde meydana gelmiştir. Bu çalışmada CBS kullanılarak Burdur il sınırları içerisinde 1965 yılından günümüze kadar olan kaya düşmesi lokasyonları haritaya işlenmiş; eğim, bakı, litoloji, yol ağı gibi parametreler dikkate alınarak kaya düşmesi açısından riskli bölgeler belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Akdeniz Bölgesi içerisinde yer alıp kuzeyinde Afyon ve Isparta, güneyinde Antalya ve Muğla, batısında ise Denizli illeri ile komşudur (Şekil:1). 6887 km2' lik yüzölçümüne sahip il, ülke topraklarının %0.88' ini kaplamakta olup, merkez nüfusu 78.400; toplam il nüfusu ise 256.803' tür. İlde merkez ilçe ile birlikte Ağlasun, Altınyayla, Bucak, Çavdır, Çeltikçi, Gölhisar, Karamanlı, Kemer, Tefenni, Yeşilova olmak üzere toplam 11 ilçe mevcuttur.



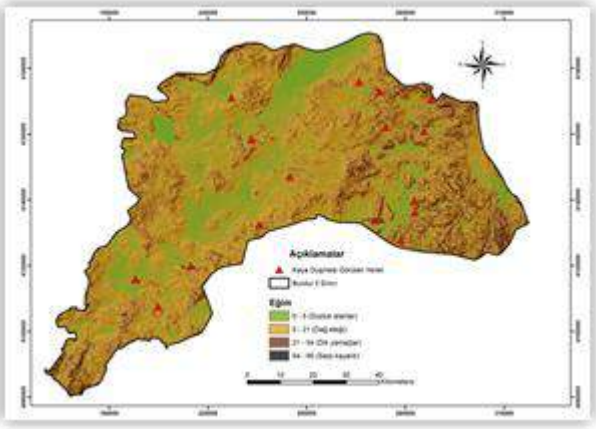
Şekil 1: Burdur İli yer bulduru haritası

3. Materyal Metot

Son 20 yılda gelişen Coğrafi Bilgi Sistemleri teknolojileri ile sayısal yükseklik modeli haritalarının (DEM) elde edilmesi sayesinde potansiyel kaya düşmesi alanlarının tanımlanmasında artış yaşanmıştır. Bununla birlikte bölgesel ölçekte kaya düşmesi kaynak alanlarının belirlenmesinde birtakım zorluklar yaşanmaktadır. Bu zorlukların başında ise potansiyel kaya düşmesi riski taşıyan alanlardaki kayaç süreksizliklerinin tanımlanması ve raporlanması gelmektedir. Bu sebeple kaya düşmesi riski taşıyan alanların CBS ortamında belirlenmesinin ardından, bu alanlarda yapılacak arazi gözlemlerine de ihtiyaç vardır.

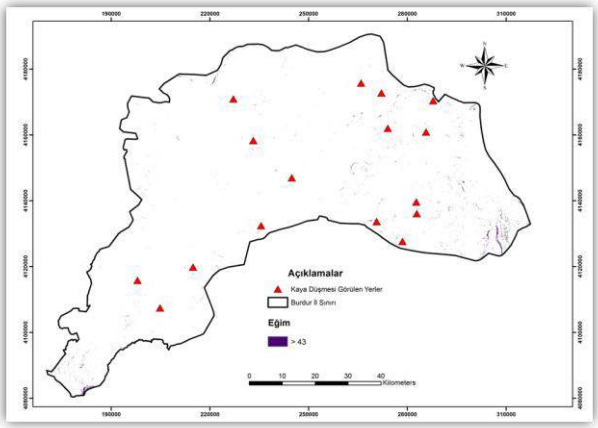
Yapılan çalışmada Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü'nden (MTA) elde edilen 1/25000 ölçekli jeoloji haritaları, Harita Genel Komutanlığı'ndan (HGK) elde edilen 1/25000 ölçekli topoğrafik haritalar ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'ndan (AFAD) elde edilen kaya düşmesi envanter koordinatları ve Aster GDEM' den elde edilen 30*30 çözünürlüğe sahip DEM haritaları kullanılmıştır. Tüm bu veriler CBS ortamına UTM ED 50 Zone 36 formatına dönüştürülerek aktarılmıştır.

Kaya düşmesine neden olan etkenlerin başında eğim, yamaç yönelimi (bakı) ve litolojik etkenler gelmektedir [5]. Çalışmaların da araziyi eğim açılarına göre 4 ana morfolojik birime ayırmışlar, 0-5^0' lik eğime sahip alanlara düzlük, 5-21^0' lik alanlara dağ eteği, 21-54^0' lik alanlara dik yamaç ve 54-90^0' lik eğime sahip alanları ise sarp kayalık şeklinde sınıflandırmışlardır (Şekil:2).



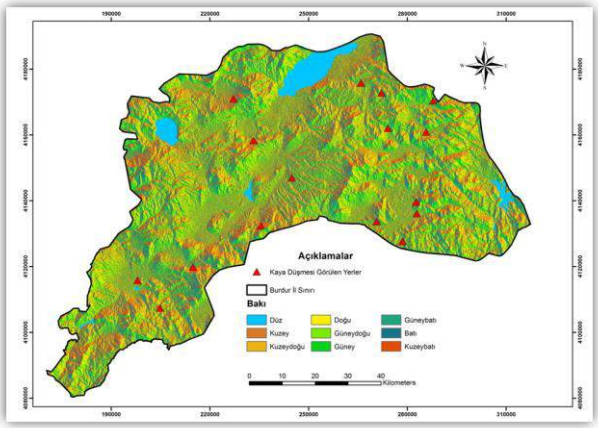
Şekil 2: Burdur İli Eğim Haritası

Dik yamaç ve sarp kayalık alanlar ise kaya düşmesi için potansiyel risk bölgeleridir. Yapılan literatür incelemelerinde kaya düşmesi için özellikle sarp kayalık zeminlerde farklı eğim eşik değerlerinin (>60^0 [6], >45^0 [7], >37^0 [8], >30^0 [9]) kullanıldığı görülmüştür. Bu çalışmada ise AFAD tarafından hazırlanan kaya düşmesi temel kılavuzundaki 43^0' lik eşik değeri dikkate alınmış ve haritalanmıştır (Şekil:3).

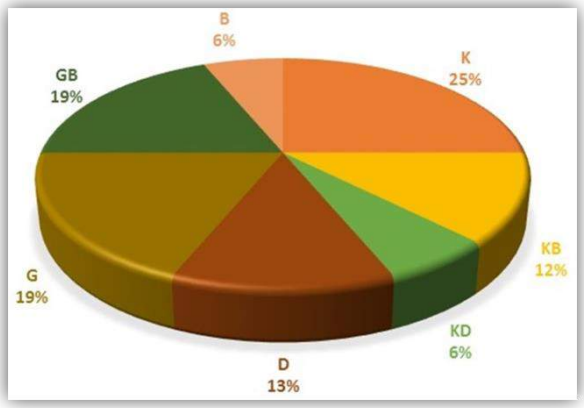


Şekil 3. Burdur ili eğim (43^0') eşik değer haritası

Yamaçların daha az güneş gören kuzey ve kuzey yönlü yamaçlarının özellikle kış aylarında don ve buzlanma olaylarına maruz kaldığı, bu sayede meydana gelen donma ve çözülme olaylarının kaya düşmesine neden olduğu çalışmalarda belirtilmiştir. Bu nedenle DEM haritasından bakı haritası elde edilmiş ve yönlere göre yeniden sınıflandırılmıştır (Şekil:4). Yapılan incelemelerde Burdur il sınırı içerisinde meydana gelen kaya düşmesi olaylarının %43 oranında kuzey-kuzeydoğu ve kuzeybatı yönlenimlerine sahip olan yamaçlarda olduğu görülmüştür (Şekil:5).



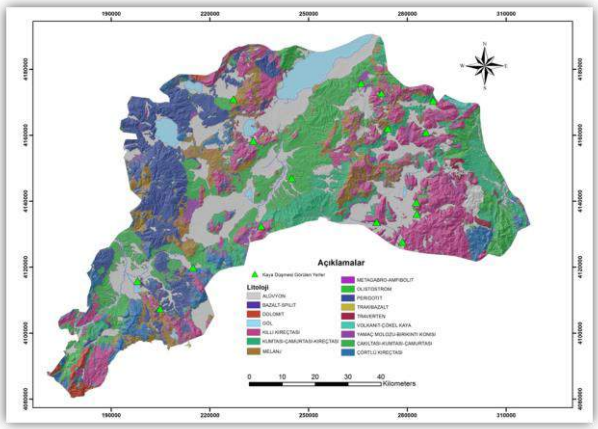
Şekil 4. Burdur ili bakı haritası



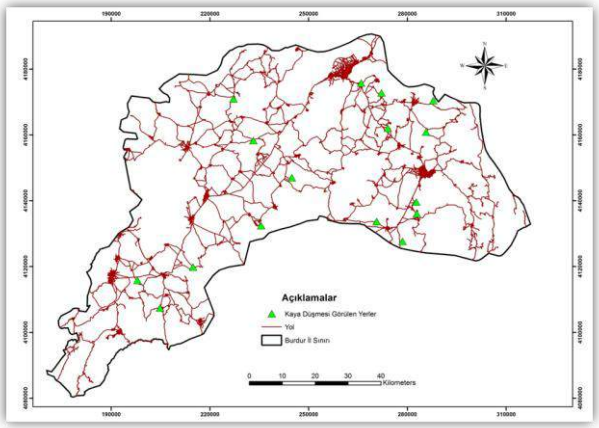
Şekil 5. Burdur ili bakı yüzde dağılımı

Kayaçların duraylılığı kayaç tipi ve süreksizlik düzlemlerinin geometrik ve mekanik özelliklerine bağlıdır [10-11]. Elde edilen kaya düşmesi envanter verilerine göre Burdur il sınırları içerisindeki kaya düşmesi görülen jeoloji birimlerinin daha çok killi kireçtaşı, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması ve yamaç molozu-birikinti konisi alanlarında meydana geldiği görülmektedir (Şekil:6).

Yol çalışmaları sırasında açılan şevlerin yamaç duraylılığını bozarak kaya düşmesi olayına etki ettikleri bilinmektedir. Nitekim Burdur il sınırları içerisindeki yol ağı ile kaya düşmesi tespit edilen noktalar karşılaştırıldığında hemen hepsinin yollar ile ilişkili olduğu görülmekte olup yol ile 300 metrelik etki bandı içerisinde gerçekleşmiştir (Şekil:7).

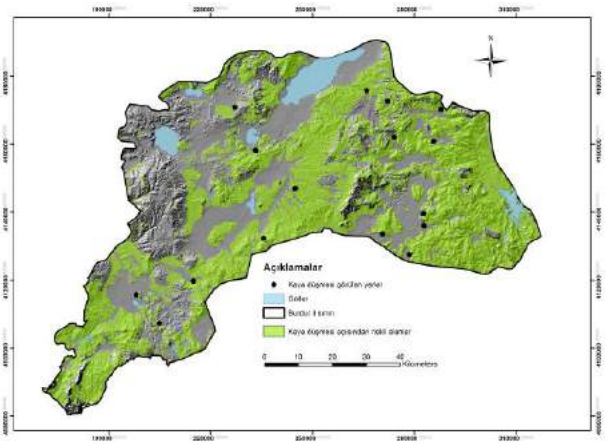


Şekil 6. Burdur ili litoloji haritası



Şekil 7. Burdur ili yol haritası

Eğim değeri için eşik değeri 43^{0}, yol için 300 metrelik etki bandı, bakı için özellikle kuzey-kuzeybatı ve kuzeydoğu yönleri, litoloji açısından ise killi kireçtaşı, çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı ardalanması ve yamaç molozu ile birikinti konisi alanları dikkate alınarak yeniden sınıflandırma işlemi yapılmıştır. Sonrasında ise eğim, litoloji, yol ve bakı değerleri kendi içerisinde sırasıyla %40, %40,%10 ve %10 olacak şekilde ağırlıklandırılma sonucunda çakıştırma işlemi uygulanarak kaya düşmesi duyarlılık haritası hazırlanmıştır (Şekil:8).



Şekil 8. Burdur ili kaya düşmesi duyarlılık haritası

Sonuç olarak hazırlanan kaya düşmesi duyarlılık haritası ile Burdur ili için kaya düşmesi açısından risk teşkil edebilecek alanlar ortaya çıkarılmıştır.

Kaya düşmesini tetikleyebilecek kayacın süreksizlik düzlemleri, yağış, deprem, yol çalışmaları gibi etkenler de dikkate alındığında risk taşıyan alanların saha gözlemleri ile de desteklenmesi uygun olacaktır.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada CBS ile DEM haritalarından elde edilen bakı ve eğim haritaları istenilen eşik değerlerine göre sınıflandırılmış, bölgeye ait jeoloji haritaları da mevcut ortama aktarılarak ağırlıklı çakıştırma işlemi uygulanarak kaya düşmesi için potansiyel risk taşıyan alanlar harita ortamında gösterilmiştir. Yapılan bu çalışma ile Burdur il sınırları içerisindeki yüksek riskli alanların yapılacak saha gözlemleri öncesinde belirlenmesi ve arazide zaman ve masrafların düşürülmesi amacıyla bir kılavuz olması amaçlanmıştır. CBS programları ile elde edilebilen eğim, bakı, yamaç şekli, yamaç yüksekliği gibi bilgilerin yanında bitki örtüsünün durumu, yamaçtaki su durumu ve süreksizlik düzlemleri ile ilgili bilgilerin bizzat arazide görsel olarak değerlendirilmesi potansiyel risk alanlarının belirlenmesinde ve en doğru kararların alınmasında etkili olacaktır.

Kaynaklar

[1] Varnes, D. J.: Slope movements: types and processes, in: Landslide analysis and control, Transportation Research Board, Special Report 176, edited by: Schuster, R. L. and Krizek, R. J., Washington, DC, 11–33, 1978

[2] Whalley, W. B.: Rockfalls, in: Slope Instability, edited by: Brunsden, D. and Prior, D. B., Wiley, Chichester, 217–256, 1984.

[3] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (2015). Bütünleşik Tehlike Haritalarının Hazırlanması Heyelan-Kaya Düşmesi Temel Kılavuzu

[4] Lan, H., Martin, C.D., Zhou, C. and Lim, C.H. Rockfall hazard analysis using LİDAR and spatial modeling. Geomorphology, Vol. 118 (2010), 213-223.

[5] Loye, A., Jaboyedoff, M., and Pedrazzini, A., 2009. Identification of potensial rockfall source areas at a regional scale using a DEM based geomorphometric analysis: Natural Hazard and Earth Science, v.9, p. 1643-1653.

[6] Guzzetti, F., Reichenbach, P., & Wieczorek, G. (2003). Rockfall Hazard and risk assessment in the Yosemite Valley, California, USA. Natural Hazards and Earth Sciences, 3, 491-503.

[7] Jaboyedoff, M., & Labiouse, V. (2003). Preliminary assessment of rockfall hazard based on GIS data . 10 th International Congress on Rock Mechanics ISRM (s. 575-578). Johannesburgh, South Africa: South African Institute of Mining and Metallurgy.

[8] Frattini, P., Crosta, G., Carrara, A., & Agliardi, F. (2008). Assessment of rockfall susceptibility by integrating statistical and physically based approach. Geomorphology, 419-437

[9] Özsaraç, V., Kuterdem, N., Tekin, B., & Nurlu, M. (2008). Bölgesel Ölçekte Kaya Düşmelerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri Kullanılarak Haritalanmasına Örnek Karabük ve Bartın. 1. Ulusal Jeolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu. Sivas: Cumhuriyet Üniversitesi.

[10] Hoek, E., & Bray, J. (1981). Rock Slope Engineering. London: The Institution of Mining and Metallurgy.

[11] Selby, M. (1993). Hillslope Materials and Processes. Oxford: Oxford University Press.

KIRŞEHİR DOĞAL AFET DUYARLILIK ALANLARININ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ

DETERMINATION OF THE NATURAL DISASTER SUSCEPTIBILITY AREAS KIRŞEHİR USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

Zeynel BAŞIBÜYÜK[a], Eren ELİBOL[b], Engin EKDUR[c], Lütfi NAZİK[d], Mahmut PEHLİVANER[b], Serhat YILMAZ[e]

a Ahi Evran Üniversitesi Müh.-Mim. Fak.Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, Türkiye, zbasibuyuk@ahievran.edu.tr
b Ahi Evran Üniversitesi Fen Bil.Ens. İleri Tek. A.B.D. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, Türkiye
c Ahi Evran Üniversitesi Kaman Meslek Yüksek Okulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, Kırşehir, Türkiye
d Ahi Evran Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Coğrafya Bölümü, Kırşehir, Türkiye
e Kırşehir İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü Planlama, Zarar Azaltma ve İyileştirme Şubesi, Kırşehir, Türkiye

Özet

Ülkemizde jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel özellikler nedeni ile sık sık doğal afetler meydana gelmektedir. Geçen yüzyıl içerisinde, bu afetler sonucunda binlerce insanımız yaşamını yitirmiş, sakat kalmış ya da maddi kayıplar yaşamıştır. İlimizde doğal afetler konusunda diğer birçok ilimize nazaran daha az doğal afet meydana gelmekle birlikte, il genelinin bir bölümü 1. derece deprem bölgesi olup, Çiçekdağı ve Akpınar ilçeleri heyelan; Merkez, Kaman ve Çiçekdağı ilçeleri kaya düşmesi tehlikesi açısından duyarlı alanlar olarak görülmektedir. Son 65 yıllık kayıtlara göre Kırşehir ve yakın çevresinde şiddeti Richter ölçeğine göre 3 ve üzeri 150 deprem, 17 heyelan ve 8 kaya düşmesi afeti raporlanmıştır. Afet verileri Surfer 12 ve ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılarak işlenmiştir. Bölgenin eğim haritası, bakı haritası ve jeoloji haritası birlikte değerlendirilerek Afet Duyarlılık Haritaları (deprem, heyelan ve kaya düşmesi) oluşturulmuştur.

Anahtar kelimeler: Deprem, heyelan, kaya düşmesi, afet, coğrafi bilgi sistemleri

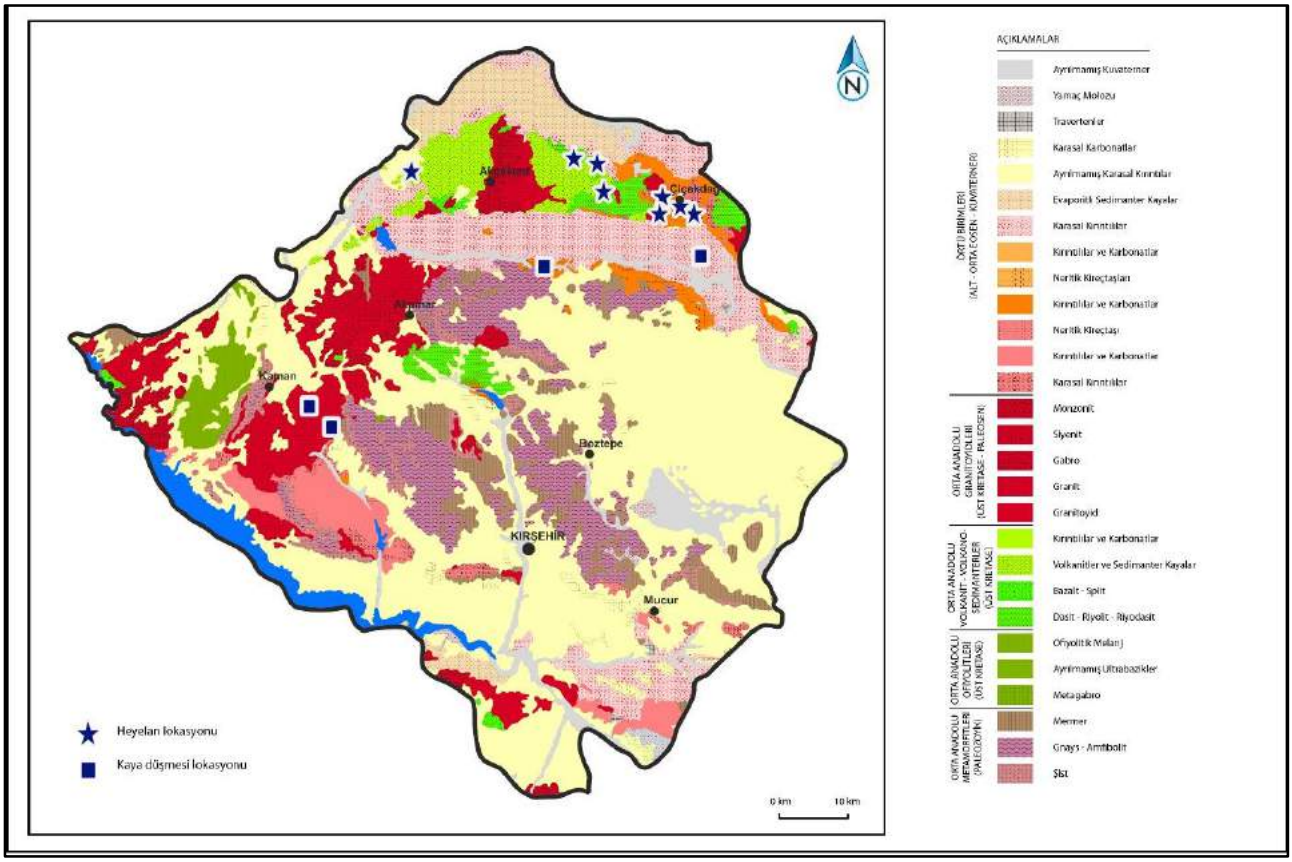
Abstract

Geological, geomorphological and climatic conditions frequently cause natural disasters occur In our country. These disasters result in thousands of our people have lost their lives, became disabled or have experienced financial losses in the past century. Made less than many other natural disasters in our province is relatively natural disasters. Natural disasters in our province is comprised less than many other natural disasters in our city. It is part of the provincial 1st degree earthquake zone; Çiçekdagi and Akpinar districts are susceptible in terms of landslides; Central Kirsehir, Kaman and Çiçekdagi in terms of the danger of falling rocks districts are seen as susceptible areas. Intensty 3 and above 150 earthquakes, 17 landslides and 8 rockfalls have been reported in Kirsehir region. Disaster data is processed using 12 Surfer and ArcGIS 10.2 software. The region's slope map, aspect map and geological map with evaluating Disaster Susceptibility Maps (earthquake, landslide and rock fall) were created.

Keywords: Earthquake, landslide, rock fall, disaster, geographic information systems

1. Giriş

Doğal afetleri oluşturan nedenlere bakıldığında en önemli sebeplerin jeolojik, jeomorfolojik ve iklimsel koşulların olduğu görülmektedir. Bölgedeki doğal afetleri oluşturan jeolojik koşulların daha iyi anlaşılması için bölgenin jeolojisine kısaca bakmak gerekmektedir. Kırşehir ilinin de içerisinde yer aldığı Orta Anadolu Bölgesi ve çevresinde farklı yaş, tektonik konum ve kayaç türlerine sahip birimler bulunmaktadır. Bunların başlıcaları kuzeyde Karadeniz'den güneyde Orta Anadolu'ya kadar uzanan jeotraveste ofiyolitik kenet kuşaklarıyla ayrılan kıtasal bloklardır. Bu tektonik kuşaklar kuzeyden güneye doğru Pontid Kıtası, İntra-Pontid Kenedi, Sakarya Kıtası, Ankara-Yozgat-Erzincan Kenedi (Orta Anadolu Ofiyolitleri) ve Kırşehir Kıtası (Orta Anadolu Metamorfitleri) olup; kıtasal bloklar Pan-Afrikan, Hersiniyen ve Kimmeridorojenezleri sonucunda gelişmişler ve bölgenin Neotetis evrimi süresince kıtasal temel olarak kalmışlardır [1]. Orta Anadolu metamorfitleri, bölgenin en yaşlı birimini oluşturur. Paleozoyik yaşlı bu metamorfik kayaçlar genellikle Kırşehir'in kuzeyinde yüzeylemektedir (Şekil 1). Paleosen'de çarpışma ile ilişkili magmatiklerden Orta Anadolu Granitoyidleri olarak adlandırılan plütonik kayalar, temele ait metamorfik birimler ile ofiyolitleri sıcak dokanaklarla kesmişlerdir. Neo-Tetis'in kapanmasına koşut olarak Geç Kretase'den itibaren Sakarya Kıtası ve Kırşehir Bloku olmak üzere iki kıtasal birim üzerinde [2], Orta Anadolu havzaları [3,4] oluşmaya başlamış ve Orta Miyosen'e kadar gelişimlerini sürdürmüşlerdir. Orta Miyosen'den itibaren ise neotektonik "Ova" rejimi [5] altında intrakratonik havzalar gelişmiş olup [4], bu rejim Geç Pliyosen'e kadar [3] devam etmiştir. Bu jeolojik evrimden dolayı bölgede çok fazla bir engebeli topografya bulunmamakla birlikte nispeten ilin kuzey bölgeleri diğer bölgelerine göre daha engebeli bir topografyaya sahiptir.



Şekil 1. Kırşehir ili jeoloji haritası [6]

İnceleme sahasının özellikle kuzeybatı bölgesinde küçük ve orta şiddette depremler üreten aktif fay hatları bulunmakta, hatlarda oluşan bu depremler can ve mal kayıplarına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra bölgenin kuzey kesimlerinde mevcut topografya eğim miktarı ve iklimsel olarak yağış miktarındaki artış ve jeolojik birimlerdeki kaya türleri, bu alanlarda heyelanların oluşmasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca inceleme bölgesinde eğimin arttığı batı ve kuzey kesimlerinde, magmatik derinlik kayaçlarının ve kireçtaşlarının bulunduğu sahalardaki yerleşim alanlarında kaya düşmesi afetlerinin yoğunlaştığı gözlenmektedir.

2. Materyal Metot

İnceleme alanı ve yakın çevresinin afet geçmişi ve jeolojisi ile ilgili literatür taraması yapıldı. Şiddeti Richter ölçeğine göre en az 3 olan ve Kırşehir il merkezinin yaklaşık 20 km kuzeyindeki Çoğun Barajı merkez alınarak yaklaşık 75 km çaptaki bir alanın, 1900-2015 yılları arasındaki deprem verileri, Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi Deprem Araştırma Enstitüsü Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi'nden temin edildi. Kaya düşmesi ve heyelan afetleri ile ilgili 1961 – 2010 arasındaki veriler Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'ndan (AFAD), 2010 - 2015 yılları arasındaki veriler ise Kırşehir İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nden alındı. Afet verileri Surfer 12 ve ArcGIS 10.2 yazılımı kullanılarak işlendi ve bölgenin Afet Duyarlılık Haritaları (deprem, heyelan ve kaya düşmesi), eğim haritası ve bakı haritası oluşturuldu.

3. Kırşehir Doğal Afet Risk Alanları

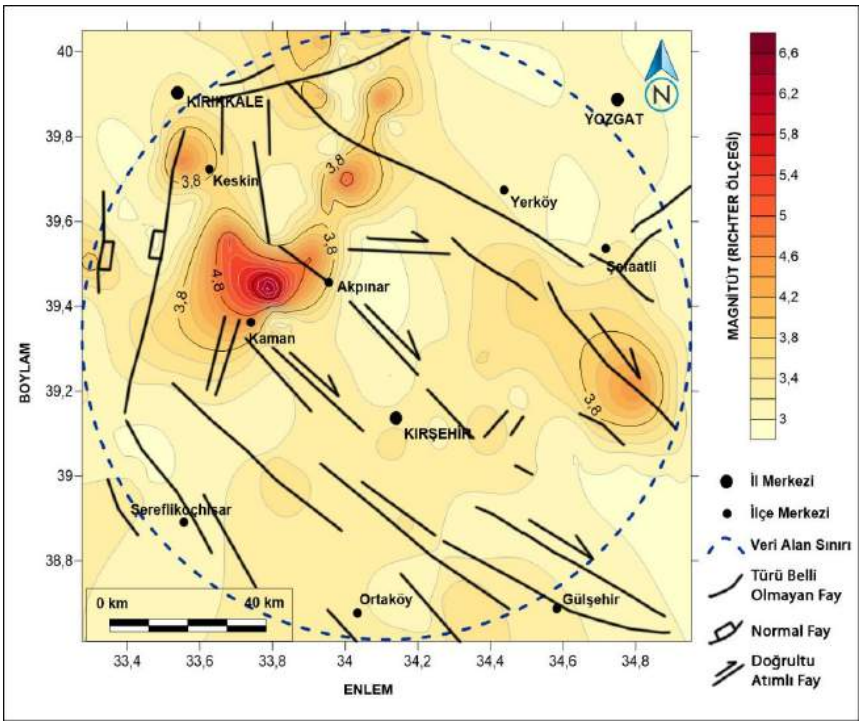
3.1. Deprem Duyarlılık Alanları

Kırşehir il merkezinin yaklaşık 20 km kuzeyindeki Çoğun Barajı merkez alınarak yaklaşık 75 km yarıçaptaki bir alanın, 1900-2015 yılları arasındaki deprem verileri incelendiğinde, Richter ölçeğine göre 3 ve üzeri şiddette 150 deprem olduğu belirlenmiştir. Belirlenen alandaki en yüksek depremin, Yukarıçiftlikköyü (Kaman – Kırşehir) bölgesinde, 19.04.1938 tarihinde Richter ölçeğine göre 6,6 şiddetinde meydana geldiği gözlenmiştir. Depremlerin koordinatları ve şiddetleri CBS programlarında işlenerek bölgenin deprem yoğunluk alanları haritalanmıştır (Şekil 2).İnceleme sahasının kuzeybatı bölgesinde, küçük ve orta şiddette depremlerin yoğunlaştığı gözlenmektedir. Depremlerin fay zonları ile ilişkisini belirlemek amacıyla bölgenin neotektonik verileri bu harita üzerine işlenmiştir. Deprem açısından en yoğun ve duyarlı olarak gözlenen bu bölgelerde, depremleri üreten aktif fay hat veya hatlarının belirlenmesi amacı ile yapısal jeoloji çalışmalarının ayrıntılı olarak gerçekleştirilmesi önem arzetmektedir.

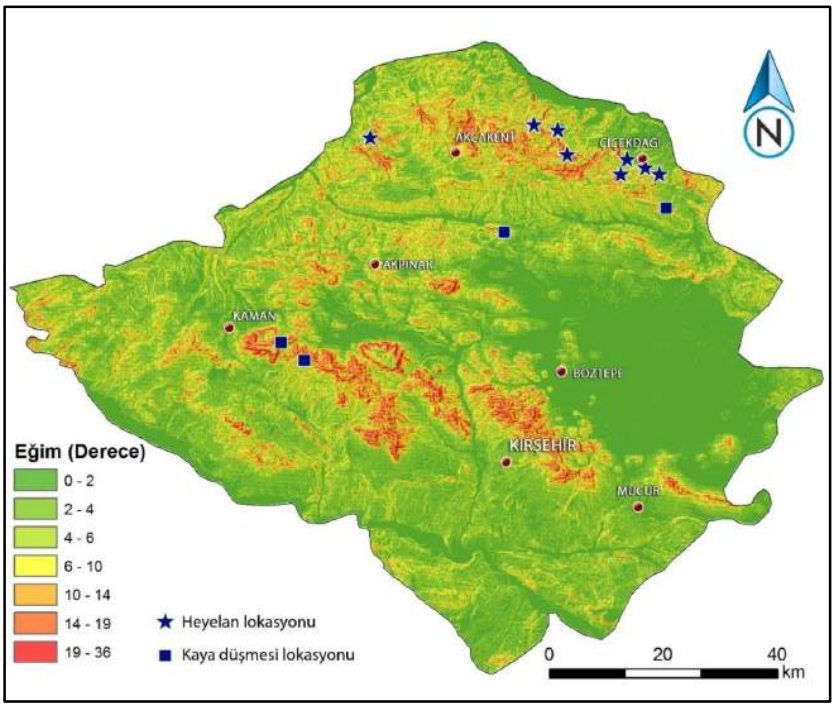
3.2. Heyelan Duyaylılık Alanları

AFAD tarafından 1961 – 2015 tarihleri arasında 17 heyelan afeti raporlanmıştır (Tablo 1). Raporlanan heyelan sayısının az olması, il genelinde insan yaşamını etkilemeyen bölgelerde meydana gelen heyelanların AFAD tarafından raporlanmamış olmasıdır. Heyelan duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla bölgenin heyelan envanteri, eğim haritası ve bakı haritası oluşturularak jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. ARCGIS yazılımı kullanılarak DEM verilerinden bölgenin eğim

haritası oluşturulmuştur (Şekil 3). Elde edilen eğim haritası üzerine AFAD tarafından raporlanan heyelan verileri işaretlenmiştir. Heyelanların oluştuğu lokasyonlara bakıldığında Kırşehir'in kuzeyinde Akçakent ve Çiçekdağı civarında eğimin 10^0'den fazla olduğu bölgelerde yoğunlaştığı görülmektedir. Heyelan oluşumları Kelismailuşağı, Tepecik, Safali ve Kızılcalı bölgelerinde, Üst Kretase yaşlı volkanitler- sedimanter kayaçlar ile dasit, riyolit, riyodasit seviyelerinde; Alimpınar, Hacıoğlu, Harmanpınar, Çiçekdağı bölgelerinde ise Alt - Orta Eosen yaşlı karasal kırıntılılardan oluşan seviyeler içerisinde gözlenmektedir (Şekil 1). Kırşehir ilinin orta ve güney kesimlerinde yüksek eğime sahip bölgelerde litoloji Orta Anadolu Metamorfitleri ve Orta Anadolu Granitoyidleri'ne ait masif birimlerden oluşmaktadır. Bu alanlarda AFAD tarafından raporlanan her hangi bir heyelan oluşumu bulunmamaktadır.



Şekil 2. Kırşehir ili deprem yoğunluğu ve neotektonik haritası (Neotektonik veriler [7])



Şekil 3. Kırşehir ili eğim haritası

Bakı yönü, topraktaki nem tutma oranı ve arazi örtüsü gelişimi gibi etkilere neden olduğu için toprak dayanımı ve heyelan duyarlılığı üzerinde etki oluşturur [8]. Topoğrafya durumunun, yağış miktarı, rüzgâr etkisi, güneş ışığına maruz kalma durumu, nemlilik, arazi örtüsünün gelişimi gibi birçok faktörde etkileri bulunmaktadır. Bölgedeki heyelan oluşumlarına neden olan nemlilik artışı, yağış ve yeraltısuyu seviyesindeki artışa bağlı olarak geliştiği düşünülmektedir. Ancak raporlanan heyelanların mevsimsel dağılımına bakıldığında mevsimsel bir yoğunluğun mevcut olmadığı gözlenmektedir. Yağışın en az olduğu yaz aylarında da heyelanların meydana gelmesi, heyelanların yağış miktarı ile doğrudan ilişkisinin bulunmadığını düşündürmektedir. Envantere bakıldığında heyelan oluşum tarihlerinde, mevsimsel yağışın en fazla olduğu ilkbahar ve sonbahar aylarında (Kış: 3, İlkbahar: 5, Yaz: 4, Sonbahar: 3) bir yoğunluğun oluşmadığı gözlenmektedir (Tablo 1).İnceleme sahasında Akçakent ve Çiçekdağı civarında yoğun olarak gözlenen heyelanlar, bölgenin kuzey, kuzeydoğu ve doğu yamaçlarında meydana gelmektedir (Şekil 4). Akçakent ve Çiçekdağı'nın yaklaşık 2-10 km kuzeyinde bulunan Delice Çayı'nın buharlaşma etkisinin, bölgedeki hakim rüzgar yönünün kuzey – kuzeydoğu – kuzeybatı [9] olması nedeniyle heyelanların oluştuğu kuzey – kuzeydoğu - kuzeybatı yamaçlarında yüzey neminin artmasına sebebiyet verdiği söylenebilir. Bu nedenle, bölgede meydana gelen heyelanlardaki nem oranı artışının mevsimsel yağış, yeraltısuyu seviyesindeki artış ve Delice Çayı'nın buharlaşma etkisinin birleşimi ile oluştuğu düşünülmektedir.

3.2. Kaya Düşmesi Duyarlılık Alanları

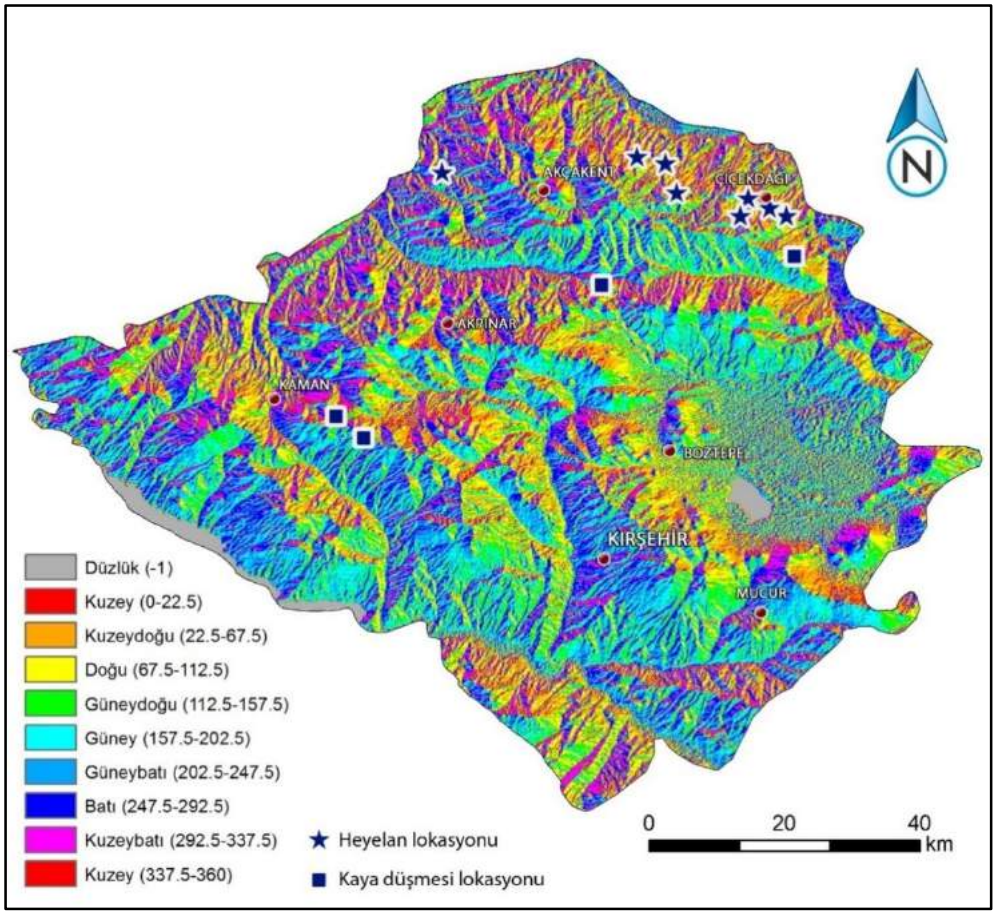
AFAD tarafından 1961 – 2015 tarihleri arasında 8 kaya düşmesi afeti raporlanmıştır (Tablo 2). Raporlanan kaya düşmesi sayısının az olmasının nedeni, il genelinde insan yaşamını etkilemeyen bölgelerde oluşan kaya düşmelerinin AFAD tarafından raporlanmamış olmasıdır.
Kaya düşmesi duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla bölgenin kaya düşmesi envanteri, eğim haritası ve bakı haritası oluşturularak jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. Dört lokasyonda meydana gelen kaya düşmesi afetleri, Çağırkan ve Ömerhacılı bölgesinde Üst Kretase – Paleosen yaşlı Orta Anadolu Granitoyidleri içerisinde eğim miktarının 19^0'den fazla olduğu; Dulkadirliyarımkale bölgesinde Eosen yaşlı neritik kireçtaşları içerisinde ve Doğankaş bölgesinde Oligosen yaşlı karasal kırıntılılar içerisinde eğim miktarının 14^0'den fazla olduğu alanlarda gözlenmiştir (Şekil 1, 3).

Tablo 1. Kırşehir ili heyelan envanteri (AFAD)

İLÇE	KÖY	TARİH
ÇİÇEKDAĞI	TEPECİK	02.12.1961
ÇİÇEKDAĞI	HARMANPINAR	15.08.1963
ÇİÇEKDAĞI	KIZILCALI	04.08.1972
ÇİÇEKDAĞI	TEPECİK	22.05.1979
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	10.11.1981
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	17.08.1982
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	28.06.1983
ÇİÇEKDAĞI	HARMANPINAR	27.07.1983
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	30.12.1985
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	31.10.1986
ÇİÇEKDAĞI	SAFALİ	14.03.1989
ÇİÇEKDAĞI	ALİMPINAR	09.01.1991
ÇİÇEKDAĞI	HACIOĞLU	02.04.1991
ÇİÇEKDAĞI	HARMANPINAR	16.05.1991
ÇİÇEKDAĞI	ÇİÇEKDAĞI	16.06.1991
ÇİÇEKDAĞI	ALİMPINAR	12.07.1996
AKPINAR	KELİSMAİLUŞAĞI	03.04.2012

Tablo 2. Kırşehir ili kaya düşmesi envanteri (AFAD)

İLÇE	KÖY	TARİH
KAMAN	ÖMERHACILI	27.08.1969
KAMAN	ÇAĞIRKAN	16.12.1972
MERKEZ	DULKADİRLİYARIMKALE	27.02.1981
KAMAN	ÖMERHACILI	29.06.1983
MERKEZ	DULKADİRLİYARIMKALE	06.07.1984
ÇİÇEKDAĞI	DOĞANKAŞ	12.04.1989
MERKEZ	DULKADİRLİYARIMKALE	17.05.1990
KAMAN	ÖMERHACILI	03.04.2005



Şekil 4. Kırşehir ili bakı haritası

4. Sonuçlar ve Öneriler

Kırşehir ili doğal afetler açısından çalışma kapsamında incelenmiş; deprem, heyelan ve kaya düşmesi afetlerinin yoğunluk haritaları oluşturulmuştur. Elde edilen afet yoğunluk haritaları, eğim, bakı ve jeoloji haritaları ile birlikte değerlendirilerek aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Kırşehir il merkezinin yaklaşık 20 km kuzeyindeki Çoğun Barajı merkez alınarak yaklaşık 75 km yarıçaptaki bir alanın, 1900-2015 yılları arasındaki deprem verileri incelendiğinde, Richter ölçeğine göre 3 ve üzeri şiddette 150 deprem olduğu belirlenmiştir. Depremlerin koordinatları ve şiddetleri CBS programlarında işlenerek bölgenin deprem yoğunluk alanları haritalanmıştır. Deprem açısından en yoğun ve duyarlı bölgelerin Kaman, Akpınar ve Akçakent ilçelerinin kuzeybatısı olduğu görülmektedir. Bu bölgelerde depremleri oluşturan aktif fay hatlarının belirlenmesi için yapısal jeoloji çalışmaların ayrıntılı olarak yapılması önem arzetmektedir.

AFAD tarafından 1961 – 2015 tarihleri arasında 17 heyelan afeti raporlanmıştır. Heyelan duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla bölgenin heyelan envanteri, eğim haritası ve bakı haritası oluşturularak jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. Heyelanların Kırşehir'in kuzeyinde Akçakent ve Çiçekdağı civarında eğimin 10^{0}'den fazla olduğu; Kelismailuşağı, Tepecik, Safali ve Kızılcalı bölgelerinde, Üst Kretase yaşlı volkanitler - sedimanter kayaçlar ile dasit, riyolit, riyodasit seviyelerinde, Alimpınar, Hacıoğlu, Harmanpınar, Çiçekdağı bölgelerinde ise Alt - Orta Eosen yaşlı karasal kırıntılılardan oluşan seviyeler içerisinde yoğunlaştığı görülmektedir. Heyelan oluşumuna neden olan nem artışının mevsimsel yağış, yeraltısuyu seviyesindeki artış ve Delice Çayı'nın buharlaşma etkisinin birleşimi ile oluştuğu düşünülmektedir. Kırşehir ili orta kesimlerindeki yüksek eğime sahip bölgelerde heyelan afeti raporlanmamasındaki en büyük etkenin, jeolojik birimlere bağlı olduğu düşünülmektedir. Bu bölgelerde litoloji Orta Anadolu Metamorfitleri ve Orta Anadolu Granitoyidleri'ne ait masif birimlerden oluşmaktadır.

AFAD tarafından 1961 – 2015 tarihleri arasında 8 kaya düşmesi afeti raporlanmıştır. Kaya düşmesi duyarlılık alanlarını belirlemek amacıyla bölgenin kaya düşmesi envanteri, eğim haritası ve bakı haritası oluşturularak jeoloji haritası ile birlikte değerlendirilmiştir. Bölgedeki kaya düşmesi afetleri, Çağırkan ve Ömerhacılı bölgesinde Üst Kretase – Paleosen yaşlı Orta Anadolu Granitoyidleri içerisinde eğim miktarının 19^{0}'den fazla olduğu, Dulkadirliyarımkale bölgesinde Eosen yaşlı neritik kireçtaşları içerisinde ve Doğankaş bölgesinde Oligosen yaşlı karasal kırıntılılar içerisinde eğim miktarının 14^{0}'den fazla olduğu alanlarda gözlenmiştir.

Kaynaklar

[1] Tüysüz, O., 1993, Karadeniz'den Orta Anadolu'ya bir jeotravers: Kuzey Neo-tetisin tektonik evrimi: TPJD Bült.,C.5/l,s. 1-33.

[2] Şengör, A.M.C. & Yılmaz, Y. 1981. Tethyanevolution of Turkey: a platetectonic approach. Tectonophysics 75, 181–241.

[3] Koçyiğit, A. 1991. Changing stressorientation in progressive in tracontinental deformation as indicatedbytheneotectonics of the Ankara region, (NWCentral Anatolia). TAPG Bulletin 3/1, 48– 55.

[4] Görür, N. Tüysüz, O. & Şengör, A.M.C. 1998. Tectonic evolution of the central Anatolianbasins. International GeologyReview 40, 831– 850.

[5] Şengör, A.M.C., 1979. The North Anatolian transform fault: itsage, offsetandtectonicsignifiance, Jour. Geol. Soc. Lond., 136, pp. 269-282.

[6] MTA 1:500.000 ölçekli jeoloji haritaları serisi, Maden Tetkik ve Arama Enstitüsü Genel Müdürlüğü web sayfası, http://www.mta.gov.tr/.

[7] Koçyiğit, A., 2003. Orta Anadolu ' nun genel neotektonik özellikleri ve depremselliği. Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, özel sayı 5, 1-25.

[8] Dai F, Lee C (2002) Landslide characteristic sand slope in stability modeling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. Geomorphology42:213–228

[9] Kırşehir Valiliği İl Çevre ve Orman Müdürlüğü, 2008. Kırşehir İl Çevre Durum Raporu. Kırşehir, s. 161.

YÜZEY VE YERALTI SULARININ ŞEV STABİLİTESİNE ETKİSİ: KARAPÜRÇEK ÖRNEĞİ

THE EFFECT OF SURFACE AND GROUNDWATER ON SLOPE STABILITY: KARAPÜRÇEK CASE

Ertan BOL[a], Sedat SERT[b] ve Aşkın ÖZOCAK[c]
[a]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: ebol@sakarya.edu.tr
[b]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: sert@sakarya.edu.tr
[c]Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: aozocak@sakarya.edu.tr

Özet

Bu bildiride Sakarya ili, Karapürçek İlçesinde gerçekleşmiş bir kitle hareketinin sebebinin belirlenmesi ve olumsuz sonuçlarının önlenmesi için alınması gerekli tedbirlere yönelik bir çalışma sunulmuştur. Öncelikle sahada gerçekleşmiş heyelanla ve etrafındaki diğer jeolojik-jeomorfolojik oluşumlarla ilgili saha gözlemleri yapılmıştır. Gözlemlerde heyelan eden kitlenin özellikle eteklerine yakın yerlerindeki suya doygun zeminlerin balçık kıvamına geldiği dikkati çekmiş, artan suya doygunluğun sürücü kuvvetleri arttırıp, kayma direncini düşürerek direnen kuvvetleri azaltmış olduğu düşüncesi ortaya çıkmıştır. Sonrasında yürütülen ayrıntılı arazi ve laboratuvar çalışmalarında alanda toplam derinliği 29.5 metre olan 3 adet dönel sondaj gerçekleştirilmiş, sondajlardan alınan numuneler üzerinde heyelan incelemesine yönelik olarak Sakarya Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarı tarafından fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirilmiştir. Limit denge ve deformasyon analizleri sonrasında çapı 0.80 m, boyu 12 m olan teğet kazıkların üzerine yerleştirilmiş ve geri dolgusu kaliteli gereçle yapılmış konsol duvar sisteminin depremsiz ve depremli durumda güvenliği sağlayacağına karar verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Heyelan, boşluk suyu basıncı, kazıklı perde, konsol duvar

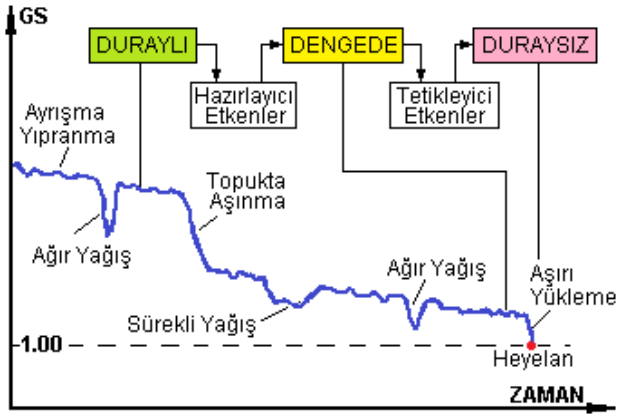
Abstract

This paper discusses the studies about determining the cause of a mass movement in Karapürçek district in Sakarya province, and necessary precautions to prevent the negative results. First, some observations were made in the field to see the avalanches and other geological and geomorphological formations. It was observed that soils in the foothills are saturated and very soft. It was concluded that increasing saturation ratio increased the driving forces and reduced resisting forces. Next, 3 boreholes with a total depth of 29 m were implemented and physical and mechanical tests were conducted by Sakarya University to understand the nature of the soils. After the limit equilibrium and numerical analysis, it was decided that tangential piles with a diameter of 0.8 m and length of 12 m is enough to have a safe design.

Keywords: Landslide, pore water pressure, piled wall, cantilever wall

1. Giriş

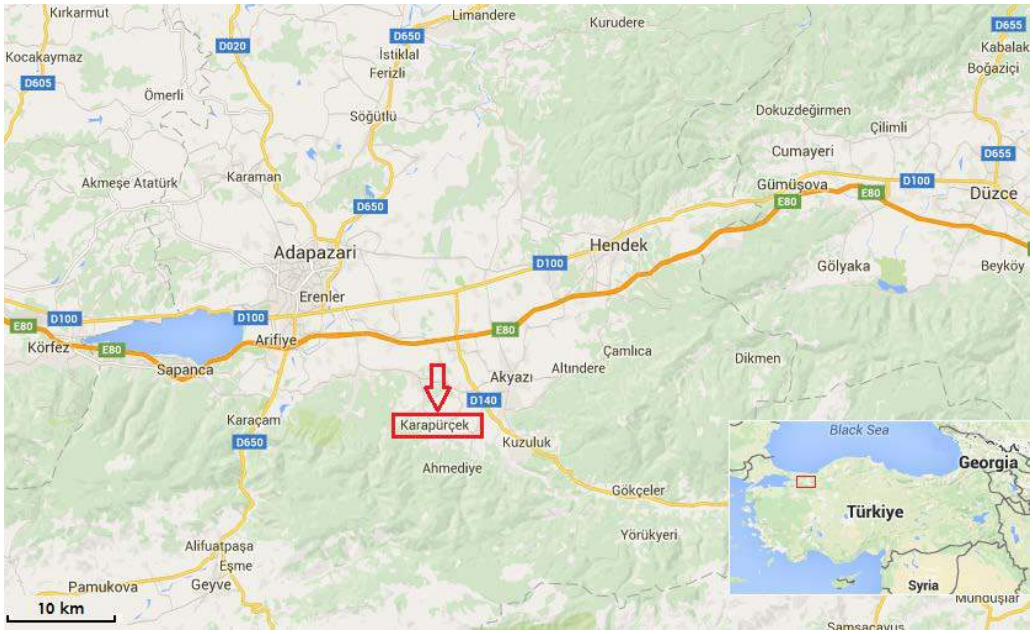
Eğimli bir ortamda kaya, toprak veya moloz kitlesinin yamaç aşağıya hareketi olarak tariflenen heyelanın gerçekleşebilmesi için kökeni ne olursa olsun, sürücü kuvvetlerin direnen kuvvetlerden fazla olması gerekmektedir [1]. Uzun yıllar boyunca elde edilen bilgi birikimi ve deneyim, kitle hareketlerinde en önemli etkenin yerüstü ve yeraltı suları olduğunu göstermiştir. Ortamda artan su basınçlarının sürücü kuvvetleri artırmasıyla güvenlik sayısının düşmesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Şekil 1`de görüldüğü üzere ayrışma/yıpranma, ağır yağış, sürekli yağış, topukta aşınma/kazı, aşırı yükleme yamaçta güvenliğin kaybolmasına sebep olmaktadır [1]. Bunun yanında su borusu kaçaklarından kaynaklanan kitle hareketleri de önemli zararlara sebep olabilmektedir. Buna örnek çalışmaların birinde heyelan sınırı üzerinde bulunan konutta 30-40 cm civarında ötelenmelerin meydana geldiği rapor edilmiştir [2]. 1959-1994 yılları arasında Türkiye'de afetlerden etkilenen konut sayılarına yönelik yapılan bir çalışma heyelanların %54 yer tutan depremlerden sonra %18 ile ikinci sırada olduğunu ortaya koymuştur [3].



Şekil 1. Yamaçta güvenliğin kaybolma süreci [1].

Bu bildiride, Sakarya ili, Karapürçek İlçesi, Kanlıçay Mevkii (Şekil 2) güney batı yamacında yol üzerinde gerçekleşmiş olan hareketin sebebinin belirlenmesine ve mevcut yol ile arkasında kalan yapıların güvenliklerinin sağlanmasına yönelik yürütülen çalışmalar sunulmuştur. Alanın genel görünümü Şekil 3'de verilmektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 2. Çalışma alanı yer bulduru haritası



Şekil 3. Heyelan eden bölgenin görünümü.

2. Çalışma Alanında Gözlemler

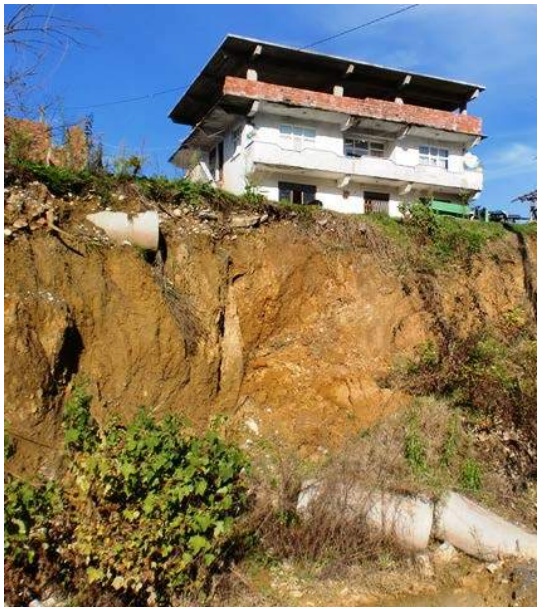
Özellikle yağan yağmurlar sonucunda şiddeti artan ancak farklı zamanlarda hareket ettiği beyan edilen zemin kitlesi yaklaşık olarak 35-40 metre genişlik ve 60-65 metre uzunluğa sahiptir. Alanda eğimler Kuzey Batıdan Güney Doğuya doğru olup değişiklik göstermektedir. Yola yakın üst kısımlarda eğim %25 civarında iken, dere yatağına doğru daha aşağı kısımlarda %47 civarında ölçülmüştür.

Hareket sonucunda açığa çıkan heyelan aynası en yüksek yerinde yaklaşık 4-5 metre yüksekliğe sahiptir. Aynadan görüldüğü kadarıyla zemin kahverengi, düşük-orta plastisiteli killi-siltli birimlerden oluşmaktadır (Şekil 4). Ayrıca aynada sağlam kaya mostra vermemiştir. Heyelan kitlesi içerisinde ufak çaplı tali aynalar da mevcuttur. Söz konusu alanda yapılan incelemelerde heyelan eden kitlenin özellikle eteklerine yakın yerlerinde suya doygun zeminlerin balçık kıvama geldiği dikkati çekmiştir.

Heyelan tacı, arkasında bulunan üç katlı yapıya yaklaşık olarak 20 metre mesafede olup durmuş gözüken heyelanın geriye doğru ilerleyip bina için risk oluşturması mümkün görülmüştür. Zeminin aşırı derecede suya doygun hale gelişinin nedeni araştırılmış olup aşağıda belirtilen etkenlerin heyelana neden olduğu düşünülmüştür:

a) Heyelanın bulunduğu alanın hemen solunda (batısında) kalıntı bir heyelan kitlesinin içinden geldiği yöre sakinleri tarafından beyan edilen bir pınarın varlığı belirlenmiştir. Bu pınar zemini tabandan beslemektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 4. Heyelan aynasının görünümü.

b) Heyelan kitlesinin tam tepesinde bulunan ve güncel durumda heyelan ile birlikte hareket eden yolda temiz su boru hattının bulunduğu belirtilmiştir. Heyelanın söz konusu su hattına paralel şekilde oluşması; söz konusu boru hattı için kazılan hendeğin suyun birikmesine olanak sağlaması ve heyelanı hızlandırması görüşünü akıllara getirmiştir.

c) Tüm bunların yanında yol üzerinde gerçekleşen küçük oturmalardan meydana gelen kot farkını gidermek için farklı zamanlarda yapılan yol dolguları heyelanın tepesinde ağırlığı arttırıcı rol oynamış ve sürücü kuvvetleri arttırmıştır.

d) Bu durum Şekil 1'de gösterildiği gibi güvenlik sayısının ani düşüş göstermesine neden olmuştur. Bunun sonucunda heyelana hazırlanmış olan sistem yine aşırı kar ve yağmur yağışları ile tetiklenmiştir.

3. Zemin Özellikleri ve Stabilite Analizleri

Çalışma alanında Aralık 2014`te yapılan gözlemden bir ay sonra toplam derinliği 29.5 metre olan 3 adet dönel sondaj gerçekleştirilmiş olup sondajlarda su seviyesi belirmemiştir. Sondajlardan alınan numuneler üzerinde Sakarya Üniversitesi Geoteknik Laboratuvarı tarafından TS1900-1 ve TS1900-2 uyarınca fiziksel ve mekanik deneyler gerçekleştirip olup zemin sınıflandırmaları TS1500 ve Birleştirilmiş Sınıflandırma Sistemi (USCS) uyarınca yapılmıştır [4-7]. Çizelge 1'de 3 nolu sondaja ait fiziksel deney sonuçları görülmektedir. Bu tablodan anlaşılacağı üzere çalışma alanının üst kısımları daha çok yüksek plastisiteli yağlı killerden oluşmaktadır. Bunun altında ise killi az çakıllı kumların yer aldığı görülmektedir. Çizelge 2'de 1.50-2.00 m ve 2.50-3.00 m numuneleri üzerinde yapılan kesme kutusu deney sonuçları görülmektedir. Alanda mevcut hareketlenmeden dolayı zeminlerin dayanımının artık rezidüel dirençler ile temsil edilebileceği düşüncesi ile kesme kutusu deneyinde rezidüel parametreleri belirlemeye yönelik çalışma da yapılmıştır. Buradan elde edilen veriler çalışma alanının stabilite problemlerinin çözümünde kullanılmıştır. Alanda meydana gelen heyelanın boşluk suyu basıncındaki artış nedeni ile tetiklendiği düşünülmektedir. Bu amaçla Şekil 5'te gösterilen A-A' hattı boyunca boşluk suyu basıncının güvenlik sayısı üzerindeki etkisi depremsiz durumda incelenmiş ve boşluk suyu basıncı r_u'nun 0.27 olması durumunda şevin kritik eşiğe geldiği anlaşılmıştır [8].

Çizelge 1. Fiziksel deney sonuçları.

Sondaj No	Derinlik	Renk	w_n	w_L	w_P	IP	I_L	%İnce	$SPTN_{60}$	Sınıf-TS1500	Sınıf-USCS
SK-3	1.50-2.00	K	24	58	21	37	0.09	90	12	CH, Yağlı Kil	CH
SK-3	2.50-3.00	K	27	39	19	20	0.41	75	---	CI, Orta Plst. Kil ve Az Kum	CL
SK-3	3.00-3.45	K	24	52	14	38	0.27	84	26	CH, Yağlı Kil ve Az Kum	CH
SK-3	4.50-4.95	K	26	54	21	33	0.14	87	27	CH, Yağlı Kil	CH
SK-3	6.00-6.45	K	26	50	22	28	0.12	75	34	CH, Yağlı Kil ve Az Kum	CH
SK-3	7.50-7.95	K	22	57	20	38	0.06	74	38	CH, Yağlı Kil ve Az Kum	CH
SK-3	9.00-9.45	K	22	53	19	34	0.08	68	37	CH, Kumlu Yağlı Kil	CH
SK-3	12.00-12.45	KY	17	28	26	12	0.01	53	44	CL, Kum. D. Plst. Kil ve Az Çakıl	CL
SK-3	15.00-15.45	aKY	20	32	21	11	-0.05	62	51	CL, Kumlu Düşük Plastisiteli Kil	CL
SK-3	18.00-18.45	KY	18	32	17	15	0.04	45	52	SC, Killi Kum ve Az Çakıl	SC
SK-3	19.50-19.95	KY	19	32	18	14	0.05	47	53	SC, Killi Kum ve Az Çakıl	SC

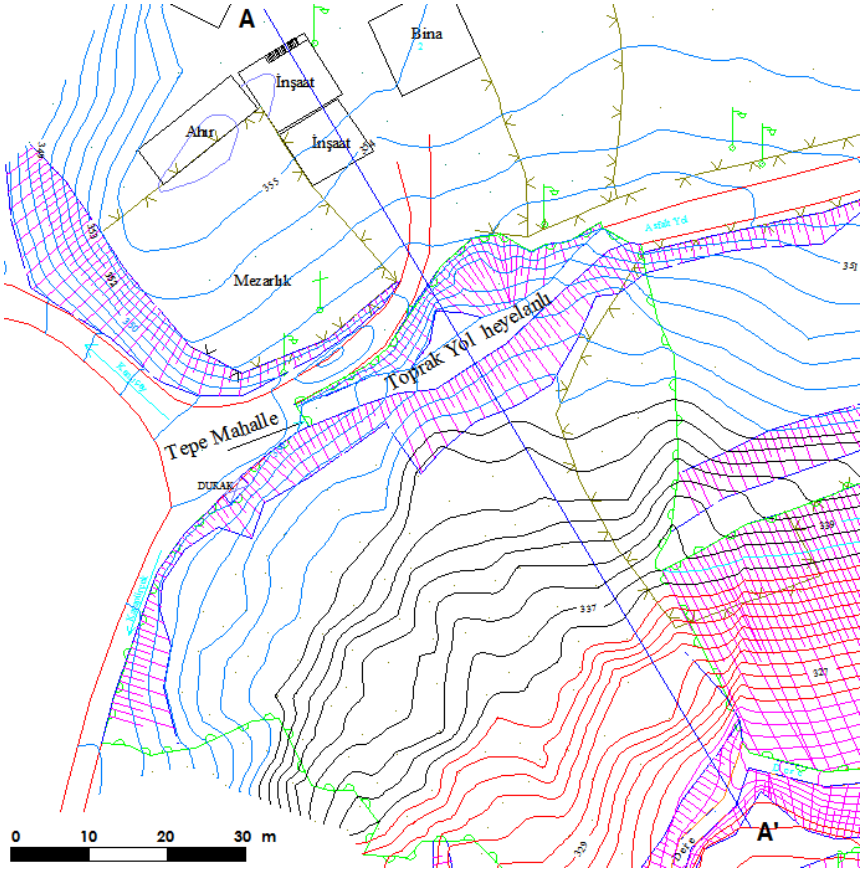
a: Açık, K: Kahve, Y: Yeşil

Çizelge 2. Kesme kutusu deneyi sonuçları.

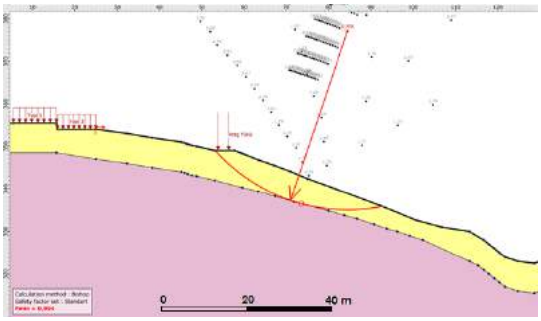
Sondaj No	Derinlik (m)	Sınıf	ρ (kN/m^3)	e	c (kPa)	ϕ (º)	c_r (kPa)	ϕ_r (º)
SK-3	1.50-2.00	CH	23.36	0.43	19	10	9	10
SK-3	2.50-3.00	CI	19.68	0.74	1	37	0	33

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

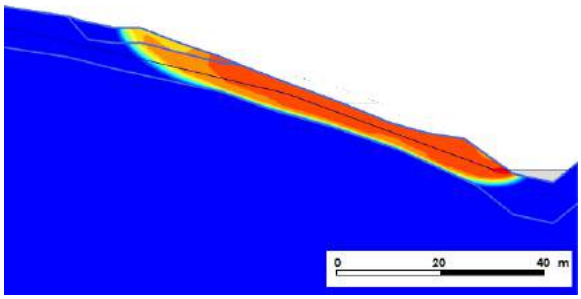
Çizelge 2`de rezidüel dirençler incelendiğinde zeminin kohezyonunun 0-9 kPa arasında ve sürtünme açısının da 10^0-33^0 arasında değiştiği görülmektedir. Bu değerler göz önüne alınarak alanın mevcut topoğrafyasının geri analizleri yapılmıştır (Şekil 6). Geri analiz safhasında heyelanın meydana geldiği andaki yağışlı durum da göz önünde tutularak boşluk suyu basıncı oranı (r_u) 0.27 olarak alınmıştır. Kayma meydana geldiği anda güvenlik sayısının ~0.99 olduğu kabulü ile üstteki killi zeminin kohezyon değeri 19 kPa, sürtünme açısı 10^0 ve alttaki zeminin kohezyonu 0 kPa, sürtünme açısı 33^0 olarak alınmış ve analizlerde bu değerler kullanılmıştır (Şekil 6). Geri analiz için kullanılan parametreler ışığında aynı çözümler Plaxis 2D yazılımı kullanılarak yapılmış, güvenlik sayısı 1.009 olarak bulunmuş ve kayma yüzeyinin başlangıcı gerçek durum ile örtüşmüştür (Şekil 7).



Şekil 5. Karapürçek heyelan analiz hattı (A-A').



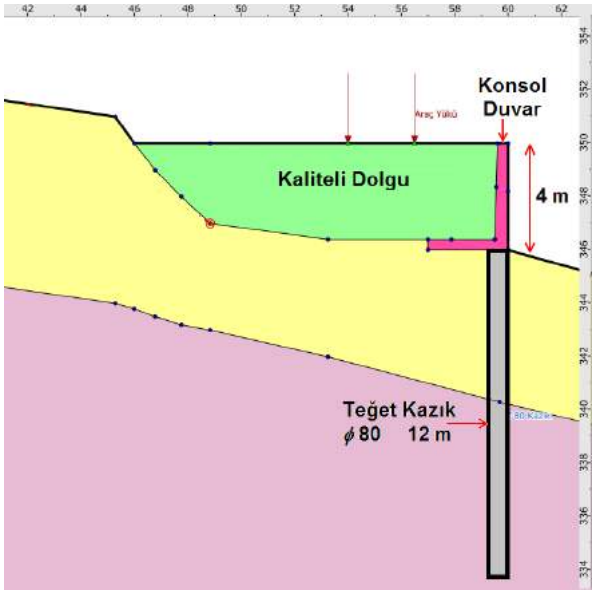
Şekil 6. Karapürçek/Kanlıçay heyelanı geri analiz sonucu.



Şekil 7. Plaxis 2D ile geri analizde kayma yüzeyi.

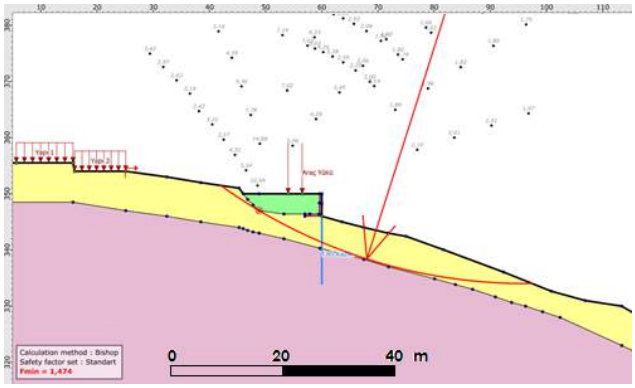
4. Destek Sistemi Önerisi

Yol üzerinde zaman zaman meydana gelen kaymalardan dolayı oluşan kot kaybının dolgu yapılarak giderilmeye çalışılmış olması üst taraftaki yükü arttırdığından heyelanı önleyici bir çözüm olmamış, aksine boyutunu büyütmüştür. Bu bakımdan yolun kalıcı olarak güvenli bir şekilde tekrar kullanıma açılması için şevin kazıklı bir sistemle takviye edilmesi düşünülmüştür. Mevcut heyelandan dolayı meydana gelen yaklaşık 4 metrelik kot farkını gidermek için de kazıkların üzerine oturtulmuş bir konsol duvar tasarlanmıştır (Şekil 8). Konsol duvarın kaymaya karşı güvenliğini arttırmak için de kazıkların üzerinden uzatılacak donatılarla bağlanması düşünülmektedir.



Şekil 8. Yolda meydana gelen kot kaybını önlemek için düşünülen konsol duvar sistemi.

Şekil 9'da çapı 0.80 m, boyu 12 m olan teğet kazıkların üzerine yerleştirilmiş ve geri dolgusu kaliteli gereçle yapılmış konsol duvar sisteminin depremsiz durumda güvenlik sayısının 1.47 olduğu görülmektedir. Aynı sistem yatay sismik katsayı k_h=0.15 alınarak çözüldüğünde güvenlik sayısının 1.04 olması da sistemin deprem anında da güvenliğini koruyacağına işaret etmektedir.



Şekil 9. Karapürçek/Kanlıçay heyelanı kazıklı depremsiz durum analiz sonucu.

5. Sonuç

Bu bildiride Sakarya İli, Karapürçek İlçesi, Kanlıçay Mevkii güney batı yamacında yol üzerinde gerçekleşmiş olan hareketin sebebinin belirlenmesi, mevcut yolun ve arkasında kalan yapıların güvenliklerinin sağlanması için alınması gerekli önlemlerin belirlenmesine yönelik bir çalışma aktarılmıştır.

Arazide meydana gelmiş heyelanın konumu ve yamaçlarda bölgesel akmaların mevcut olması, bölgenin jeolojik ve morfolojik durumu ortamın heyelana karşı hassasiyetini ortaya koymaktadır. Sondajlardan gelen numuneler üzerinde laboratuvarda yapılan fiziksel deneylerin sonuçlarına göre; üst 7.50 metrelerde aşağıdaki kayaların ayrışma ürünü olan yüksek plastisiteli killerin hâkim olduğu belirlenmiştir. Yamacın yüzeysel ve yeraltı suları ile yıllardır beslenmesinin kayma direncinin dereceli olarak düşmesine sebep olduğu düşünülmektedir.

Yamacın güvenliğinin sağlanması ve yol kotunun eski haline getirilebilmesi için; çapı 0.80 m, boyu 12 m olan teğet kazıkların üzerine yerleştirilmiş ve geri dolgusu kaliteli gereçle yapılmış konsol duvar sisteminin oluşturulması gerekli görülmüştür. Bununla birlikte heyelan kitlesi üzerinde su birikimini sağlayacak şekilde çukurlukların bulunmasının önüne geçmek amacı ile şev düzenlemesinin yapılması, ayrıca civar evlerden varsa sızıntı atık sularının başka bölgelere yönlendirilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte yamaca paralel bulunabilecek olan atık/temiz su boru hatlarından yamaca doğru sızıntıların giderilmesine yönelik önlemlerin alınması önem arz etmektedir. Bu gibi çalışmaların kuru mevsimde yapılması önem arz etmektedir.

Kaynaklar

[1] Önalp, A., Arel, E., Geoteknik Bilgisi II – Yamaç ve Şevlerin Mühendisliği, Birsen Yayınevi, 420 sayfa, İstanbul, 2004.
[2] Bol, E., Özocak, A., Sert, S., Su Kaçaklarının Şev Stabilitesi Üzerindeki Etkileri, 5. Geoteknik Sempozyumu, Çukurova Üniversitesi,Adana, 5-7 Aralık, 2013.
[3] ILDIR, B., Türkiye'de Heyelanların Dağılımları ve Afetler Yasası ile İlgili Uygulamalar, İkinci Ulusal Heyelan Sempozyumu, Adapazarı, sf. 1-10, 1995.
[4] TSE, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri – Bölüm 1: Fiziksel Özelliklerin Tayini, TS1900-1, Ankara, 93 sayfa, 2006.
[5] TSE, İnşaat Mühendisliğinde Zemin Laboratuvar Deneyleri – Bölüm 2: Mekanik Özelliklerin Tayini, TS1900-2, Ankara, 64 sayfa, 2006.
[6] TSE, İnşaat Mühendisliği'nde Zeminlerin Sınıflandırılması: TS1500, Ankara, 12 sayfa, 2000.
[7] ASTM D2487 - 11 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System), 2011.
[8] TSE, Yamaç ve Şevlerin Dengesi ve Hesap Metodları-Zeminde: TS 8853, Ankara, 36 sayfa, 1991.

GÜNEY SAPANCA HAVZASINDA EYLÜL 2015 TARİHİNDE MEYDANA GELEN TAŞKINLARIN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF SEPTEMBER 2015 FLOOD ON SOUTH SAPANCA BASIN

Emrah DOĞAN[a], Osman SÖNMEZ[b], Murat UTKUCU[c] ve İsmail Hakkı DEMİR[d]
[a] Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Böl., emrahd@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Böl., osonmez@sakarya.edu.tr
[c]Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Jeofizik Müh. Böl., mutkucu@sakarya.edu.tr
[d]Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Müh. Böl., idemir@sakarya.edu.tr

Özet

Sakarya şehrinin içme suyu ihtiyacının %90'ını karşılayan Sapanca Gölünün havzası, konum itibariyle ülkede sanayileşmenin merkezi olan, ana ulaşım akslarının kesiştiği, ülkenin en gelişmiş bölgesi içinde yer almaktadır. Bu sebeplerden ötürü, havzanın bulunduğu alan yoğun göç, yapılaşma ve nüfus artışı baskısına maruz kalmaktadır. Hızlı ve düzensiz yapılaşma sonucu yeni yolların açılması, ormanların tahrip edilmesi ve su emme özelliğindeki doğal arazilerin üzerlerinin bina ve geçirimsiz kaplama malzemeleriyle örtülmesinin, o alanın hidrolojisi üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Sapanca Gölü havzasının Akdeniz ile Karadeniz iklimleri etkisi altında bulunan bir geçiş iklimi özelliğine sahip olması ve geçici hava sistemlerinin etkisi altında bulunması sebebiyle yağış yükseklikleri yıllara göre değişkenlik göstermektedir. Ayrıca, Sapanca Gölü'nü besleyen dereler, arazi eğimi ve debiler açısından dik eğimli dere niteliğindedir. Bunların yanında, dere havzalarında konut alanları, tarım arazileri, su şişeleme tesisleri ve balık üretim tesislerinin de yoğun bir şekilde bulunması ve dereler üzerindeki yanlış köprü, menfez uygulamalarının dere kesitlerini daraltması sonucunda, yoğun yağış durumunda taşkın yaşanması kaçınılmaz olmaktadır. Bu çalışmada, Güney Sapanca Havzasında 29-30 Eylül 2015 tarihleri arasında meydana gelen taşkınların hemen akabinde mevcut durum incelenmiş ve taşkının oluşum nedenleri tespit edilmiştir. Çalışma konusu bölgede ileride yaşanabilecek taşkınların önlenmesi amaçlı kısa ve uzun vadeli tedbirler tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Sapanca, Yağış, Taşkın

Abstract

The Lake Sapanca which supplies 90% of drinking water requirement of Sakarya City is situated in the Marmara Region, which is the most developed industrial zone and a hub for transportation lines of Turkey. For this reason, the area has been exposed to burden of intensive migration, population and construction activity. It is known that new road and building constructions, deforestation and reducing infiltration capacity of the soil with impermeable materials have negative effects on hydrology of an area. Due to Lake Sapanca Basin having a transitional climate feature under the influence of the Black Sea and the Mediterranean climate and being under the influence of temporary air system varies, the precipitation levels change annually. Besides, the creeks feeding the Sapanca Lake are classed as wild creeks due to deeply inclined land slopes and high flow velocity rates. Furthermore, inappropriate agricultural activities, unplanned water bottling plants and fish farming facilities, wrongly designed and constructed bridges and weirs applications along the creeks cause the floods with narrowing cross-sections of the creeks. In this study, the post-disaster situation of inundated flooding area (the southern part of Lake Sapanca Basin) on 29 September 2015, has been investigated

Key Words: Sapanca, Rain Fall, Flood

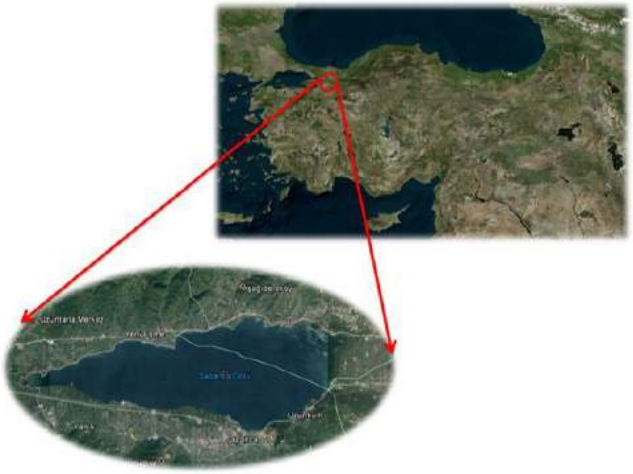
1. Giriş

Sakarya Üniversitesi Afet Yönetim Uygulama ve Araştırma Merkezi Müdürlüğü Taşkın Afet Yönetimi İhtisas Grubu üyeleri Prof. Dr. Murat Utkucu, Doç. Dr. Emrah Doğan, Yrd. Doç. Dr. Osman Sönmez, Güney Sapanca Havzasında 29-30 Eylül 2015 tarihleri arasında meydana gelen taşkınların sebeplerini araştırmak ve taşkın sonrası durumun değerlendirmesini yapmak için 1 Ekim 2015 tarihinde taşkınların yaşandığı derelerde incelemelerde bulunmuşlardır. Yapılan inceleme ve araştırma sonucunda elde edilen değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

1.1. Sapanca Gölü Havzasının Tanıtılması

Sapanca Gölü, Marmara Bölgesi içerisinde İzmit Körfezi'nin 20 km doğusunda 40° 41'' ile 40° 44" kuzey enlemleri ve 30° 09" ile 30° 20" doğu boylamları arasında yer almaktadır. Sakarya ile Kocaeli illerinin sınırları içinde kalan göl deniz seviyesinden 30 m yüksekliktedir. Tektonik bir çukurda bulunan bir tatlı su gölüdür ve İzmit Körfezi'nin devamı olarak Adapazarı Ovası'na ulaşır. Sapanca Gölü Havzası yerleşim haritası Şekil 1'de gösterilmiştir. Gölün doğu ucu Sakarya Nehri'ne 5 km, batı ucu İzmit Körfezi'ne 20 km uzaklıktadır. Sapanca Gölü'nün uzun ekseni doğu-batı doğrultusunda ve uzunluğu 16 km, kısa ekseni güney-kuzey doğrultusunda ve en geniş yeri 6 km'dir. Göldeki ortalama derinlik 31-33 m ve maksimum derinlik 61 m'dir. Göl'ün havza alanı 252 km^2'dir ve bu alanın yaklaşık 46 km^2'si göl, 150 km^2'si orman, geriye kalan kısım ise tarım ve yerleşim alanıdır. Sapanca Gölü, bölgenin en önemli tatlı su kaynaklarından birini oluşturmaktadır (Adasu, 2003).

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Sapanca Gölü Havzası Lokasyon Haritası (Google Earth görüntüsü, 2014)

Sapanca Gölü havzası aynı zamanda Anadolu'yu Avrupa'ya bağlayan ulaşım ağının üzerinde yer almaktadır. Göl, kuzey ve güneyinde bulunan dağlardan inen küçük dereler ve göl dibindeki kaynaklardan beslenmektedir. Havzanın sahip olduğu tabiat güzellikleri ve coğrafi konumu itibariyle İstanbul ve çevre illere yakın olmasından dolayı, havza içi ve civarı yerleşim alanlarında son 10 yılda nüfus %15 civarında artmış, nüfus artışına bağlı olarak havzada yapılaşma, kentleşme ve sanayileşme de artmıştır. Oldukça hızlı seyreden bu artışın neticesi olarak, havza içindeki ormanlık araziler doğal özellikleri yitirmeye başlamışlardır

2. İklim ve Meteorolojik Özellikler

Sapanca havzası; çeşitli araştırmacıların da kaydettiği üzere, Akdeniz ile Karadeniz iklimleri etkisi altında bulunan bir geçiş iklimi etkisindedir. Ayrıca, havza geçici hava sistemlerinin etkisi altında bulunması nedeniyle karasal iklim özelliklerini de yansıtabilmektedir (Demir, 2012).

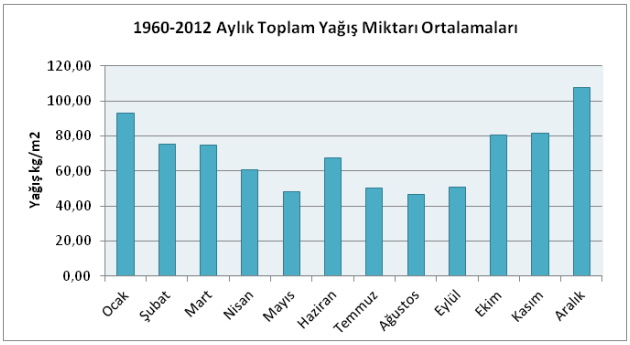
Ortalama toplam yıllık yağış yüksekliği 782,5 mm olup en düşük Temmuz-Ağustos aylarında (45 mm), en yüksek ise Aralık-Ocak aylarındadır (113 mm). Ortalama yıllık sıcaklık ise 13,5^0 C' dir. En soğuk ay Ocak, en sıcak aylar Temmuz - Ağustos'tur. Yıllık bağıl nem ortalaması %72,5 ve ortalama buharlaşma 625 mm'dir. Yaz aylarında egemen rüzgâr kuzey ve kuzeydoğudur. Kış aylarında ise güney ve kuzey-batıdan esen rüzgârlar etkindir. Sakarya İli'ne ait meteorolojik veriler Tablo 1'de, ortalama aylık toplam yağışlar da Şekil 2'de gösterilmiştir.

3. Sapanca Gölü'nü Besleyen Dereler

Sapanca gölünü besleyen başlıca dereler olan Kurtköy Deresi, Keçi Deresi, Mahmudiye Deresi, İstanbul Deresi, Kuruçay Deresi, Karaçay Deresi, Balıkhane Deresi, Arifiye Deresi, Sarp Deresi, Yanık Deresi, Maden Deresi, Eşme Deresi ve Harmanlı Deresidir (Tablo 2). Derelerin konumları Şekil 3'de ve Şekil 4'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sakarya iline ait meteorolojik veriler (www.dmi.gov.tr)

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ort. Sıcaklık (°C)	5.9	6.4	8.4	12.8	17.2	21.4	23.3	23.0	19.5	15.5	11.4	8.2
Ort.En Yüksek Sıcaklık (°C)	9.5	10.6	13.5	18.6	23.3	27.5	29.2	29.1	26.2	21.3	16.6	11.9
Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	2.8	3.0	4.4	8.1	12.1	15.6	17.8	17.7	14.2	11.1	7.4	5.0
Ort.Güneşlenm Süresi (saat)	2.3	3.1	3.6	5.0	6.4	8.2	8.5	8.3	7.6	4.3	3.2	2.2
Ort. Yağışlı Gün Sayısı	15.7	14.4	13.8	11.8	10.1	8.3	6.0	6.0	7.2	11.2	12.2	15.9
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort. (kg/m^2) veya (mm)	92.8	75.3	75.0	60.7	48.1	67.7	50.1	46.7	50.5	80.3	81.7	107.4



Şekil **Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.**. Sakarya iline ait 1960 – 2012 Yılları arasında aylık toplam yağış miktarı ortalamaları(www.dmi.gov.tr)



Şekil 3. Sapanca gölünü besleyen derelerdeki ölçüm istasyonları ve koordinatları (Köklü ve diğ., 2014)

3.1 Balıkhane Deresi

Geyikalan Tepesinin kuzeydoğusundan doğmakta (650 m), doğu istikametinde akar ve Sapanca Gölüne dökülür. Sapanca gölünün batısı, Maşukiye Köyü'nün kuzeyinde yer almaktadır ve gölün batı ucundan göle dökülmektedir. Havza alanı 33,6 km^2'dir, ana kol boyunca uzunluğu 8,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 62 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 15,8'dir.

Tablo 2. Sapanca Gölünü besleyen başlıca derelerde ölçüm istasyonlarının koordinatları

İstasyonlar	Koordinatlar	
	K	D
1. Marmaracık Deresi	40°66'2.8"	30°16'01"
2. Maden Deresi	40°66'1.2"	30°13'66"
3. Kurudere	40°63'5.4"	30°13'03"
4. Değirmendere	40°66'0.2"	30°11'33"
5. Balıkhane Deresi	40°63'0.4"	30°08'32"
6. Kasabanın Deresi	40°62'3.8"	30°08'59"
7. Yanık Deresi	40°62'6.4"	30°10'30"
8. Kurtköy Deresi	40°62'1.9"	30°11'56"
9. Mahmudiye Deresi	40°62'0.6"	30°14'55"
10. İstanbuldere	40°61'6.8"	30°15'66"
11. Keçi Deresi	40°61'3.4"	30°16'27"
12. Sarp Deresi	40°61'2.5"	30°16'51"

Sapanca Gölü'nü besleyen güneydeki dereler ve akış oranları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. 1986-1999 Yılları Arası Sapanca Gölünü Besleyen Derelerin Akış Oranları ve Çıkış Akış Oranı (Ünlükara, İ., 1999)

Dereler	Min.Akış Oranı(m^3/sn)	Max.AkışOranı/m^3/sn)	Ort. Akış Oranı(m^3/sn)
Balıkhane	0,038	7,400	0,943
raçay (Kurtköy)	0,016	8,500	1,148
ıruçay (Yanık)	0,013	5,443	0,501
Mahmudiye	0,018	3,104	0,453
İstanbul	0,007	2,766	0,492
Keçi	0,005	0,471	0,065
Sarp	0,006	0,513	0,054

3.2. Yanık Deresi

Kuzu Yaylası tepesinin güneybatısından doğar (1580 m) ve kuzey istikametinde akarak Sapanca gölünün güneyinden göle dökülür. Havza alanı 23,53 km^2'dir, ana kol boyunca uzunluğu 14 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 37,97 km'dir ve derenin ortalama eğimi % 15,1'dir.

3.3. Kurtköy Deresi

Drenaj sahası, doğuda İncebel, İstihkam Tepe, batıda Demirkapı Tepe, Baltalık Tepe güneyde Solucak Yaylası ve kuzeyde Sapanca Gölü ile çevrilidir. Dere havzası dar, uzun ve 18,96 km^2 alana sahiptir. Kurtköy deresi güneyde Solucak Yaylasından (1200 m.) doğarak kuzey istikametinde akar ve Sapanca Gölüne dökülür. Derenin uzunluğu 11,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 27,85 km ve ortalama eğimi % 19,7'dir.

3.4. Mahmudiye Deresi

Doğusunda Senaiye Tepe, (530 m.) Orta Tepe (595 m.), güneyde Hacıhüseyin Doruğu, batısında İncebey Sırtları, İstihkam Tepe ve kuzeyinde Sapanca Gölü bulunmaktadır. Drenaj sahasının alanı 17,82 km^2'dir. Dere, Hacıhasan Doruğundan doğar ve Sapanca Gölüne dökülür; derenin uzunluğu 12,4 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 26,31 km ve ortalama eğimi % 10'dur.

3.5. İstanbul Dere

İstanbul Deresi, Nuri Osmaniye Alan Sırtı'ndan (620m) doğar. Doğansivri Tepesi, Hacıhüseyin Doruğu ve Küçük Yayla Tepesi yamaçlarından üç ana kol gelmesi ve Ulviye köyü kuzeyinde birleşmesiyle meydana gelir. Kuzey doğu istikametinde seyreden derenin drenaj sahası 26,82 km^2 olup, dere uzunluğu 12,8 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 47,54 km ve derenin ortalama eğimi % 15,4'dir.

3.6. Keçi Deresi

Bozca tepesinin kuzeydoğusundan doğar (790 m) ve kuzey istikametinde akarak Sapanca gölüne dökülür. Sapanca gölünün güneyinde Yüzevler ile Sapanca Kasabası arasında yer alır. Havza alanı 4,7 km^2'dir, ana kol boyunca uzunluğu 4,3 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 11,95 km ve derenin ortalama eğimi % 14'dür.

3.7. Sarp Deresi

Tumba tepesinin güneybatısından doğarak, (337 m) ve kuzey istikametinde akar ve Sapanca Gölüne dökülür. Sapanca Gölünün güneyinde ve Sapanca Kasabasının doğusunda yer alır. Havza alanı 4,97 km^2'dir, ana kol boyunca uzunluğu 3 km, yan kollarıyla birlikte toplam uzunluğu 9,57 km ve derenin ortalama eğimi % 7,1'dir.

4. Sapanca Gölü Havzası Arazi Kullanımı

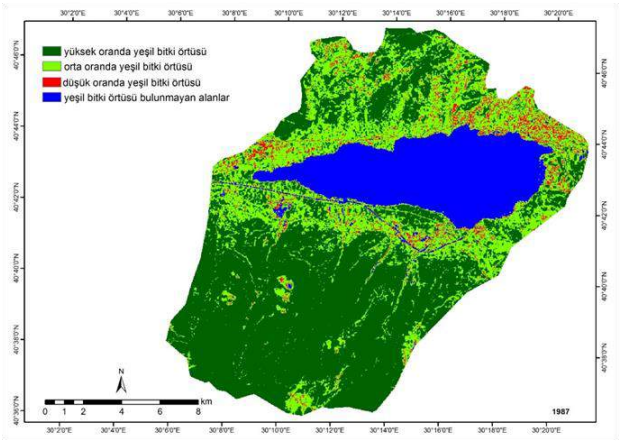
Sapanca Gölü Havzasında konumu ve doğal güzelliği sebebiyle son 20 yılda şehirleşme ve sanayileşme hızlı bir artış göstermiştir. Bu artışa binaen arazi kullanımında önemli değişimler meydana gelmiştir. Bu değişimlerin temel nedeni insanoğlunun kendisidir. Havzadaki arazi kullanımının yıllara göre değişimini araştırmak için Landsat 5 TM (1987) ve Landsat 8 TM (2010) uydu görüntüleri kullanılmıştır (Köklü ve diğ., 2014). Uydu görüntüleri ArcGIS 10,1 yazılımı kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlar arazi çalışması ile doğrulanmıştır. Bu çalışmalarla, 1978-2010 yılları arasında doğal bitki örtüsünün tahrip olduğu tespit edilmiştir.

1987 - 2010 yıllarına ait uydu görüntüleri, yıllar arasındaki değişimin görsel ve istatistiksel olarak yorumlanabilmesi için sınıflandırılmıştır. Sınıflandırılmış görüntüler görsel olarak incelendiğinde en fazla değişim yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün olduğu alanlarda gözlemlenmiştir. (Şekil 4 – 5)

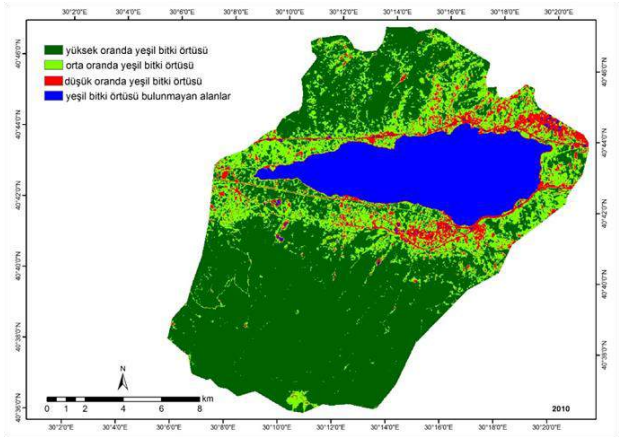
İstatistiksel olarak elde edilen bitki örtüsü değişimi sınıflandırma sonuçları değerlendirildiğinde (Tablo 4), yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda 15039.10 hektardan 13956.30 hektara -%7.2'lik bir azalma olmuştur. Yüksek oranda yeşil bitki örtüsünün hakim olduğu alanlarda değişimin asıl nedeni ormanlık alanların tahrip edilerek şehirleşme ve sanayileşmede meydana gelen artış nedeniyle insan etkilerinin artmasıdır. Buna ilaveten tarım alanlarının ikinci konut yapımı için yerleşim alanlarına dönüştürülmesidir. Yeşil bitki örtüsü bulunmayan alanların durağan konuma daha yakın bir değişim sergilediği de söylenebilir.

Tablo 4. Sapanca Havzadaki Arazi Kullanım Oranları 1987 – 2010 (Köklü ve diğ., 2014)

ARCGIS	1987		2010		1987-2010	
	Arazi Kullanım		Arazi Kullanım		Alan Değişimi	
	ha	%	ha	%	ha	%
1 Yeşil Bitki Örtüsü Bulunmayan	4525.92	16.83	4391.82	16.33	-134.10	% -2.96
3 Düşük Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	670.90	2.50	697.59	2.59	26.69	% 3.98
4 Orta Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	6596.53	24.53	7895.07	29.36	1298.54	% 19.69
5 Yüksek Oranda Yeşil Bitki Örtüsü	15089.10	55.94	13986.30	51.91	-1082.80	% -7.2
Toplam	26886.62	100.00	26886.62	100.00	-	-



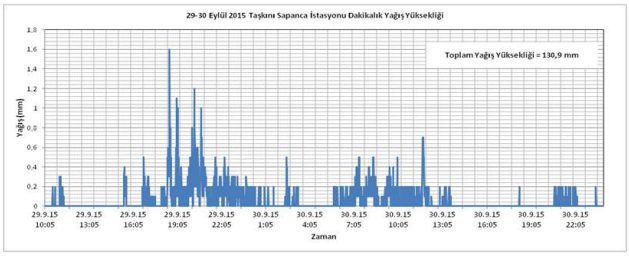
Şekil 4. Sapanca Gölü Havzasında 1987 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü (Köklü ve diğ., 2014)



Şekil 5. Sapanca Gölü Havzasında 2010 yılına ait sınıflandırılmış NDVI görüntüsü (Köklü ve diğ., 2014)

5. Kurtköy-Mahmudiye-Yanık Dereleri Taşkınlarının Değerlendirilmesi

Şekil 5'e bakıldığında yoğunluklu yapılaşma ve kentleşmenin Kurtköy, Mahmudiye, İstanbuldere, Sarp ve Yanık Derelerinde olduğu görülmektedir. 29-30 Eylül 2015 tarihleri arasında Sapanca Havzasının güneyine toplamda m^2'ye 130.9 kg yağış düştüğü Sapanca DMİ istasyonunda ölçülmüştür. Yağışın en yoğun olduğu saatlerin 29 Eylül 2015 tarihi 18:00-23:00 olduğu Şekil 6'dan anlaşılmaktadır.



Şekil 6. 29-30 Eylül 2015 tarihinde Sapanca İstasyonuna ait Dakikalık Yağış Verileri (dmi.gov.tr)

Taşkın esnasında Kurtköy Deresi taşkın debisinin 75 m^3/sn olduğu hesap edilmiştir. Kurtköy Deresi'nde taşınan ortalama debi 1,15 m^3/sn'dir. Taşkın anında Kurtköy Deresinde taşkın debisinin ortalama debinin yaklaşık 65 katı olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 7'de Kurtköy Deresinin taşkın yatağında kalan binalar görülmektedir. Fotoğrafta görülen binaların yapımı ile dere yatağının daraltılması sonucunda bölgede taşkın meydana gelmiştir. Taşkının derenin akış yönüne göre sağ sahilinde kalan şevde erozyon meydana getirdiği fotoğrafta açıkça görülmektedir.



Şekil 7. Kurtköy Deresi taşkın yatağında kalan binalar

Şekil 8' de Kurtköy Deresi yatağının daraltılmasından kaynaklanan taşkın hasarı görülmektedir. Fotoğrafta görülen bina ve duvarın dere yatağına çok yakın inşa edilmiş olması sonucu dere yatağı daraldığından taşkın meydana gelmiştir.



Şekil 8. Kurtköy Deresi yatağının daraltılması kaynaklı taşkın hasarı

Şekil 9' da Kurtköy Deresinde çöp ve molozlardan dolayı dere yatağı daralmış olduğu görülmektedir. Bu durum derenin su taşıma kapasitesi azalmıştır ve bu durumda taşkınların artmasına neden olmuştur.



Şekil 9. Kurtköy Deresinde çöp ve molozlardan dolayı dere yatağında meydana gelen daralma

Kurtköy Deresinde meydana gelen taşkınlarda demiryolu köprüsü altında moloz-ağaç parçalarının birikmiş olması dere kesitini daraltmış taşkınların yaşanmasına neden olan etkenlerden olmuştur. Fotoğrafın bakış yönüne göre, köprünün sol açıklığı, günlük kullanımda araç trafiğine hizmet eden yoldur; ancak taşkın esnasında sular dere yatağından taşarak araç yolunu da kullanılamaz hale getirmiştir. Burada demiryolu köprüsünün projelendirilmesinde üst yolun doğrultusu hesaba katılırken, akış yönüne göre köprünün sağ (doğu) açıklığından geçen dere yatağının doğrultusu ikincil derece ele alınmış olması sonucunda, derenin köprü açıklığına dik açıyla yaklaşması sonucu, dere yatağı şevinde ve köprünün orta ayağında erozyon ve oyulmalara da sebep olduğu görülmektedir. (Şekil 10).



Şekil 10. Sakarya-İstanbul demiryolunun Kurtköy deresi üzerindeki köprü altında biriken moloz-ağaç parçaları ve silt-kil-ince kum gibi ince taneli malzemenin yatağından taşarak etrafa yayılması

Taşkın esnasında Mahmudiye Deresi taşkın yatağındaki debinin 70 m^3/sn olduğu hesap edilmiştir. Mahmudiye Deresi'nde taşınan ortalama debi 0,45 m^3/sn'dir. Taşkın anında Mahmudiye Deresindeki taşkın debisinin ortalama debinin yaklaşık 154 katı olduğu anlaşılmaktadır.

Mahmudiye Deresi yatağında yol geçişi nedeniyle dere geçişi 2m çaplı beton büz borular ile sağlanmıştır. Fakat taşkın anında kesitler dereyi taşıyamamış ve beton boruları ve yol kaplamasında büyük hasara yol açmıştır. Kesitlerin yetersiz oluşu ve başka boru hatlarının da yatağın içinden geçmesi dere yatağını daralttığından taşkınların oluşmasına neden olan etkenlerden biri olarak söylenebilir (Şekil 11).



Şekil 11. Mahmudiye Deresi yatağında yol geçişi

Taşkın esnasında Yanık Deresi taşkın debisinin 93 m^3/sn olduğu hesap edilmiştir. Yanık Deresi'nde taşınan ortalama debi 0,50 m^3/sn'dir. Taşkın anında Yanık Deresindeki taşkın debisinin ortalama debinin yaklaşık 186 katı olduğu anlaşılmaktadır.

6. Sonuç

İncelemesi yapılan arazi, dereler, ormanlar ve tatlı su gölü gibi hassasiyetle korunması gereken doğal özelliklere sahiptir. Ancak aynı arazi, sanayileşmenin merkezi olarak görülen, coğrafik konumu sebebiyle Kuzey-Güney ve Doğu-Batı ana kara ulaşım akslarının kesiştiği, suyollarının bulunduğu, Türkiye'nin en gelişmiş ve en çok göç alan bölgesinde bulunmakta, bu sebeple yoğun yapılaşma baskısına maruz kalmaktadır. Hızlı ve düzensiz yapılaşma sonucu yeni yolların açılması, ormanların tahrip edilmesi ve suyu emme özelliğindeki doğal arazilerin üzerlerinin bina ve geçirimsiz kaplama malzemeleriyle örtülmesi ile gerçekleşen arazi kullanımındaki değişikliklerin, o alanın hidrolojisi üzerinde birbirleriyle bağlantılı ancak ayrı ayrı tanımlanabilen dört etkisi olduğu bilinmektedir:

1) Maksimum akış özelliklerinde değişimler,
2) Yağmurun emilmeyerek toprak üstünde akan miktarındaki değişimler,
3) Su kalitesindeki değişimler,
4) Hidrolojik fayda ve kolaylıklarda yaşanan değişimler. (Luna B. Leopold)

İnceleme alanında yaşanan sel ve taşkının oluşturduğu zarar, çalışmada da detaylı olarak belirtildiği gibi, yukarıdaki dört faktörün ilk ikisiyle doğrudan ilgilidir.

Sapanca Gölü'nü besleyen dereler arazi eğimi ve debiler açısından vahşi dere (büyük-dik eğimli dere) niteliğindedir. Dere havzalarında konut alanları, tarım arazileri, su

şişeleme tesisleri ve balık üretim tesislerine yoğun bir şekilde bulunmaktadır. Dereler üzerindeki yanlış köprü, menfez uygulamaları da dere kesitlerini daraltmıştır.

29-30 Eylül 2015 tarihleri arasında Kısa sürede meydana gelen şiddetli yağış, yerleşim yerleri içinden geçen dere yataklarında tekniğe aykırı yanlış düzenleme yaparak dere akış kesitinin daraltılması, dere yatağına tekniğine aykırı köprü, menfezler, enine yapıların yapılması, dere yatağına balık çiftliklerinin kurulması, dere yatağına bent ve dolgu yapılması, dere yatağına kanalizasyon şebekesi döşenmesi, dere yataklarında tabii olarak büyüyen ağaç ve çalıların yatak kapasitesini daraltması, havzadaki orman alanlarının tahribatı Sapanca Gölü güneyindeki derelerde meydana gelen taşkınların nedenleri olarak sıralanabilir (bkz. Ekler).

Ayrıca derelerdeki köprülerin ayaklarında moloz, kütük, dal parçaları biriktiğinden köprülerin açıklıkları daralmış ve köprüler deredeki suyu bir baraj gibi kabartarak derelerin kenarlarındaki arazilere taşmasında etkili olmuştur. Bununla birlikte daha önce de belirtildiği gibi, bu dereler dik (büyük) eğimli derelerdir. Dolayısıyla bu özellikteki derelerde sular çok hızlı taşınır ve olası bir taşkında taşkınların hasarları büyük olur. Dik eğimli dereler yataklarında kum-çakıl-iri çakıl gibi malzemeler taşır. Ancak taşkınlar esnasında Sapanca Gölü havzasının güneyinde kalan bu derelerin silt-kil-ince kum gibi ince taneleri yatağından taşarak etrafa yaydığı gözlenmiştir. Taşkınlar esnasında taşınan bu ince malzemenin kaynağı havzadan gelmektedir. Ormanların tahrip edilmesi sonucunda havza yüzeyinde erozyon olur ve yüzeyde ince malzemeler oluşur. Yağışlar esnasında havza yüzeyinden gelen bu malzeme dere yataklarına ulaşır.

Derelerde meydana gelen akış; yüzeyden gelen yüzeysel akış, yüzey altı akışı ve yeraltı suyu akışının toplamından oluşur. Sapanca Gölü Havzasındaki orman tahribatının 1987-2010 tarihleri arasında % 7,2 olduğu arazi kullanımı haritalarından anlaşılmaktadır. 2015 yılı itibariyle artan nüfusa bağlı olarak son 30 yılda ormansızlaşmanın % 15 civarında olduğu tahmin edilmektedir. Sapanca Gölü Havzası'nda yapılaşmanın artması ve buna bağlı olarak kentleşmenin artmasıyla birlikte derelerdeki akış dengesi bozulmuş, beton-asfalt-parke yolların ve binaların artmasına bağlı olarak bu bölgelerde geçirimsizlik artmıştır. Dolayısıyla taşkın günlerinde havzaya aşırı yağan yağmurun büyük bir kısmı yüzey altı ve yeraltına sızamadan yüzeysel akışa geçerek derelere hızlı bir şekilde ulaşmış ve çok kısa sürede büyük taşkınların olmasına neden olmuştur.

Yukarıda tespiti yapılan olumsuz durumların önüne geçebilmek için:

Akarsu yataklarının öncelikle tekniğine uygun olarak düzenlenmesi gerekmektedir. Bu tür felaketlerin önlenmesi için, derelerin ıslah edilmesi ve kesitlerinin genişletilmesi, taşkın kontrol setleri ve/veya barajları, duvarları ve derivasyon kanalları, yağmur suyu drenaj sistemleri inşa edilmesi gerekmektedir.

İnceleme yapılan sele duyarlı arazide, akarsu yatak ve havzalarında plansız ve düzensiz (imara aykırı) yapılaşmalar sonucu yaşanan taşkınların sadece düzensiz yapılaşma alanlarında değil, imara uygun yapılaşmış alanlara da sirayet ederek, maddi ve manevi zararlar oluşturduğu görülmektedir. Çalışmada adı geçen derelerin taşkın haritaları oluşturulmalı ve olası taşkın risklerinin yönetilebilmesi için senaryolar üretilmelidir, Taşkın Önleme Projelerinin süratle hayata geçirilmesi ve önceden yapılmış çalışmaların güncellenmesi gerekmektedir.

İnceleme yapılan bölgede, mevcut imarlı alanlar için zorunlu taşkın sigortası uygulaması başlatılmalı, bununla birlikte, derelerin havzaları imara açılmamalı, imar ve kıyı koruma mevzuatının gereği olarak denetim ve mevzuatın tanıdığı yaptırımlarla bu alanlarda yapılaşmanın önüne geçilmeli, taşkın yatağında bulunan binaların risk, cins ve önem durumunun belirlenerek riskli yapılar kentsel dönüşüm çerçevesinde yıkılmalı veya taşınmalıdır.

Kaynaklar

[1] Adasu Genel Müdürlüğü, "Sapanca Gölü Çevre Koruma Projesine Esas Bilgiler" Adapazarı, 2003

[2] Demir, S., "Uzun Vadeli Su Temininde Meteorolojik Faktörlerin Sapanca Gölü Su Kalitesine Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Ocak 2012

[3] Ünlükara, İ., "Evaulation of Water Quality in Sapanca Lake" B. Ün., Y. Lis. Tezi, İstanbul 1999

[4] Köklü R, Şengörür, B., Doğan, E., Gümrükçüoğlu, M., Eren B., Sönmez, O., Temiz, T., Tünay, T. Sapanca Gölü'nde Su Kalitesi ve Sediment Taşınımının Belirlenmesi. Sakara Üniversitesi BAP Projesi Proje No: 2012-01-04-016, Sakarya, Temmuz 2014.

[5] Luna B. Leopold, Hydrology for Urban Land Planning - A Guidebook on the Hydrologic Effects of Urban Land Use, United States Department of the Interior, Geological Survey Circular 554, Washington, 1968, p: 1-7.

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ KINIKLI YERLEŞKESİ'NİN TAŞKIN AFETİNE MARUZ KALMA POTANSİYELİNİN HİDROLİK MODELLEME İLE BELİRLENMESİ

DETERMINING THE FLOOD RISK POTENTIAL OF PAMUKKALE UNIVERSITY CAMPUS AREA WITH HYDRAULIC MODELLING

Şerife GÖKÇE[a], M. Tamer AYVAZ[b], Ömer GENÇ[c], A. Cem KOÇ[d]

[a] Afyon Kocatepe Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Afyonkarahisar, Türkiye, E-posta: sgokce@aku.edu.tr
[b] Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye, E-posta: tayvaz@pau.edu.tr
[c] Düzce Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Teknolojisi Programı, Düzce, Türkiye, E-posta: omergenc@live.com
[d] Pamukkale Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Denizli, Türkiye, E-posta: a_c_koc@pau.edu.tr

Özet

Bu çalışmanın amacı Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi'nin taşkın afetine maruz kalma potansiyelinin ve bu afete karşı alınacak önlemlerin belirlenmesi amacıyla detaylı bir modelleme çalışması yapmaktır. Bu modelleme kapsamında yerleşkenin akış yukarısında yer alan Hamamdere Havzası'ndan gelmesi muhtemel olan taşkın sularının yerleşkede bulunan mevcut derivasyon kanalı ile herhangi bir taşkın afetine neden olmadan uzaklaştırılıp uzaklaştırılamayacağı belirlenmiştir. Bu işlemlerin yerine getirilebilmesi amacıyla coğrafi bilgi sistemleri (CBS) kullanılarak yerleşke içindeki yapıları ve derivasyon kanalını içerecek şekilde bir sayısal yükseklik modeli oluşturulmuş ve bu model kullanılarak yerleşke alanına ait HEC-RAS tabanlı bir hidrolik model kurulmuştur. Geliştirilen HEC-RAS tabanlı hidrolik model farklı taşkın senaryoları için çalıştırılmış ve yerleşke alanının Hamamdere Havzası'ndan gelecek bir taşkın afetine maruz kalma potansiyeli detaylı olarak değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Taşkın; Hidrolik Modelleme; Coğrafi Bilgi Sistemleri; HEC-RAS

Abstract

The aim of this study is determining the flood exposure risk and flood precautions of the urban areas by using Geographical Information Systems (GIS) and hydraulic modeling techniques. Pamukkale University Campus area was selected as the case study. Flood water occurred in the Hamamdere basin which is located just upstream the university campus is passing the campus in the Hamamdere derivation channel. This derivation channel was examined whether it can contain the flood water safely until the downstream of the campus area. For this aim HEC-RAS based hydraulic model of the university campus including the derivation channel was designed in the GIS environment. Then HEC-RAS based hydraulic model run for different flood scenarios and flood risk potential of the campus area were evaluated in detail.

Keywords: Flood; Hydraulic Modeling; Geographic Information Systems; HEC-RAS

1. Giriş

Taşkınlar, ülkemizde depremlerden sonra gözlenen en önemli doğal afetlerin başında gelmektedir. Son yıllarda özellikle küresel iklim değişikliğinin etkisiyle taşkınlar doğal olarak oluşabildiği gibi, plansız kentleşme, dere yataklarının imara açılması, doğal bitki örtüsünün tahrip edilmesi gibi nedenlerden dolayı insan kaynaklı nedenlerden dolayı da oluşabilmektedir. Bu nedenle, taşkın afetine maruz kalacak alanların ve bu afete karşı alınacak yapısal ve yapısal olmayan önlemlerin önceden belirlenmesi güncelliğini koruyan önemli bir mühendislik problemidir. Bu problemin çözümünde coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ve hidrolik modelleme teknikleri yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bu çalışmada Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşkesi için CBS ve hidrolik modelleme teknikleri kullanılarak taşkın modelleme çalışması yapılmıştır. Bu kapsamda, yerleşkenin akış yukarısında bulunan ve 9.6 km^2 lik su toplama alanına sahip Hamamdere Havzası'ndan gelecek taşkın sularının Devlet Su İşleri tarafından 1994 yılında onaylanan Denizli İl Merkezinin Yandereler Taşkınlarından Korunması Planlama Raporu [1] kapsamında inşa edilen "Hamamderesi Derivasyon Kanalı" ile herhangi bir taşkın afetine neden olmaksızın yerleşkenin akış aşağısı bölümüne yönlendirilip yönlendirilemeyeceği araştırılmıştır. Bu amaçla yerleşke alanının CBS ortamında mevcut yapıları ve derivasyon kanalını içeren sayısal yükseklik model oluşturulmuş ve bu model üzerinde yerleşke alanının HEC-RAS [2] tabanlı hidrolik modeli kurulmuştur. Bu hidrolik model kullanılarak ilgili planlama raporu kapsamında Hamamdere Havzası için belirlenen 100, 500 ve 1000 yıl yineleme süreli taşkın debileri için yerleşke alanının taşkın afetine maruz kalma potansiyeli araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar, Hamamderesi Derivasyon Kanalı'nın 500 ve 1000 yıl yineleme süreli taşkın debilerini geçirmede yetersiz kaldığını ve yerleşkenin taşkın afetine maruz kalmaması için iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiğini göstermiştir.

2. Çalışma Sahası

Pamukkale Üniversitesi yerleşkesinin akış yukarısında bulunan Hamamdere havzası 9.6 km² yağış alanına

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

sahiptir (Şekil 1). Yerleşke tam olarak havzanın çıkış noktasında bulunduğundan havzada meydana gelebilecek olası bir taşkın Pamukkale Üniversitesi Kınıklı yerleşkesi için risk oluşturmaktadır. Devlet Su İşleri tarafından 1994 yılında onaylanan "Denizli İl Merkezinin Yandereler Taşkınlarından Korunması Planlama Raporu" [1] kapsamında havzanın üst bölümlerindeki katı madde hareketini önlemek için 3 adet ıslah sekisi, 3 adet kontur sekisi ile 2 adet brit yapılmış (Şekil 2), ayrıca Kınıklı, Bağbaşı ve Kayhan beldelerinden geçen 4520 m uzunluğundaki derivasyon kanalı ile oluşan taşkın sularının Gökpınar Çayı'na mansaplanması amaçlanmıştır. Bu derivasyon kanalının 1230 m'lik bölümü Pamukkale Üniversitesi kampüs alanı içinden geçmektir (Şekil 3). Bu bölümün hemen girişine yüksekliği 1.50 m ile 4.50 m arasında değişen bir yönlendirme duvarı (Şekil 3) inşa edilmiş ve havzadan gelen taşkın sularının derivasyon kanalına yönlendirilmesi sağlanmıştır. Derivasyon kanalı, yer kaybının önlenmesi ve kampüs alanı içindeki estetik görünüm dikkate alınarak dikdörtgen kesitli ve kargir duvarlı olarak inşa edilmiştir (Şekil 4). Ayrıca kanalın güney bölümünde yer alan yapılara ulaşım sağlamak amacıyla kanal üzerine 5 adet tek açıklıklı köprü inşa edilmiştir (Şekil 5).



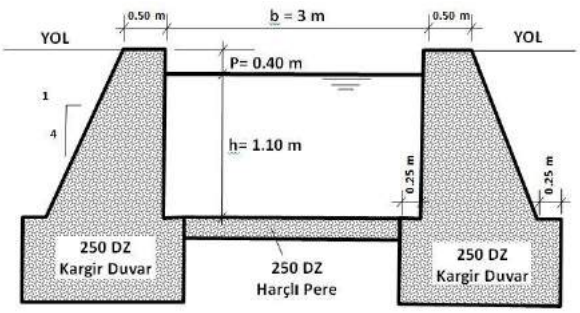
Şekil 1: Hamamdere Havzası'nın ve yerleşke alanının üç boyutlu görüntüsü



Şekil 2: Katı madde hareketini önlemek amacıyla yapılan ıslah sekisi



Şekil 3: Yapılan taşkın önleme yapılarının kampüs alanındaki yer bulduru haritası



Şekil 4: İnşa edilen dikdörtgen kesitli derivasyon kanal kesiti



Şekil 5: İnşa edilen dikdörtgen kesitli derivasyon kanalı ve köprü

Denizli İl Merkezinin Yandereler Taşkınlarından Korunması Planlama Raporu [1] kapsamında Denizli kent merkezini taşkına maruz bırakma potansiyeli bulunan tüm havzalar için farklı yineleme süreli taşkın debileri hesaplanmış ve bu debiler kullanılarak ilgili taşkın önleme yapıları boyutlandırılmıştır. Bu kapsamda Hamamdere havzası için hesaplanan debiler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Hamamdere Havzası için hesaplanan taşkın debileri (m^3/s) [1]

	Q_5	Q_{10}	Q_{25}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{500}	Q_{1000}
Hamamdere Havzası	6.3	8.1	10.2	11.9	13.3	16.9	18.45*

* Bu değer DSİ tarafından ilgili planlama raporunda verilmemiş olup Q_{10} ve Q_{100} değerlerine bağlı olarak Van Te Chow formülü ile hesaplanmıştır. ($Q_{1000} = Q_{10} + 1.990(Q_{100} - Q_{10})$)

Bu noktada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, üniversite yerleşkesinden geçen ve boyutları Şekil 4'de verilen kanal kesiti için boyutlandırma işleminin ilgili planlama raporu [1] kapsamında belirlenmiş olan 100 yıl yineleme süreli taşkın debisi Q_{100} = 13.3 m^3/s ve üniform akım kabulü dikkate alınarak yapıldığıdır. Ancak, üniversitenin kentsel yerleşim alanında bulunması ve 2015 yılı verilerine göre yaklaşık 55000 öğrencinin eğitim gördüğü bir kurum olmasından dolayı 100 yıl yineleme süreli taşkın debisine bağlı olarak yapılan boyutlandırmanın yeterli olmayacağı düşünülmektedir. Bu nedenle yerleşke alanı için taşkın modelleme çalışması yapılmış ve üniversitenin taşkın afetine maruz kalma riski belirlenmeye çalışılmıştır.

3. Model Geliştirilmesi

Bu bölümde DSİ tarafından inşa edilen Hamamdere Derivasyon kanalının farklı yineleme süreleri için

hesaplanan taşkın debilerini sorunsuz bir şekilde yerleşke alanının akış aşağısına iletip iletemeyeceğinin belirlenmesi amacıyla detaylı bir modelleme çalışması yapılmıştır. Bu modelleme çalışması kapsamında takip edilen her bir iş kalemi aşağıda özetlenmiştir [3-4].

3.1. Yerleşke Alanının Sayısal Yükseklik Modelinin Oluşturulması

Hamamdere Derivasyon kanalının üst havzadan gelen taşkın debisini emniyetli bir şekilde yerleşke alanının akış aşağısına iletip iletemeyeceğinin belirlenmesi ve şayet iletmekte yetersiz kalması durumunda kanaldan taşan suyun hangi bölgeleri taşkın afetine maruz bırakacağının belirlenmesi amacıyla yerleşke sahasının CBS ortamında sayısal yükseklik modeli oluşturulmuştur. Sayısal yükseklik modelinin oluşturulmasında ana girdi olarak Pamukkale Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı tarafından özel bir mühendislik firmasına hazırlatılan 1/25000 ölçekli sayısal harita kullanılmıştır. Ancak bu harita derivasyon kanalı ile ilgili herhangi bir topoğrafik veri içermediğinden dolayı kanal taban kotları ile sağ – sol bölümlerindeki topoğrafik kotlarının belirlenmesi amacıyla Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'nın desteği ile Gökçe [5] kapsamında bir arazi çalışması yapılmış ve hassas global konumlama cihazı kullanılarak ± 1 cm hata mertebesinde ölçüm yapılmıştır (Şekil 6 ve 7). Bu sayede kanal boykesiti ve taban eğimi gerçeğe yakın bir şekilde belirlenmiştir. Bu aşamadan sonra uydu fotoğrafı üzerinden yerleşke alanındaki yapılar sayısallaştırılmıştır. Sonuç olarak elde edilen tüm bu veriler CBS ortamında birleştirilerek yerleşke alanının derivasyon kanal boykesitini ve mevcut yapılarını içeren topoğrafik haritası elde edilmiştir. Bu harita kullanılarak yine CBS ortamında kampüs alanının TIN formatında sayısal yükseklik modeli elde edilmiştir (Şekil 8).

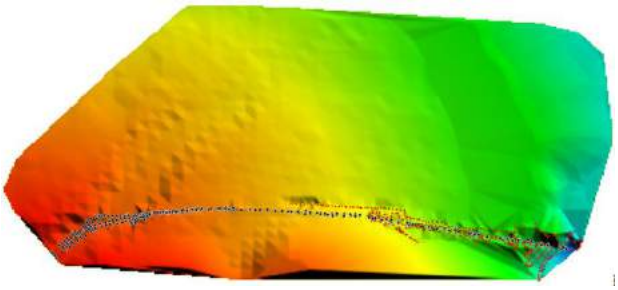
3.2. Hidrolik Modelin Oluşturulması

Kampüs alanına ait hidrodinamik akım modeli HEC-RAS kullanılarak kurulmuştur. HEC-RAS, Amerikan Ordu Mühendisleri Birliği tarafından geliştirilmiş ve genel olarak kararlı-kararsız akım durumları için nehir, sel veya karışık akım rejimlerini dikkate alarak su yüzeyi profillerinin elde edilebildiği bir modelleme yazılımıdır [2]. İlgili yazılım kullanılarak modelleme yapılabilmesi için akış kolu boyunca belli aralıklarla enkesitlerinin alınması ve bu enkesitlerdeki ölçüm noktalarına ait koordinat ve topoğrafik kot değerlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Belirlenen bu kesit geometrileri ile topoğrafik kotların HEC-RAS'a aktarılması amacıyla Şekil 8'de verilen sayısal yükseklik modeli kullanılmıştır. Bu amaçla, CBS ortamında gerekli veriler HEC-GeoRAS alt programı kullanılarak derlenmiş ve HEC-RAS ortamına aktarılmıştır. Bu işlem sonucunda tanımlanan ana akış kolu ve enkesitler Şekil 8'de verilmiştir.

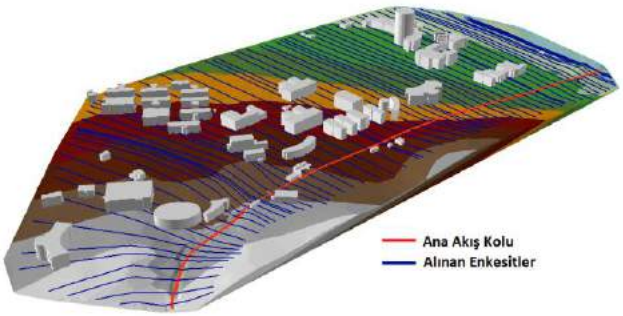
Bu aşamadan sonra HEC-RAS ile modelleme yapılabilmesi için gerekli olan diğer parametreler modele girilmiştir. Bu parametreler sırasıyla hesaplanan taşkın debileri, sınır koşulları, ana akış kolu ile taşkın yataklarının ayrım noktaları, Manning yüzey pürüzlülük değerleri ve köprü vb. gibi yapılara ait bilgilerden oluşmaktadır. Modelde taşkın debileri olarak Çizelge 1'de verilen 100, 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli debiler kullanılmıştır. Yapılan arazi ölçümleri sonucunda derivasyon kanalı için ortalama taban eğimi 0.06 olarak belirlenmiştir. Bu değer nispeten yüksek olduğu için HEC-RAS modeli hem nehir hem de sel rejimlerini içeren birleşik analiz modunda çalıştırılmıştır. Ana akış kolu ve taşkın yataklarının ayrım noktaları belirlenmiş Manning yüzey pürüzlülük değerleri kanal kesiti için DSİ tarafından yapılan boyutlandırmada kullanıldığı gibi 0.018 alınmış, kanal kesiti dışında kalan bölümlerde ise 0.035 olarak alınmıştır. Son olarak, kampüsün güney bölümündeki alanlara ulaşmak amacıyla inşa edilen 5 adet köprüye (Şekil 5) ait geometrik bilgiler HEC-RAS'ın geometri modülü kullanılarak modele girilmiştir. Bu kapsamda Şekil 8'de tanımlanan ana akış kolu (derivasyon kanalı) ve hesap enkesitlerinin HEC-RAS geometri modülü üzerindeki görünümü Şekil 9'da, akış boykesiti (talveg kotu) ve tanımlanan köprüler Şekil 10'da verilmiştir.



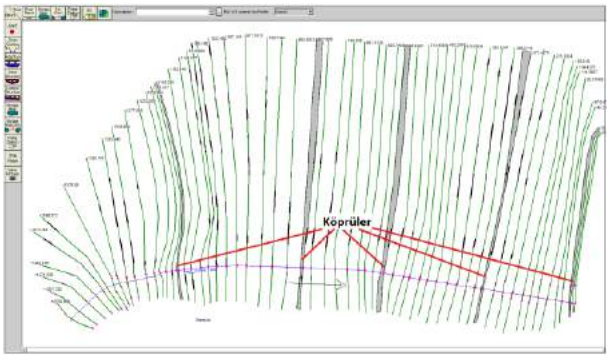
Şekil 6: Hassas global konumlama cihazı kullanılarak ölçüm yapılması



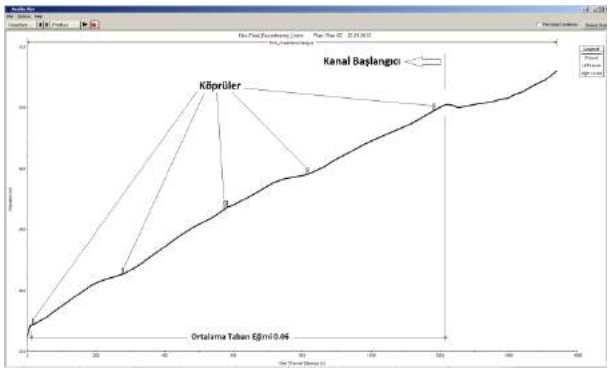
Şekil 7: Yapılan ölçümler sonucu koordinat ve topoğrafik kot okuması yapılan noktaların çalışma sahasındaki görünümü



Şekil 8: CBS ortamında ana akış kolu ve hesap enkesitlerinin tanımlanması



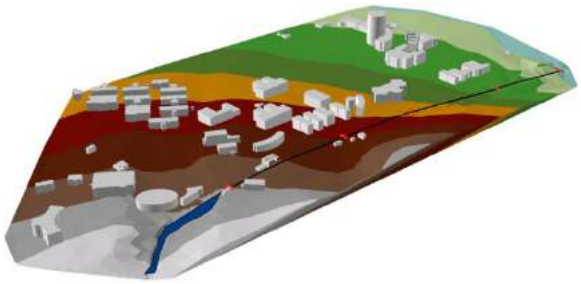
Şekil 9. HEC-RAS geometri modülü üzerinde ana akış kolu ve enkesitlerin görünümü



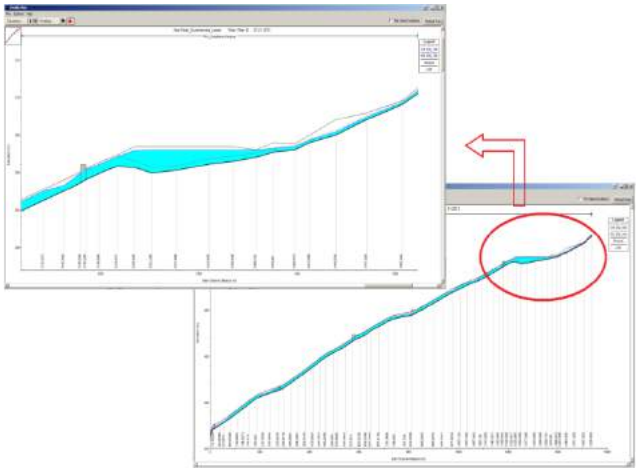
Şekil 10. Akış kolu boykesiti (talveg kotu) ve köprülerin yerleşimi

4. Model Sonuçları

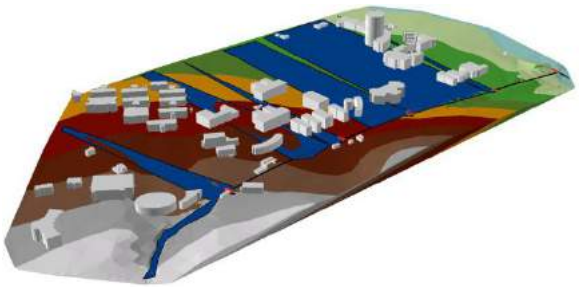
Bu aşamada, geliştirilen hidrodinamik akım modeli DSİ [1] kapsamında belirlenen taşkın debileri kullanılarak çalıştırılmıştır. Bu kapsamda Hamamdere Havzası'ndan gelen taşkın debisinin Q_{100} = 13.3 m^3/s olması durumunda elde edilen model sonucu Şekil 11'de verilmiştir. Şekil 11'den görüleceği gibi 100 yıl tekerrür süreli taşkın debisi için yapılan hidrolik boyutlandırmayla paralel olarak derivasyon kanalı Hamamdere Havzası'ndan gelen suyu herhangi bir taşkına neden olmadan yerleşkenin akış aşağısı bölümüne iletebilmektedir. Bu çözüm için akış boykesiti ise Şekil 12'de verilmiştir. Görüleceği gibi havza çıkışında eğimin yüksek olmasına bağlı olarak sel rejiminde gelen su yönlendirme duvarına vardığında taban eğiminin azalmasıyla yavaşlama eğilimine girmekte ve hidrolik sıçrama yaparak nehir rejimine geçmektedir. Boykesitten görüleceği gibi kanal boyunca su nehir, sel ve kritik akım rejimlerinin tümüne sahip olmakta ve bazı bölgelerde kanal taban eğimindeki azalmalardan dolayı hidrolik sıçramalar ve neticesinde su seviyesinde ciddi artışlar gözlenmektedir. Bu artışlar sonucunda ise ilgili planlama raporu kapsamındaki hidrolik boyutlandırma hesabında verilen h = 1.10 m su seviyesi kanalın pek çok yerinde aşılmakta ve su 0.40 m'lik hava payının üst seviyelerine kadar yükselebilmektedir. Benzer şekilde 500 ve 1000 yıl yineleme süreli debiler için kanalın gelen taşkın debisini iletme potansiyeli araştırılmış ve elde edilen sonuçlar Şekil 13 ve 14'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlardan görüleceği gibi derivasyon kanalının kapasitesi 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debilerini geçirmede yetersiz kalmakta sonuç olarak su kanaldan taşarak yerleşke alanının taşkın afetine maruz kalmasına neden olmaktadır.



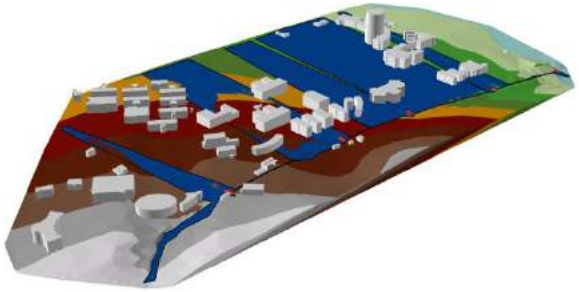
Şekil 11: 100 yıl yineleme süreli taşkın debisi kullanılarak elde edilen model sonuçları



Şekil 12: 100 yıl yineleme süreli taşkın debisi için elde edilen akış boykesiti



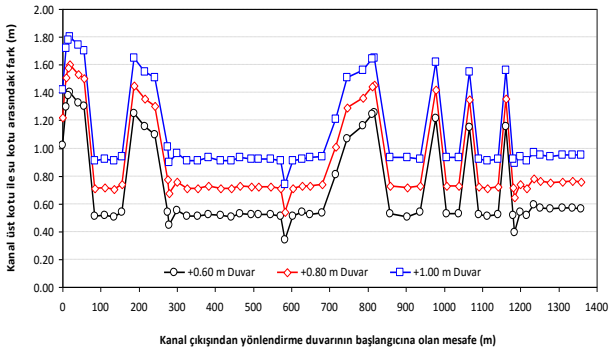
Şekil 13: 500 yıl yineleme süreli taşkın debisi kullanılarak elde edilen model sonuçları



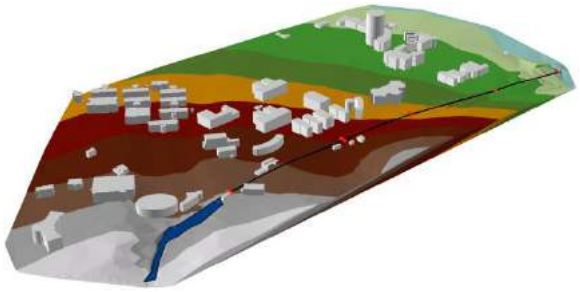
Şekil 14: 1000 yıl yineleme süreli taşkın debisi kullanılarak elde edilen model sonuçları

5. Sonuçların Değerlendirilmesi

Elde edilen sonuçlardan görüleceği gibi yerleşke alanından geçen ve ilgili planlama raporu kapsamında inşa edilmiş olan derivasyon kanalı 100 yıl tekerrür süreli taşkın debilerini kanal için bırakılan hava payının üst seviyelerinde geçirmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken en önemli konu ilgili planlama raporu kapsamında yapılmış olan hidrolik boyutlandırmanın üniform akım kabulü ile 100 yıl yineleme süreli taşkın debisi dikkate alınarak yapıldığıdır. Bu boyutlandırma işleminde ortalama kanal taban eğimi 0.01 alınarak hidrolik hesap yapılmıştır [1]. Ancak, üniversitenin kentsel yerleşim alanında bulunması ve öğrenci-personel yoğunluğu dikkate alındığında 100 yıl yineleme süreli taşkın debisine bağlı olarak yapılan boyutlandırmanın yeterli olmayacağı ve 1000 yıl tekerrür süreli debiler için boyutlandırma yapılması gerektiği düşünülmektedir. Ayrıca yapılan arazi çalışması sonucunda ortalama kanal taban eğimi 0.06 olarak elde edilmesine rağmen kanal boykesitindeki eğim değişimleri neticesinde akımın kanal içinde üniform olmayan karaktere sahip olduğu ve üniform akım kabulüyle yapılan hesaplamanın gerçekci olmadığı düşünülmektedir. Bölgesel eğim değişimlerinden ve üniform olmayan akım karakterinden dolayı meydana gelen hidrolik sıçramalar neticesinde mevcut kanal enkesiti 500 ve 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debilerini geçirmede yetersiz kalmakta ve bunun sonucunda da özellikle köprülerin akış yukarısı bölümlerinde su kabararak kanaldan taşmaktadır. Bu nedenle mevcut derivasyon kanalının 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debilerini geçirecek şekilde iyileştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 15: Kanal yüksekliğinin arttırılması durumunda kanal üst kotu ile hesaplanan su kotu arasındaki farklar



Şekil 16: Kanal yüksekliğinin +1.00 m arttırılması durumunda 1000 yıl yineleme süreli taşkın debisi için elde edilen model sonucu

6. İyileştirme Önerileri

Derivasyon kanalının Çizelge 1'de verilen 1000 yıl yineleme süreli taşkın debilerini geçirebilmesi için kanal enkesitinin büyütülmesi gerekmektedir. Bu işlem kanal genişliğinin veya yüksekliğinin arttırılması şeklinde yapılabilecektir. Ancak, kanal genişliğinin arttırılması durumu için gerekli iş yükü ve maliyetin daha fazla olabileceği düşünüldüğü için kanal yüksekliğinin arttırılmasının daha uygun olacağı düşünülmektedir. Bu kapsamda derivasyon kanalının suyu taşkına neden olmadan iletme potansiyeli mevcut yönlendirme duvarı ile kanal yan duvarları üzerine +0.60 m, +0.80 m ve +1.00 m yüksekliğinde eklenti yapılması durumları için değerlendirilmiştir. Modelin ilgili enkesit büyümelerine bağlı olarak çalıştırılması sonucunda kanalın 1000 yıl yineleme süreli taşkın debisini herhangi bir sıkıntıya neden olmadan yerleşke alanından uzaklaştırdığı sonucuna varılmıştır. Her üç durum için kanal üst kotları ile kanal içinde hesaplanan su kotları arasındaki farklar Şekil 15'te verilmiştir. Şekil 15'te kot farkının yüksek olduğu bölgeler sel rejiminde, düşük olduğu bölgeler ise kritik ve nehir rejimindeki akışlara karşılık gelmektedir.

Görüleceği gibi, mevcut kanal kesiti üzerine +0.60 m'lik ilave duvar yapılması durumunda kanal üst kotu ile su kotu arasındaki fark iki noktada planlama raporu kapsamında uygun görülen 0.40 m'lik hava payının üzerine çıkmaktadır. Bu sonuç mühendislik açısından kabul edilebilir bir sonuç olduğu halde ilgili planlama raporunun hazırlanmasının üzerinden 21 yıllık bir süre geçmesinden ve bu kapsamda hesaplanan taşkın debilerinde artış gözlenmesi olasılığı bulunduğundan kanal yan duvarları üzerine +0.80 m veya +1.00 m'lik ilave yapılmasının uygun olacağı düşünülmektedir. +1.00 m'lik ilave yapılması durumunda ilgili planlama raporu kapsamında hesaplanan 1000 yıl tekerrür süreli taşkın debisi için elde edilen model sonucu Şekil 16'da verilmiştir. Görüleceği gibi yönlendirme duvarı ve kanal yüksekliğinin +1.00 m arttırılması durumunda Hamamdere Havzası'ndan gelen taşkın debisi emniyetli bir şekilde yerleşke alanının akış aşağısı bölümüne iletilebilmektedir.

7. Sonuçlar

Bu çalışma kapsamında CBS ve hidrolik modelleme teknikleri kullanılarak Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Yerleşke alanının taşkın afetine maruz kalma riskinin belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen model sonuçlarına göre yerleşke alanının akış yukarısında bulunan Hamamdere Havzası'nda gözlenecek olası bir taşkının yerleşke alanı için risk oluşturduğu belirlenmiştir. Bu kapsamda yerleşke alanına inşa edilen ve ilgili havzadan gelen taşkın debilerini yerleşke alanının akış aşağısı bölümüne iletmeyi amaçlayan derivasyon kanalının kapasitesinin yetersiz kaldığı ve olası bir felaketin önüne geçilmesi amacıyla mutlaka iyileştirme çalışmalarının yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

[1] DSİ, 1994. Denizli İl Merkezinin Yandereles Taşkınlarından Korunması Planlama Raporu, DSİ 212. Şube Müdürlüğü, Denizli

[2] HEC, 2010. Hydrologic engineering center HEC-RAS river analysis system verison 4.1 User's manual, Davis, California, USA.

[3] Gökçe, Ş., Ayvaz, M.T., Genç, Ö., Koç, A.C., Taşkın Alanlarının Coğrafi Bilgi Sistemi ve Hidrolik Modelleme Teknikleri ile Belirlenmesi: Pamukkale Ünivesitesi Kınıklı Yerleşkesi İçin Bir Uygulama, Taşkın ve Heyelan Sempozyumu, Karadeniz Teknik Üniversitesi, 24-26 Ekim 2013, Trabzon.

[4] Ayvaz, M. T., Koç, A. C., 2013. Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Kampüs Alanı Taşkın Modelleme Raporu, Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.

[5] Gökçe, Ş., 2012. Pamukkale Üniversitesi Kınıklı Kampüs Alanı ile Hamamdere Havzası'nın Hidrolik Modelinin Oluşturulması ve Taşkın Analizi, Lisans Tezi, Pamukkale Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü.

FARKLI YİNELEMELİ TAŞKINLAR

DIFFERENT RECURSİVE FLOODS

Necati AKSU
Milli Eğitim Müdürlüğü, Yalova, Türkiye, E-posta: necatiaksu@hotmail.com.tr

Özet

Taşkınlar önemli doğal olaylardan ve yıkıcı faktörlerdendir. Bu yazıda; taşkınlar, nedenleri ve özellikleri, alınacak önlemler, taşkınların meteorolojik afetler ve doğal afetler içerisindeki yeri, Türkiye'de ve Dünya'da taşkınlar vb. konularda genel bilgiler verildikten sonra farklı yinelemeli taşkınlar üzerinde durulmuştur. Bir örnek havza seçilerek, bu havzaya ait farklı yinelemeli taşkınların boyutları karşılaştırılmıştır. Özellikle yerleşim alanı seçimi başta olmak üzere yapılan uygulamalarda çoğu zaman bu taşkınların dikkate alınmadığı konusu vurgulanmıştır.

Anahtar kelimeler: Taşkın, yineleme, tekerrür

Abstract

Floods are important natural phenomenon and destructive causes. Floods, causes and characteristics of floods, measures to be taken, and the place of floods in natural and meteorological disasters were explained in this paper. Floods in Turkey and World were also summarized and recurrence floods were elaborated. The dimensions of different recurrence floods in a selected sample basin were compared. It is emphasized that the floods were often ignored in the applications especially selection of settlement areas.

Keywords: Flood, recurrence

1. Giriş

Bu çalışmanın temel amacı; tahmin edilmesi uzmanlık gerektiren ve belli dönemlerde oluşabilecek farklı büyüklüklerdeki taşkınlara ait sahaların yerleşime açılmasının önlenmesine katkı sağlamaktır. Kırsal alanda yaşayan insanlarımız bu riskin farkında olmadan konutlarını ve müştemilatını bu tür sahalara inşa edebilmektedirler. Şehir ve kasabalardaysa, yetkililer ya uzman görüşüne müracaat gereği duymadıklarından veya bu konuda muhatap bulamadıklarından, kendi kanaatleriyle hareket ederek aynı hataya düşmektedirler. Daimi akışı olmayan kuru derelerde bile 100 yıl veya daha büyük yinelemeli taşkınlar için havza alanı ve karakteristiklerine bağlı olarak şaşılacak büyüklükte akış değerleri hesaplanmaktadır. Bu nedenle: insanlar doğadaki tüm faaliyetlerinde belli sürelerde yinelenen bu büyük akışları mutlaka dikkate almalı ve planlamalarını ona göre yapmalıdırlar. 'Burada taşkın olmaz' önyargısından uzak durmalıdırlar. Nitekim ani ve büyük seller, 6 saat içinde dağlar ve çöller dâhil, her yerde olabilmektedir.[1]

2. Taşkınlar

2.1. Taşkın nedir?

Taşkınlarla ilgili, hemen hemen aynı anlama gelen ancak farklı ifade edilen birçok tanım mevcuttur. Bunların en yaygın kullanılanlarından birine göre taşkın;

- "Bir havzanın normalden fazla yağmur almasından veya havzadaki kar örtüsünün erimesinden (yahut her ikisinden) dolayı bir nehir veya dere yatağındaki mevcut su miktarının hızla artarak yatak çevresinde yaşayan canlılara, arazilere, mal ve mülke zarar vermesi olayıdır."[2]

2.2. Taşkınların Nedenleri

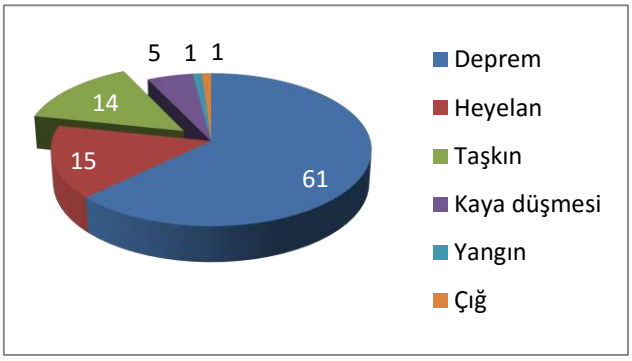
Esas itibariyle doğal bir olay olan taşkının, can ve mal kaybına neden olması çoğunlukla insan müdahalelerinin bir sonucudur. Bu anlamda taşkınların nedenleri doğa ve insan boyutuyla değerlendirilmelidir: Doğal nedenler: Dünyanın pek çok bölgesinde, zaman zaman uzun yıllar ortalamasının oldukça üzerinde yağışların düşmesi. Bunun engellenmesi veya tamamen ortadan kaldırılması mümkün değildir. İnsan müdahalesine dayanan nedenler: İnsanın doğal dengeyi bozucu veya doğaya engel nitelikteki her türlü faaliyeti, bu doğal olaydan doğacak zararların boyutunu arttırmakta ve onu bir afet haline dönüştürmektedir.[3]

Dünyanın birçok bölgesinde taşkın olayının en yaygın örneği, akarsu taşkınlarıdır. Bu taşkınların can ve mal kaybına neden olması ise taşkınların karakteristiğinden ziyade, taşkın sahalarında sürdürülen düzensiz ve kontrolsüz kentleşme faaliyetlerinin bir sonucudur.[4] Ülkemizdeki bu tür hatalı yerleşimlerin çoğunlukla insanımızın taşkınlar konusunda yeterli bilgiye sahip olmamasından kaynaklandığı bilinmektedir.[1] Dünya'da da bu afetin en önemli nedeni, taşkın riski bulunan sahalarda önceden herhangi bir tedbir almadan sürdürülen yerleşim faaliyetleridir.[5]

2.3. Doğal afetler içerisindeki yeri ve etkisi

Meteorolojik şartlarla doğrudan ve dolaylı olarak ilişkili olan doğal afetlerin tümü, meteorolojik afetler veya meteorolojik karakterli doğal afetler olarak tanımlanmaktadır.[1] Meteorolojik afetler, doğal afetlerin büyük bir bölümünü oluşturmakta ve son yıllarda giderek artan bir şiddet ve sıklıkta meydana gelmektedir.[6] Taşkınlar ise bu afetler içerisinde ilk sırada yer almaktadır. Ülkemizde taşkınların tüm doğal afetler içerisindeki oranı ve doğal afetlerin türlerine göre dağılımı Şekil 1'deki gibidir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Türkiye'de doğal afetlerin dağılımı

İstatistiklere göre; Türkiye'de büyük çoğunluğu insan hataları sonucunda ortaya çıkan seller ve su baskınları, büyük hasara neden olan felaketler içerisinde depremden sonra ikinci sırada gelmekte ve toplam afet ölümlerinin de % 30'una neden olmaktadır.[7]

2.4. Türkiye'de taşkınlar ve zararları

Mülga, Afet İşleri Genel Müdürlüğü (AİGM) tarafından yaklaşık 30.000 adet afet etüd raporu incelenerek çıkarılan "Afet Bilgi Envanteri" ne göre; ülkemizde 1950-2008 yılları arasında meydana gelen su baskınlarından yerleşim birimlerinin 2330' u, oran olarak yaklaşık % 6,65'i etkilenmiştir. Son 50 yılda 80 ilde meydana gelen toplam 3997 su baskınında 20.500 afetzedeye ait konut zarar görmüş ve kullanılamaz hale gelmiştir. İstatistiklere göre su baskınları, toplam afet sayısı içerisinde % 13, toplam afetzede sayısı içerisinde ise % 8 orana sahiptir.[8]

2.5. Dünya'da taşkınlar ve zararları

Dünyada meydana gelen 31 çeşit doğal afetin 28 tanesini meteorolojik karakterli afetler oluşturmaktadır.[1] Meteorolojik afetler içerisinde taşkınlar, kayıplar açısından ilk sırada yer almaktadır.

Dünya genelinde, son 20 yılda çeşitli felaketler sonucu meydana gelen ölümlerin % 49'una taşkınlar neden olmuştur. 'Uluslararası Acil Afetler Veri Tabanı' verilerine göre, 1900-2008 yılları arasında Dünya'da; 2238 önemli taşkın olmuş, bu taşkınlardan 2 milyara yakın kişi etkilenmiş, 3 milyona yakın kişi hayatını kaybetmiş ve 200 milyar ABD Dolarından fazla maddi zarar meydana gelmiştir.[9]

3. Alınması gereken önlemler

Taşkınlar kaçınılamaz doğal afetlerdir ve alınacak doğru önlemlerle ancak sayıları ve etkileri azaltılabilmektedir.
Bu doğrultuda, önlem olarak;
– Taşkın yataklarına yerleşim birimleri kurulmasına izin verilmemeli ve mevcut yerleşimler mutlaka taşkın bölgelerinin dışına çıkartılmalıdır.
– Doğal bitki örtüsü ve özellikle ormanlar korunmalıdır.
– Yamaçlarda teraslar, akarsu yataklarında setler ve göletler yapılmalı, akarsular, barajlar ve bentlerle kontrol altına alınmalıdır
– Yerleşim alanı olarak, taşkın riski olmayan yüksek alanlar seçilmeli, akarsu kenarlarında en az 100 yıllık taşkın alanı boş bırakılmalıdır.
– Akarsu yatakları doğal halinde bırakılmalı, kanal içerisine alınmamalı, akış kesiti daraltılmamalı, akarsu yatakları içerisinde suyu kabartan ve akış rejimini değiştiren bent vb. tesisler yapılmamalıdır.
– Yerel yönetimlerce düzenlenen imar planları taşkın alanları dikkate alınarak hazırlanmalı, imar sahalarında taşkın önleyici tesisler, ilgili uzman kuruluş tarafından yapılmalı veya mutlaka görüşü alınmalıdır.
– Taşkın tesisleri uygulamalarının her aşamasına yerel yönetimlerin ve yerleşim birimlerinde yaşayanların katılımları sağlanmalıdır.
– Taşkın riski tespit edilen alanlar için afet planları hazırlanmalı ve bu alanlardaki alt yapı standartlarıyla ilgili gerekli düzenlemeler yapılmalıdır.
– Halk, taşkınlar konusunda eğitilmeli ve bilgilendirilmelidir.

3.1. Erken uyarı

Taşkın afetine karşı alınacak önlemler sınırlı olduğundan, erken uyarı konusu üzerinde önemle durulmalıdır. Türkiye'de bu tür afetlere karşı erken uyarı sistemi mevcut değildir. Hâlbuki diğer afetlerden farklı olarak, yapılacak izleme ve erken uyarılarla meteorolojik karakterli doğal afetlerin zararları azaltılabilmektedir.

Gelişmiş ülkeler bu tür afetlerin bu özelliğinden yararlanarak, meteorolojik tahmin ve erken uyarı sistemleri ile can kayıplarını ve ekonomik zararları en aza indirmeyi başarmışlardır. Bu ülkeler meteoroloji istasyonlarına, bulundukları havzadaki selleri tahmin etme ve halka gerekli uyarıları yapma sorumluluğu yüklemişlerdir.[6]

Bizde de sel vb. afetlerin tahmini amacıyla gerektiği kadar alt havzalar oluşturulmalı ve buralardaki ölçüm istasyonları, nehirlerin su seviyelerini sürekli tahmin ederek herhangi bir tehlike durumunda en kısa yoldan halkı bilgilendirebilmelidir.[10]

4. Taşkın yinelemesi (tekerrürü)

Farklı yinelemeli taşkınların oluşturabileceği risklerin boyutlarını sergilemek amacıyla, Ceyhan Nehri'nin bir kolu olan Hurman Çayı'nın, çıkış noktası Kahramanmaraş'ın Afşin İlçesi'ne bağlı Tanır Kasabası olan havzasında farklı yineleme sürelerine ait taşkın hidrografları tahmin edilerek yorumlanmıştır.

4.1. Taşkın yinelemesi nedir?

Taşkın yinelemesi konusu, halk arasında hatta bazen ilgilenenleri arasında dahi doğru anlaşılmış değildir. Çoğu kez belli bir yinelenme süresine ait en büyük taşkının bu süre her dolduğunda oluştuğu kanaati hâkimdir. Hâlbuki herhangi bir sürede yinelenen taşkın; zaman yelpazesinde bu süre uzunluğundaki dönemlerde herhangi bir yılda oluşması muhtemel en büyük taşkındır. Örneğin; 100 yıl yinelemeli bir taşkın, 100'er yıl arayla gerçekleşen en büyük taşkın değil, 100 yıllık zaman dilimlerinde 1 kez gerçekleşen en büyük taşkındır. Dolayısıyla bu büyüklükteki bir taşkının herhangi bir yılda gerçekleşmesi ihtimali % 1'dir. Diğer süreler de bu şekilde değerlendirilir.

Bu ihtimal, matematiksel olarak aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

Herhangi bir yılda, X yıl tekerrürlü bir taşkının gerçekleşme ihtimali (%)= 100/X

4.2. Çalışma sahasının tanıtımı

Çalışma sahası, Ceyhan Nehri Ana Havzası'nın alt havzalarından olan 915.2 km^2 yüzey alanına sahip Hurman Çayı Havzası'dır. Havza; Orta Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Kızılırmak, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Yukarı Fırat, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin Orta Fırat bölümleriyle, Akdeniz Bölgesi'nin Adana bölümünün birbirlerine yaklaştığı bölgede yer almaktadır. Havzanın kuzey ve kuzey-doğu bölümü Sivas'ın Gürün İlçesi, kuzey-batı bölümü Kayseri'nin Sarız İlçesi ve mansap kısmını oluşturan Güney bölümü de Kahramanmaraş'ın Afşin İlçesi'nin sınırları içerisinde kalmaktadır. Afşin İlçesi Kahramanmaraş İlinin kuzeyinde, Elbistan Ovası'nın batısındaki Doğu Torosların kuzeye uzandığı Binboğa Dağları'nın doğu eteklerinde kurulmuştur. Kahramanmaraş'a 146 km. mesafededir. Havza çıkış noktası olarak alınan Tanır Kasabası, Afşin İlçe merkezinin 28 km kuzeyinde, Elbistan İlçe merkezinin 35 km kuzey batısında yer almaktadır.

4.3. Yinelenen taşkın boyutlarının belirlenmesi

Doğru tedbir açısından, belli dönemlerde yinelenen muhtemel taşkınların boyutları mutlaka doğru tahmin edilmelidir.

Herhangi bir havzaya düşen yağışın bir bölümü zemine sızmakta, bir bölümü bitkiler vb. tarafından zemin üzerinde tutulmakta, bir kısmı buharlaşmakta ve kalan kısmı da yüzey akışıyla ana yatakta toplanarak taşkınlara neden olabilmektedir. Dolayısıyla taşkınların boyutlarının belirlenmesi, akışa geçen bu miktarın bilinmesine bağlıdır.[11]

Taşkın büyüklüklerinin tahmininde gözlemlere veya istatistiksel yöntemlere müracaat edilmektedir. Ancak aynı alanlar için bile çoğunlukla çok farklı tahmin sonuçları elde edilebilmekte yahut belli bir alan için tahmin edilenlerle gerçekleşenler arasında kabul edilebilir sınırların oldukça üzerinde farklar görülebilmektedir.

Özer (1990)'e göre, geçmişte yapılan uygulamalar değerlendirildiğinde; taşkın tahmin hesaplarında elde edilen birbirinden farklı sonuçlar, hesaplama yöntemlerinden ziyade mevcut verilerin yeterince değerlendirilmemesinden kaynaklanmaktadır.[12]

Hidro-meteorolojik çalışmalarda, yinelemeli taşkınların istatistiksel yöntemlerle tahmininde, yağış istasyonlarına ait şiddet-süre-tekerrür eğrilerinden elde edilen 2, 5, 10, 25, 50, 100, 500 ve 1000 yıllık en büyük günlük yağış değerlerinden veya ölçülen yıllık en büyük akış değerlerinden yararlanılmaktadır. Bu değerler kullanılarak ilgili havza için farklı yinelemelere ait taşkın hidrografları tahmin edilmektedir.[1]

Hurman Çayı Havzası'nda da farklı dönemlerde yinelenen taşkın hidrografları, yinelenme sürelerine ait en büyük günlük yağış değerlerinden 'Sentetik Birim Hidrograf Yöntemi'yle tahmin edilmiştir. Bu doğrultuda;

Önce farklı yinelemeli en büyük yağışlar, 1954–2005 yılları arasında DMİ tarafından 52 yıl boyunca ölçülen yıllık en büyük yağışlardan Gumbel Dağılım Analizi ile tahmin edilmiştir. Ardından yağışlara ve havza özelliklerine bağlı akışlar ve artım akışlar hesaplanmıştır. Daha sonra havza için birim hidrograf elde edilerek yapılan superpoze işlemiyle hidrograf elemanları belirlenmiştir.

Farklı yinelemeli en büyük yağışların belirlenmesi:

Gumbel Dağılımı ile frekans analizi için önce veriler küçükten büyüğe doğru sıralanarak herhangi bir m'inci elemana karşılık gelen değerin frekansı, m'nin sıra sayısı değerinin, toplam veri sayısının (1) fazlasına oranı ile bulunmuştur (Eşitlik 1). Sonra, x_m – $F(x_m)$ değer çiftleri Gumbel dağılımı olasılık kâğıdına işlenerek dağılımın Gumbel'a uygunluğu test edilmiştir.

$$F(x_m) = \frac{m}{N+1} \quad \text{.....(1)}$$

Daha sonra farklı yineleme sürelerine (2, 5, 10, 25, 50,100, 500 ve 1000 yıl) ait en büyük yağış değerleri bu yönteme göre belirlenmiştir.

Gumbel Yöntemi'nde, yineleme süresine bağlı bir 'y' parametresi hesaplanır (Eşitlik 2-3). Daha sonra 'α' ve 'β' katsayılarıyla bu 'y' parametresi kullanılarak ilgili yineleme süresine ait en büyük 'x' değeri belirlenir (Eşitlik 4).

$$P(x) = 1 - (\frac{1}{T}) \quad \text{.....(2)}$$

$$P(x) = e^{-e^{-y}} \quad \text{.....(3)}$$

$$y = \alpha(x - \beta) \quad \text{.....(4)}$$

$$\alpha = \frac{s_N}{\sigma}$$

$$\beta = \mu - [(\frac{y_N}{s_N}) \times \sigma]$$

Eşitliklerde;

x: İlgili yineleme süresine ait en büyük yağış değeri, (mm)
μ : Verilerin ortalaması, (mm) (Eşitlik 5)
σ : Verilerin standart sapması, (Eşitlik 6)
s_N: Ölçek parametresi, (İlgili tablolardan alınır. N>1000 olduğunda s_N = 1.28 alınır.)
y_N: Yer parametresi, (İlgili tablolardan alınır. N>1000 olduğunda y_N = 0.58 alınır.)
P (x) : İlgili yineleme süresine ait en büyük yağışın aşılmaması olasılığı,
T: Yineleme süresi, (yıl)

Verilerin ortalaması:

$$\mu = \sum_{i=1}^{N} x_i / N \quad \text{.....(5)}$$

Eşitlikte;

N: Toplam veri sayısı, (adet)

x_i : Her bir veri değeri, (mm)

Verilerin standart sapması:

$$\sigma = \left[\sum_{i=1}^{N} (x_i - \mu)^2 / (N-1) \right]^{1/2} \quad \text{.....(6)}$$

Her bir yineleme süresi için, Eşitlik 2'de ilgili yinelemeye ait P(x) değeri hesaplandıktan sonra, Eşitlik 3'te yerine konularak 'y' değeri hesaplanmıştır. Daha sonra yağış ortalaması, standart sapma ve düzeltme parametreleri ile belirlenen α ve β katsayılarıyla Eşitlik 4'te yerine konularak, ilgili yinelemelere ait en büyük yağış değerleri 'x' hesaplanmıştır.

Akışlar ve artım akışların belirlenmesi:

"Türkiye'de Kritik Yağış Süreleri" haritasından havzaya ait kritik yağış süresi belirlenmiştir. Yağış verileri kullanılan DMİ Afşin İstasyonu plüviyograflı olmadığından, belirlenen kritik süreye ait plüviyograf değeri havzaya en yakın istasyon olan DMİ Elbistan İstasyonu'ndan alınarak farklı yinelemeli 24 saat süreli yağışların kritik süredeki miktarları belirlenmiştir.

Sentetik metotta 'Proje Sağanak Süresi' iki saat ile başladığından, kritik yağış süresi ikişer saatlik dilimler halinde değerlendirilerek, yağışın zaman içerisindeki dağılım oranları, "Türkiye'de Yağışın Zaman İçerisindeki Dağılımı" harita ve grafiğinden elde edilmiştir. Havza alanının haritada hangi bölgede yer aldığı belirlenerek, grafikte o bölgeye ait eğriden ilgili zaman dilimlerine ait dağılım oranları tespit edilmiştir.

Kritik sürenin ikişer saatlik zaman dilimlerine tekabül eden her bir yinelemeye ait yağış miktarları, dağılım oranları ile çarpılarak bu zaman dilimlerinde gerçekleşen yağış değerleri belirlenmiştir. Daha sonra bu yağışların akışa geçen miktarları hesaplanmıştır. Ardından, her akış değerinden, bir önceki periyoda ait akış değeri çıkarılarak her periyot için artım akışlar bulunmuştur.

Yağışın (P), akışa geçen miktarı (h_a), Hidrolojik Toprak Gurubu Numarasının bir fonksiyonu olan su tutma potansiyeline (S) bağlı olarak, Eşitlik 7 ile hesaplanmıştır.

$$h_a = \frac{(P - 0.2xS)^2}{(P + 0.8xS)} \quad \text{.....(7)}$$

Eşitlikte;
h_a: Akış yüksekliği, (mm)
P: Yağış, (mm)
S: Sızma veya su tutma potansiyeli, (mm)

$$S = \left(\frac{1000}{HTGN} - 10 \right) x\ 25.4$$

Eşitlikte;
HTGN: Hidrolojik toprak gurubu numarası

Birim hidrografın elde edilmesi:

Aşağıdaki verilen eşitliklerle, havzaya ait hidrograf süresi (T_p) ve 1 mm'lik akış yüksekliğinin toplam alandan oluşturacağı debi (Q_p) belirlendikten sonra boyutsuz birim hidrografın T/T_p ve Q/Q_p sütunlarıyla çarpılarak T ve Q birim hidrograf değerleri hesaplanmıştır. Hesaplanan bu değerlerle, Şekil 2'de verilen birim hidrograf grafiği elde edilmiştir.

$$E = \frac{LxLc}{\sqrt{S}}$$

Eşitlikte;
E: Eğri numarası
L: Ana suyolu uzunluğu, (km)
Lc: Havza ağırlık merkezinin ana suyolu üzerindeki izdüşümü ile havza çıkış noktası arasındaki suyolu mesafesi, (km)
S: Harmonik eğim, (%)

1 mm'lik akış yüksekliğinin birim alandan oluşturacağı debi:

$$q_p = \frac{414}{A^{0.225} x\ E^{0.16}}$$

Eşitlikte;
A: Havza alanı, (km^2)
E: Eğri numarası

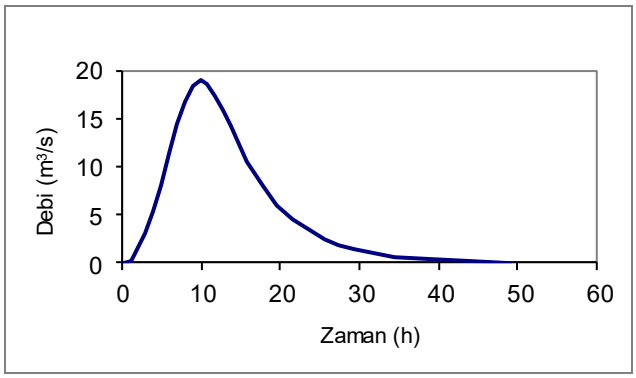
1 mm'lik akış yüksekliğinin toplam alandan oluşturacağı debi (m^3/s):
$Q_p = A \times q_p$

1 mm'lik akış yüksekliğinin toplam alandan oluşturacağı su hacmi (m^3):
$V_b = A \times h$

Eşitlikte;
h: Akış yüksekliği, (1 mm)

Hidrografın süresi (h):
$T_b = 3.65 \times V_b/Q_p$

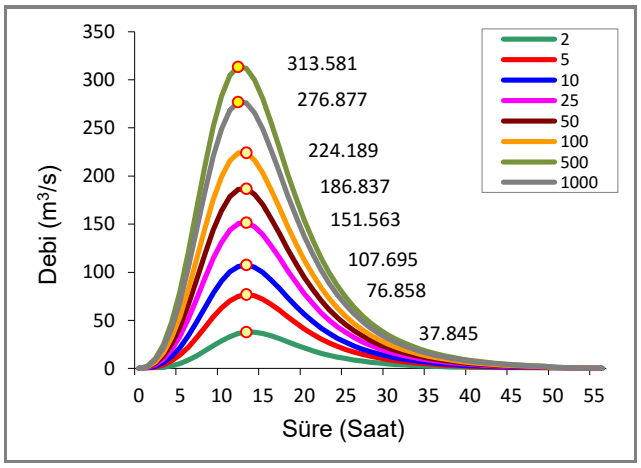
Hidrografın pike erişme süresi (h):
$T_p = T_b/5$



Şekil 2. Birim hidrograf grafiği

Hidrograf elemanlarının hesabı:

Her bir yineleme süresi için hesaplanan artım akışlar sentetik yöntemle elde edilen birim hidrografın ordinat değerleri ile çarpılarak ve ikişer saat kaydırılarak (süperpoze) her saate ait akışlar, bulunduğu satırın sonunda toplanmıştır. Böylece hidrograf süresince ilgili saatlere ait akış büyüklükleri elde edilmiştir. Dolayısıyla her bir yineleme için süre ve karşılık gelen akış değerleri, yani o yinelemeye ait hidrograf değerleri elde edilmiştir. Elde edilen bu değerler koordinat düzleminde işaretlenerek taşkın hidrografları çizilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Farklı yinelemeli taşkın hidrografları[13]

Taşkınların boyutunu, taşkın pik debisi ve taşkın hacmi gibi iki temel büyüklük belirlemektedir. Pik debi, en büyük akış durumudur ve dolayısıyla taşkın etki alanının maksimuma ulaştığı durumdur. Taşkın hacmi ise, taşkın süresi boyunca tahliye olan su miktarıdır. Bu miktar, her yineleme için ilgili hidrograf eğrisinin altında kalan alana eşittir. Akış yüksekliklerinin (h_a) havza alanı ile çarpımıyla hesaplanmaktadır (Çizelge 1).

Büyük zararlara ve can kayıplarına çoğunlukla pik debisi büyük olan taşkınlardan ziyade hacmi büyük olan taşkınlar neden olmaktadır.[14] Bu nedenle taşkınlar sadece pik debi açısından değil, hacim açısından da dikkatle değerlendirilmelidir.

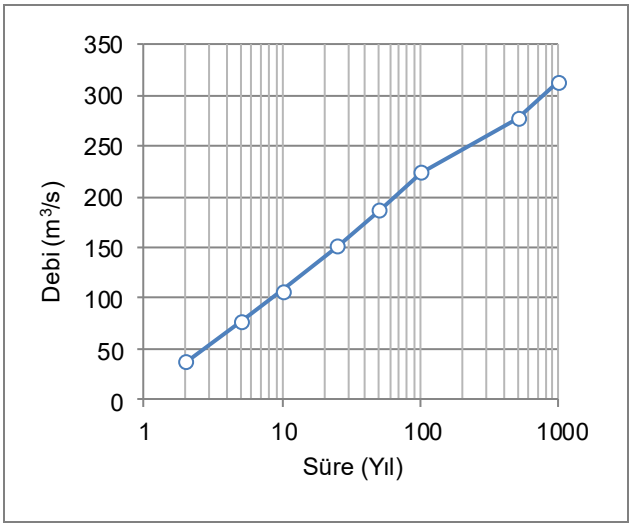
Çizelge 1. Farklı yinelemeli taşkınların pik debileri ve hacimleri[13]

Yineleme (yıl)	Taşkın Debisi (m^3/s)	Taşkın Hacmi (m^3)
2	37.845	2.029×10^6
5	76.858	4.151×10^6
10	107.695	5.839×10^6
25	151.563	8.249×10^6
50	186.837	10.193×10^6
100	224.189	12.255×10^6
500	276.877	16.639×10^6
1000	313.581	18.577×10^6

DSİ verilerine göre, Hurman Çayı'nın uzun yıllar (1957-1995) ortalaması yıllık ortalama debisi 8,2 m^3/s'dir. Bu akışa göre; 100 yıl yinelemeli taşkın debisi ortalama akışın yaklaşık 27 katı, 500 yıl yinelemeli taşkın debisi ise 37 katı kadardır (Çizelge 2). Taşkın büyüklüklerinin yinelenme süresine göre değişimi ise Şekil 4'deki gibidir.

Çizelge 2. Farklı yinelemeli taşkın pik debilerinin ortalama akışa oranları

Yineleme (yıl)	Taşkın Debisi/Ort. Min. Debi	Taşkın Debisi/Ort. Debi	Taşkın Debisi/Ort. Mak. Debi
2	7.7	4.6	1.2
5	15.6	9.4	2.4
10	21.8	13.1	3.4
25	30.7	18.5	4.7
50	37.8	22.8	5.9
100	45.4	27.4	7.0
500	61.6	37.1	9.5
1000	68.7	41.4	10.6

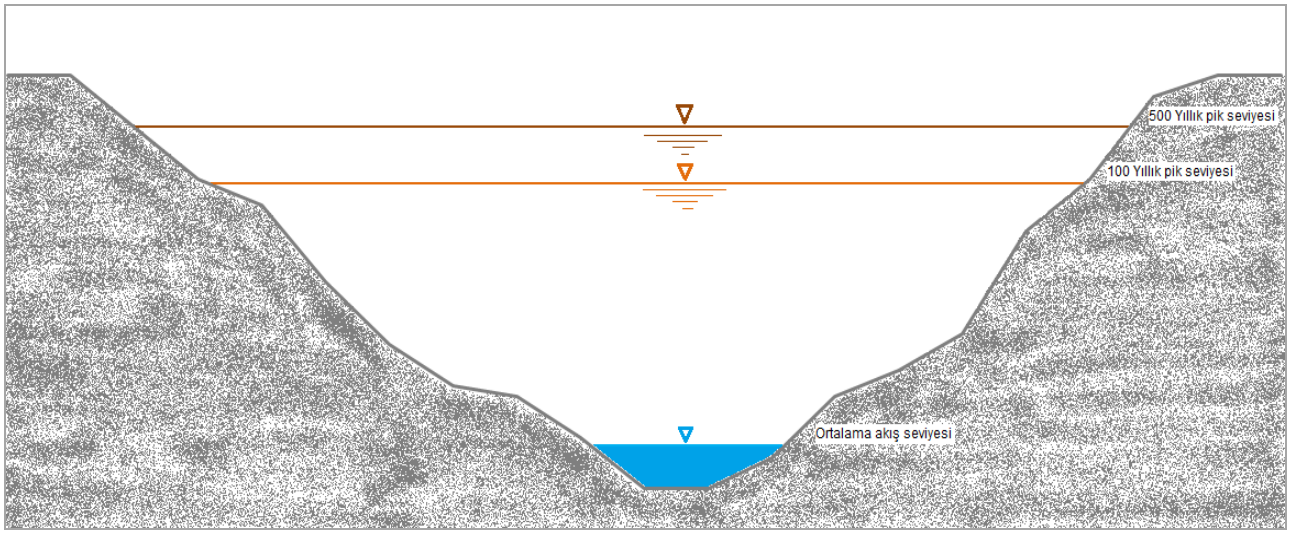


Şekil 4. Taşkın büyüklüklerinin yinelenme süresine göre değişimi

Ortalama akış ile 100 yıl ve 500 yıl yinelemeli taşkınların pik debileri rastgele bir vadi kesitine ölçekli olarak yerleştirildiğinde, akış büyüklükleri arasındaki farklar görsel planda daha net olarak değerlendirilebilmektedir (Şekil 5).

Elde edilen hidrograflar, taşkın alanlarında yer alan imar sahalarının, taşkın yineleme süreleri çerçevesinde nasıl bir tehdide maruz bulunduklarını açıkça ortaya koymaktadır. Süre uzadıkça taşkın debi ve hacimleri de azalan oranlarda artmaktadır.

Ortalama ömür dikkate alındığında, insanların birçoğunun 100 yıl yinelemeli bir taşkını görme ihtimalleri düşüktür. Dolayısıyla hayatları boyunca bu büyüklüklerde taşkınların oluşabileceğini tahmin etmeleri zordur.



Şekil 5. Ortalama akış ile 100 yıl ve 500 yıl yinelemeli taşkınların karşılaştırılması

5. Sonuç

Taşkınlar kaçınılmaz doğal olaylar olduklarına göre, korunma noktasında yapılması gereken; taşkınların kendi tabii seyri içerisinde oluşmasının sağlanması için doğal yapıya müdahale sonucu dengenin bozulması engellenmeli ve bununla ilgili gerekli tedbirler alınmalıdır. Bunun dışında; belli zaman dilimlerinde yinelenen belli büyüklükteki taşkınlar konusunda toplum kesimleri bilgilendirilmeli, bu kapsamda en az 100 yıl yinelemeli taşkın yataklarına yerleşimden uzak durulmalı ve buralardaki mevcut yerleşimler tespit edilerek mutlaka tahliye edilmelidir. Ayrıca taşkın öncesinde, taşkın sırasında ve sonrasında yapılması ve uyulması gerekenler konusunda halk bilgilendirilmelidir.

Kaynaklar

[1] Kadıoğlu M., Sel ve Heyelan Risk Yönetimi, Sel Taşkın ve Heyelan Konferansları Bildiriler Kitabı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, VII. Bölge Müdürlüğü, Samsun, 2008.

[2] MGM, Sel ve Taşkınlar, Meteorolojik Karakterli Doğal Afetler, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. web:http://www.mgm.gov.tr/arastirma/dogal-afetler.aspx?s=taskinlar (erişim: Ekim 2015).

[3] Onuşluel, G., Harmancıoğlu, N. B., Su Kaynaklı Doğal Afet: Taşkın, TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 420-421-422 / 2002/4-5-6

[4] Ü. Kılıçer, H. Özgüler, Türkiye'de Taşkın Durumu, DSİ Etüd ve Plan Dairesi Başkanlığı, Ankara, TMH –

Türkiye'de Mühendislik Haberleri, Sayı: 420-421-422 / 2002/4-5-6

[5] Uşkay S., Aksu, S., Ülkemizde Taşkınlar Nedenleri Zararları ve Alınması Gereken Önlemler, TMH - Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 420-421-422 / 2002/4-5-6

[6] Kadıoğlu, M., Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri, İTÜ Meteoroloji Mühendisliği ve Afet Yönetim Uyg-Ar Merkezi, İstanbul, 2008.

[7] Fidancı, E. N., Doğal Afetler ve Korunma Yolları, 16s., 2011. web:http://80.251.40.59/veterinary.ankara.edu.tr/fidanci/ENF/Dogal_Afetler_ve_Korunma.pdf (erişim: Ekim 2015)

[8] Özden Ş., Gökçe O., Demir A., Çiftçi A., Koçak A., Türkiye'deki Su Baskınlarının Mekânsal ve Zamansal Dağılımı, Sel Taşkın ve Heyelan Konferansları Bildiriler Kitabı, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, DSİ Genel Müdürlüğü, VII. Bölge Müdürlüğü, Samsun, 2008.

[9] Altundal, M., Taşkınların Ekonomik Boyutu, II. Ulusal Taşkın Sempozyumu, Afyon, 2010. web: http://www.dsi.gov.tr/docs/sempozyumlar/5-4-taskınların-ekonomık-boyutu-m-altundal-.pdf?sfvrsn=2

[10] Kadıoğlu, M., Özdamar, E., Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri; s. 251-276, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara, 2008.

[11] Özer, Z., Su Yapılarının Projelendirilmesine Hidrolojik ve Hidrolik Esaslar (Teknik Rehber), Havza Islahı ve Göletler Daire Başkanlığı, KHGM, Ankara, 709s., 1990.

[12] Özer, Z., Uygulamalı Taşkın Hidrolojisi Seminer Notları, Havza Islahı ve Göletler Daire Başkanlığı, KHGM., Ankara, 122s., 1990.

[13] Aksu, N., Uçan, K., Hurman Çayı Havzasında Ölçülen ve Ampirik Yöntemlerle Hesaplanan Sediment Verimlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 112s, 2007.

[14] DSİ, Taşkınlar Hidrolojisi Tasarım Rehberi, 1. Barajlar Kongresi, Rehber no:008, DSİ Gen. Müd., T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara, Ekim 2012.

NEHİRLERDE GERÇEK ZAMANLI SEVİYE İZLEME VE TAŞKIN UYARI MAKSATLI ÖLÇÜM İSTASYONU PROTOTİP İMALATI

REAL TİME RİVER STAGE MONİTORİNG AND FLOOD WARNİNG BASED MEASURE STATİON PROTOTYPE MANUFACTURİNG

Osman SÖNMEZ[a], Metin VARAN[b], Emrah DOĞAN[a], Fatma DEMİR[a]
[a] Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye,
osonmez@sakarya.edu.tr, emrahd@sakarya.edu.tr, fsagin@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye,
mvaran@sakarya.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, TÜBİTAK 3001 Başlangıç Ar-Ge Projeleri. Destekleme Programı kapsamında gerçekleştirilmesi planlanan *Gerçek Zamanlı Seviye İzleme Ve Taşkın Uyarı Maksatlı Ölçüm İstasyonu Prototipi,* uygulama ve çalışma esasları anlatılacaktır. Geliştirilecek bu ölçüm istasyonu prototipi ile Aşağı Sakarya nehri ve buna deşarj olan Geyve Kuruçay deresi ve Mudurnu nehirlerinin muhtelif yerlerinde yer alan köprü kesitlerinde istenilen sıklıkta debi-seviye ölçümlerinin yapılması sağlanacaktır. Sık aralıklarla yapılmış eksiksiz ve doğru debi-seviye bilgisi ile nehrin oluşturmuş olduğu riskler daha sağlıklı öngörülebilecektir. Bu sayede nehir üzerinde yapılacak muhtemel hidrolektrik santral, köprü, menfez gibi yapıların sağlıklı projelendirilmesine katkı sağlanacaktır.

Anahtar kelimeler: Ultrasonik Sıvı Seviye Sensörü, Debi-Seviye Ölçümü, Taşkın Uyarı.

Abstract

In this study, applications and operating principles of Real Time River Stage Monitoring And Flood Warning Based Measure Station Prototype which is manufactured within 3001 Starting R&D Projects Funding Program by The Scientific And Technological Research Council Of Turkey, will be explained. Stages and discharges will be provided for each frequency using this prototype on bridge section of Lower Sakarya River, Geyve and Mudurnu Streams. The risks of river will be correctly determined with stage-discharges which is measured frequently. In this way, hydraulic structures on the river such as hydropower plants, bridges and culverts will be more correctly designed and projected.

Keywords: Ultrasonic liquid level sensors, discharge-stage measurement, flood warning

1. Giriş

Değişen iklim koşulları, aşırı yağışlara ve bunun sonucunda su baskınlarına neden olabilmektedir. Nehir seviyesinin zamanında ve doğru takip edilmesi oluşabilecek risklerin daha erken fark edilmesini ve buna bağlı önlemlerin alınmasını sağlamaktadır. Debi ölçüm yöntemleri arasında, suyun hızının ölçülmesi, yüzen cisimlerin izlenmesi, kimyasal ölçüm ve muline ölçümleri gibi farklı yöntemler vardır. Yüzen cisim ile ölçüm metodu basit bir yöntemdir ancak cisim suyun hızını net bir şekilde vermeyebilir. Yeterli alet ve ekipmanın bulunmadığı durumlarda başvurulabilecek bir yöntemdir. Mulineler ise su içerisinde bir pervanenin suyun akış hızına bağlı olarak belirli sürede dönme sayısı kullanılarak hız ölçümleri yapılmaktadır. Akarsu ve açık kanallarda muline kullanılarak belirlenen hız değerleri ile ölçüm yapılan akım kesit alanı dikkate alınarak debi değerine dönüştürülmektedir. Gelişen teknolojiyle birlikte dijital mulinelerin kullanımı ölçümlerdeki hassasiyeti artırmıştır. Söz konusu ölçümler farklı su derinlikleri için tekrarlanmak suretiyle, su yüksekliğine bağlı debi değerini veren akım anahtar eğrisi elde edilmektedir. Bu durumda sadece akım derinliği ölçülmek suretiyle debi değerlerinin elde edilmesi mümkün olmaktadır. Bu amaçla su seviyesi ölçümlerinde eşeller kullanılmakta olup bu eşellerden belli aralıklarla yapılan okumalar sayesinde debi hesabı yapılmaktadır [1],[2]. Ülkemizde yaygın olarak eşel okumalarına dayanan klasik debi- seviye ölçüm yöntemi kullanılmaktadır. Akım derinliği ölçülmek suretiyle debi değerlerinin elde edilmesi mümkün olmaktadır. Eşeller genelde manuel olup düzenli olarak ayda en az bir kez okuma değerleri kaydedilmektedir. Ayrıca okuma yapan ekip tarafından istasyonda genel bakımlar da yapılmaktadır. Klasik debi ölçüm metodları insan gücünün kullanılmasını ve yoğun arazi çalışmalarını gerektirmektedir. Olumsuz hava şartları da ölçüm sıklığını etkilemektedir. Bu nedenle bazı günler ölçüm yapılamamaktadır. Uygulamada, ölçüm yapılamayan günlerin önceki ve sonraki ölçüm verileriyle enterpole edilmesiyle oluşturulan veri kayıtları kullanılmaktadır [1],[2].

Nehir üzerine yapılacak bir yapının boyutlandırılması veya taşkın yayılım alanlarının belirlenmesi düzenli ve doğru bir şekilde yapılmış debi ölçümleri ile mümkün olmaktadır. Veri sayısı ve kalitesinin artması da yapılacak olan birçok hidrolik yapının projelendirilmesine, taşkın analizlerinin daha doğru sonuçlar vermesini sağlayacaktır. Günümüz teknolojisi ise insan gücünden bağımsız olarak ağır dış ortam koşulları altında bile istenilen sıklıkta yüksek

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

hassasiyet ve doğrulukta ölçümler yapabilme imkânı sunmaktadır.

Proje kapsamında geliştirilecek gerçek zamanlı nehir gözlem istasyonu prototipi ile Aşağı Sakarya nehri ve buna deşarj olan Geyve Kuruçay deresi ve Mudurnu nehirlerinin muhtelif yerlerinde yer alan köprü kesitlerinde istenilen sıklıkta debi-seviye ölçümlerinin yapılması sağlanacaktır.

2. Materyal ve Yöntem

Ultrasonik seviye ölçerler; sesin yayılma frekansının akan ortamın meydana getirdiği frekans kayması ilkesinden faydalanılarak çalışmaktadırlar. Bu uygulama Doppler etkisine dayanmaktadır. Akışkanın içine gönderilen frekansı bilinen bir ultrasonik ses, akışkanın içindeki partiküller ve hava kabarcıklarından yansıyarak geri döner. Dönen sinyalin frekansındaki değişiklik akışkanın hızı ile orantılıdır. Bir diğer yöntemde ise, ultrasonik dalga sıvı içerisine gönderilir. Alıcı algılayıcı bu dalgayı alır almaz ikinci bir dalga gönderir. İki dalganın arasındaki varış süresi farkından yararlanılarak akışkanın hızı hesaplanabilmektedir. Aynı şekilde zeminden yansıyan dalgalardan da faydalanılmak suretiyle nehir batimetrisi hakkında bilgi sahibi olunmaktadır. Böylece süreklilik denklemi kullanılarak kesitten geçen debi miktarı hesaplanabilmektedir.[3]

Gerçek Zamanlı Nehir Gözlem İstasyonu bünyesinde barındırdığı ultrasonik sıvı seviye sensörü ile nehir seviye bilgisi, belirlenen aralıklarla okunacak ve Q-h eğrileri üzerinde debi hesabı da yapılarak debi, seviye ve konum bilgisi GSM modülü kullanılarak hücresel haberleşme üzerinden merkezi bir sunucuya aktarılacaktır.

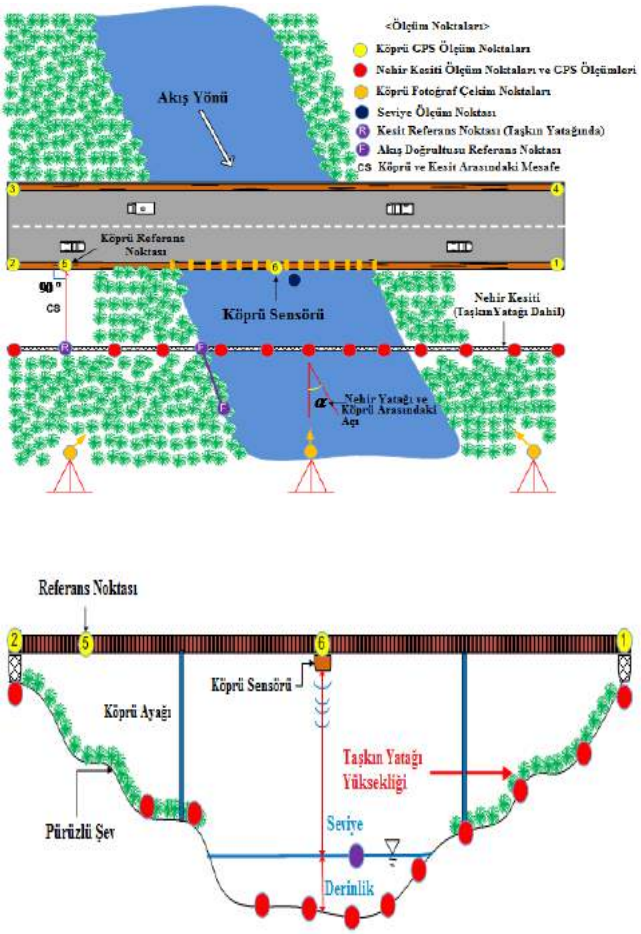
2.1. Seviye sensörlerinin yerleştirileceği kesitlerin batımertik ölçümleri

Çalışmada gerçek zamanlı nehir gözlem istasyonu konulması planlanan köprü lokasyonları Şekil 1 de verilmiştir. Bu noktaların Geyve merkez, ToyotaSa, Mudurnu Sakarya katılımı ve Adatepe de yer alan muhtelif köprü kesitleri olması planlanmaktadır.



Şekil 1. Köprü Kabinlerinin Yerleştirileceği Lokasyonlar

Bu noktalarda, nehir köprü kesitlerinin profilleri çıkarılacaktır. Köprü köşe koordinatları, sensor lokasyonu GPS ölçüm yöntemi ile belirlenecek olup kesit batimetrisi ölçülecektir (Şekil 2). Aynı zamanda ölçülen kesitler ArcGIS ortamında da işlenecektir. Batımetrik ölçümde akustik ölçüm cihazları kullanılacaktır. Çıkarılan kesitlerde her 1 cm su seviyesi değişimine karşılık gelen debi değerleri DSİ ile yapılan protokol çerçevesinde elde edilecek olan debi-seviye anahtar eğrisinden okunacaktır.



Şekil 2. Köprü Kesit Batımetrilerinin Çıkarılma Esaslari

Bu yöntemler kullanılarak hesaplanmış olan akım verileri sensör lokasyonlarına yakın mesafelerde yer alan DSİ ne ait akım gözlem istasyonlarından elde edilen akım değerleri ile kıyaslanacaktır.

2.2. Gerçek Zamanlı Nehir Gözlem İstasyonu Tasarımı ve İmalatı

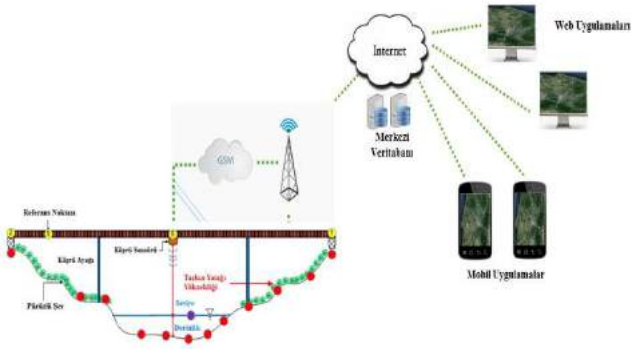
Gerçek Zamanlı Nehir Gözlem İstasyonu, bünyesinde entegre güneş paneli, MPPT solar enerji kontrol ünitesi ve akü grubu ile enerji bağımsızlığına sahip ve harici bir besleme ünitesine ihtiyaç duymayacaktır (Şekil 3). 13.33 µs gibi hassas aralıklara kadar belirlenebilecek zamanlama periyodu dahilinde nehir seviye ölçümünü % 0.25 seviyelerinde yüksek doğrulukta gerçekleştirecektir. Elde edilen veriler hücresel haberleşme altyapısını kullanarak konum bilgisi ile birlikte merkezi bir sunucuya aktarımı sağlanacaktır (Şekil 4).

Köprü yan yüzeyine monte edilecek olan gerçek zamanlı nehir gözlem istasyonu, bünyesinde barındırdığı ultrasonik sıvı seviye sensörü ile belirlenen aralıklarda nehir seviye

ölçümlerini alarak hücresel haberleşme üzerinden ölçüm verilerini merkezi bir veritabanına gönderecektir. Bu veritabanından, geliştirilecek olan mobil uygulamalar ve web uygulamalar için bilgi sağlaması yapılacaktır. Bundan başka ulusal afet koordinasyon sistemi ile entegre edilebilecek taşkın bilgi paylaşımı altyapısı bir web servis aracılığıyla hazır hale getirilecektir.



Şekil 3. Gerçek Zamanlı Nehir Gözlem İstasyon Prototipi

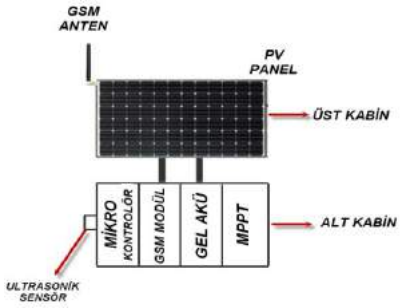


Şekil 4. Gerçek Zamanlı Nehir Gözlem İstasyonu Master Çalışma Yapısı



Şekil 5. Gerçek Zamanlı Nehir Gözlem İstasyonu

Gerçek Zamanlı Nehir Gözlem İstasyonu bünyesinde barındırdığı ultrasonik sıvı seviye sensörü ile nehir seviye bilgisini mikrokontrolöre önceden belirlenen zaman periyodunda gönderecektir. Mikrokontrolör ünitesi Q-h eğrileri üzerinde debi hesabını da yaparak debi, seviye ve konum bilgisini hücresel haberleşme modülü üzerinden merkezi bir istasyona gönderecektir. Kesitler için belirlenmiş olan risk seviyelerine ulaşılması durumunda hücresel haberleşme modülü üzerinde ilgili birimlerle taşkın uyarıları gönderilerek taşkın erken uyarı görevini gerçekleştirmiş olacaktır. Bu sayede meydana gelebilecek risklerin, önlem alınarak azaltılması sağlanacaktır.



Şekil 6. Gerçek Zamanlı Nehir Gözlem İstasyonu (Köprü Kabin) Bileşenleri

Nehir Gözlem İstasyonu bünyesinde barındırdığı elektronik ekipmanlar dolayısıyla su geçirmez bir kabinin muhafazası içine alınacak olup istasyonun enerjisi üst kabin üzerine entegre edilmiş PV panel üzerinden sağlanacaktır (Şekil 5 ve 6). PV panellerden doğru akım olarak üretilen elektrik enerjisi MPPT elektrik düzenleyici modülü [4] üzerinden kabin içerisinde yer alan gel aküleri beslemesi [5] sağlanacaktır. Bu sayede mikrokontrolör, ultrasonik seviye sensörü ve GSM modülü gibi enerji ihtiyacına sahip nehir gözlem istasyonu köprü kabininin ilave bir besleme ihtiyacı olmaksızın enerji ihtiyacını karşılayabileceği planlanmıştır.

3. Sonuç

Bu çalışmada geliştirilecek gerçek zamanlı nehir gözlem istasyonu prototipi ile Aşağı Sakarya nehri ve buna deşarj olan Geyve Kuruçay deresi ve Mudurnu nehirlerinin muhtelif yerlerinde yer alan köprü kesitlerinde 13.33 µs hassasiyette, istenilen sıklıkta, debi-seviye ölçümlerinin yapılması sağlanacaktır. Sık aralıklarla yapılmış eksiksiz ve doğru debi-seviye bilgisi ile nehrin oluşturmuş olduğu riskler daha sağlıklı öngörülebilecektir. Bu sayede nehir üzerinde yapılacak muhtemel hidrolektrik santral, köprü, menfez gibi yapıların sağlıklı projelendirilmesine katkı sağlanacaktır. Elde edilen bu ölçüm değerleri yüksek frekans haberleşme arabirimleri üzerinden merkezi bir sunucuda depolanarak oluşturulacak bir uyarı ve takip sistemi üzerinden ilgili kurumlar ve kullanıcılar ile gerçek zamanlı olarak paylaşılacaktır. Sistem bünyesinde debi izleme ve taşkın uyarı maksatlı gerçek zamanlı izleme istasyonu, web ve mobil teknolojiler kullanılarak geliştirilecektir. Nehir seviyesinden farklı amaçlarla haberdar olmak isteyen (balıkçılık, turizm, vs.) kullanıcılar için de istifade edilebilecek bir bilgi altyapısı hazır hale getirilecektir. Ayrıca köprü kesitlerinin maksimum kapasitesinin ¾ lük seviyesine ulaşması durumda ilgili kurumlar uyarılarak gerekli önlemlerin taşkın felaketi meydana gelmeden alınması sağlanacaktır. Bu sayede erken uyarı sisteminin olası taşkın zararlarının azaltılmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

[1] Meral, R., Benli, A., "Türkiye Akarsuları Akım Ölçümlerinde Mevcut Durum Ve Alternatif Yöntemlerin Değerlendirilmesi", SAU J. Sci., 17, 477-481 2013.
[2] Ardıclıoğlu , M., Gemici E., Özdin, S. "Doğal Akarsularda Debinin Belirlenmesi", Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4, 73-77, 2011.
[3] Akyazı H., Güzel İ., Çataklı T., Karadurmuş E. "Açık Kanallarda Ve Akarsularda Ultrasonik Yöntemle Debi Ölçülmesi", 5.Çevre Sorunlari Kongresi, 2010.
[4] Prasad, J.. Maximum Power Point tracker solar charge controller (MPPT): MPPT charge controller Paperback, LAP LAMBERT Academic Publishing pp.43-67, 2012.
[5] Kaszeta W. J., Garrett, L. S. pp.71-76. Handbook of Secondary Storage Batteries and Charge Regulators in Photovoltaic Systems, Arizona Solar Center Publications, Contractor Report. 2002.

İKLİM DEĞİŞİMİ BAĞLAMINDA MAKSİMUM AKIM VERİLERİNDEKİ TRENDLER VE DOLUSAVAK GÜVENLİĞİNE ETKİSİ

TREND ANALYSIS OF MAXIMUM FLOWS UNDER CLIMATE CHANGE EVALUATION AND ITS IMPACT ON SPILLWAY SAFETY

Kasım YENİGÜN[a] ve M. Uğur ÜLGEN[b]
[a] Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Şanlıurfa, Türkiye, kyenigun@harran.edu.tr
[b] Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, Türkiye, ugurulgen@msn.com

Özet

Barajların en önemli emniyet elemanı olan dolusavakların tasarım ve işletmesindeki temel zorluk, maksimum akım verisinin kestirilmesindeki güçlüktür. Bu parametre, iklim değişikliği etkisi ile değişebilmekte ve bu durum muhtemel taşkın riskini etkileyebilmektedir. Bu çalışmada öncelikle, iklim değişikliğinin maksimum akım verileri üzerindeki olası etkileri incelenmiş ve bunun için seçilen bazı barajların yerleştiği akarsular üzerinde bir trend etkisi olup olmadığı araştırılmıştır. Daha sonra bu barajların dolusavakları için risk analizleri yapılmıştır. Böylelikle, değişim etkisinde gözlenen trendlerin, barajların risk seviyesine etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Aynı çalışmada, geçmişte yapılan bazı çalışmalar referans alınarak riskin güncel değerler altındaki değişimi de incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Trend analizi; Risk analizi; Dolusavak; Taşkın.

Abstract

The design, construction and operating of spillways, as an important part of dams, are very important, because of the parameter of flood discharge capacity under climate change effects. In addition to observe the trends, risks of spillways must be evaluated by risk analysis using same observed maximum flow data. By using maximum flow parameters, it is reported existence the trends and safety level of spillways for selected dams. That results show us, the process of observation of updated maximum flow data and its effect on risk level for dam safety. At the same time, it is evaluated the risk level of some previous studies under updated data.

Keywords: Trend analysis; Risk analysis; Spillway; Flood.

1. Giriş

Barajlar yapıları gereği rezervuarlarında çok büyük miktarlarda su biriktirirler ve bu yüzden tüm ekonomik ömürleri boyunca risk altındadırlar. Bu riskler yapısal yetersizlikler, deprem, taşkın ve diğer çevresel riskler olarak sınıflandırılabilir (Cheng, 1993; Vischer ve Hager, 1998; Cooper ve Chapman, 1993). Baraj hasarlarının yıkıcı etkileri değerlendirildiğinde, bu riskler altında baraj güvenliğinin sağlanmasının önemi açıktır. ICOLD (International Commission on Large Dams-Uluslararası Büyük Barajlar Komisyonu) önemli baraj hasarlarını araştırmış ve bu çalışmalar literatürde genişçe verilmiştir. Buna göre; baraj hasarlarının en önemli iki sebebi temel problemleri ve dolusavakların yetersiz oluşudur (Kite, 1976; Uzel, 1991; Yenigün ve Erkek, 2002). Buna ek olarak, dolusavak yetersizlikleri ICOLD (2014) tarafından temel problemlerini tetikleyen bir unsur olarak belirtilmiştir. Dolusavakların temel tasarım parametresi maksimum taşkın debisidir ve bu değerin tespit edilmesi, iklim değişikliği gibi farklı etkenlerden etkilenen maksimum akım özelliklerinin gösterdiği stokastik özellikler nedeniyle genellikle güçtür.

İklim değişikliği, mühendislik sistemlerine olan etkileri nedeniyle gün geçtikçe daha da popüler hale gelen bir konudur. Özellikle iklim değişikliğinin su yapıları üzerindeki etkisinin araştırılması, bu yapıların işletmeleri ve yeni tasarımlar açısından çok önemlidir. Bu konuda yapılan bazı çalışmalar kapsamında; Kang ve ark. (2007) Yongdam Barajı'nın taşkın güvenliği için değişik iklim değişim modelleri kullanarak bazı duyarlılık analizleri yapmış ve uzun zaman dilimleri içinde bazı taşkın değerlerinin kritik haller aldığını bulmuştur. Zhang ve ark. (2008) Yangtze Delta'sı için geçmiş tarihi kayıtları baz alarak sürekli dalgacık dönüşüm yöntemlerini kullanarak değişen taşkın karakteristiklerini ortaya koymuş ve iklim değişikliğinin aşırı hava olaylarının sıklığını arttırabileceğini vurgulamıştır. Bouwer ve ark. (2010) iklim değişikliğinin ve sosyo-ekonomik değişikliklerin neden olduğu taşkın hasarlarının artan bir trend içinde olduğunu beklenen yıllık taşkın zararları bağlamında elde etmiştir. Yenigün ve Ecer (2013) harita katmanlama tekniği ile Fırat Havza'sındaki maksimum akım değerleri üzerinde trend analizleri gerçekleştirmişler ve iklim değişiminin akım değerleri üzerine etkilerini ve yöntemlerinin uygulanabilirliğini bulmuşlardır. Chernet ve ark. (2014) iklim değişikliklerinin, gelecekte olabilecek taşkınlar sırasında Aurland Hidroelektrik Barajlarına olası etkilerini araştırmak için farklı iklim senaryoları kullanmış ve gelecekteki taşkınların olası büyüklüklerinde değişimler gözlemlemişlerdir. Tüm bu çalışmalar su yapılarında risk ve belirsizliğin ortaya konulması için iklim değişiminin de dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Su yapılarında risk ve belirsizlikler, birçok farklı risk analiz yöntemi farklı araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemler kısaca; Geri Dönüş Periyodu, Güvenlik Faktörü ve Güvenlik Marjı, Monte Carlo Simülasyon Yöntemi, İntegrasyon ve İkinci Moment Yöntemleri şeklinde sıralanabilir (Türkman, 1990; Yen ve Tung, 1993; Yenigün, 2001) Her bir yöntemin kendine göre avantajları ve dezavantajları mevcuttur. Söz konusu risk analiz

yöntemlerinin yıllar içinde gelişimi Goodarzi ve ark. (2013) tarafından kronolojik bir liste halinde düzenlenmiştir.

Bu çalışmada, temel olarak, iklim değişikliğinin maksimum akım verilerinde trend varlığını ve bu durumun dolusavakların risk değerleri üzerinde bir etkisinin olup olmadığının belirlenmesi hedeflenmiştir. Böylece değişen maksimum akım değerlerinin etkisi altında mevcut barajların risk durumlarının belirlenmesi mümkün olacaktır.

Bu maksatla, Türkiye'nin farklı coğrafi bölgelerinden bazı barajlar seçilmiş ve bu barajlar üzerinde trend ve risk analizleri yapılmıştır. Çalışmanın başarısını arttırmak amacıyla, geçmiş zaman dilimine ait verilerle yapılan eski çalışmalar güncel verilerle yenilenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Çalışma alanı Türkiye olup, Asya ve Avrupa Kıtalarının kesişiminde yer alıp 26-45° doğu boylamları ve 36-42° kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır (Kayabalı ve Akın, 2003). Türkiye Akdeniz Makroiklim Bölgesi'nde yer almakla birlikte bazı coğrafik faktörler iklim koşullarında değişimlere neden olmaktadır (İkiel, 2005). Ülkenin hidrolojik karakteristikleri zamansal ve mekânsal büyük değişimler göstermektedir (Kahya ve Demirel, 2007). Bununla birlikte Türkiye'nin yarı kurak iklim kuşağında olduğu söylenebilir. Bu çalışma kapsamında ele alınan barajlar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı; seçilen barajlar

Seçilen barajlara ait özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Bu barajlar; Çatalan, Manavgat, Oymapınar ve Demirdöven barajlarıdır.

2.2. Veri

Çalışılan akım gözlem istasyonlarına ait isim, yer ve konum bilgileri Çizelge 2' de yer almaktadır. Çalışmada taşkın karakteristiklerini temsil edebilmek adına maksimum akım değerleri ile çalışılmıştır. Analizlerde kullanılan maksimum akım değerleri DSİ'den temin edilmiştir. Kullanılan verilerin uzun zamanlı, kesiksiz olmasına özen gösterilmiştir. Ayıca her bir baraj için seçilen akım gözlem istasyonunun ilgili barajın memba kısmında olmasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 1. Seçilen Barajların Özellikleri

Baraj	Amaç			Baraj Türü	İşletme Başlangıç Yılı	Baraj Gövde Hacmi (10^6 m^3)	Dolusavak		
	E*	S*	T*				Türü	Kapak Sayısı	Taşkın Hesap Debisi (m^3/sn)
Çatalan	x	x	x	Toprak Dolgu	1997	14,50	Karşıdan Alışlı, Kapaklı	6	10055
Demirdöven		x		Toprak Dolgu	1996	2,50	Karşıdan Alışlı, Kapaksız	-	198
Manavgat	x	x	x	Toprak Dolgu	1987	1,20	Karşıdan Alışlı, Kapaklı	3	4000
Oymapınar	x			Beton Kemer	1984	0,68	Karşıdan Alışlı, Kapaklı	4	3600

(E*: Elektrik, I*: Sulama, F*: Taşkın Kontrolü)

Çizelge 2. Kullanılan Akım Gözlem İstasyonları Bilgileri

Baraj	İstasyon Kodu	Yeri	Konumu
Çatalan	E18A018	Adana/Kozan	37:25:25K 35:27:17D
Demirdöven	D24A016	Erzurum/Pasinler	40:02:05K 41:44:07D
Manavgat	E09A901	Antalya/Akseki	36:56:51K 31:31:01D
Oymapınar	E09A901	Antalya/Akseki	36:56:51K 31:31:01D

Çizelge 3. Kullanılan Verilerin Özellikleri

Baraj	İstasyon Adı	Yükseklik (m)	Yağış Alanı (km^2)	Zaman Aralığı	Veri Sayısı
Çatalan	Seyhan N. (Üçtepe)	148	13740,6	1996-2010	44
Demirdöven	Tımar Ç. (Demir D.)	1738	102,7	1962-1995	32
	Tımar Ç. (Tımar)	1801	97,5	2007-2012	
Manavgat	Manavgat (Homa)	25	928,4	1941-1984	72
	Manavgat (S.Hoca)	245	625,6	1984-2012	
Oymapınar	Manavgat (Homa)	25	928,4	1941-1984	72
	Manavgat (S.Hoca)	245	625,6	1984-2012	

Akım gözlem istasyonlarının seçimini ölçümlerin uzunluğu, sürekliliği ve güvenilirliği esas alınarak yapılmıştır. 1990 öncesinde gözlemlenen maksimum akım değerleri, önceki çalışmalarla değerlendirilmiştir. Daha sonra aynı analizler 2012'ye kadar olan veriler dâhil edilerek gerçekleştirilmiştir. Ölçüm aletleri ve teknikleri güvenilir olduğundan verilerdeki olası hatalar dikkate alınmamıştır. Akım gözlem istasyonlarının bulunduğu akarsular ilgili barajın memba kısmında bulunup barajın düzenleme etkisinden ve olası insan etkilerinden uzaktır (Yenigün ve Ecer, 2013). Çalışmada kullanılan verilere ait genel istatistiksel özellikler Çizelge 3'te yer almaktadır.

2.3. Yöntemler

2.3.1. Trend Analizi Yöntemleri

Trend analiz yöntemleri, eldeki bir veri setinde azalma ya da artma eğiliminin olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılır. Literatürde farklı trend analiz yöntemleri mevcuttur. Bu metotlar parametrik olmayan, parametrik ve karışık yöntemler olarak sıralanabilir (Helsel ve Hirsch, 1992). Parametrik olmayan yöntemlerin seçimi, problemi veri setinin istatistiksel dağılımından bağımsız hale getireceği için avantajlıdır. Bu çalışmada, Mann-Kendall, Spearman'ın Rho Testi maksimum akım değerlerinde bir trend olup olmadığını belirlemek amacıyla kullanılmıştır. Trendlerin doğrusal değişim katsayıları Sen'in eğim tahmin metodu yardımıyla hesaplanmıştır. Söz konusu bu yöntemlere ait detaylar Yenigün ve ark. (2008)'te mevcuttur.

Mann-Kendall Metodu (Mann, 1945; Kendall, 1975) standardize olmayan veri koşullarında bile sağladığı kolaylık, esneklik, programlanabilirlik ve güçlü sonuçlar ile en popüler trend analiz yöntemlerinden biridir (Hamed ve Rao, 1998; Burn ve Elnur, 2002; Xu ve ark., 2003; Kahya ve Kalaycı, 2004; Silva, 2004). Bu nedenlerle, bu yöntemin hidrolojik analizlerde kullanılması uygundur (WMO, 1988). Bu yöntemde, trendin varlığı sıfır hipotezi (H_0) ile test edilir. Sıfır hipotezinin kabulüne ya da reddine bağlı olarak, trendin olup olmadığına karar verilir.

Spearman'ın Rho yöntemi de tıpkı Mann-Kendall Yöntemi gibi parametrik olmayan bir yöntem olup, istenen anlamlılık düzeyinde trendin olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kullanılabilir (Yue ve ark., 2002).
Sen'in t Testi eldeki verilerde bir trend olması durumunda trendin eğimini (birim zamandaki değişimini elde etmekte kullanılır) Bu yöntem Sen (1968) tarafından geliştirilmiştir.

Bu çalışmada, bahsedilen trend analizleri TAFW (Trend Analysis for Windows) isimli program yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Program ilk olarak Gümüş (2006) tarafından yazılmış, daha sonra Yenigün ve ark. (2008) tarafından geliştirilmiştir.

2.3.2. Risk Analiz Yöntemleri

Risk analiz yöntemleri, yeterliliklerine, uygulanabilirliklerine, gerekli hesaplama gereksinimlerine ve hassasiyetlerine göre sınıflandırılabilirler. Bu aşamada diğer risk analiz metotları arasından MFOSM (Mean Value First Order Second Moment-Ortalama Değer Birinci Mertebe İkinci Moment) ve AFOSM (Advanced First Order Second Moment-Gelişmiş Birinci Mertebe İkinci Moment) yöntemleri hassasiyet ve uygulanabilirlik açısından optimum noktada bulunmaktadır. Çünkü mühendislik problemlerinde, kapasite ve yük fonksiyonları problemin doğası gereği yeterince iyi tanımlanamamakta ve bu iki yöntem irdelenen probleme ait elde edilmesi daha kolay olan ortalama değer ve varyansa dayanmaktadır (Yenigün, 2001).

Buna ek olarak Taylor seri açılımının bu yöntemlerde kullanılması sürekli ve kesikli değişkenlere ait olasılık yoğunluk fonksiyonlarının elde edilmesini basitleştirmektedir (Goodarzi ve ark. 2013).

MFOSM ve AFOSM yöntemleri arasındaki tek fark Taylor seri açılımlarında ortalama değerler ya da gerçek değerlerin kullanılmasından ibarettir. Bu yöntemlerin kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bir husus, bu yöntemlerin normal dağılıma uyan değişkenler için iyi sonuç vereceğidir. Normal dağılıma uymayan veri koşulları için eşdeğer normal dağılım elde edecek dönüşümlerin yapılması gerekmektedir. MFOSM ve AFOSM yöntemlerine ait matematiksel detaylar Yenigün ve Erkek (2007)'de mevcuttur. Bu çalışmada risk analizleri DamRisk isimli Java ortamında geliştirilmiş bir bilgisayar programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Program Yenigün (2001) tarafından geliştirilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında gerçekleştirilen trend analizlerinin sonuçları Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Trend Analizi Sonuçları

Baraj	Mann-Kendall Test Sonuçları			Spearman'ın Rho Testi Sonuçları			Trendin Başlangıç Yılı	Sen'in Eğim Değeri
	Kendall Korelasyon Katsayısı	Z	Trend	Rho Test Değeri	Z	Trend		
Çatalan	-0,12	-1,11	-	-0,17	-1,13	-	-	-6,761
Demirdöven	-0,06	-0,50	-	-0,08	-0,47	-	-	-0,062
Manavgat	-0,20	-2,43	▼	-0,34	-2,64	▼	1986	-2,735
Oymapınar	-0,20	-2,43	▼	-0,34	-2,64	▼	1986	-2,735

Trend analizlerinin yorumlanmasına esas olan Mann-Kendall Mertebe Korelasyon testine ait u(t) ve u'(t) grafikleri çalışmada sunulmamış olmakla birlikte ayrıca değerlendirilmiştir.

Çizelge 4'te sunulan trend analizi sonuçları incelendiğinde Çatalan ve Denirdöven barajları için trend elde edilememiş, Manavgat ve Oymapınar barajları için ise azalan yönde trend gözlenmiştir. Genel olarak azalan yönde bulunan trendler, ülkemizde iklim değişikliğin yağışların azalmasına sebep olduğunu öngören çalışma sonuçlarıyla uyumludur (Kahya ve Kalaycı, 2004; Cığızoğlu ve ark., 2005).

Çalışma içinde gerçekleştirilen risk analiz sonuçları 1990 yılı öncesi ve sonrası dönemleri için ayrı ayrı Çizelge 5 ve Çizelge 6'da sunulmuştur. Bunun sebebi, 1990 öncesi verileriyle risk analizlerinin yazar tarafından daha önce yapılmış olmasıdır (Yenigün 2001; 2007; Yenigün ve Erkek, 2002a; 2002b). Buna göre; Demirdöven dışında, Çatalan, Manavgat ve Oymapınar barajlarında risk değerleri uzun dönem dikkate alındığında azalış göstermektedir. Özellikle Manavgat ve Oymapınar Barajları için elde edilen azalan yönlü trend bu durumu desteklemektedir. Çalışma kapsamında, güncel verilerle çalışılan barajlarda uzun dönemin dikkate alınması neticesinde kritik durumda bir baraj görünmemektedir. Bu durum, seçilen barajların yeterince güvenli olduğunu ortaya koymaktadır.

Çizelge 5. Geçmiş (Kısa) Dönem Risk Analiz Sonuçları

Baraj	MFOSM	AFOSM	Açıklama
Çatalan	0.0409^{a}	0,0000	a: m=5 kapak kapalı durum için MFOSM riski
Demirdöven	0,0000	0,0000	
Manavgat	0.0003^{b}	0.0002^{c}	b: m=2 kapak kapalı durum için MFOSM riski c: Q100 taşkın debisi için AFOSM riski
Oymapınar	0.3745^{d}	0.001^{e}	d: m=3 kapak kapalı durum için MFOSM riski c: Q100 taşkın debisi için AFOSM riski

Çizelge 6. Güncel (Uzun) Dönem Risk Analiz Sonuçları

Baraj	MFOSM	AFOSM	Açıklama
Çatalan	0.0222[a]	0,0000	a: m=5 kapak kapalı durum için MFOSM riski
Demirdöven	0,0000	0,0000	
Manavgat	0.0001[b]	0.0002[c]	b: m=2 kapak kapalı durum için MFOSM riski c: Q_{100} taşkın debisi için AFOSM riski
Oymapınar	0.2611[d]	0.001[e]	d: m=3 kapak kapalı durum için MFOSM riski e: Q100 taşkın debisi için AFOSM riskir

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, iklim değişikliğinin maksimum akım değerleri üzerine olası etkileri ve maksimum akımlardaki olası değişimlerin barajların dolusavak risklerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla çalışma kapsamında trend ve risk analizleri gerçekleştirilmiştir.

Tüm barajlarda ya trend gözlemlenememiş ya da aşağı yönlü trend gözlemlenmiştir. Çalışılan maksimum akım değerlerinin ekstrem özellikler göstermesi ve iklim değişikliğinin ülkemizde, literatürde belirtilen, yağışları azaltıcı etkisi olması bu durumun başlıca sebeplerindendir.

Barajlara ait dolusavak risk değerleri de trend sonuçlarıyla uyumlu olup uzun dönem dikkate alındığında azalış göstermektedir. Bu durum barajların bu etkiler altında güvende olduğunu göstermektedir.

Bu çalışma, barajlara gelen akımların sadece akarsulardan izlenmesi yerine doğrudan göl hacimlerindeki değişimler üzerinden incelenerek daha kapsamlı hale getirilebilir. Ayrıca, farklı iklim senaryoları ile ileriye dönük (25 yıl, 50 yıl gibi) yağış ve akışa dönen yağış tahminlerinde bulunarak ilgili barajların gelecekteki risk durumları ortaya konabilir.

Kaynaklar

[1] Bouwer L. M. ,Bubeck P., Aerts J., (2010) Changes in future flood risk due to climate and development in a Dutch polder area, Global Environmental Change, Volume 20, Issue 3, August 2010, Pages 463-471.

[2] Burn DH, Elnur MAH. (2002) Detection of hydrologic trends and variability. J. Hydrol. 255: 107–122.

[3] Cigizoglu HK., Bayazit M. and Onoz B. , (2005) Trends in the maximum, mean and low flows of Turkish rivers. Journal of Hydrometeorology, 6, No. 3, 280–290.

[4] Chernet, H., Alfredsen, K., and Midttømme, G. (2014) Safety of Hydropower Dams in a Changing Climate. J. Hydrol. Eng., 19(3), 569–582.

[5] Cheng ST (1993) Statistics of dam failures, reliability and uncertainty analyses in hydraulic design. ASCE, New York, USA, p 97.

[6] Cooper DF, Chapman CB (1993) Risk analysis for large projects. John Wiley and Sons, USA

[7] DSİ (General Directorate of Turkish Hydrualic State Works). (2014a). http://rasatlar.dsi.gov.tr/ (accessed 3 February 2015)

[8] DSİ (General Directorate of Turkish Hydrualic State Works). (2014b). http://barajlar.dsi.gov.tr/ (accessed 3 February 2015)

[9] Goodarzi E., Ziaei M., Teang SL., (2013) Introduction to Risk and Uncertainty in Hydrosystem Engineering, Springer: New York.

[10] Gumus V. (2006) Evaluation of Euphrates basin's streamflow with trend analysis, MSc thesis, Harran University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Civil Engineering, Sanliurfa, Turkey (In Turkish).

[11] Hamed KH, Rao AR. (1998) A modified Mann-Kendall trend test for auto correlated data. J. Hydrol. 204: 182–1196.

[12] Helsel DR, Hirsch RM. (1992) Statistical Methods in Water Resources. Elsevier: Amsterdam.

[13] ICOLD (International Commission on Large Dams). (2014) http://www.icold-cigb.org/GB/Dams/dams_safety.asp (accessed 3 February 2015).

[14] Ikiel C. (2005) Rainfall regime regions in Turkey (a statistical climate study). Proceedings of International Conference on Forest Impact on Hydrological Processes and Soil Erosion. University of Forestry, Yundola, Bulgaria, , pp. 108–116.

[15] Kahya E, Kalayci S. (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. J. Hydrol. 289: 128–144.

[16] Kahya E., Demirel M. C. and Piechota T. C. (2007) Spatial grouping of annual streamflow patterns in Turkey. Proceedings of 27th AGU Hydrology Days, Fort Collins, Colorado, 169–176.

[17] Kang B., Lee SJ., Kang DH., Kim YO., (2007) A flood risk projection for Yongdam dam against future climate change, Journal of Hydro-environment Research, Volume 1, Issue 2, 4 Pages 118-125.

[18] Kendall MG. (1975) Rank Correlation Methods. Charles Griffin: London.

[19] Kite GW (1976) Frequency and risk analyses in hydrology, Inland waters directorate. Water Resources Branch, Applied Hydrology Division, Network Planning and Forecasting Section, Ottawa, Canada.

[20] Mann HB. (1945) Non-parametric test against trend. Econometrika 13:245–259.

[11] MEF (Ministry of Environment and Forestry). (2007) First National Communication of Turkey on Climate Change. Ankara, Turkey.

[22] Sen PK. (1968) Estimates of the regression co-efficient based on Kendall's tau. J. Am. Stat. Assoc. 39: 1379–1389.

[23] Sen B., Topcu S., Türkeş M, Sen B., Warner JF (2012) Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. Clim Res 52:175-191.

[24] Silva VPR. (2004) On climate variability in Northeast of Brazil. J. Arid. Environ. 58(4): 575–596.

[25] Turkman F (1990) Identification of risk and reliability of water structures. The Seminar of Water Engineering Problems, DSI TAKK, Ankara, Turkey (in Turkish)

[26] Uzel T (1991) Barajların Güvenligi. Doğan Publ, Istanbul.

[27] Vischer DL, Hager WH (1998) Dam hydraulics. John Wiley and Sons Pub, USA

[28] WMO (World Meteorological Organization). (1988) Analyzing Long Time Series of Hydrological Data with Respect to Climate Variability. WMO, Geneva, Switzerland, WCAP-3, WMO/TD- No: 224, pp. 1–12.

[29] Xu ZX, Takeuchi K, Ishidaira H. (2003) Monotonic trend and step changes in Japanese precipitation. J. Hydrol. 279: 144–150.

[30] Yen BC, Tung YK (1993) Some recent progress in reliability analysis for hydraulic design, reliability and uncertainty analyses in hydraulic design. ASCE, New York, USA, p 35

[31] Yenigün K., (2001) "Barajlarda Güvenilirlik ve Dolusavak Boyutlarının Risk Düzeyine Etkisi", , İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Su Mühendisliği Programı, Doktora tezi (yayımlanmamış), İstanbul. (In Turkish)

[32] Yenigün, K., (2007), "Dolusavaklarda Taşkına Dayalı Güvenilirlik ve Baraj_risk Programıyla Risk Analizi Uygulaması", 1. Ulusal Baraj Güvenliği Sempozyumu, Mayıs 28-30, Ankara. (In Turkish)

[33] Yenigün, K., Erkek, C., (2002a), "Mevcut Barajlarda Dolusavak Proje Boyutlarının Taşkın Riski İle Boyut Rehabilitasyonu-Güvenilirlik İlişkisi Üzerine Bazı İrdelemeler", Fifth International Congress on Advances in Civil Engineering, September 25-27, İstanbul. (In Turkish)

[34] Yenigün, K., Erkek, C., (2002b), "Risk Mühendisliği Yaklaşımıyla Baraj Güvenliğinin İrdelenmesi", GAP IV. Mühendislik Kongresi, (Uluslararası Katılımlı), C:2, S:1116-1125, Şanlıurfa. (In Turkish)

[35] Yenigün, K., Erkek, C., (2007), "Reliability in dams and the effects of spillway dimensions on risk levels", Water Resources Management, Vol. 21, Num. 4 / April, p. 747-760.

[36] Yenigün, K., Ecer, R., (2013), "Climatic Change Impact on Water Resources by Overlay Mapping Technique", Meteorological Applications, 20: 427–438.

[37] Yenigün, K., Gümüş, V., and Bulut, H., (2008), "Trends in Streamflow of Euphrates Basin, Turkey", ICE Water Management, Volume: 161, Issue: 4, p. 189-198, Thomas Telford.

[38] Yue S, Pilon P, Cavadias G. (2002) Power of the Mann-Kendall and Spearman's rho tests for detecting monotonic trends in hydrological series. J. Hydrol. 259: 254–271.

[39] Zhang Q., Gemmer M., Chen J., (2008) Climate changes and flood/drought risk in the Yangtze Delta, China, during the past millennium, Quaternary International, Volumes 176–177, January 2008, Pages 62-69.

STANDARDİZE AKIM İNDEKSİ SRI İLE RCP8.5 SENARYOSU ALTINDA HIDROLOJIK KURAKLIK ANALIZI

HYDROLOGICAL DROUGHT ANALYSIS UNDER RCP8.5 SCENARIO THROUGH STANDARDIZED FLOW INDEX

Umut OKKAN[a] ve Umut KIRDEMIR[b]
[a] Balıkesir Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü Hidrolik ABD, Balıkesir,Türkiye
E-posta: umutokkan@balikesir.edu.tr
[b] İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik-Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği ABD, İzmir,Türkiye
E-posta: umutkirdemir@iyt.edu.tr

Özet

Sunulan çalışmada Gediz Havzası'ndaki Deliiniş alt havzasında 2016-2050 dönemi için hidrolojik kuraklık irdelemesi yapılmıştır. Bu kapsamda RCP8.5 kötümser senaryosu esas alınmıştır. Bu senaryo altında 12 küresel iklim modeline uygulanan ölçek indirgeme yöntemi kullanımı ile yağış ve sıcaklık tahminleri üretilmiştir. Bu tahminler çalışma sahası için kalibre edilmiş kavramsal bir hidrolojik model vasıtasıyla akımlara dönüştürülmüştür. Bu işlemleri takiben, geçmiş ve RCP8.5 senaryoları altında üretilen akımlardan standardize akım indisleri (SRI) hesaplanmış ve hesaplanan indislere karşılık gelen kuraklık sınıfları belirlenmiştir. Bulgular incelendiğinde, 2016-2050 periyodunda sulak dönem etkinliğinde azalış öngörülürken, orta şiddetli kurak ve şiddetli kurak dönemlerin etkinliğinde ise önemli bir artış beklenmesi olasıdır.
Anahtar kelimeler: RCP8.5, ölçek indirgeme, SRI.

Abstract

In the study presented, a hydrological drought assessment was achieved for 2016-2050 period at Deliinis sub-basin of Gediz Basin. In this concept, a pessimistic scenario termed RCP8.5 was considered. The precipitation and temperature forecasts were produced by using downscaling method applied to twelve global climate models under this scenario. These forecasts were then transformed to flows by means of a conceptual hydrological model that was calibrated for the study area. Following these processes, standardized runoff indices (SRI) were calculated from produced flows under historical and RCP8.5 scenarios, then the drought categories based upon the calculated indices were identified. When the results were investigated, decrease on wet period efficiency for 2016-2050 period was foreseen, while a significant increase on moderate drought and severe drought period efficiencies period were possibly expected.
Keywords: RCP8.5, downscaling, SRI.

1. Giriş

Kuraklık küresel ölçekte yaygın bir tehlike olup toplumsal etkileri büyüktür. Şen (2009) kuraklığın yeterince değerlendirilememiş en tehlikeli doğal afet olduğunu ve birçok disipline göre tanımının (meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal) değişkenlik gösterebileceğini ifade etmiştir. Literatürdeki son çalışmalar iklimdeki belirsizliklerin ve iklim değişiminin bir sonucu olarak kuraklığın sıklığı ve şiddetinin arttığını göstermektedir (Sheffield ve Wood, 2008). Bununla birlikte, dünya nüfusundaki hızlı artış birçok bölgede su talebini arttıracak ve sonuç olarak kuraklık yönetimi ve su kaynaklarının planlanması konuları üzerine çalışmalar yapılması gerekecektir. Kuraklığın izlenimi, farklı kuraklık çeşitlerinin irdelenmesi ve bu aşamada uygun göstergelerin kullanılması kuraklık yönetiminde en önemli adımlardır (Trambauer ve ark., 2014). Meteorolojik, tarımsal ve hidrolojik kuraklık indisleri farklı tipteki kuraklıkları karakterize etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. En çok bilinen indisler Standardize Yağış İndeksi (SPI) (McKee ve ark., 1993) ve Palmer Kuraklık Şiddet Indeksidir (PDSI). (Palmer, 1965). Standardize yağış indisi hesabında sadece yağış kullanılırken, Palmer kuraklık şiddet indeksi (PDSI) yağışa, zemin nemine ve sıcaklığa ihtiyaç duymaktadır. Bu bakımdan PDSI ihtiyaç duyduğu değişken adedi ve hesaplanması bakımından daha zahmetli iken, SPI hesabı ve yorumlaması daha kolay bir yöntem olarak bilinmektedir. SPI ilgili zaman periyodunda yağış dizilerini toplayarak farklı zaman ölçekleri için hesaplanabilir. Bu çalışmada 12 aylık zaman ölçeği esas alınmış ve yıllık SPI üzerinden analizler gerçekleştirilmiştir.

SPI hidrolojik çevrimin temel elemanı olan yağışı kullandığından tarımsal ve hidrolojik kuraklık ile de ilişkilendirilebilir. Fakat yöntem sadece yağış verilerine bağlı olduğu için bazı sınırlamaları bulunmaktadır. Şen (2009) kuraklığın sadece yağış eksikliği ile ifade edilemeyeceğini vurgulamaktadır. Hidrolojik açıdan kuraklık, sadece yağışlardaki eksiklik değil, buna ilave olarak yüzeysel akış ve yüzeyaltı sularında görülen azalmalara da bağlıdır. Yüzeyaltı akışının, zemin nemi depolamasının tahminlenmesinde ve genel dolaşım modeli kullanılarak gerçekleştirilen iklim değişikliğine adaptasyon çalışmalarında hidrolojik model kullanımına ihtiyaç duyulmaktadır. Kuraklık indislerinin gelişimiyle birlikte hidrolojik modeller tarımsal ve hidrolojik kuraklık analizlerinde kullanılmaya başlanmıştır. Schulze (1984) Tarımsal Havzaları Araştırma Birimi (ACRU) hidrolojik modelini Natal, Güney Afrika' da 1979-1983 yılları arasındaki kuraklık şiddetini, geçmiş 50 yıldaki diğer kuraklık olayları ile karşılaştırmak için kullanılmıştır. Trambauer ve ark., (2014) hidrolojik modellemenin kuraklık değerlendirme çalışmalarında zorunlu bir araç olarak değerlendirilmesi gerektiğini savunmuştur.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

İlgili literatür incelendiğinde, kuraklık indislerinin genellikle geçmiş kuraklıkları tanımlamak ve güncel kuraklıkları takip etmek için kullanıldığı göze çarpmaktadır. Ancak iklim değişikliği ve senaryo esaslı iklim projeksiyonlarının su kaynaklarının planlanması çalışmalarında kullanılması ile beraber bahsi geçen kuraklık indisi yöntemlerinin gelecek dönem tahminleri mevcut olan yağış, sıcaklık ve akım gibi hidrolojik değişkenlere uygulanması önem arz etmektedir. Sunulan çalışmada Gediz Havzası'nda yer alan alt havzalardan Deliiniş alt havzası için bir uygulamaya yer verilmiştir. Öncelikle söz konusu bölge için kötümser bir iklim senaryosu olan RCP8.5 esas alınmış ve bu senaryo altında ölçek indirgeme yöntemi ile 12 farklı iklim modelinden türetilen istasyon ölçeğindeki yağış, sıcaklık ve evapotranspirasyon projeksiyonları derlenmiştir. Ardından bu değişkenlere ihtiyaç duyan bir hidrolojik model kullanılarak 2016-2050 su yılları için akım simülasyonu ve hidrolojik kuraklık analizi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada SPI analizindeki yaklaşım esas alınmıştır. Yöntemin akımlara uyarlanabileceği Shukla ve Wood (2008) ve Trambauer ve ark., (2014) gibi araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır. Standardize akım indeksi (SRI) olarak anılan yaklaşıma ait detaylar Bölüm 2'de takdim edilmiştir.

2. Standardize Akım İndeksi (SRI)

SRI analizine referans olan SPI yöntemi Mckee ve ark. (1993) tarafından çoklu zaman ölçümlerinde azalmayı belirlemek için tasarlanmıştır. Seçilen bir zaman süresinde SPI'nin değeri seçilen zaman aralığındaki yağışın (veya akımın) aritmetik ortalamadan olan farkının aynı zaman aralığındaki standart sapmaya bölümünden ibarettir. Ancak yağış ve akış gibi değişkenler normal dağılımdan öte Gamma dağılımına uyum gösterdiğinden yöntemin uygulanmasında bir modifikasyon önerilmektedir. Bu işlem sırası aşağıda özetlenmiştir.

- Gamma dağılımına ait α ve β parametreleri maksimum olabilirlik ya da moment yöntemler ile tahmin edilir.
- Gamma dağılımına ait eklenik dağılım fonksiyonu G(x) hesaplanır.
- Gamma dağılım fonksiyonu x=0 için tanımlı olmadığından yağışsız/akışsız değerlerin gerçekleşme sıklığı olan q hesaba katılarak eklenik dağılım fonksiyonu güncellenir (H(x)=q+(1-q)G(x)). Çalışmada yıllık akımlar kullanıldığından q=0, H(x)=G(x) alınmıştır.
- Ardından G(x) değerleri Denklem 1 ve Denklem 2'de verilen eşitlikler ile varyansı 1, ortalaması 0 olan standart normal değerlere (Z) dönüştürülür (Abramowitz ve Stegun, 1965).

$$Z = SRI = \begin{cases} -\left(t - \dfrac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) & 0 < H(x) \le 0.5 \\ +\left(t - \dfrac{c_0 + c_1 t + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) & 0.5 < H(x) \le 1 \end{cases} \quad (1)$$

$$t = \begin{cases} \sqrt{\ln\left(\dfrac{1}{H(x)^2} \right)} & 0 < H(x) \le 0.5 \\ \sqrt{\ln\left(\dfrac{1}{(1 - H(x))^2} \right)} & 0.5 < H(x) \le 1 \end{cases} \quad (2)$$

Burada c_0=2.515517; c_1=0.802853; c_2=0.010328; d_1=1.432788; d_2=0.189269; d_3=0.001308 olarak tanımlanmıştır.

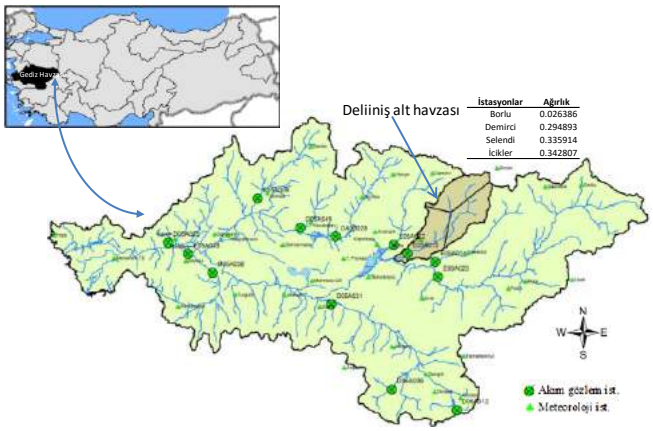
Yöntemde kullanılan kuraklık-sulaklık şiddeti kategorileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. SPI/SRI yönteminde kullanılan kategoriler (McKee ve ark., 1993)

Z değerleri	Kuraklık Kategorisi
≥ 2	Çok şiddetli sulak (S1)
1.50 ~ 1.99	Şiddetli sulak (S2)
1.00 ~ 1.49	Orta şiddetli sulak (S3)
0.99 ~ 0	Normal (N)
0 ~ -0.99	Normale yakın kurak (K1)
-1.00 ~ -1.49	Orta şiddetli kurak (K2)
-1.50 ~ -1.99	Şiddetli kurak (K3)
≤ - 2	Çok şiddetli kurak (K4)

3. Çalışma Alanı

Çalışma Gediz Havzası'nda bulunan alt havzalardan biri olan Deliiniş alt havzası örneği üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deliinis deresi Demirköprü barajını besleyen önemli kollardan biridir. Bölgede tipik Akdeniz iklimi hâkimdir. Söz konusu bölgenin drenaj alanı yaklaşık 740 km^2'dir. Havzayı temsil eden meteoroloji istasyonları Demirci, İcikler, Selendi ve Borlu istasyonlarıdır. İstasyonların tamamında yağış rasatı bulunmasına karşın sadece Selendi ve Demirci istasyonlarında aylık ortalama sıcaklık rasatı tutulmuştur. Bu iki istasyon kullanılarak Thornthwaite ampirik eşitliği ile potansiyel evapotranspirasyon (EPOT) değerleri elde edilmiş ve aritmetik ortalamaları ile Deliiniş alt havzasının temsili EPOT değerleri hesaplanmıştır. Alansal ortalama yağışlar ise 4 adet yağış rasatı mevcut olan istasyonun Thiessen poligonu ile ağırlıklandırılması sonucu elde edilmiştir (Şekil 1). Alt havzayı temsil eden akım gözlem istasyonu ise E05A015 numaralı Topuzdamları istasyonudur.



Şekil 1. Deliiniş Çayı alt havzasının Gediz Havzası üzerindeki konumu ve havzada mevcut bulunan hidro-meteoroloji istasyonları

4. Ölçek İndirgeme Uygulaması

Çalışmada gelecek dönem (Ocak 2015-Aralık 2050) yağış ve sıcaklı serileri RCP8.5 İklim senaryosu altında türetilmiştir. Temsili konsantrasyon rotaları olarak anılan RCP senaryoları IPCC'nin 5. değerlendirme raporunda değinilmiştir. RCP8.5 senaryosu 2100' de 8.5 W/m²'den büyük bi radyatif zorlamayı, CO_2 eşdeğeri bakımından 1370 ppm konsantrasyonu işaret etmektedir. Yüksek radyatif zorlama ve konsantrasyon rotasını temsil ettiğinden RCP8.5 kötümser bir senaryo olarak literatürde kullanılmaktadır (Riahi ve ark., 2011).

RCP8.5 gelecek senaryosu dışında çalışmada 1980-2005 dönemini içeren geçmiş dönem senaryosu olan "historical" senaryo da dikkate alınmıştır. Bu 2 senaryo sonucuna sahip 12 adet küresel iklim modeli (GCM) tespit edilmiştir. Bu iklim modelleri BCC-CSM1, CCSM4, CESM1(CAM5), CSIRO-Mk3.6, GFDL-CM3, GFDL-ESM2M, GISS-E2-H, GISS-E2-R, HadGEM2-ES, IPSL-CM5A-LR, MIROC-ESM, MRI-CGCM3'tür. Havzayı temsil eden gridler için kaba çözünürlüklü sonuçlara Coupled Model Inter-Comparison Project Phase 5 (CMIP5) tarafından verilen linklerden erişilebilir (örneğin http://pcmdi9.llnl.gov/esgf-web-fe/.).

Kullanılan GCM'lerin çözünürlüklerinin kaba oluşu nedeniyle çıktıların istasyon ölçeğindeki değerlerini elde etmek için ölçek indirgeme yöntemlerine başvurulmaktadır (Okkan ve Fistikoglu, 2014). Dinamik ve istatistiksel olmak üzere iki yöntem olup çalışmada istatistiksel bir bir metodoloji üzerinde yoğunlaşılmıştır. Bu metot lokasyona bağlı hızlı uyarlanabilitesi, pratikliği, ihtiyaç duyduğu parametre sayısının optimal düzeyde oluşu ve kurulumunun basit oluşu gibi nedenlerden dolayı birçok avantaja sahiptir (Tripathi ve ark., 2006). Çalışmada kullanılan ölçek indirgeme stratejisi yapay sinir ağları (ANN) ve en küçük kareler destek vektör makineleri (LSSVM) algoritmalarını muhteva etmektedir. Bu aşamada kullanılan yöntemlere ve ölçek indirgeme stratejisinin detaylarına Okkan ve Fistikoglu (2014)'ten erişilebilir. Söz konusu stratejiye göre GCM ve istasyon ölçeğindeki değerler arasında ilişkinin kurulumu için re-analiz veri setlerinden yaralanılmaktadır (NCEP, ERA40, ERA-Interim v.b).

Tahminleyici ve uygun ve re-analiz veri seti araştırması neticesinde ERA-Interim re-analiz verilerinin daha uygun olduğu görülmüş ve GCM senaryolarında ortak bulunan geniş ölçekli yağış (*pr*) ve ortalama sıcaklık (*air*) değişkenlerini tek başına tahminleyici olarak kullanılmasına karar verilmiştir.

Her biri 0.75º x 0.75º alan çözünürlüğüne sahip 8 adet ERA-Interim gridinden oluşturulan alan ile Gediz Havzası yağış ve sıcaklıklarının temsil edilebilirliği ekibimizce yürütülen 114Y716 numaralı TÜBİTAK projesi kapsamında 39 istasyon üzerinden sınanmıştır (www.gediz-iklim.com).

Bu çalışmada Deliiniş alt havzası örneği ele alındığından 4 adet meteoroloji istasyonunda ölçülen yağışlara, 2 adet meteoroloji istasyonunda ölçülen sıcaklıklara ölçek indirgeme yöntemi uygulanmıştır. ANN ve LSSVM modelleri kalibrasyon (eğitim) dönemlerinde çok yakın sonuçlar ürettiğinden, modellerin test dönemi performansları sınanarak en uygun model yapısı belirlenmiştir. Tüm istasyonlara ait kullanılan ölçek indirgeme modeli bilgisi, ölçek indirgeme performansları Tablo 2'de sunulmuştur. Nash-Sutcliffe (NS), hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE) ve bu değerin standart sapmaya oranı olan RSR ile determinasyon katsayısı (R^2) gibi ölçütlere göre modellerin kalibrasyon (eğitim) ve verifikasyon (test) dönemi performansları başarılı bulunmuştur. Bu doğrulama işlemini takiben GCM'lerin ham çıktıları kalibre edilen modellere girdi olarak sunularak istasyonlar ölçeğinde historical ve RCP8.5 senaryolarına ait indirgenmiş zaman serileri elde edilmiştir. Bu zaman serileri her bir senaryo için 12 farklı GCM için elde edildiğinden çalışmada tüm GCM tahminlerini kapsayan karma bir model (ENSEMBLE) üzerinde durulmuştur. Bu maksatla Bayes model ortalamaları (BMA) yaklaşımı ile her bir GCM ağırlıklandırılmıştır. Söz konusu işlem kurak ve sulak dönemleri için ayrı ayrı gerçekleştirilmiştir. BMA yönteminin detayları Duan ve ark. (2007) tarafından verilmiştir.

Tablo 2. İstasyonlara ait (a) yağış ve (b) sıcaklıklar için kurulan ölçek indirgeme modellerinin test dönemi performansları

(a)

İstasyonlar	ANN					LSSVM						Seçilen
	g.k.h.s	R^2	NS	RSR	PBIAS(%)	γ	σ	R^2	NS	RSR	PBIAS(%)	Ölçek İndirgeme Modeli
Borlu	3	0.7750	0.7461	0.5022	-4.94	9.68E+00	0.37	0.7749	0.7472	0.5012	-5.50	LSSVM
Demirci	13	0.7838	0.7795	0.4681	-2.92	2.18E+04	0.89	0.7771	0.7722	0.4757	-3.55	ANN
Selendi	2	0.6463	0.6194	0.6149	3.05	4.74E+04	36.88	0.6800	0.6655	0.5765	1.59	LSSVM
İcikler	1	0.6666	0.6600	0.5812	0.37	1.28E+05	50.64	0.6779	0.6682	0.5742	2.61	LSSVM

g.k.h.s : gizli katmandaki hücre sayısı
altı çizili değerler en uygun sonuçları göstermektedir.

(b)

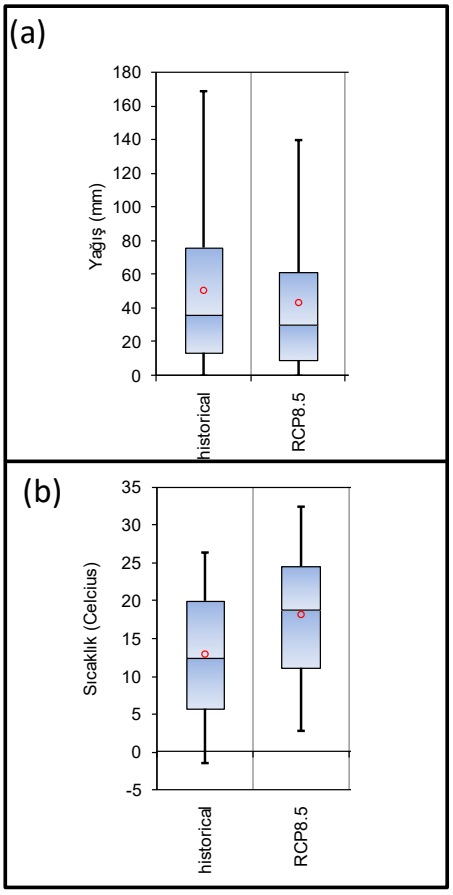
İstasyonlar	ANN					LSSVM						Seçilen
	g.k.h.s	R^2	NS	RSR	PBIAS(%)	γ	σ	R^2	NS	RSR	PBIAS(%)	Ölçek İndirgeme Modeli
Demirci	4	0.9892	0.9887	0.1061	1.15	1.73E+05	31.91	0.9896	0.9886	0.1062	1.69	ANN
Selendi	3	0.9932	0.9926	0.0860	-0.08	3.30E+02	0.62	0.9934	0.9928	0.0848	-0.02	LSSVM

g.k.h.s : gizli katmandaki hücre sayısı
altı çizili değerler en uygun sonuçları göstermektedir.

Tablo 3. Kullanılan hidrolojik modelin parametreleri ve kalibre edilen değerleri

Parametre sembolü	Açıklaması	Kalibre edilen değer
S_{max}	Zemin nemi depolamasının üst limit değeri	170.800
α_1	Dolaysız akış haricindeki su bütçesi elemanları için tutulan su miktarını kontrol eden parametre	0.670
α_2	Evapotranspirasyon etkinlik parametresi	0.581
β	Doğrusal yeraltısuyu haznesi parametresi	0.512
ξ	Yeraltı biriktirme sistemi parametresi	0.600

Çalışmada BMA yaklaşımının uygulanmasını takiben yanlılık (bias) düzeltme yaklaşımı ile tahminlerdeki sistematik hatalar en aza indirgenmiştir. Bu yöntem ile ilgili detaylara Okkan ve Fistikoglu (2014)'ten erişilebilir. Şekil 2'de Demirci istasyonuna ait yanlılıkları en aza indirgenmiş ENSEMBLE senaryo tahminleri Box-plot ile takdim edilmiştir. BMA yaklaşımı ve bias düzeltme işlemi diğer tüm istasyonlar için de uygulanarak çalışmada ele alınan Deliiniş alt havzasına ait alansal ortalama yağış, sıcaklık ve EPOT projeksiyonları belirlenmiştir. Buna göre alt havza genelinde, RCP8.5 senaryosu altında gelecek 2015-2050 döneminde yağışlarda %16 azalış, sıcaklıkta 4.9 °C artış ve buna bağlı olarak EPOT değerlerinde %34 artış öngörülmektedir.



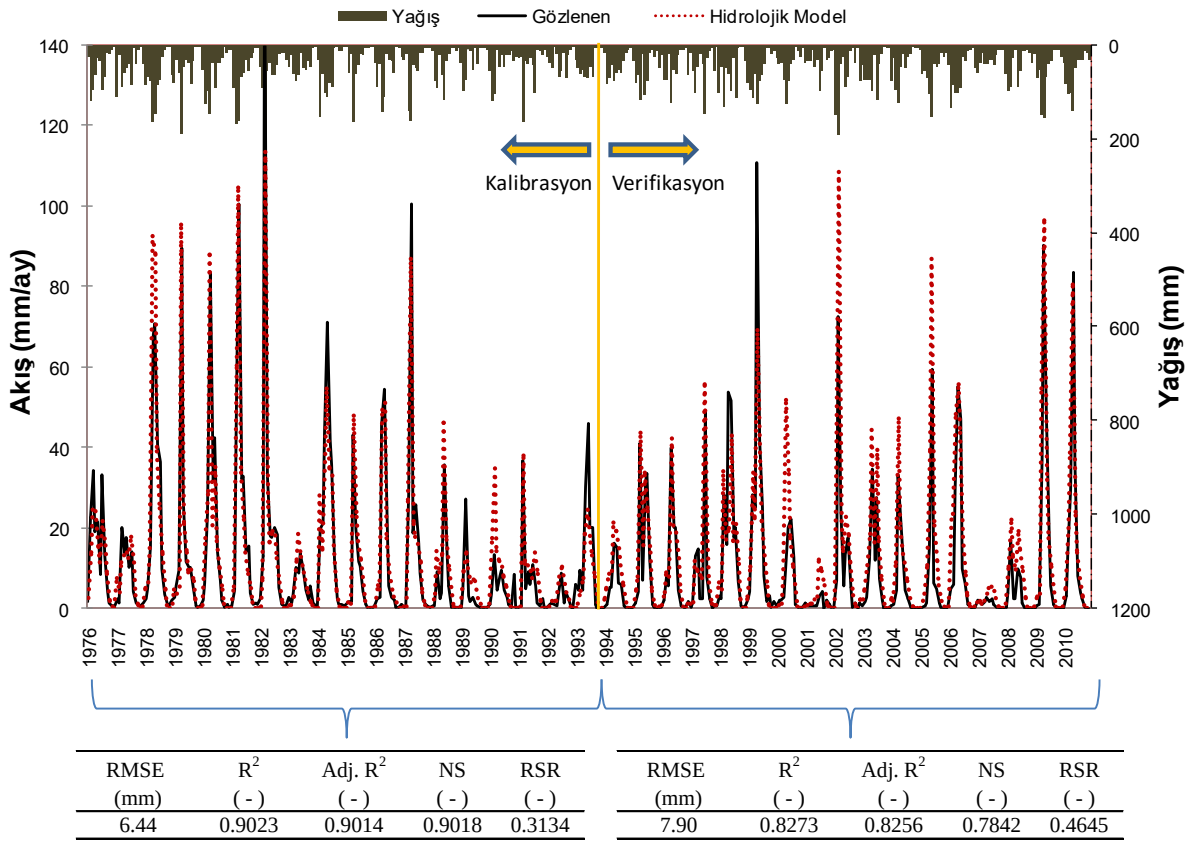
Şekil 2. Demirci istasyonuna ait ENSEMBLE senaryo tahminleri: (a) aylık toplam yağış, (b) aylık ortalama sıcaklık

5. Akım Simülasyonu

Çalışmada senaryo esaslı SRI hesaplanması için bir hidrolojik modele ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla detayları Okkan (2015) tarafından verilen, Budyko yaklaşımına dayanan bir su bütçesi modeli kullanılmıştır. Model girdi olarak aylık toplam yağış ve EPOT değerlerine ihtiyaç duyması bakımından oldukça pratik olup kalibre edilmesi gereken 5 parametreye sahiptir. Kullanılan model, zemin nemi ve yeraltısuyu başlangıç depolama değerleri olan S(t=0) ve G(t=0) değerlerini okuyarak işleme başlamakta ve her bir ay için bileşenleri hesaplamaktadır. Başlangıç koşulları, model akımları ilk aylarda ölçülmüş akımlara yakın olacak şekilde seçilmiştir. Çalışmada, Deliiniş alt havzasının 35 yıllık gözleminin ilk 18 yılı (1976-1993) kalibrasyon aşamasında, diğer 17 yıllık kısmı (1994-2010) verifikasyon aşamasında kullanılmıştır. Hata kareler ortalaması (HKO) amaç fonksiyonu olarak seçilmiş ve HKO değerinin minimizasyonu sağlanarak parametreler kalibre edilmiştir. Tablo 3'te hidrolojik model parametrelerinin isimleri ve kalibrasyon sonucu elde edilen değerler verilmiştir.

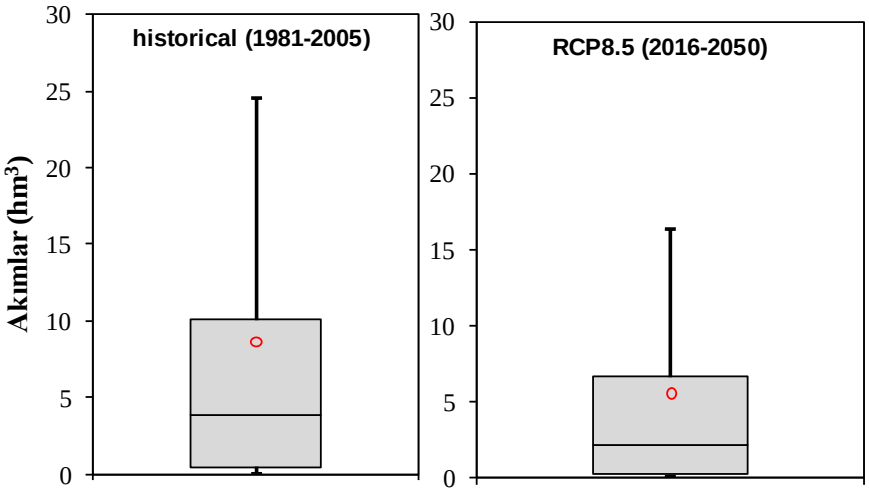
Parametre kalibrasyonu bittikten sonra modelin kalibrasyon ve verifikasyon dönemlerindeki performansları araştırılmıştır. Modelden gözlenmiş dönem için elde edilen tahmini akışların gidiş çizgisi ve istatistiksel performansı Şekil 3'te verilmiştir. Moriasi ve ark. (2007)'de belirtildiği gibi 0.75<NS ≤1, RSR ≤0.50 şartları sağlandığından model performansı "çok iyi" olarak nitelendirilebilir. Dolayısıyla modelin senaryo altında akım simülasyonu gerçekleştirme aşamasında yeterli güvenirlikte kullanılabileceği düşünülmüştür. Bölüm 4'te bahsi geçen alansal ortalama yağış ve EPOT senaryo zaman serileri kalibre edilen hidrolojik model vasıtasıyla her bir senaryo için akışlara dönüştürülmüştür (Şekil 4).

Geçmiş dönem senaryosu (historical) sonuçları ile kıyaslandığında RCP8.5 senaryosu altında Deliiniş akımlarında 2016-2050 su yılı döneminde yaklaşık %36 oranında bir azalış olabileceği öngörülmektedir(Şekil 4). Ortalamadaki ve medyan istatistiğindeki azalışların yanı sıra yüksek akımlardaki ve kartiller arası uzaklıklardaki azalış öngörüleri de göze çarpmaktadır. Benzer yorumlar zemin nemi depolaması ve yeraltısuyu depolaması için de yapılmıştır. İncelemeye göre, zemin nemi depolamasında %23, yeraltısuyu depolamasında ise %29 azalma olabileceği öngörülmektedir. Hidrolojik bileşenlerdeki bu değişimlerin anlamlılığı *t* testi ile sınanmış ve 95% güven düzeyinde öngörülen azalışların istatistiksel manada anlamlı olduğuna karar verilmiştir.



RMSE (mm)	R^2 (-)	Adj. R^2 (-)	NS (-)	RSR (-)	RMSE (mm)	R^2 (-)	Adj. R^2 (-)	NS (-)	RSR (-)
6.44	0.9023	0.9014	0.9018	0.3134	7.90	0.8273	0.8256	0.7842	0.4645

Şekil 3. Hidrolojik modelden üretilen tahmini akışların gidiş çizgisi ve modelin istatistiksel performansı



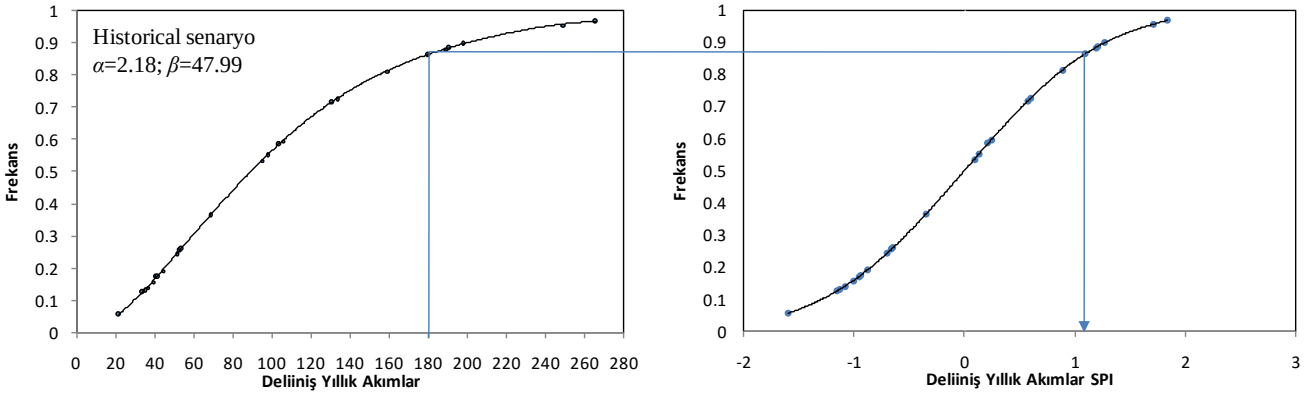
Şekil 4. Deliiniş alt havzası için türetilen senaryo akımlar

6. Hesaplanan SRI Değerleri

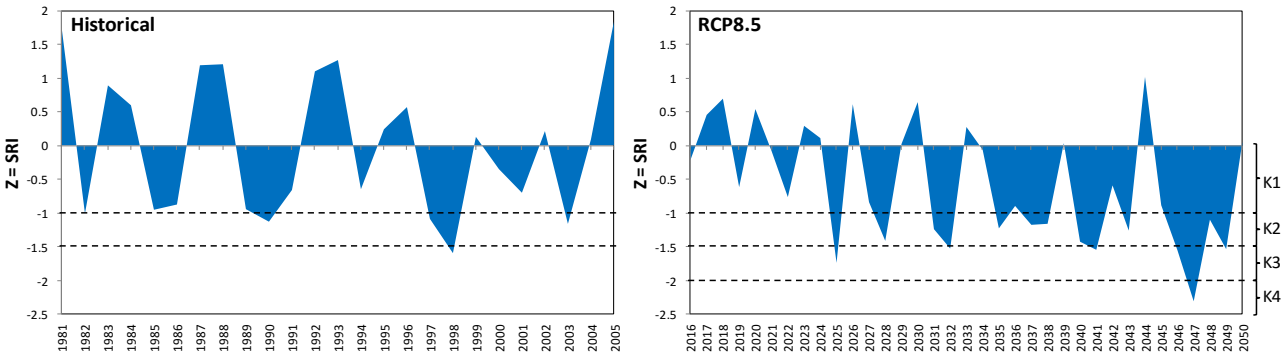
Kuraklık indisleri farklı zaman periyotları için elde edilebilmekte fakat çalışmada yıllık zaman ölçeğindeki değişimler incelenmektedir. SRI indislerinin hesaplanmasından önce dağılım uygunluk kontrolü yapılmış ve yıllık akımların iki parametreli Gamma dağılımına uyduğu tespit edilmiştir. Yıllık zaman ölçeğindeki geçmiş dönem senaryo akımları için Gamma eklenik dağılım fonksiyonları çıkarılmış ve ardından bu değerler standardize normal hale dönüştürülmüştür. Bu işlem Şekil 5'te anlatılmaya çalışılmıştır. Benzer işlemler historical dönem senaryo sonuçları ile göreceli olarak RCP8.5 senaryosu için de uygulanmış ve mevcut dönemlerdeki her bir yılın Z değerleri hesaplanmıştır (Şekil 6). Çalışmada hesaplanan indekslerin ilgili dönemlerdeki (historical için 1981-2005 su yılı aralığı, RCP8.5 için 2016-2050 su yılı aralığı) sıklıkları toplam yıl sayılarına oranlanarak dönemlerdeki etkinlik yüzdeleri her bir kategori için belirlenmiştir (Şekil 7).

Hidrolojik kuraklık göstergesi olarak çalışmada kullanılan SRI'nın etkinlik yüzdeleri incelendiğinde normal dönem ve normale yakın kuraklık (K1) etkinliklerinin senaryolar arası önemli bir farklılığa uğramadığı görülmüştür. Sulak dönemlerin ise gelecekte %21 azalma eğiliminde olması ihtimali dikkat çekicidir. Buna karşın orta şiddetli-şiddetli kurak (K2 + K3) dönemler toplamının %17 oranında artış gösterebileceği öngörülmektedir. Bu durumları zemin nemi depolamasında ve yeraltısuyu depolamasında öngörülen değişimler tetiklemiştir.

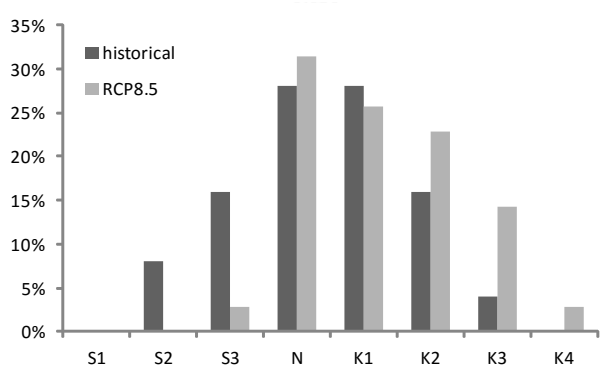
Mevcut işlemler zemin nemi ve yeraltısuyu depolamaları için de gerçekleştirilmiş fakat sayfa sınırından ötürü grafiksel olarak sunulmamıştır. RCP8.5 senaryosu, geçmiş dönemlerde %20 oranında sulak geçen depolamaların gelecekte etkinliğini tamamen yitirebileceğini, normal dönem etkinliklerinin ise az da olsa azalma eğiliminde olabileceğini söylemektedir. Depolamalar için gelecekte normale yakın kurak (K1) dönemlerin etkinliğinin bir mertebe azalabileceğini buna karşın orta şiddetli ve şiddetli kurak dönem yüzdelerinin önemli bir artış eğiliminde olabileceğini söylemek mümkündür. Çok şiddetli kuraklık da (K4) etkinliğini arttırmış olup özellikle zemin nemi depolaması için %17 gibi bir artış oranı hesaplanmıştır.



Şekil 5. Gamma eklenik dağılım fonksiyonundan standardize normal değerlere dönüşüm işlemi (geçmiş dönem senaryosu üzerinden örneklendirilmiştir)



Şekil 6. Hesaplanan yıllık SRI değerlerinin zamana karşı değişimi



Şekil 7. Hesaplanan Z değerlerinin mevcut dönemlerdeki oransal etkinlikleri

7. Sonuç

Sunulan çalışmada, Gediz Havzası'nda yer alan Deliiniş alt havzası örneği üzerinden 2016-2050 gelecek dönemi için hidrolojik kuraklık projeksiyonu elde edilmiştir. Projeksiyon RCP8.5 senaryosu ile 12 farklı iklim modelinden gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada istatistiksel ölçek indirgeme yönteminden yararlanılmıştır. Bölgedeki istasyonların yağış ve sıcaklıkları için kurulan ölçek indirgeme modellerinin başarılı olduğu istatistiksel performans kriterleri ile doğrulanmıştır. 12 iklim modeli tahminlerinden elde edilen ENSEMBLE tahminler üzerindeki yanlılıklar da bias düzeltme işlemi ile azaltılmaya çalışılmıştır. Bias düzeltme işlemine tabi tutulmuş yağış ve sıcaklıklar (ve sıcaklıklardan türetilen EPOT) hidrolojik bir model yardımıyla akımlara dönüştürülmüştür. Bu kısımda kullanılan 5-parametreli hidrolojik modelin performansının da oldukça makul olduğu görülmüştür.

Elde edilen projeksiyonlara göre, RCP8.5 senaryosu altında bölgede 2015-2050 periyodunda yağışlarda %16 azalış, sıcaklıkta 4.9 ^{o}C ve EPOT değerlerinde %34 artış öngörülmektedir. Tüm bu olası değişimler ile birlikte Deliiniş Çayı akımlarında %36 mertebesinde bir azalış beklenmektedir. Hidrolojik kuraklık analizi için gerekli tüm bu adımlardan sonra standardize akım indisleri (SRI) hesaplanmış ve sonuçlar yorumlanmıştır. 2016-2050 periyodunda sulak dönemlerin etkinliğinde azalış, orta şiddetli kurak ve şiddetli kurak dönemlerin etkinliğinde ise kayda değer bir artış öngörülmektedir.

Tüm bu değerlendirmeler ile beraber diğer komşu bölgeler için de analizlerin yapılması Gediz Havzası için yararlı olacaktır. Havzada hidrolojik kuraklık indislerine ilaveten meteorolojik ve tarımsal kuraklık indislerinin hesabı, indisler arasındaki ilişkiler ve RCP4.5 & RCP6.0 gibi diğer senaryo sonuçları yazarlar tarafından gerçekleştirilmesi planlanan başka çalışma(lar)da yer bulacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) - Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Destek Grubu (ÇAYDAG) tarafından desteklenen 114Y716 numaralı proje kapsamında hazırlanmıştır.

Kaynaklar

[1] Abramowitz, M. ve Stegun, I.A., Handbook of mathematical functions, with formulas, graphs, and mathematical tables. Dover Publications, Dover, 1965.

[2] Duan, Q., Ajami, N.K., Gao, X. ve Sorooshian, S. Multi-model ensemble hydrologic prediction using Bayesian model averaging. Advances in Water Resources, 30/5:1371-1386, 2007.

[3] Mckee, T.B., Doesken, N.J., ve Kleist, J., The relationship of drought frequency and duration to timesclaes. Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology, 179-183, 1993.

[4] Moriasi, D., Arnold, J., Van Liew, M., Bingner, R., Harmel, R. ve Veith, T., Model evaluation guidelines for systematic quantification of accuracy in watershed simulations. Transactions of the ASABE, 50/3:885-900, 2007.

[5] Okkan, U. ve Fistikoglu, O., Evaluating climate change effects on runoff by statistical downscaling and hydrological model GR2M. Theoretical and Applied Climatology, 117/1:343-361, 2014.

[6] Okkan, U., Dinamik su bütçesi modeli. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 17/1:70-82, 2015.

[7] Palmer, W.C., Meterological Drought. US Department of Commerce, Weather Bureau, Washington, DC., USA, Research paper no.45, 1-58, 1965.

[8] Riahi, K., Rao, S., Krey, V., Cho, C., Chirkov, V., Fischer, G., Kindermann, G., Nakicenovic, N. ve Rafaj, P., RCP 8.5: A scenario of comparatively high greenhouse gas emissions. Climatic Change 109/1:33-57, 2011.

[9] Sheffield, J., ve Wood E.F., Projected changes in drought occurence under future global warming from multi-model, multi-scenario, IPCC AR4 simulations. Climate Dynamics, 31/1:79-105, 2007.

[10] Shukla, S. ve Wood, A.W., Use of a standardized runoff index for characterizing hydrologic drought. Geophysical Research Letters, Vol.35, DOI: 10.1029/2007gl032487, 2008.

[11] Şen, Z., Kuraklık, afet ve modern hesaplama yöntemleri. İstanbul: Su Vakfı Yayınları, 2009.

[12] Trambauer, P., Maskey, S., Werner, M., Pappenberger, F., Van Beek, L.P.H. ve Uhlenbrook, S., Identification and simulation of space-time variability of past hydrological drought events in Limpopo River basin, southern Africa. Hydrology and Earth System Sciences, Vol.18, 2925-2942, 2014.

[13] Tripathi, S., Srinivas, V.V. ve Nanjundiah, R.S., Downscaling of precipitation for climate change scenarios: A support vector machine approach. Journal of Hydrology, 330/3-4:621-640, 2006.

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE MEYDANA GELEN SELLERİN ETKİLERİNİ VE ZARARLARINI AZALTMAK İÇİN ÖNERİLER

SUGGESTIONS TO REDUCE THE EFFECTS OF FLOODS AND THE DAMAGES IN THE EASTERN BLACKSEA REGION

Veli SÜME[a], Berrin TANSEL[b], Mehmet Selçuk GÜNER[c]

[a] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 53100, Rize, Türkiye, e-posta : veli.sume@erdogan.edu.tr ; vsume@fiu.edu

b Civil and Environmental Engineering Department, Florida International University, 10555 West Flagler Street, Engineering Center, Miami, FL 33174 e-mail: tanselb@fiu.edu

[c] Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, 53020, Rize, Türkiye, e-posta : selcuk.guner@erdogan.edu.tr

Özet

Doğu Karadeniz Bölgesi bozuk topografyası ve denizden hemen yükselen dağları nedeniyle Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesidir. Bölgede, yapılan ve hala yapımı devam eden barajlar ve hidroelektrik santralları gibi su yapıları nedeniyle, yamaç ve dere yataklarının aşırı tahrip edilmektedir. Su yapıları için yapılan su tünelleri ile zemin içerisindeki su yolları değişmektedir. Daha önce dolu akan dere yatakları azalan debi nedeniyle kurumakta ve yağışla birlikte tekrar doyarak taban ve zeminin harekete geçmesine neden olmaktadır. Küresel iklim değişikliğinin doğal bir yansıması olarak yağış süreleri kısalmış, yağış periyodu ve şiddeti artmıştır. Kısa süreli ve şiddetli yağışlar ve suya doymuş toprak yapısı nedeniyle yağış kısa sürede akışa geçmekte ve bunun neticesinde derelerin debileri çok hızlı olarak artmaktadır. Çevresel etkilere küresel iklim değişikliği gibi nedenlerden dolayı yağışlardaki düzensizliklerinde eklenmesi ile bölgede büyük doğal afetler görülmeye başlanmıştır. Arazinin sarp olması nedeniyle yapılaşma özellikle dere kenarları ve su yatakları civarındaki düzlüklere kaymış ve buralarda yapılaşma yoğunluğu artmıştır. Bu nedenle ani yağışlar neticesinde can ve mal kaybı daha da artmaktadır. Bu çalışmada, Doğu Karadeniz bölgesinde meydana gelen afetler masaya yatırılarak bunların meydana getirdiği can ve mal kayıpları gözler önüne serilmiştir. Özellikle bölgede meydana gelen sellerin, karada evlerin ve işyerlerinin yıkılması veya tahrip olması, akarsular üzerindeki hidrolik köprülerin tahrip olması, denizde ise çekek yerleri, balıkçı barınakları liman ve kıyı koruma amacıyla yapılan T-mahmuzlar üzerinde meydana getirmiş olduğu olumsuzluklar irdelenmiştir. Seller sonucu kıyı yapılarının ve kıyı morfolojisini nasıl değiştiği araştırılmıştır. Alınması gereken önlemler üzerinde durulmuştur.

Anahtar kelimeler: Doğu Karadeniz Bölgesi, Doğal afetler, Heyelan, Yağış verileri, Kıyı yapıları, Hidrolik köprüler

Abstract

Eastern Black Sea region, with its rugged topography and steep coastal terrain, receives the highest rainfall in Turkey. In the region, because of the existing dams and hydroelectric centrals and those that are currently under constructed the terrain and riverbeds are subjected to excessive erosion. To support the water structures, water tunnels and waterways are constructed. The water levels in the stream that used flow full have been declining or drying, with flush floods and intense rainfall causing stream beds to mobilize the sediments with severe erosion. As a reflection of global climate change, durations of the rainfall events is shorter, however, their rainfall intensities have increased. As a result of short-term and intense rain events and saturated soil conditions, rainfall events cause excessive runoff as well as rapid increase in stream flows. Environmental effects of global climate change and intense rain events have resulted in irregularities in natural cycles and with the occurrence of natural disasters in the region with increasing frequency. Due to the steep terrain, the construction activities for housing have shifted towards the plain regions near the waterbeds and around the streams. As a result, the losses of life and property have increased following intense downpours and rising water levels in streams. In this study, the natural disasters in the Eastern Black Sea region are analyzed in view of loss of lives and property. Specifically, the damages to homes and businesses, hydraulic bridges, boatyards, fishing shelters, and T-groins were evaluated as a result of floods. The changes in coastal structures and coastal morphology as a result of flood events are analyzed. Recommendations and necessary measures to reduce potential damages to live and property are provided.

K**eywords**: Eastern Black Sea region, Natural hazards, Landslides, Rainfall data, Coastal structures, Hydraulic bridges,

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

1. Giriş

Son yıllarda meydana gelen küresel iklim değişikliği herkesin ilgilendiği ve takip ettiği bir konu halini almış, iklimin gözlemlenmesinde değişimlerin belirlenmesinde önemli bir gündem haline gelmiştir. Bu değişiklikler az ya da çok her sektörü ilgilendirmektedir. Klimatolojik veriler; tarım, şehircilik, endüstri, orman, inşaat, enerji üretimi ve turizm ile sağlık başta olmak üzere birçok sektörün geliştirilmesi ve planlanmasının yanı sıra taşkın, sel, kuraklık ve benzeri meteorolojik karakterli doğal afetlerin önlenmesi, tahmini ve bu afetlere ilişkin hazırlık planlamalarının yapılmasında temel girdileri oluşturmaktadır.

Bu verilerin sağlıklı olarak elde edilmesi, sonuçlarının iyi yorumlanması ve kullanılması ile ülke kaynaklarında verimliliğinin sağlanması, oluşabilecek ekonomik, sosyal ve insan kayıplarının önüne geçilmesi mümkün olabilecektir. Aynı zamanda sel felaketlerinin şehirlerde altyapı üzerinde kıyılarda ise, limanlar, balıkçı barınakları, çekek yerleri, dalgakıranlar ve özellikle T-mahmuzlar üzerinde çok önemli hasarlar meydana getirmeleri muhtemeldir. Kıyıya paralel inşa edilen yolların derelerle olan kesişim noktaları ve bu yollar üzerine inşaa edilen hidrolik köprüler sağlıklı olarak inşa edilmelidir. Aksi takdirde sel esnasında baraj görevi yaparak membaında bulunan tesislere yıkıcı zararlar vermektedir.

2. Genel

Doğu Karadeniz bölgesi arazi yapısının engebeli olması ve çok yağmur yağması nedeniyle sık sık toprak kaymaları, kaya düşmeleri, heyelanlar ve sel felaketlerinin sıklıkla görüldüğü bir bölgedir. Bölgede devam eden çarpık yapılaşma, dere kenarlarında meydana gelen sanayileşme ve düzenlemeler, son zamanlarda bölgeye inşa edilen barajlar gibi büyük su tesisleri ve derelere inşa edilen hidroelektrik santralları gibi küçük tesisler nedeniyle bölgenin toprak yapısı, bitki örtüsü, buharlaşma miktarları ile iklimsel kombinasyonlar sürekli etkileşim içindedir. Bu sistemin dengeye ulaşması için geçen sürede bazı felaketlerin olması kaçınılmaz bir gerçektir.

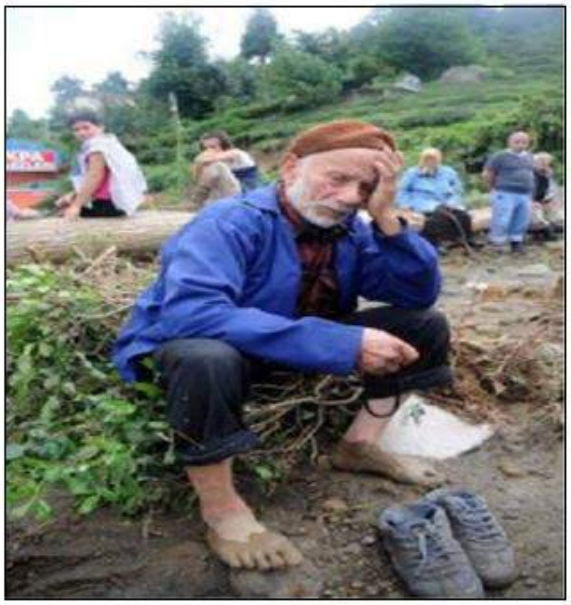
Bu esnada oluşabilecek sonuçları doğuran sebepler üzerinde yeterince durulamaması, hızlı ve etkin çözüm yöntemlerinin hayata geçirilememesi sonucunda hasar boyutları ve can kayıpları artmaktadır. Çevre insanının ve devletin maddi hasarları tahmin edilemeyecek boyuta ulaşmaktadır. Bu nedenle acil eylem planları kararlılıkla devreye sokulmalıdır. Bunun içinde verilerin çok sağlıklı olarak alınması, detayların atlanmaması ve sonuçların uygulanmasında kararlı bir irade ortaya konması gerekmektedir. Özellikle dere kenarlarında, heyelan bölgelerinde meydana gelen yapılaşmaların sosyal psikolojik ve ekonomik nedenleri üzerinde durulmalı, bölgenin topografyasına uygun az katlı yapılar teşvik edilmeli ve gerekirse devlet desteği verilmelidir.

3. Doğu Karadeniz Bölgesinde Meydana Gelen Afetler

Doğu Karadeniz Bölgesinde özellikle Mayıs-Haziran aylarının sel felaketleri açısından oldukça tehlikelidir. Bu tehlikeli dönemde küresel ısınma ve iklim değişiklikleri nedeniyle, önceki yıllarda 15 güne yayılarak düşen yağmurun şimdi ise bir günde ve hatta sayılı saatlerde düştüğü tespit edilmiştir. Bu durum bölgede risk yaşama olasılığını artırmaktadır. Doğu Karadeniz'de uzun periyotlu olarak onlarca felaket yaşanmış can ve mal kaybı meydana gelmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesinde 1929 yılından 2015'in Ağustos'una kadar geçen 86 yıllık süre içerisinde meydana gelen 42 farklı sel, heyelan ve taşkın olayında toplam 614 kişi ölmüş ve 19 kişi kaybolmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Doğu Karadeniz'de Meydana Gelen Afetler

DOĞU KARADENİZ'DE MEYDANA GELEN AFETLER			
	HEYELAN	SU BASKINI	ÖLÜ SAYISI
Of-1929	×		146
Tirebolu-Görele-1959		×	13
Of-1963		×	3
Akçaabat-1963		×	2
Trabzon-1963		×	2
İyidere-Hemşin-1973		×	4
Güneysu-Kalkandere-Pazarköy-1973	×		4
Harşit-1974		×	3
Pazar-Hemşin-1977		×	6
Pazar-1981		×	27
İkizdere-1982	×		8
Pazar-Fındıklı-1983	×	×	27
Rize merkez-1985	×	×	10
Pazar-Ardeşen-Fındıklı-1988	×		3
Çatak-1988	×		68
Değirmendere-Akçaabat-Söğütlü-1990		×	57
Çamlıhemşin-1990	×		51
Güneysu-Ardeşen-Pazar-1995	×	×	9
Of-1996		×	9
Giresun-1997		×	5
Sürmene-Beşköy-1998	×	×	50
Taşlıdere-Güneysu-2001	×	×	10
Taşlıdere-Güneysu-Çayeli-2002		×	34
İkizdere-2005		×	1
Of Solaklı-2005		×	7
Hemşin-2005		×	2
Çayeli-2005		×	2
Veliköy-2005		×	7
Hayrat-2005	×		1
Arhavi-2006	×		1
Giresun-2006		×	2
Başköy-2006	×		3
Kalkandere-2009	×		1
Şavşat-2009		×	5
Borçka-2009		×	5
Ordu-2009		×	1
Kalkandere-2010	×		1
Gündoğdu-2010	×	×	12
Yağlıdere-2010	×	×	3
Sürmene-2011	×		1
Hopa-2015			8
		TOPLAM :	614



Şekil 1. Felaketten Sonra Düşündürücü Bir Resim

3.1. Artvin de Meydana Gelen Afetler

Artvin in ilçe ve köylerini etkileyen şiddetli yağış sonrası meydana gelen heyelanlar ve sel felaketinden sonra çok büyük can ve mal kaybı meydana gelmiş ve büyük bir çevre felaketi yaşanmıştır (Şekil 1,2).



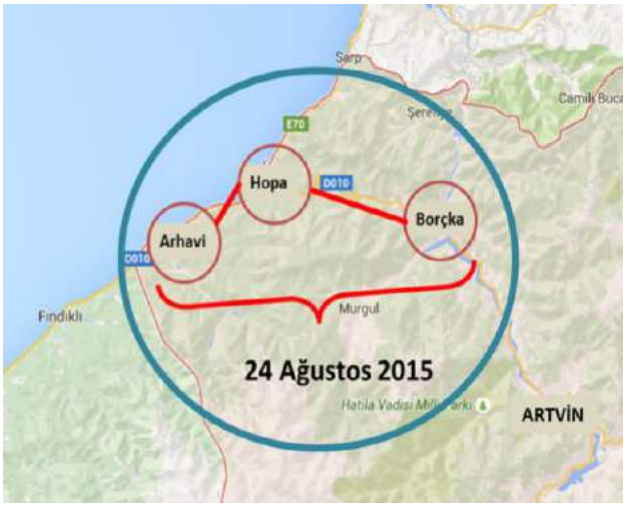
Şekil 2. Hopa'da Sel Tahribatı

Felaketin boyutlar günler sonra ancak tespit edilebilmiştir. 24 Ağustos 2015 tarihinde yaşanan sel felaketinden sonra AFAD tarafından yapılan kesin hasar tespiti sonuçlarına göre; Hopa, Kemalpaşa ve köylerinde 38 adet binanın yıkılmış olduğu (38 hane, 1 ticarethane,26 ahır, 17 depo, 9 samanlık), 50 adet binanın ağır hasar gördüğü (60 hane, 8 ticarethane, 14 ahır, 18 depo, 2 samanlık) tespit edilmiştir.



Şekil 3. Selin Hidrolik Bir Köprüyü Tahrip Etmesi

Arhavi ve köylerinde yapılan kesin hasar tespit çalışmalarındaki nihai sonuçlara göre, yıkık bina olmayıp, 2 adet binanın ağır hasarlı (11 hane, 2 ticarethane) olduğu tespit edilmiştir.
Yine, Borçka ve köylerinde yapılan kesin hasar tespit çalışmalarında da yıkık bina olmadığı, 1 adet binanın ağır hasarlı(1 ahır) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 1,2).



Şekil 4. Sel felaketinin yaşandığı Artvin'in ilçeleri

Daha sonra Artvin'in Hopa, Arhavi ve Borçka ilçelerinde, AFAD ve diğer kurumlar tarafından kapsamlı olarak yapılan jeolojik etüt çalışmalarında nakli önerilen konut sayısı, afet önleyici tedbir için önerilen konut sayısı belirlenmiştir. DSİ ile ortak etüd yapılan konut sayısı, kontrol etüdleri proğramına alınması gereken konut sayısı ve incelenen toplam konut sayıları da belirlenerek rapor haline getirilen sayısal veriler tablo halinde verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 2. Jeolojik Etüd Çalışmaları Özeti

Jeolojik Etüd Çalışmaları Özeti				
	HOPA	**ARHAVİ**	**BORÇKA**	**TOPLAM**
Nakli önerilen konut sayısı	165	30	0	195
Afet önleyici tedbir için önerilen konut sayısı	77	1	1	79
DSİ ile ortak etüd yapılan konut sayısı	102	17	20	139
Kontrol etüdleri proğramına alınması gereken konut sayısı	123	145	50	318
İncelenen toplam konut sayısı	886	257	97	1240
Nakil, Geçici nakil verilen toplam konut sayısı 413'tür.				

Ayrıca özel idare ve belediyelerin kendi elemanlarına yaptırdıkları zarar-ziyan tespitine ait sonuçlar tablo olarak verilmiştir (Tablo 2).

Tablo 4. Artvin'de Özel İdare ve Belediyelerin Zarar-Ziyan Tablosu

4123 sayılı kanun kapsamında afetten etkilenen Özel İdare ve Belediyelere ait zarar ziyan durumunu gösterir tablo	
Kurum	**Zarar Miktarı**
İl Özel İdaresi (Hopa)	24.274.458,50 TL
Hopa Belediyesi	21.601.730,70 TL
İl Özel İdaresi (Arhavi)	2.755.550,16 TL
Arhavi Belediyesi	9.768.114,21 TL
İl Özel İdaresi (Borçka)	1.944.025,22 TL
Borçka Belediyesi	5.855.983,6 TL
İl Özel İdaresi (Merkez)	569.143,50 TL
İl Özel İdaresi (Murgul)	1.867.824,36 TL
Kemalpaşa Belediyesi	108.295,87 TL
TOPLAM :	**68.745.126,12 TL**

Ayrıca, Artvin il defterdarlığı tarafından kapsamlı bir zarar ziyan tespit çalışması yapılmış ve yapılan zarar- ziyan tablosuna göre tespiti yapılan toplam vatandaş sayısı 1462 kişi olup afet dolayısıyla zarar gören sektörel toplam ise 2664 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Zarar-Ziyan Tablosu (Artvin)

İl Defterdarlığı tarafından yapılan zarar-ziyan tablosu		
Ekip	**Tespit Sayısı**	**Zarar Miktarı**
HOPA		
Gıda Tarım ve Hayvancılık	1236	15.498.720,00
Sanayi ve İmalat	335	24.275.809,11
Enerji, Ulaştırma ve Haberleşme	311	9.993.600,00
Kültür, Turizm, Eğitim ve Sağlık	26	3.036.453,00
Konut ve Çevre	375	7.106.930,00
HOPA Toplam:		**59.911.512,11**
ARHAVİ		
Gıda Tarım ve Hayvancılık	148	788.150,00
Sanayi ve İmalat	59	1.550.250,00
Enerji, Ulaştırma ve Haberleşme	45	542.950,00
Kültür, Turizm, Eğitim ve Sağlık	4	133.400,00
Konut ve Çevre	110	1.045.430,00
ARHAVİ Toplam:		**4.060.180,00**
BORÇKA		
Sanayi ve İmalat	15	830.000,00
BORÇKA Toplam:		**830.000,00**
GENEL Toplam:		**64.801.692,11**

3.2. Rize de Meydana Gelen Afetler

Rize Türkiye'nin en fazla yağış alan bölgesidir. Yıllık yağış toplam 2238,8 kg/m^2 civarındadır (Tablo 5). Meteorolojik ölçümlere göre Rize'de Ağustos ayının yağış ortalaması metrekareye 188 kilogramdır.

Sel felaketinin yaşandığı Rize Gündoğdu beldesine ise, toplam 167,9 kg/m^2 yağış düşmüştür. Bu neredeyse Ağustos ayı yağış ortalamasına tekabül etmektedir.

Rize'de son olarak 1996 yılının Ekim ayında benzer bir yağış görülmüş, 1996 yılının Ekim ayının sadece 14'üncü günü Rize'ye toplam 178,7 kg/m^2 yağış düşmüş, bu yağış da meteorolojik arşivlere bölgenin yağış rekoru olarak kaydedilmiştir [1].

Tablo 5. Rize'de Meteorolojik Veriler

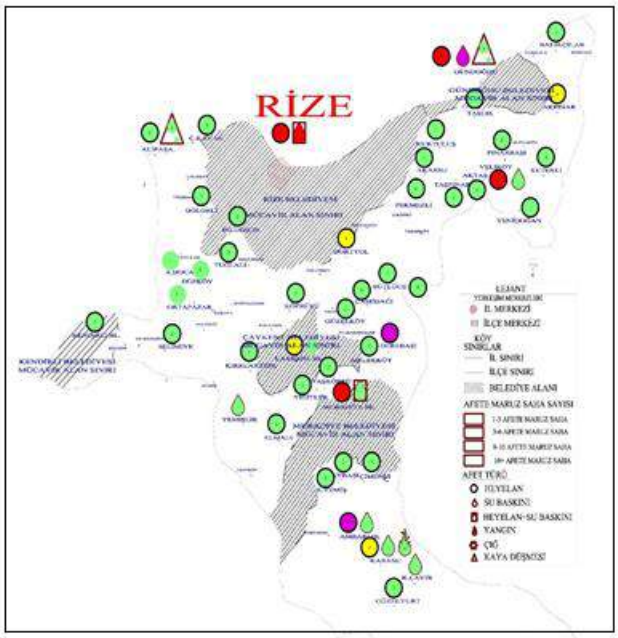
	Uzun Yıllar İçinde Gerçekleşen Ortalama Değerler (1950 - 2014											
RIZE	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Ortalama Sıcaklık (°C)	6.6	6.5	7.9	12	16	20.3	22.8	23	19.9	15.9	11.7	8.4
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	10.7	10.8	11.9	15	19	23.6	26	26.5	23.9	20.2	16.3	12.8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	3.6	3.5	4.8	8.5	13	16.6	19.6	19.9	16.8	12.8	8.7	5.4
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2.2	3.1	3.4	4.3	5.4	6.4	5.2	5.2	5	4.2	3	2.1
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	15.1	14.1	16	15	15	14.3	13.8	14.6	15	15.4	14.1	14.7
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (kg/m^2)	225	179	157	91	98	134	143	188	253	288	251	234
Yıllık Toplam Yağış : 2238.8 kg/m2												

Rize'de metrekareye ortalama Eylül ayında 243.6 kg, Ekim ayında 309.9 kilogram yağış düşmüştür. Bu durum son yıllarda yaşanan iklim değişikliklerinin etkileri olarak değerlendirilebilir. Bu bölgenin dağlık bir bölge olması nedeniyle kentleşme dere yataklarına kaymaktadır. Vadilerden ve dere yataklarından yüksek debi ile birlikte gelen malzemelerin geldiği güzergahtaki yapılaşmalar ciddi risk oluşturmaktadır.

Tablo 5. Rize'de Meydana Gelen Afetler

RİZE'DE MEYDANA GELEN AFETLER						
TARİH	HEYELAN	SU BASKINI	ÇIĞ DÜŞMESİ	ETKİLENEN KONUT SAYISI	ETKİLENEN İŞ YERİ SAYISI	ÖLÜ SAYISI
1992			X			1
1993			X			2
1995	X	X		43	1	6
1996	X	X		75	2	
1998	X			10		
2001	X	X		412	3	10
2002	X	X		2+228	3+2	0+33
2005	X	X		20+44+59	0+1+3	0+7+0
2006	X	X		17		
2007	X	X		5		
2009	X	X		1		2
2010	X	X		2+172		2+14
2011	X	X		68		1
			Toplam:	1158	15	78

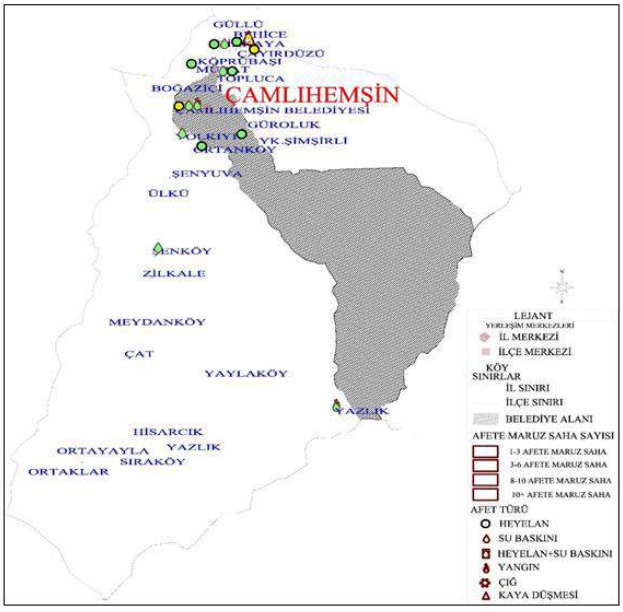
Bununla birlikte Rize de yaşanan afetler sadece sel felaketleri olmayıp, kaya düşmesi, heyelan, çığ, yangın vb. afetlerde yaşanmaktadır. Aşağıda Rize ve ilçelerinde meydana gelen afetlerin bölgeye dağılımı görülmektedir.



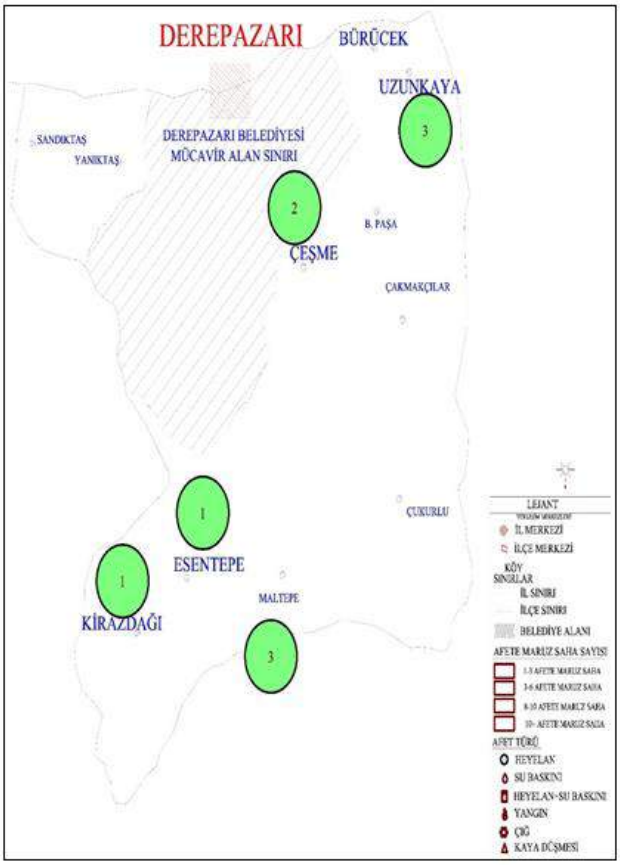
Şekil 5. Tematik Afet Haritası (Rize Merkez)



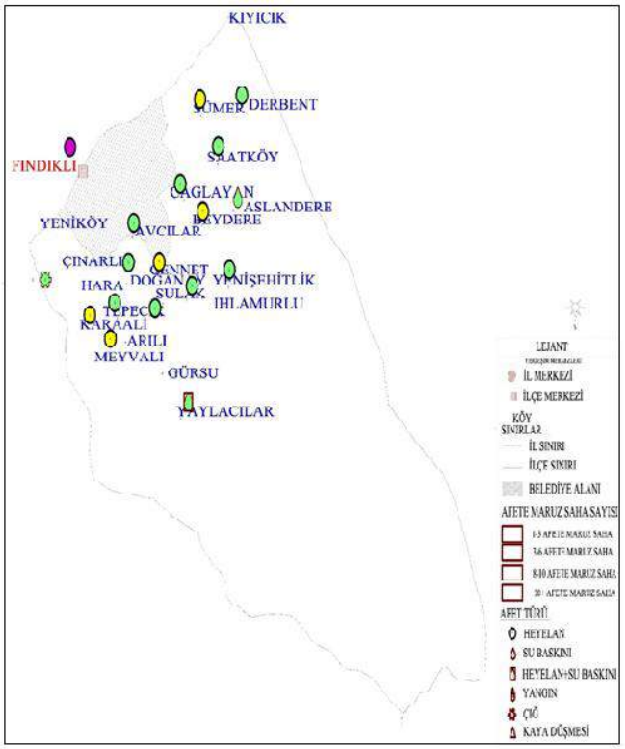
Şekil 6. Tematik Afet Haritası (Ardeşen)



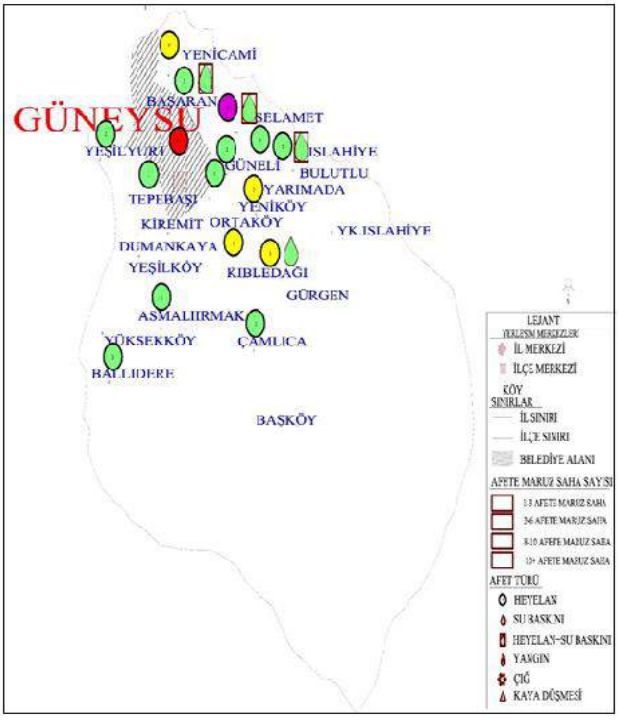
Şekil 7. Tematik Afet Haritası (Çamlıhemşin)



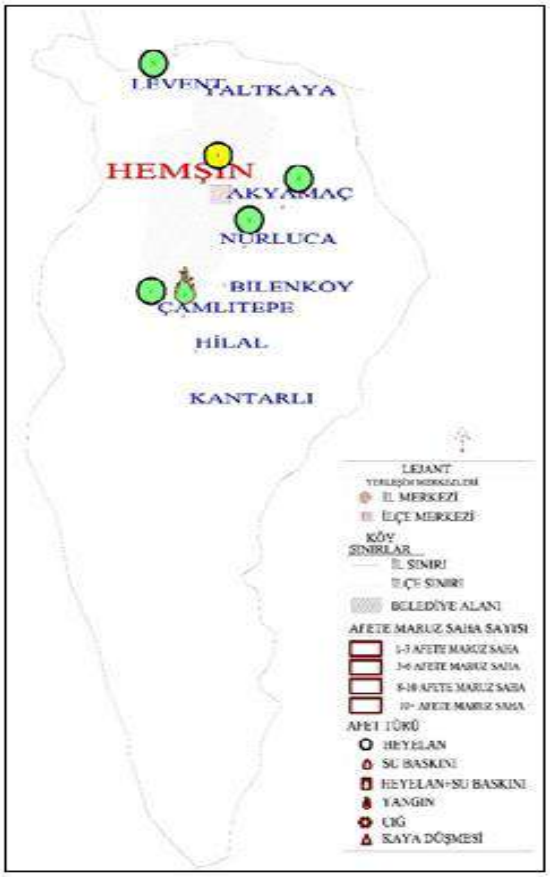
Şekil 8. Tematik Afet Haritası (Derepazarı)



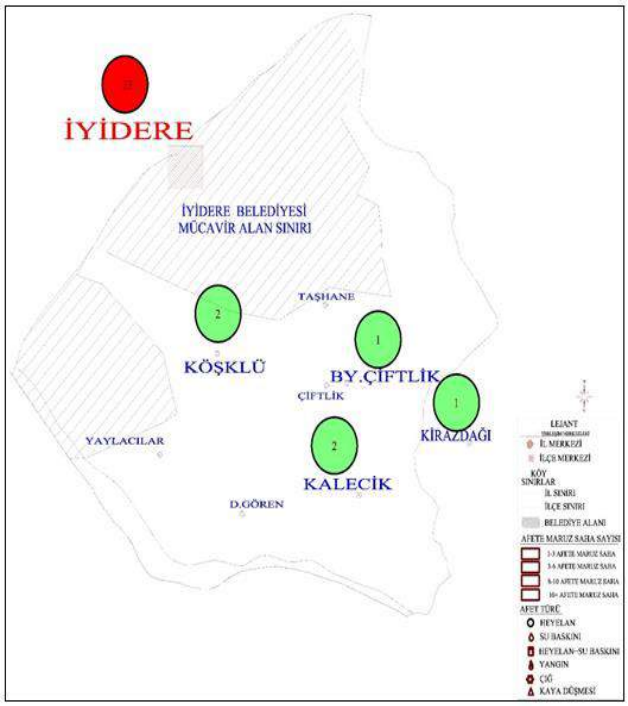
Şekil 9. Tematik Afet Haritası (Fındıklı)



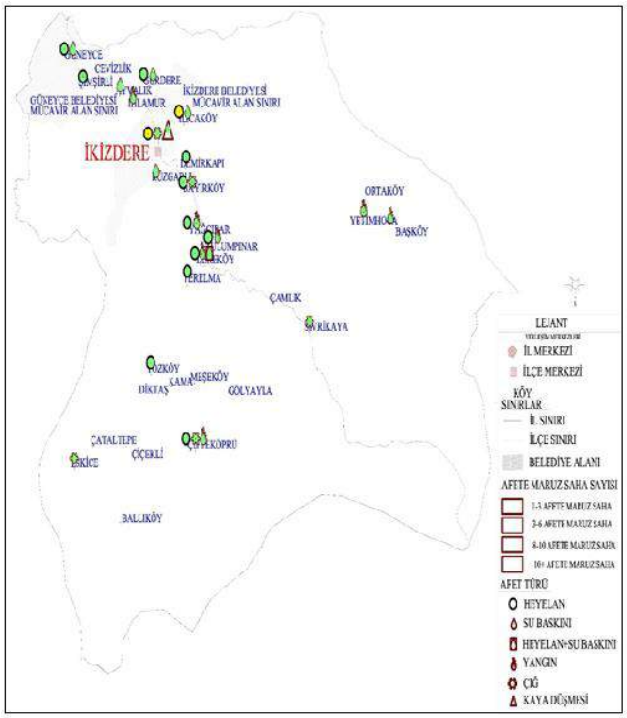
Şekil 10. Tematik Afet Haritası (Güneysu)



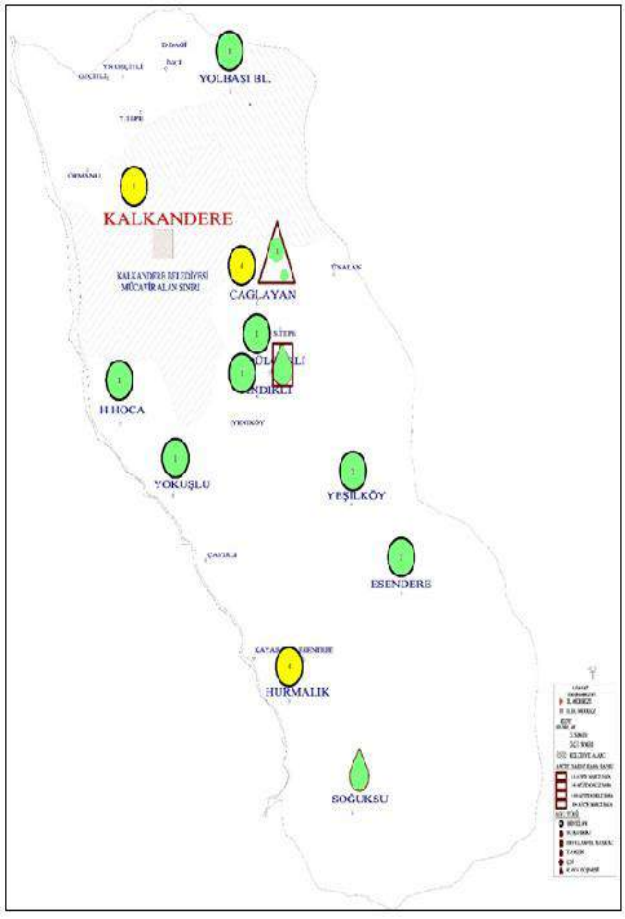
Şekil 11. Tematik Afet Haritası (Hemşin)



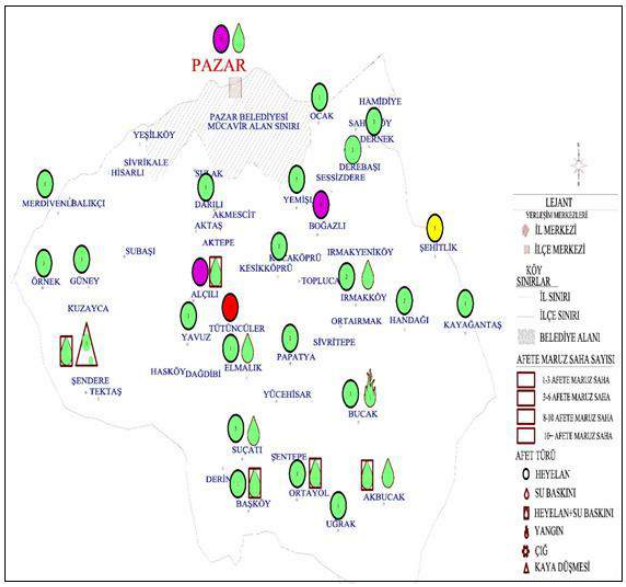
Şekil13. Tematik Afet Haritası (İyidere)



Şekil 12. Tematik Afet Haritası (İkizdere)



Şekil 14. Tematik Afet Haritası (Kalkandere)



Şekil 15. Tematik Afet Haritası (Pazar)

3.4. Afetlerin Kıyı Yapılarına Etkileri

Doğu Karadeniz Bölgesinde yaşanan afetler karada can ve mal kaybına neden olmasının yanında, hem dereler üzerinde bulunan hidrolik köprülere hem kıyı koruma amacıyla yapılan T-mahmuzlara hem de balıkçı barınakları, çekek yerleri ve limanlara zarar vermektedir. Hidrolik köprüler sel nedeniyle ya yıkılmış ya da ayaklarda meydana gelen hasarlar nedeniyle deforme olmuş ve kullanım dışı kalmıştır.
Balıkçı barınakları, çekek yerleri ve limanlar sel ile birlikte gelen sürüntü maddesi ile birlikte rüsubat, ağaç dal ve kökleri ile araçlar da sürüklenerek kısa süreleriğine kullanım dışı kalmış, bir çok kayık ve tekne zarar görmüştür.
Yine kıyılarda bulunan T-mahmuzların kafaları ve ana gövdeleri yıkılmış ve asli görevlerini yapamaz hale gelmişlerdir (Şekil 16,17).



Şekil 16. Selin T-mahmuzları Etkilemesi



Şekil 17. Selin Kıyı ve Köprüleri Tahrip Etmesi

4. Doğal Afetlerin Nedenleri ve Sonuçları

Dünyanın değişik bölgelerinde ve ülkemizde meydana gelen sel, çığ, toprak kayması (heyelan), erozyon, deprem, T-sunami, savaş, trafik kazaları, iş kazaları, yanardağ patlamaları, meteorolojik doğal afetler, fırtına, hortum, kuraklık, tayfun, orman yangını, yıldırım düşmesi gibi olaylara doğal afetler denir. Doğal afetlerin bazıları insanın elinde olmayan tabiat olayları olup bazıları da insanlar tarafından oluşturulan afetlerdir. Her ülke ve bölge yöneticileri yaşadıkları bölgenin yukarıda sayılan doğal afetlerin oluşma hassasiyetlerine göre tedbir almak ve uygulamak zorundadır. Aşırı yağmur yağdığında veya eriyen kar ve buzlardan oluşan sular nedeniyle dereler, çaylar ve nehirler taştığında, denizlerin büyük dalgalar ile kıyıları sular altında bıraktığında, barajlar ya da setler yıkıldığında ortaya çıkan sel dediğimiz yıkıcı su baskınları (seller) oluşur.

Dağın yüksek yerinde birikmiş kar kütlelerinin yerinden kopup yuvarlanması ve yuvarlandıkça büyümesiyle çığ olayı oluşur.

Taş, toprak ve kayaların eğimli arazilerde kayarak yer değiştirmesiyle de heyelan (toprak kayması) meydana gelir. Ülkemizde daha çok şiddetli ve bol yağış ile arazinin fazla eğimli olması gibi nedenlerden dolayı heyelan en fazla Karadeniz Bölgesi'nde görülen bir doğa olayıdır. Genellikle yamaçlarda toprağın üst bölgelerden koparak alt taraftaki bir bölgede birikir. İnsan ve hayvanların ölmesine sebep olabilir. Binalara zarar verir. Ulaşımı aksatır. Tarım arazilerinde hasar oluşturur [2,3,4,5,6,7].

Erozyon (toprak aşınması) ise, toprağın aşınmasını önleyen bitki örtüsünün yok edilmesi sonucu, koruyucu örtüden yoksun kalan toprağın su ve rüzgârın etkisiyle aşınması ve taşınması olayıdır.

Erozyonu artıran nedenlerin başında ise, toprağı koruyan bitki örtüsünün bilinçsizce yok edilmesi, aşırı işlenmesi, eğim yönünde sürülmesi, şiddetli ve çok yağış, sert rüzgarlar, toprak ve doğal bitki örtüsüne insan eliyle yapılan müdahaleler gelmektedir [8].

5. Öneriler

a. Selden korunmak için;

1. Dere yatakları temiz tutulmalı ve açık kanallar inşa edilmeli,
2. Ormanlık alanlar çoğaltılarak araziler teraslanmalı ve ağaçlandırma yapılmalı
3. Akarsular üzerine barajlar inşa edilmeli,
4. Suyun atılması için gerekli altyapı çalışmaları yapılmalı,
5. Nehir, kanal, dere yataklarını kapatarak doldurmamalı ve bu bölgelerin yakınına ve çukur alçak bölgelerde yerleşim alanları yapılmamalı,
6. Yüksek ve sağlam köprüler inşa edilmeli ve bu köprülerin ayaklarını yumuşak veya kaygan zemin üzerinde oturtmamalı,
7. Yeraltı kanalizasyon ve atık su kanalları büyük ve geniş inşa edilmeli ve bu kanalların çıkışlarını denizlere veya nehirlerin havzalarına vermemeli,
8. Cadde yol ve köprüler üzerinde suların birikmesini önleyecek giderler yapılmalı, giderlerin üzerlerine sağlam mazgallar koymalı,
9. Sel veya su baskını tehlikesine maruz yerlerde yapılmış binaları sağlamlaştırmalı, gerekirse bent veya setler inşa edilmeli,
10. Yüksek yerlerden suyla beraber gelebilecek toprak, taş vb. malzemelerin kayma, akma ve gelmesini önleyici tedbirler alınmalı, kayma tehdidi bulunan yerler betonlanarak gerekirse çelik ağ ile örtülmeli,
11. Aynı depremde olduğu gibi tetikte ve teyakkuzda bulunulmalı, acil müdahale ekip ve teşkilatlarında yeterli miktarda su tahliye pompası, vidanjör ve bot bulundurmalı, acil müdahale için geniş kapsamlı senaryolar hazırlanmalıdır [9,10].

b. Çığın oluşmasını engellemek ve zararlarından korunmak için;

1. Bitki örtüsü korunmalı ve geliştirilmeli,
2. Çığ riski olan yerler yerleşim yeri olarak tercih edilmemeli,
3. Çığ riski olma ihtimali olan yerlerde destekleme duvarları yapılmalıdır.

c. Toprak kaymasında zararı en aza indirebilmek içinse,

1. Riskli yerler yerleşim alanı olarak seçilmemeli,
2. Eğimli araziler ağaçlandırılmalı ve destek duvarları yapılmalıdır.

d. Erozyonu önlemek ve zararlarından korunmak için,

1. Ağaçlandırma çalışmaları yapılmalı,
2. Eğimli arazilere teraslandırma (sekiler) yapılmalı,
3. Tarlalar eğim doğrultusunda sürülmeli,
4. Baraj gölü yamaçları ağaçlandırmalı ve mevcut bitki örtüsü korunmalı,
5. Erozyonun zararları konusunda halkı eğitmeli ve belli bir bilinç oluşturulmalıdır. Eğer bunlar yapılmazsa verimli tarım alanları daralır, büyük ekonomik kayıplar meydana gelir ve baraj göllerinin dolmasıyla, barajların ömrü kısalır.

Kaynaklar

[1.] Artvin ve Rize Afet il müdürlükleri, 2015.

[2.] Türkeş, M., Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Ankara DMİ Genel Müdürlüğü,. 187-205, 2001

[3.] Ceylan, A., Meteorolojik karakterli doğal afetlerin zamansal ve bölgesel dağılımı, III. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu. İstanbul, 2003.

[4.] Türkeş, M., Sümer, U., Demir, İ., Türkiye'nin Günlük Ortalama Maksimum ve Minimum Hava Sıcaklıkları ile Sıcaklık Genliğindeki Eğilimler ve Değişiklikler, 11-13 Nisan Klimatoloji Çalıştayı Bildiriler Kitabı. 89-106, İzmir, 2002.

[5.] Özcan, O.N., Musaoğlu, Şeker, D.Z., Taşkın alanlarının cbs ve uzaktan algılama yardımıyla belirlenmesi ve risk yönetimi: Sakarya Havzası örneği, TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 12. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara: Türkiye Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası, 11-15 Mayıs 2009.

[6.] Karabulut, M., Sandal, E.K., Gürbüz, M., 20 Kasım-9 Aralık Mersin sel felaketleri: Meteorolojik ve hidrolik açıdan bir inceleme, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi 10, no. 1 13-23, 2007.

[7.] Sönmez, E., Kesici, Ö., İklim Değişikliği ve Plansız Şehirleşmenin Kilis Şehrinde Yol Açtığı Sel Felaketleri, Kilis, 2000.

[8.] Kadıoğlu, M., Sel risk yönetimi, DSİ XI. Bölge Taşkın Konferansı, DSİ Edirne, 19-20 Haziran 2008.

[9.] Armando, B., Montanari, A., Moretti. G., Assessing the effect on flood frequency of land use change via hydrological simulation (with uncertainty), Journal of Hydrology, no. 324: 141-153, 2006.

[10.] Turoğlu, H., Bartın'da meydana gelen sel ve taşkınlara ait zarar azaltma ve önleme önerileri, Türkiye Kuvaterner Sempozyumu, İTÜ Avrasya Yer Bilimleri Enstitüsü, 104-110, İstanbul, 2-5 Haziran, 2005.

IMPORTANCE OF WATER DEPTH AND ITS EFFECT ON TSUNAMI AMPLITUDES

Servet MERT KUTSAL[a]
[a] Kocaeli University, Kocaeli, Turkey, E-mail:servetmertt@gmail.com

Abstract

In this study, the purpose is to contribute to understanding of the effects of water depth on tsunami amplitudes using linear shallow-water wave theory. To determine the effects, two slides are taken into account in different depths ranging from 0.25-2 km and moving in different directions. The amplitude values are observed by different slide velocities and different rupture areas under different ocean depths. The results show that the peak amplitudes increase while the ocean depth decreases.

Keywords: tsunami amplitude, ocean depth, shallow-water wave

1. Introduction

Tsunamis are one of the dangerous outcomes from activities of dynamic earth system. There are many studies about tsunamis modeling either analytically [1] or numerically in the literature[2]. Some of these studies are for Turkey. Turkey has a very long coastline, approximately more than 8300 km. As Turkey is surrounded by several seas where active tectonics occur, numerous tsunamis have caused damages to Turkish coasts and populations [3,4]. More than 90 tsunamis have occured in these coasts during last 3000 years.[5]. Although the paucity of direct records or accounts makes a rigorous estimation of the run-up values rather difficult, it is possible to accept that run-up values are not as height as deep ocean tsunamis. But this is a natural disaster and there are some records about tsunamis in Turkey such as 1999 İzmit Eartquake and Tsunami with Mw=7.4, 1894 İstanbul Earthquake with Mw=7 and 1509 İstanbul Earthquake and Tsunami with Ms=7 [5]. Because of that it is necessary to recognise generation of tsunami and the influecing factors.

The official definiton of tsunami is "a wave train, or series of waves, generated in a body water by an impulsive disturbance that vertically displaces the water column"[6]. Due to this characteristic, tsunami waves do not resemble to normal sea waves. Tsunami wave has long wavelength and at long periods velocity of tsunami wave is equal to the square roots of the gravity acceleration and the water depth,~ $\sqrt{gh}$. According to the equation, there is a direct proportion between water depth and the velocity of tsunami wave. It can be seen that a tsunami behaves fundamentally different in the open ocean and close to the coast. In the deep ocean tsunami travels high-speed. Propagation speed makes tsunami one of the major natural disasters. To prevent this and to take precautions, it is necessary to know generation mechanism and approximate results about peak amplitudes. In this study, two slides are taken into in different depths ranging from 0.25 km to 2 km. The peak amplitude values and their variation are discussed with different velocities, distances and source areas depending on depth parameter.

2. Method and Theory

To define tsunami wave generation, the basic kinematic source model is used. ζ (x,y;t) represents a sudden uplift of the bottom surface, resulting of the free surface uplift η(x,y;t). h is the water depth, as a variable parameter for this study.

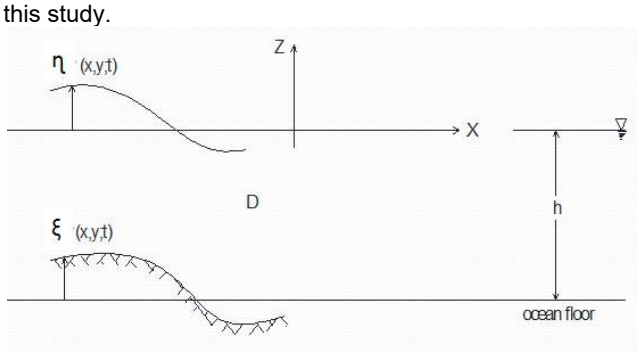


Figure 1. The basic kinematic model

In the model, mass is conserved. It is assumed that the fluid is incompressible and the flow is irrotational. For solution of equation Laplace and Fourier transform methods are used. The solution can be obtained by these transform methods as;

$$\bar{f}(\vec{k};s)=\int_{-\infty}^{\infty}e^{ik2y}[\int_{-\infty}^{\infty}e^{ik1x}[\int_{0}^{\infty}e^{-st}f(x,y;t)dt]dx]dy \quad (3)$$

Transformation of the equation of motion and boundary condition, and the assumptions of shallow-water lead to the following solution for the transform of η , $\eta(\vec{k};s)$, in terms of the transform of ζ, ζ $(\vec{k};s)$ [7].

It can be evaluated η(x,y;t) for specified ζ (x,y;t) by computing its transform ζ$(\vec{k};s)$ substituting it into following equation and inverting $\eta(\vec{k};s)$ to obtain η(x,y;t)

$$\bar{\eta}(\vec{k};s)=\frac{s^2\bar{\varsigma}(\vec{k};s)}{s^2+\omega^2}\frac{1}{\cosh kh} \quad (4)$$

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

where

$\omega^2 = gk\tanh kh$, is the circular frequency of the wave.

In this study, Mathematica programme is used to obtain final solution by following the order of equation above. As a result, final equation defined as,

$$\varsigma_R = \int_0^{cRt_1} e^{ik_1x_1}\left(\int_{(\frac{x}{cR})}^{\infty}\varsigma_0 e^{-st}dt\right)dx_1 \quad (5)$$

$$\varsigma_L = \int_{H-cLt_2}^{H} e^{ik_1x_1}\left(\int_{(\frac{x-H}{cL})}^{\infty}\varsigma_1 e^{-st}dt\right)dx_1 \quad (6)$$

ς_R represents the uplift of right slide and cR is the velocity of right slide and ς_L is for the uplift and cL is velocity of left slide, H is the distance between two slides.

3. Numerical Results

Fast Fourier Transform is used for numerical calculations. To observe the effect of water depth on amplitudes, model is solved for different depths from 0.25km to 2km and for different parameters. Firstly, to see the best results for amplitude values the relationship between the water depth and the ratio of spreading velocity (cR/cT for this model, cR is the velocity of slide, cT is the long wavelength tsunami velocity) is examined. While pioneering studies suggest that the plot of the peak amplitude ηmax/ζ0 versus cR/cT has a peak at cR/cT~1 [1] . The same graph is plotted for different depths and the same results are obtained. Beside this, it can be seen from the Figure 2 that while water depth decreases, amplitude values are increases. The same results are shown in Figure 2A in a different way. It can be obviously seen that the peak amplitudes decrease while the water depth increases.

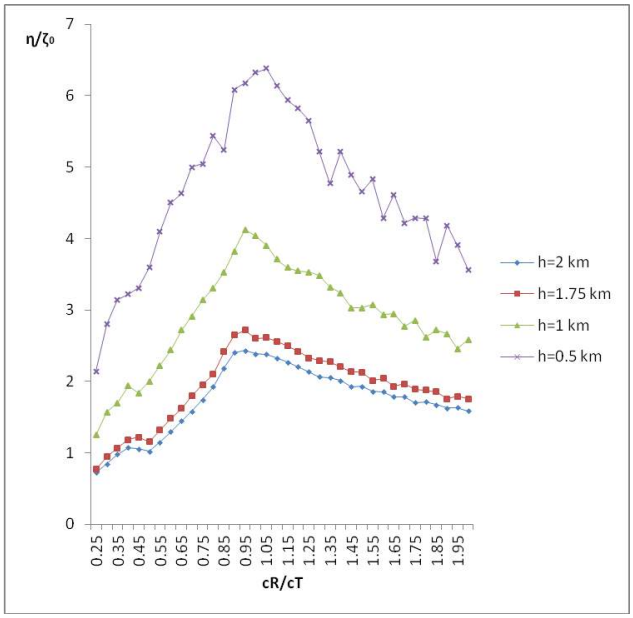


Figure 2. Positive peak amplitudes for model, ηmax/ζ0 versus cR/cT for 30x30 km2 area.

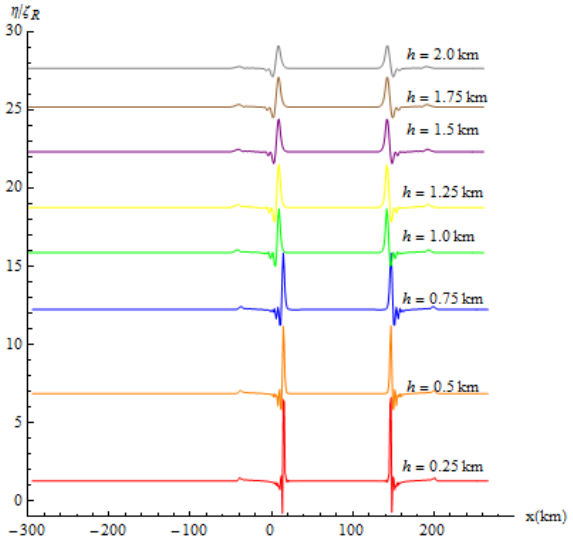


Figure 2A. Positive peak amplitudes for different depths.

The other graph which is plotted to see the depth effect is given in Figure 3. H represents the distance between two slides and it is constant for this model. The graph is plotted depending on the depth variation. As seen from the figure that there is an inverse proportion between the amplitude values and the water depth.

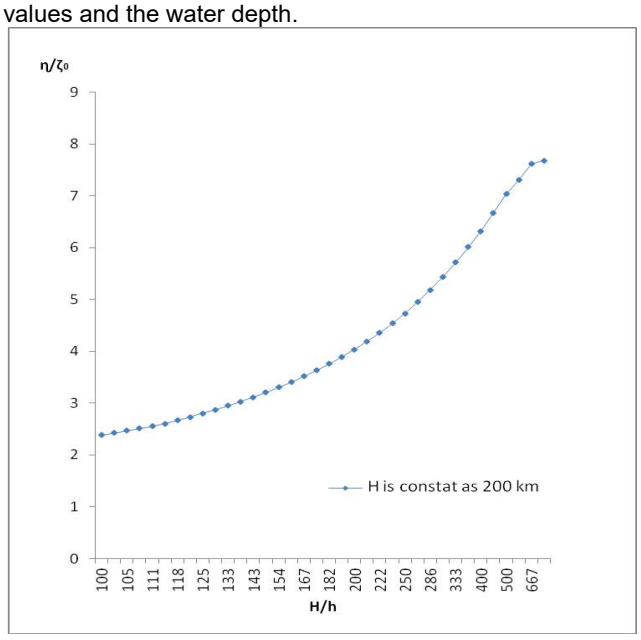


Figure 3. Variation of the amplitude values depending on the water depth.

An other parameter that is studied is source area. Three different areas are selected as LxW=10x10km^2, 30x30km^2 and 100x100km^2 (L is length and W is width of the source).The graph of the peak amplitude versus water depth is plotted for all area sources. As a result, it is obviously seen that the amplitude values decrease when the water depth increases for all size of source areas.

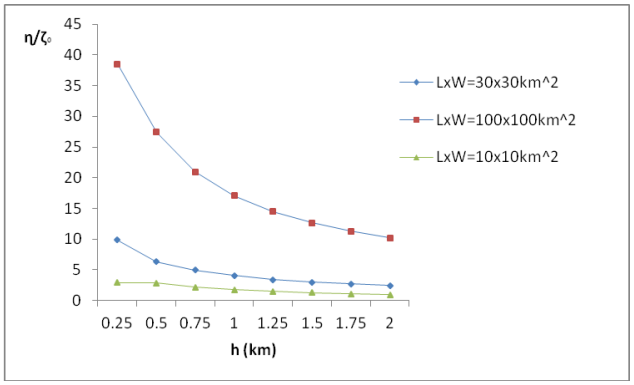


Figure 4. Maximum tsunami amplitudes versus the water depth of source area in case of LxW=10x10, 30x30 and 100x100 km^2.

In Figure 5, 5A and 5B, relationship between water depth and size of source area is investigated from the different viewpoint. There are two scenarios. One of them is LxW=10x10 km^2 and h=0.25 km, the other one is LxW=30x30 km^2 and h=2 km. The figures show that how maximum amplitude values change. As a result, the plot has the peak amplitude at shallower scenario without dealing size of area.

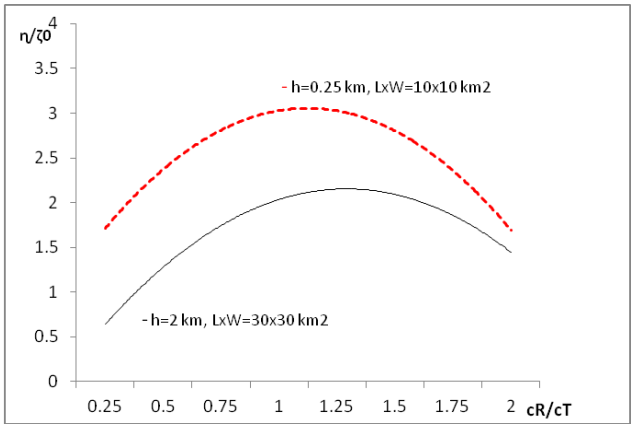


Figure 5. Maximum tsunami amplitudes for shallower and smaller area and deeper and bigger area sources.

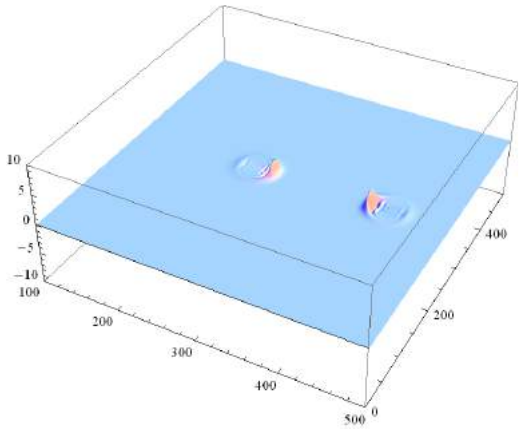


Figure 5A. 3D plotting maximum tsunami amplitudes for deeper area source.

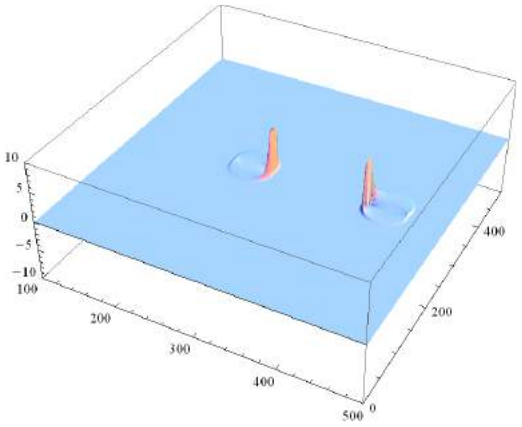


Figure 5B. 3D plotting maximum tsunami amplitudes for shallower area source.

4. Conclusion

4.1. Comments for Model

The purpose of this study is to emphasise the effect of water depth on tsunami amplitudes. Simple source model is used to determine the effect. Linear shallow-water wave theory is assumed and Mathematica is used for computing. The results show that the tsunami amplitude depends on the water depth. Different parameters are studied like as slide velocity or different size of source area. It can be said that amplitude values are inversely related to water depth, the shallower the water, the higher the amplitudes. Results also show that a small area source can generate a large amplitude tsunami if the water is shallow.

4.2. Precautions For Tsunami

Bogazici University, Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute(KOERI) established a tsunami warning center in Turkey. This Project is fully supported by relevant national institutions and agencies [5]. Due to being one of the major natural disaster in the world, tsunami and inundation can not be ignored. It is neccessary to prepare hazard maps about which region have a risk of submerge. If it is possible to estimate the height of run-up, some barriers can be made to prevent the water waves. The studies to contribute to understanding of the nature and generation of tsunami should be increased.

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

References

[1] Trifunac M.D., Hayir A.,Todorovska M.I.,2001. Near-field tsunami wave forms from slumps and submarine slides. Dept. of Civil Eng. Report No. CE 01-01, Univ. Of Southern California, Los Angeles, California.

[2] Shuto, N., Goto, C., Imamura, F., 1990. Numerical simulation as a means of warning for near field tsunamis. Coastal Engineering Japan 33, 173–193.

[3] Kuran, U., Yalciner, A.C., 1993. Crack propagations earthquakes and tsunamis in the vicinity of Anatolia. In: Tinti, S. (Ed.), Tsunamis in the World. In: Advances in Natural and Technological Hazards Research. Kluwer Academic Publisher, Dordrecht, pp. 159–175.

[4] Altinok, Y., Ersoy, S., 2000. Tsunamis observed on and near the Turkish coast. Natural Hazards 21, 185–205.

[5] Kandilli Observatory and Earthquake Research Institute, Bogazici University

[6] International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation

[7] Hayir, A., 2004. Ocean depth effects on tsunami amplitudes used in source models in linearized shallow-water wave theory. Ocean Engineering 31, 353-361.

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

DOĞU KARADENİZ BÖLGESİNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ULAŞIM SAĞLANABİLMESİ İÇİN SEL/SU BASKINI AFETLERİNDEN DOLAYI OLUŞAN PROBLEMLERİN ARAŞTIRILMASI

IN ORDER TO ESTABLİSH A SUSTAİNABLE TRANSPORTATİON IN THE EAST BLACK SEA REGİON INVESTİGATİNG THE PROBLEMS CAUSED BY FLOODS

Muhammet ÇELİK[1], Mehmet Tevfik SEFEROĞLU[2], Ayşegül Güneş SEFEROĞLU[3]

Muhammet Vefa AKPINAR[4]

[1] AFAD, Trabzon, Türkiye E-posta: m.celik53@gmail.com
[2] KTÜ, Trabzon, Türkiye E-posta: mtseferoglu@gmail.com
[3] GÜ, Gümüşhane, Türkiye E-posta: gnskaya61@gmail.com
[4] KTÜ, Trabzon, Türkiye E-posta: mvakpinar70@yahoo.com

Özet

Doğu Karadeniz bölgesi Türkiye'nin en fazla heyelana maruz kalan bölgesi olup, bu olumsuz durum, yetersiz altyapı ile oluşan afetin daha fazla hasar vermesine neden olmaktadır. Bu çalışmada Trabzon Afet Acil Durum Müdürlüğünde bulunan 2010-2015 yılları arası afet hasar tespit raporları incelenmiştir. Bu raporlar listelendiğinde, sel/su baskını afetlerinin en çok etkilediği kamu yapılarının ulaşım üstyapı ve altyapıları olduğu görülmüştür. Yerinde yapılan incelemeler sonucunda hazırlanan raporlarda özellikle ulaşım altyapısının çalışmaması veya yetersiz olmasının, bölgede yaşayan vatandaşların mal ve can kayıplarının ve diğer hasarların genel nedeni olduğu görülmüştür. Hasar tespit formlarından elde edilen veriler ile maddi hasarlar incelenmiş örnek bir rapor ile bu hasarların oluştuğu yerlerde daha önce önlemler alınması durumunda hasarın en az % 70 oranında önlenebileceği tespit edilmiştir. Maliyeti altyapıdan daha pahalı olan yol üstyapılarının sürdürülebilir yapı olmasını sağlamak için, bu çalışma içerisinde sel/su baskınlarını hesaba katarak yol altyapısının yapılması ve yol üstyapı kaplamasının seçimleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sürdürülebilirlik, Afet, Sel/Su Baskını, Yol Üstyapısı

Abstract

Balcksea Region consists most of the flood related soil slope failures in Turkey resulting in more disaster damages on the current infrastructures available. In this study, the region's disaster risk regarding floods are examined and the reasons for flood occurrence are researched. Trabzon Afet Acil Durum Müdürlüğü disaster damage assessment reports between 2010 and 2015 are examined. These reports reveals the fact that the most damaged public infrastructure by floods are transportation infrastructure. Reports prepared as a result of inspections in situe show that the failure and lack of transportation infrastructure are the main cause of loss of life and property in the area. Damage assessments reports shows that if early precautions were taken in the damaged areas the damages would have been prevented at the rate of 70 percent by means of cost. Building sustainable buildings has become a considerably important fact for the future of earth. For this reason, technical people must consider this fact in planning and constructing phases. In order to provide sustainability it is rather important to make long-lasting infrastructures and reutilize them. Constructing road infrastructure by considering floods and the preference of superstructure layer should be examined to ensure the sustainability of road superstructures which is more costly than infrastructures.

Keywords: Sustainability, Disaster, Flood, Road superstructures

1. Giriş

Doğu Karadeniz Bölgesi, engebeli bir topografyaya sahiptir. Dağlar kıyıya yakın ve paraleldir. Birçok dere havzası bu dağlar arasından denize ulaşır [1]. Bu engebeli topografya, üzerine kurulmuş yerleşim birimleri (Mahalle, Köy, Belde, İlçe ve İl) arasında ulaşım ağının oldukça uzun olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle en uzun köy yolu ağına sahip iller Karadeniz Bölgesindedir [2]. Ayrıca engebeli topografya, yol altyapısının önemini artırmaktadır. Altyapının önemini artıran ikinci özellik ise iklim veya yağış yoğunluğudur. Yoğun yağışlar engebeli arazide, suların tahliyesini daha da zor hale getirmektedir. Doğu Karadeniz bölgesinin bazı kesimlerde yağış miktarı yılda 2000-2500 mm civarında olmaktadır [3]. Bölgede özellikle köy ve mahalle yollarında altyapı sorunu oluşturan bir diğer etkende topografyanın olumsuzluğu nedeni ile yol genişliğinin bazı bölgelerde Şekil 1'de görüldüğü gibi 3 metreye düşmesi ve yol kenarı banket ve hendeklerinin yapılamamasıdır [4]. Ulaşım yapıları yapılırken geometrik standartlara uygunluk konusunda da bölgede ne yazık ki eksiklikler vardır. Örneğin yollarda maksimum boyuna eğim %12 (dağlık arazi yolları) olması gerekirken, bölgede bazı köy yolları %20'ye yakın eğime sahiptir. Yine birçok yolun en kesitinde dever uygulaması yapılmamaktadır [5]. Bu hususlar, yağış sularının yol üstünden hızlanarak ve kontrolsüz akmasına neden olmaktadır. Kontrolsüz akan

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

su, can ve mal güvenliğini tehlikeye sokan noktalardan deşarj olmakta ve sel/su baskınlarının etkisini önemli ölçüde artırmaktadır.

Ulaşım ağlarının altyapısı olan drenaj sistemleri bölgede sık sık tıkanmaktadır. Bu tıkanmalar genellikle yağışlar ile yamaç malzemesinin akması veya taşınması ve drenaj yapılarının içinde birikmesi ile olmaktadır. Drenaj yapılarında bitkilerin büyümesi veya vatandaş tarafından drenaj yapılarının kapasitesini olumsuz yönde etkileyen faktörler yapılması ve benzer durumlar bu yapıların hesaplanan zamandan önce tıkanmasına neden olmaktadır. Yeterli yol platformunun olmaması (Hendek eksikliği) veya eski ve yetersiz deşarj menfezleri, tıkanma olayını hızlandırmaktadır. Tıkanan drenaj yapılarında yoğun yağışlar ile toplanan su genellikle yol üst kaplaması üzerinden akmakta, uzun havzalarda biriken sular hem yol üst yapısını bozmakta hem de vatandaşın veya kamunun mallarına zarar vermektedir.



Şekil 1. Trabzon, Beşikdüzü İlçesi Aksaklı Mahallesi, 3 metre genişliğinde yeterli hendeği ve enine eğimi (Dever) bulunmayan yol.

Dünya üzerinde yaşayan insanlar, yakın gelecekte doğal kaynakların tükenmesi durumu ile karşı karşıyadır. Bu nedenle sürdürülebilir üretim önemini artırmaktadır. Sürdürülebilirlik, gelecek kuşakların kaynaklarına zarar vermeden ve azaltmadan günümüz ihtiyaçlarının karşılanması amacıdır [6]. Ulaşım yapılarında sürdürülebilirliğin sağlanması için ulaşım yapılarının ekonomik ömürlerinin uzun, bakım onarım masraflarının az ve ekonomik ömürleri bittikten sonrada kullanılabilir olması istenmektedir [7].

Sel/Su baskını sonrasında ulaşım yapılarının sık sık hasar görmesi, yeniden kullanılabilmesi için yeniden yapılması veya bakım onarım görmesi, sürdürülebilir yapı yapma amacına uygun değildir. Bu nedenle Karadeniz Bölgesinde ulaşım yapılarını yaparken sel/su baskını sonucu oluşan hasarı en aza indirecek projelendirme ve yol üst kaplama tipinin seçilmesi gerekmektedir.

İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri, bölgede afet sonrası oluşan hasarları detaylı raporlar ile tespit etmektedir. Bu hasarların giderilmesi için maliyetler hazırlamaktadır. Bu maliyetlerin bir kısmını Ankara'da bulunan Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığına bildirmektedir. Ayrıca raporlar hazırlanırken yerinde yapılan incelemeler sayesinde sel/su baskını afetlerinin en aza indirilebilmesi için gerekli tecrübeye sahip teknik elemanlar oluşmaktadır. Afet önleyici tedbir teklifleri ve tecrübe ile kazanılan bilgiler afetlerin olumsuz neticelerini en aza indirebilecektir.

2. Yöntem

Bu çalışma içerisine Ocak 2010-Mayıs 2015 arası Trabzon'da oluşan afetler ile ilgili bilgiler grafik olarak verilerek incelenecektir. Bu veriler ışığında bölgede hasar maliyetleri ve hasara neden olan sıkıntılar görülecektir. Grafik verilerinden bir sel/su baskını afetine ait rapor, örnek olarak daha detaylı incelenecektir. Çalışmanın ikinci kısmında ise afet olmadan önce yol altyapı ve kaplama tipi tercihi ile ilgili bilgiler sunulacaktır. Kaplama tiplerinden rijit kaplama ile esnek kaplama afetlere dayanıklılık açısından değerlendirilecektir. Afet önleyici tedbir olarak önerilen konular da incelenecektir.

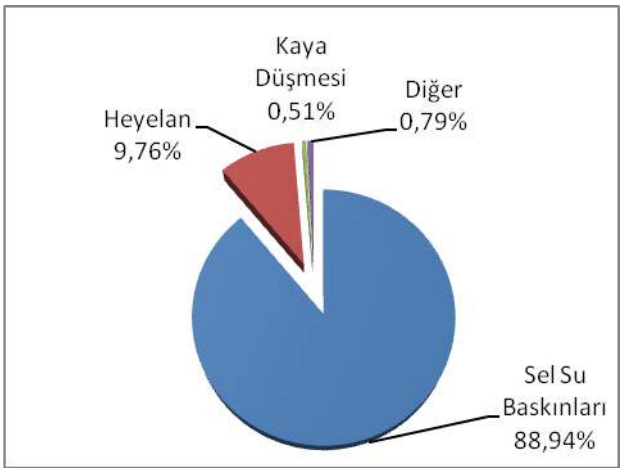
2.1. Trabzon İlinde oluşan Afetlerin Hasar Tespit Verileri

Hasar tespit formlarından alınan hasar verileri, belediyelerde oluşan tabii afet nedeniyle gelir kaybı ve altyapı hasarlarının verileridir. Bu hasarlar tahkimat/istinat yapılarının yıkımı veya ağır hasar görmesi, drenaj yapılarının tıkanması veya ağır hasar görmesi, yol üstyapı kaplamaları veya altyapılarının bozulması veya ulaşıma kapanması, içme suyu ve kanalizasyon hatlarının hasar görmesi veya kullanılamayacak duruma gelmesi vb. oluşan hasarlardır [4]. Konut, bağ, bahçelere su basması, heyelan oluşması gibi nedenler ile konut ve iş yeri zararları (Eşya, makine, mal vs.) çatı uçmaları, gibi vatandaşı zor durumda bırakan hasarlar belediye hasar maliyetlerinin içerisinde yer almamaktadır.

Ocak 2010-Mayıs 2015 arası toplam belediye altyapı hasar maliyeti 81 541 964,95TL'dir. Şekil 2'de görüldüğü gibi bu hasarların yaklaşık %89'u sel ve su baskınlarından oluşmaktadır. Ayrıca Şekil 2 incelendiğinde heyelan ve kaya düşmelerine ait hasarların %10 civarında olduğu görülmektedir. Bu hasar tipleri bölgede genellikle yoğun yağış sonrası görülmektedir. Özellikle yağış sonrası belediyeler tarafından il afet müdürlüklerine gönderilen

ihbar yazılarındaki afet türleri yamaç akmaları ve heyelan/kaya düşmesi diye tanımlanmaktadır. Sonuç olarak yoğun yağışlar neticesinde oluşan sel ve su baskınları bazı alanlarda yamaç akması, heyelan ve kaya düşme afetinin de en sık rastlanan nedeni olmaktadır. Bu durum aslında tablonun yaklaşık %99'luk kısmında yoğun yağışlar sonrası oluşan altyapı hasarları olduğunu göstermektedir.

Hasarların maliyetleri hesaplanırken, Belediye altyapı ve ulaşım ağlarının yağmur/yağış öncesi haline getirilmesi için gerekli olan maliyetler çıkartılmaktadır. Örneğin yetersiz olduğu ve yağışlar sonrası kullanılamaz hale geldiği tespit edilmiş bir menfezin daha büyük bir menfez ile değiştirilmesinin maliyeti değil hasar öncesi haline geri getirilmesi maliyete eklenmektedir. Aşağıda Tablo 1'de yıllara göre altyapı hasarları incelenmiştir. Bu incelemelerde Altyapı hasarlarının Yaklaşık %96'sının ulaşım ağları ile ilgili hasarlar olduğu görülmektedir. Ulaşım ağında oluşan hasarlar, bölgede yaşayan vatandaşın hasarlarının da kaynağını oluşturmakta ancak vatandaşların ve diğer kamu kuruluşlarının hasarları bu tabloya eklenmemektedir.



Şekil 2.Hasar tespit yapılan afetlerin türleri ve oranları.

Tablo 1. Yıllara göre oluşan belediye altyapı hasarları.

2010-2015 Yılı arası	Ulaşım Hasarları (TL)	Diğer Hasarlar (TL)	Toplam Hasar (TL)
2010	7.280.270,53	540.881,00	7.821.151,53
2011	10.680.905,91	288.870,27	10.969.776,18
2012	9.075.848,40	1.359.656,42	10.435.504,82
2013	28.100.710,95	705.573,71	28.806.284,66
2014	23.033.973,09	0,00	23.033.973,09
2015 5. Ayına Kadar	388.306,99	86.967,68	475.274,67
Toplam Hasarlar	**78.560.015,87**	**2.981.949,08**	**81.541.964,95**

3. Yapılan Çalışmalar

3.1. Maliyetlerin incelenmesi

Tablo 1'de ulaşım hasarlarının, Afet sonrası belediye hasarlarının büyük kısmını oluşturmasının nedeni, üstyapı kaplama maliyetlerinin yüksek olmasıdır. Örneğin, alttemel ve temel yapılmadan sadece 6 cm kalınlığında 1 km uzunluğunda ve 5 m genişliğinde binder tabaka yapılmasının maliyeti karayolu pozlarına (KGM 6306/Ö) göre yaklaşık 139 300.00 TL ve 5 metre genişliğinde 20 cm kalınlığında 1 km yolun beton kaplama yapılmasının maliyeti (Santralden 25 km uzaklığında bir köy için) yaklaşık 221 070,00 TL'dir (KDV dahil). Bu maliyetle, 1*1 kesitli 10 metre uzunluğunda yaklaşık 26 tane betonarme kutu menfez, temel dahil 3 metre yüksekliğinde 376,3 m pare duvar, Ø800 hdpe esaslı koruge borulardan da gömleklemesi ile beraber toplam 1680,6 metre yerleştirilebilmektedir.

Örnek raporun maliyeti

Maliyet verileri afet sonrası hazırlanan raporlardan alınmaktadır. Bu raporlar İl Afet ve Acil Durum Müdürlüklerinde çalışan teknik personeller tarafından, afet sonrası 15 gün içerisinde hazırlanmaktadır. Örnek bir rapor olarak 17-18.10.2014 Trabzon Şalpazarı ilçesinde oluşan hasar incelenmiştir. Raporda 157 noktanın incelendiği bunlardan 104 tanesinin tıkanmış yetersiz büzlerden oluştuğu görülmüştür. Bu büzlerden 9 tanesi düzenli akan derelere yerleştirildiği ancak bu gibi yerlerin kutu menfez, açık kasis veya köprü ile geçilmesi gerektiği tespit edilmiştir. Ayrıca raporda 43 noktada istinat yapısı ihtiyacı görülmüştür. İstinat yapılarının toplam uzunluğu 327 m olup 1.5-4.5 m arası boylarda olması gerekmektedir. Rapor hazırlanırken yerinde yapılan incelemelerde rijit kaplamalı yolların Şekil 3'de görüldüğü gibi alt kısmı kaysa bile kısa vadede hasar görmediği tespit edilmiştir. Ayrıca birçok noktada yol üstyapısının özellikle rijit kaplama olmayan kısımlarının (Esnek ve stabilize kaplama) bozulduğu da görülmüş ve hasar tespitine eklenmiştir. Raporda toplam hasar maliyeti 1,12 Milyon Türk Lirası olarak hesaplanmıştır. Raporda verilen hasarların oluşmasının genel nedenleri şunlardır:

1. Yeterli olmayan beton büzler.
2. Yeterli olmayan deşarj aralıkları
3. Geometrik standartlara uygun olmayan şevler ve yollar.
4. Kolay hasar görebilen esnek/stabilize kaplamalar

Örnek rapor incelemesi olarak verilen 17-18.10.2014 Trabzon Şalpazarı ilçesinde oluşan hasarlar incelenerek raporda sunulmuştur. Hasarlar oluşmadan önce nedenlerine göre önlem alınsaydı şunların yapılması gerekirdi; tıkanmış 95 adet beton büz daha geniş çaplı ve tekniğine uygun koruge borular ile değiştirilmesi, havza alanı büyük olduğu tespit edilen 9 büz yerine betonarme kutu menfez yapılması ve son olarak yamaç akmasına neden olan toplam 327 m alanda ortalama 3 m yüksekliğinde taş duvar yapılması işlemleridir. Bu imalatların yapılması durumunda oluşan maliyet Tablo 2 'de verilmiştir [8].

Tablo 2. Hasar önleyici tedbirler alınması maliyeti

No:	Poz No:	Yapılan İşlerin			Birim Fiyat (TL)	Tutar (TL)
		Tanımı	Miktarı	Birimi		
1	14.001	El ile yumuşak toprak kazılması (gevşek ve bitkisel toprak, gevşek silt, kum ve benzeri zeminler)	1806,207	m³	14,38	25.973,26
2	14.012/1	El ile her derinlikte yumuşak ve sert toprakta geniş derin kazı yapılması (gevşek ve bitkisel toprak, gevşek silt, kum, kil, siltli, kumlu ve gevşek kil, killi kum ve çakıl, kürekle atılabilen taşlı toprak ve benzeri zeminler)	503,253	m³	26,95	13.562,67
3	24.061	Ø 100 mm çapında bir ucu muflu sert PVC yağmur borusu temini ve yerine tesbiti	163,500	m	11,05	1.806,68
4	Y.17.031/A	Ocaktan çaplanmış moloz taşı ile 200 dozlu çimento harçlı kargir inşaat yapılması	261,600	m³	121,63	31.818,41
5	Y.17.002/A	Ocak taşı ile 200 dozlu çimento harçlı kargir inşaat yapılması	742,290	m³	86,29	64.052,20
6	Y.15.140/4	Çakıl temin edilerek, makine ile serme, sulama ve sıkıştırma yapılması	327,000	m³	14,19	4.640,13
7	Y.27.101/01	Taş duvar yüzeylerine gömme oluklu derz yapılması	654,000	m²	7,86	5.140,44
8	25.052	Katran badana yapılması	680,400	m²	4,69	3.191,08
9	Y.16.050/01	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 8/10 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	9,315	m³	132,81	1.237,13
10	Y.16.050/04	Beton santralinde üretilen veya satın alınan ve beton pompasıyla basılan, C 20/25 basınç dayanım sınıfında beton dökülmesi (beton nakli dahil)	115,830	m³	149,88	17.360,60
11	Y.21.001/03	Plywood ile düz yüzeyli betonarme kalıbı yapılması	526,500	m²	29,56	15.563,34
12	Y.23.014	Ø 8- Ø 12 mm nervürlü beton çelik çubuğu, çubukların kesilmesi, bükülmesi ve yerine konulması	6,764	Ton	1.972,66	13.342,09
13	04.290/6A10	ø 800 mm Koruge HDPE esaslı Kanalizasyon Boruları	665,00	m	62,00	41.230,00
14	08.009/1(Y)	Makina İle Elenmiş, Yıkanmış Granülometrik Kum-Çakıl Hazırlanması	742,14	m³	9,68	7.183,92
					TOPLAM	246.101,92 TL
					KDV Dahil Toplam	290.400,26 TL



Şekil 3. Alt şevi yağmur sonrası kayan rijit kaplama

Tablo 2'de hasar oluşmasını engelleyen tedbirlerin maliyeti görülmektedir. Bu maliyet raporda hesaplanan belediye altyapı hasar maliyetinin (1,12 Milyon TL) neredeyse ¼'ü kadardır. Ayrıca belediye altyapı hasar maliyetine, diğer kamu kurumlarının ve vatandaşların hasarını da eklediğimizde oluşacak maliyet kat ve kat artacaktır. Oysa afet önleyici tedbir olarak yaklaşık 290 bin TL maliyet ile alınacak önlemler bu hasarların büyük bir kısmının oluşmasını engelleyecektir. Ayrıca yine bu önlem maliyeti her sene, bölgede oluşabilecek muhtemel hasarların zararını en aza indirecektir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

3.2. Bilgisayar Modeliyle Kaplama Karşılaştırılması

Yoğun yağış ve sel su baskınlarından sonra kontrolsüz akan su, üstyapı kaplamalarının altlarını oymakta ve kaplamaların bozulmasına neden olmaktadır. Yağmur suları bir şekilde kontrol altına alınsa dahi bölgede il yollarında alttemel ve temel eksikliklerinden dolayı oluşan oturmalar,yol üstyapı kaplamalarını bozmaktadır. Bu nedenle bölgede rijit kaplama yapılması tavsiye edilmektedir. Rijit kaplamalar alttemel ve temele, esnek kaplamalar kadar fazla ihtiyaç duymamaktadır [9]. Ayrıca rijit kaplamalar mekanik özellikler bakımından esnek ve stabilize kaplamalardan daha üstündür. Bu durumu daha net görebilmek için ANSYS adlı sonlu elemanlar programında ideal iki adet model oluşturulmuştur.

Bu modellerden birincisi sağlam alttemel üzerine 20 cm plentmiks temel (Bölgede il yollarında çok sık rastlanmaz genellikle daha kötü temel tabakaları kullanılır.) ve üzerine 7 cm binder tabakası yapılmıştır. İkinci modelde ise 20 cm C12/15 beton kaplama üzerine 7 cm binder tabakası koyulmuştur. Programda karşılaştırma yapılırken rijit kaplama yerine kompozit kaplama tercih edilmesinin nedeni bilgisayar modelinde rijit kaplamanın değerlerinin çok yüksek çıkmasıdır. Ayrıca bölgede eski rijit kaplamaların üzerine yapılan binder tabakaları ile kompozit kaplamalar oluşturulmaktadır. Beton tabakanın basınç dayanımı başka bir çalışmada arazide alınan numunelerde genellikle C12/15 ve daha altı özelliklerde çıktığından bu değer kullanılmıştır [10]. Plaklar 1*1 m ölçülerindedir ve modellere bilgisayar programı ile 11.5 Ton olan yasal dingil yükü yüklenmiştir [10]. Yükleme sonrası oluşan gerilmeler Finn 1977'de geliştirilmiş olan dingil tekerrür sayısını veren formüller kullanılarak yorulma çatlakları ve teker izi çatlaklarını oluşturan tekrar sayıları hesaplanmıştır ve Tablo 3'de verilmiştir [11].

Tablo 3. Kaplama tiplerine göre yorulma ve tekerlek izi çatlak oluşturan tekrar sayıları

Kaplama Tipi	Yorulma Çatlağı oluşturan Tekrar sayısı	Tekerlek izi oluşturan tekrar sayısı
Esnek kaplama	1 512 864	198 875
Kompozit Kaplama	22 305 513	4 265 615

Tablo incelendiğinde temelinde rijit kaplama olan kompozit kaplamaların esnek kaplamalardan yorulma çatlaklarında yaklaşık 15 kat, tekerlek izi çatlaklarında ise 21 kat daha üstün olduğu görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

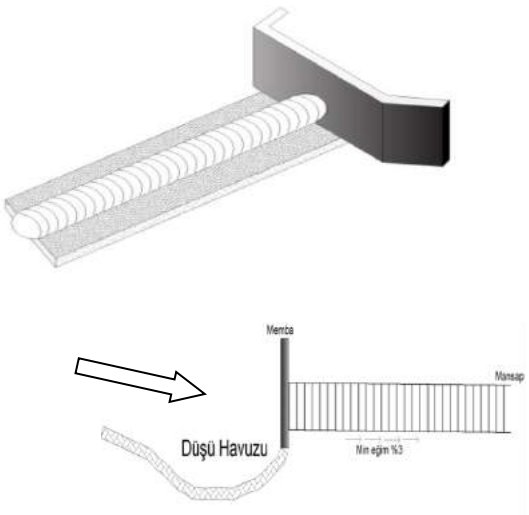
Yoğun yağışlar ve bu yağışları kontrolsüz hale getiren topografya özellikleri bu masrafların en önemli nedenleridir. Bölgede sürdürülebilir ulaşım ve afet hasarlarının en aza indirilmesi için çalışmalar yapılması gerekmektedir. 2010-2015 yılları arası Trabzon ili genelinde oluşan belediye altyapı hasarları incelendiğinde hasarların yaklaşık %99'unun yağışlardan dolayı oluştuğu görülmektedir. Ayrıca hasarların %96'sının ulaşım altyapı ve üstyapı hasarları olduğu tablolarda verilmiştir. Hasar oluşmasını engellemek için bölgede afet öncesi önlem çalışmalarının yapılması oldukça önemlidir. 17-18.10.2014 Şalpazarı afetinde, oluşan hasar raporu incelendiğinde afet önleyici tedbir olsaydı, hasarın çok büyük kısmı hasar maliyetinin yaklaşık dörtte biri ile giderilecekti. Ayrıca belediye altyapı hasarı dışında yoğun yağışların vatandaşa ve diğer kamu kurumlarına verdiği hasar maliyetleri eklendiğinde hasar boyutu oldukça artacağından afet önleyici tedbirlerin önemi daha da net görülmüştür.

Karadeniz Bölgesinde köy ve belde/belediye yollarına her sene milyonlarca liralık bakım onarım ve yeniden yapım masrafı yapılmaktadır. Sel/Su baskını afetinin bunun en önemli sebebi olduğu yukarıda Tablo 1'de verilmiştir. Sürdürülebilir ulaşım sağlanması için bölgede üstyapı kaplama tipinin seçimi oldukça önemlidir. Stabilize ve esnek kaplamalar bölgede yorulma ve tekerlek izi oluşturma çatlaklarına daha fazla maruz kalmaktadır. Ayrıca bölgede alttemel temel eksikliği nedeniyle oluşan yamaç şev akmaları bu kaplama tiplerini çok kolay deforme etmektedir. Oysa rijit ve kompozit kaplamalar bu olumsuz özelliklere karşı daha dayanıklıdırlar. Kompozit kaplamalar esnek kaplamalara oranla yorulma çatlaklarında yaklaşık 15 kat, tekerlek izi çatlaklarında ise 21 kat daha üstün olduğu Tablo 3'de verilmiştir.

Bölgede hasar tespit çalışmaları sırasında, yaşanan sıkıntıların genel kaynakları incelenebilmektedir. Bu sıkıntılardan birkaç tanesi kolay çözüm önerileri ile giderilebilir. Bu çözüm önerilerinden birkaç tanesi şöyledir.

- Yetersiz kalan beton büzler yerine, yamaçlarda veya havzasında toplanan su debisi hesaplanarak HDPE esaslı koruge boruların tekniğine uygun olarak koyulması; beton büzler ağırlık ve kırılganlıklarından dolayı 1-1.5 metre gelmekte ve arazide eklenmektedir. Bu ek yerleri zamanla eğilmekte ve malzeme biriktirmektedir. Ayrıca beton büzlerin iç sürtünme katsayısı oldukça yüksektir. Oysa koruge borular 6-7 metre boya sahip birleşim yerine gerek duymayan esnek ve sürtünme katsayısı beton büzlere göre oldukça düşüktür. Ayrıca büz yapılacak yerin menba kısmına Şekil 4'te görüldüğü gibi toplayıcı havuz ve kanatlar yapılması, mansap kısmını da suyun hızlı akarak aşınma yapmasını engelleyecek yapılar yapılması oldukça önemlidir.
- Akmaya müsait yamaç ve şevlerin eğimi azaltılmalı veya eğimin azaltılamayacağı alanlarda pare ya da beton istinat duvarları yapılmalıdır. Bu sayede sel/su baskınları ile birlikte yamaç akması ve malzeme taşınması en aza indirilir.
- Karadeniz bölgesinin iklim ve topografyası nedeniyle yol kenarı hendeklerde biriken sular çok sık deşarj edilmelidir. Bu konu ile ilgili yağmur sularının toplanma hesabı yapılmalıdır. Derelerin kolları hatta kuru derelerin bile havza hesabı yapılmalı ve yüksek debili yerlerde büz yerine kutu menfez, köprü veya açık kasis kullanılmalıdır.
- Bölgede özellikle altyapı sıkıntısının çok fazla yaşandığı ve alttemel/temel eksikliğinin hissedildiği il yollarında rijit kaplama tercih edilmelidir.
- İdari birimler bölgenin sorunlarını giderebilmek için özellikle üniversitelerden ve bölge halkından destek

almalıdırlar. Bölgenin derelerinin karakteristik yapısı, havza hesabı gibi konularda üniversite işbirliği ile yapılacak çalışmaların oldukça faydası olacaktır. Yapılacak imalatlara yöre insanının bizzat katılarak mahalli bilirkişi olması da idarelerin daha doğru hizmet vermesini sağlayacaktır.



Şekil 4. Düşü havuzu ve kanat uygulamaları

Kaynaklar

[1] Çelik, M., "Karadeniz Bölgesi Köy Yolları İçin Rijit Ve Esnek Kaplamanın Mekanistik ve Maliyet Açısından Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 2015

[2] https://www.tuik.gov.tr

[3] Bahadır, M. ve Özdemir, M. A., "Trabzon ve Rize'de Yağışın Mevsimsel Değişimlerinin Marginal ve Matrix Yöntemleri ile Belirlenmesi ve Trend Analizleri", Uluslararası Sosyal Araştırma Dergisi, Cilt 4, Sayı 17, 2011.

[4] Çelik, M., Seferoğlu, M.T., Seferoğlu, A.G., Akpınar, M.V., "Karadeniz Bölgesi Köy Yollarındaki Drenaj Yapılarının Yetersizliğinden Kaynaklanan Problemler ve Çözüm Önerileri" 7. Kentsel Altyapı Sempozyumu, Trabzon, 2015

[5] T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü, Karayolu Teknik Şartnamesi 2006, Yayın No: 267, Karayolları Genel Müdürlüğü Matbaası, Ankara, 2006.

[6] Temren Z. , Asfalt Üstyapıların Sürdürülebilirliği, 2. Karayolları Ulasal Kongresi, 11-13 Ekim 2011, Ankara, Syf 30-40

[7] Çelik, M., Akpınar, M.V., "Uzun Süre Hizmet Veren Beton Yol Kaplamalarının Temel Malzemesi Olarak Yerinde Yeniden Kullanılması: Doğu Karadeniz Bölgesi Uygulamaları" 9. Beton Kongresi Antalya, 2015

[8] Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, "2015 Yılı İnşaat ve Tesisat Birim Fiyatları" Ankara, 2015

[9] Yeğinobalı, A., Niçin Beton Yol, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Arge Enstitüsü, Ankara, 2009

[10] Özcanan, S., Akpınar, M.V., Esnek Üstyapılarda Kritik Tekerlek ve Aks Konfigurasyonunların Mekansitik Analizlere Göre Tespit Edilmesi, sayfa 6625, IMO Journal, Cilt 25 Sayı 1., 2014

[11] Finn, F., "TheUse of Distress Prediction Subsystems for the Design of Pavement Structures." Proceedings, 4th International Conference on the Structural Design of Asphalt Pavements, University of Michigan. MI., 1977

HİDROELEKTRİK SANTRALİN MEMBA KISIMINDA BULUNAN KÖPRÜNÜN TAŞKIN KAPASİTESİNİN ANALİZİ

ANALYSIS OF THE BRIDGE FLOOD CAPACITY LOCATED ON THE UPSTREAM PART OF THE HYDROELECTRIC POWER PLANT

Uğur AKKAYA[A], Gökmen ÇERİBAŞI[B] ve Emrah DOĞAN[C]

[a]Abant İzzet Baysal Üniversitesi, MSAMYO Mimarlık ve Şehir Plan. Böl., Bolu, Türkiye, E-posta: ugrakkaya@gmail.com

[b]Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Sakarya, Türkiye, E-posta: gceribasi@sakarya.edu.tr

[c]Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Müh. Böl., Sakarya, Türkiye, E-posta: emrahdogan77@gmail.com

Özet

Ülkemizde yıkılan veya ağır hasar gören akarsu köprüleri incelendiğinde yıkılma veya hasarın en önemli sebebinin köprünün tasarım aşamasında ve işletimi sırasında oluşabilecek hidrolik etkenlerin yeterince dikkate alınmaması olarak görülebilir. Hidrolik etkenlerden bazıları doğal veya insan kaynaklı nedenlerle akarsu taban seviyesi değişimleri, akarsu köprülerinde ayaklar etrafındaki aşırı oyulmalar, ayaklar arasındaki açıklığın akımla taşınan katı malzemeyle birikmesi sonucunda köprü membasında ve açıklığında su seviyesinin artması, köprü açıklığındaki olası hidrolik sıçrama olarak tespit edilebilir. Oyulmanın ve sonuçlarının bu kadar önemli olduğu ülkemiz köprülerinde meydana gelen bu etkili hidrolik olayı gerek tasarım aşamasında gerekse köprünün işletimi sırasında mutlaka göz önüne almak gerekmektedir. Bu kapsamda çalışmada, Sakarya Nehri üzerinde bulunan köprüler hidrolik açıdan değerlendirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Köprü, Hidrolik Değerlendirme, HEC-RAS, 1D Modelleme, Sakarya Nehri

Abstract

In our country when examined destroyed or heavily damaged river bridges, the most important causes of damage or destruction seen as Ignoring the hydraulic factors that may occur during design and operation of the bridge. Some of the hydraulic factors can be identified as the streams base level changes because of natural or with people, excessive scouring around the feet of river bridge, increasing the water level at the bridge upstream as a result of accumulation with the solid material of the distance between the feet, a possible hydraulic jump under the distance between the feet. Hydraulic event is need to take into consideration occurring on the bridges of our country that scouring and its results are so important during both the designing and the operation of the bridge. In this context, the bridges on Sakarya River were discussed from on hydraulic in the present study

Keywords: Bridge, Hydraulic Reviews, HEC-RAS, 1D Modeling, Sakarya River

1. Giriş

Türkiye'de meydana gelen akarsu köprülerinin yıkılma veya ağır hasar görme durumları incelendiğinde, bu olayların genellikle taşkınlar sonrasında yaşandığı görülmektedir [1, 2]. Son yıllarda sel nedeniyle hasar gören köprüler arasında 2011 yılında Ordu'da Cüridere, Osmaniye'de Yarpuz 1, 2012 yılında Sinop'ta Güzelceçay 2 ve Abdest, Adana'da Gökdere ve Mersin'de Kadıköy köprüleri sayılabilir. 2010 Ocak ayında Muğla'da Gökçeler, 2014 Ocak ayında Antalya'da Dolbazlar, 2014 Mart ayında Malatya Doğanşehir'de biri eski biri yeni olmak üzere iki adet köprü de yıkılan köprülerden bazılarıdır. Özellikle Nisan 2012'de Zonguldak'ın Çaycuma ilçesinde Filyos Çayı üzerinde bulunan Çaycuma köprüsünün çökmesiyle maddi hasarın yanı sıra 15 kişi de hayatını kaybetmiştir [2]. Ülkemizde köprü tasarım aşamasında iken köprü projesinin yapısal projelendirme kriterlerine azami dikkat gösterilerek hazırlanmakta, ancak hidrolik etkenlerin yeterince dikkate alınmadığı, örneğin herhangi bir oyulma hesabı veya oyulma güvenlik tahkiki yapılmadan genellikle kazıklı temel yapılarak sorunun çözümüne gidildiği görülmektedir [3].

Bu durumda, hem soruna yeterince çözüm olmamakta hem de ekonomik olmayan, yüksek maliyetli köprülerin inşa edilmesine yol açmaktadır. Ülkemizde köprü tasarım aşamasında iken köprü projesinin yapısal projelendirme kriterlerine azami dikkat gösterilerek hazırlanmakta, ancak hidrolik etkenlerin yeterince dikkate alınmadığı, örneğin herhangi bir taşkın taşıma kapasite hesabı veya oyulma güvenlik tahkiki yapılmadan genellikle kazıklı temel yapılarak sorunun çözümüne gidildiği görülmektedir. Bu durum hem soruna yeterince çözüm olmamakta hem de ekonomik olmayan, yüksek maliyetli köprülerin inşa edilmesine yol açmaktadır. Bu çalışmada, Sakarya Nehri üzerinde bulunan hidroelektrik santralin memba kısmında bulunan bir köprü hidroelektrik santralin etkileri hidrolik açıdan incelenmiş. İncelemede HEC-RAS yazılımı kullanılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir [4].

2. Köprünün Taşkın Taşıma Kapasitesinin Belirlenmesi

Sakarya Nehri üzerinde bulunan köprü, Nehirde bulunan Hidroelektrik santrallin memba Kısımında yer almaktadır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

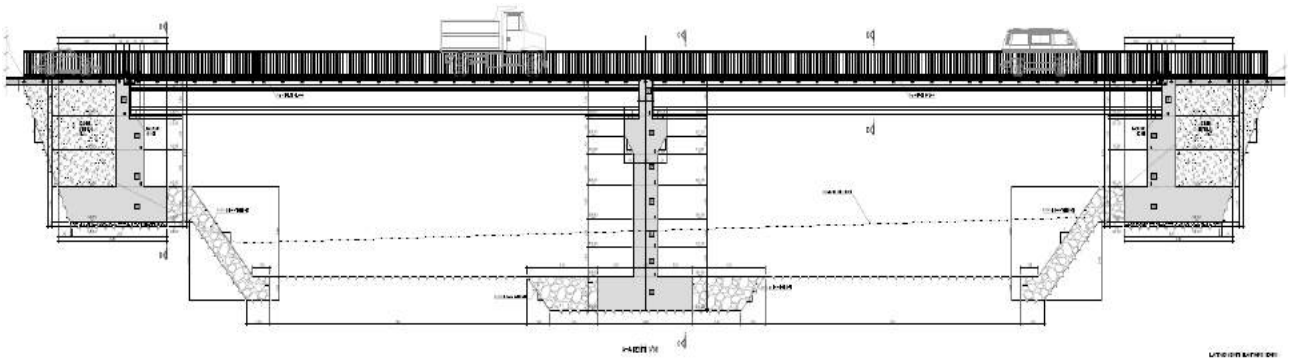
Köprünün, Hidroelektrik santralin Regülatör yapısına olan uzaklığı yaklaşık olarak 2 km'dir. Köprünün hidroelektrik santralin rezervuar kısmında bulunması, taşkın dönemlerinde taşkın sularının köprü tabliyesinin üzerinden savaklanmasına sebep olacak ve köprü için yapısal riskler meydana getirebilecektir.



Şekil 1. Köprü Genel görünüm.

Köprünün incelenmesinde köprü tabliye alt kotu olan 63,50m ile HES işletme kotu olan 62,5m arasında kalan 1m mesafenin Q_{100} taşkın debisinin güvenle geçirip geçiremeyeceği risk değerlendirilmesi için önem arz etmektedir.

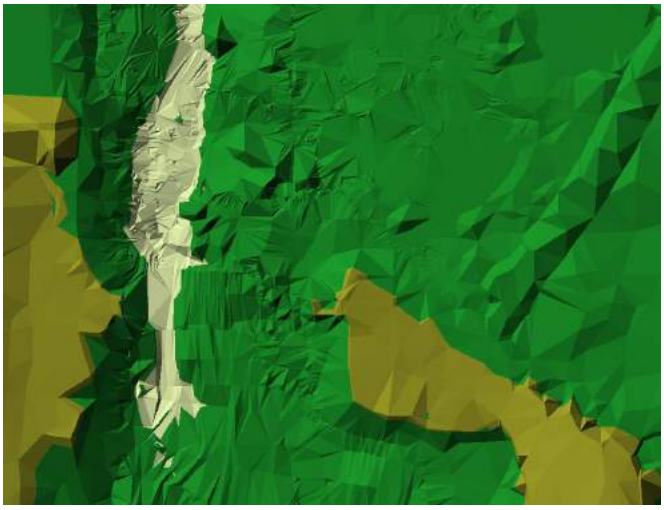
Yapısal olarak incelendiğinde şekil 1'de görüldüğü gibi köprü, bir orta ayak ve 2 açıklıklı olarak geçilmiştir. Her bir açıklık 32 m'dir.



Şekil 2. Köprü Boy Kesiti.

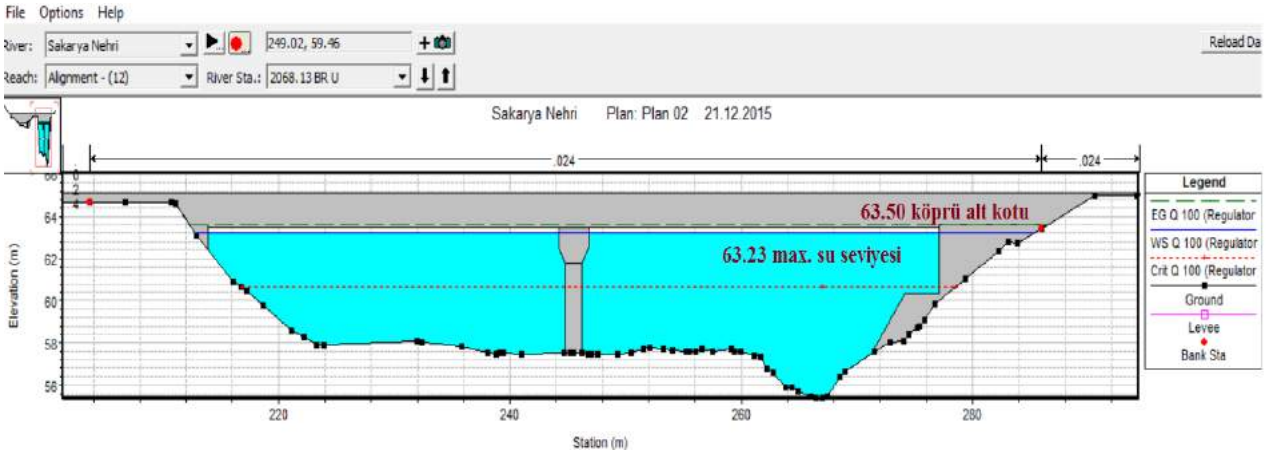
2.1 Köprünün 1 Boyutlu Taşkın Modellemesi

Köprü taşkın kapasitesinin analizinde Arc-Gis 10.2 yazılımı ile Hec-Ras 5.0 yazılımları kullanılmıştır. Nehir enkesitleri ölçümü akustik ölçüm yöntemi ile hassas bir şekilde alınmış ve Arc-Gis yazılımı ile arazi TIN modeli oluşturulmuştur (Şekil 3). Oluşturulan arazi modelinden enkesitler Hec-GeoRas ara yüzü ile Hec-Ras ortamına aktarılmıştır.



Şekil 3. Arazi Tin Modeli.

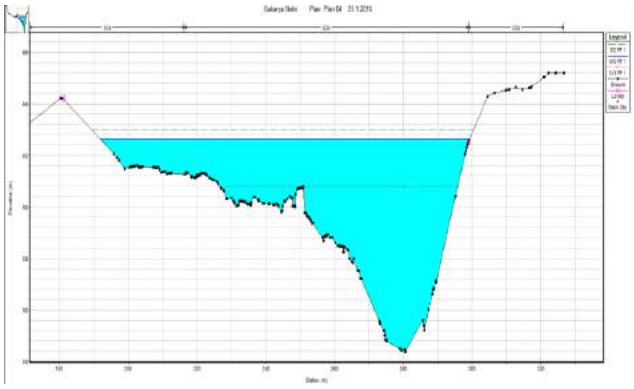
Nehir yatağı pürüzlülük katsayısı Manning (n) değeri tüm kesit boyunca 0,024 olarak alınmıştır. Değerlendirme Q_{100} debisine göre yapılmış ve Q_{100} debisi istatistiksel yöntemlerle 872 m^3/sn olarak hesaplanmıştır. Köprünün HES'in memba Kısımında olmasından dolayı modelleme aşamasında memba ve mansap sınır koşulları HES'in dolu kapasitede çalışacağı düşünülerek su yüzü kotu 62,5m olarak alınmıştır. Model sonucunda elde edilen sonuç ise şekil 4'de verilmiştir



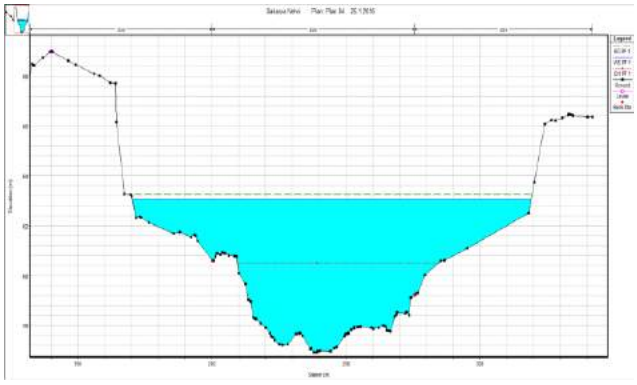
Şekil 4. Köprünün Q_{100} Tekerrürlü Taşkın Debisine Göre 1Boyutlu Taşkın Modeli Sonucu.

Modelleme sonuçları analiz edildiğinde; HES işletme kotu (62,50m) ile köprü tabliye alt kotu (63,50m) arasında kalan mesafe Q_{100} debisini güvenle geçirebildiği görülmektedir.

Köprünün hemen mansabında hidroelektrik santralin gölalanı olduğundan buradan gelen su hacmi Sakarya Nehri güzergâhında geniş bir alana yayılmaktadır. Köprünün memba ve mansap tarafında kesitler incelendiğinde (şekil 5 ve şekil 6) taşkın debisini Nehir enkesitlerinin güvenle geçirebildiği, akışın rahat olduğu görülmektedir. Dolayısıyla taşkınlar esnasında Köprü altında basınçlı akımın oluşması ve/veya köprü üzerinden suyun savaklanması mümkün görülmemektedir.



Şekil 5. Köprü memba kısmı dere enkesiti.



Şekil 6. Köprü mansap kısmı dere enkesiti.

Köprü yapısal olarak incelendiğinde, 1 orta ayak ve 2 açıklıkla geçilmiştir ve açıklık mesafesi 32 m'dir Ayaklar arasındaki açıklığın olası taşkınları rahatlıkla geçirebilecek mesafede olduğu, aynı zamanda taşkın esnasında taşınan malzemeyle köprü açıklıklarının tıkanmasının söz konusu olmadığı görülmektedir. Köprü açıklığının yeterli genişlikte olması nedeniyle taşkın sırasında açıklıkta hidrolik sıçrama meydana gelmeyecektir.

Batimetrik harita incelendiğinde orta ayak temelinin zemine gömülü olduğu anlaşılmaktadır. Köprü orta ayağı ve kenar ayakları yuvarlatılmış şekilde tasarlanmıştır. Yuvarlatılmış kesit geometrisine sahip ayaklar su akımını hidrolik açıdan en az rahatsız eden ayak tipidir, bu bakımdan da oyulma riskinin minimize edildiği anlaşılmaktadır.

3. Sonuç ve Değerlendirme

Sakarya Nehri üzerinde bulunan köprü hidroelektrik santralinin gölalanı içerisinde bulunmasından dolayı taşkın dönemlerinde risk oluşturabilecek durumdadır. Köprü tabliyesi alt kotu ile HES işletme kotu arasında 1m mesafe bulunmaktadır. Açıklığın az olmasından dolayı köprünün risk taşıyıp taşımadığı değerlendirmek oldukça önemlidir.

Köprü açıklığının hidrolik açıdan yeterliliği, her türlü koşulda akımı rahatlıkla geçirmesiyle ölçülür. Köprü açıklığı yeterli genişlikte olduğundan akımı rahat geçirebilir. Dolayısıyla, inceldiğimiz köprü, hidrolik bakımdan uygundur. Ayrıca, tasarım yüklemesine göre boyutlandırılmış köprü elemanlarının olası tüm akım koşullarında yaratacağı daralma etkisi ve akım şartları bu köprüde dikkate alınmıştır.

Çalışmada, 1D model sonucu elde edilen kesitler incelendiğinde, taşkın debileri ile köprü tabliyesi alt kotu arasında 27 cm kadar hava payı bulunmaktadır. Köprü memba ve mansap kısmında Sakarya Nehri'nin genişlemesi ve nehir enkesitlerinin yeterli seviyede olması nedeniyle herhangi bir basınçlı akış beklenmemektedir.

Sakarya Nehri üzerinde bulunan hidroelektrik santralinin memba kısmında bulunan Köprü projeleri yürürlükteki standartlar ve yönetmelikler çerçevesinde hazırlanmıştır. Köprülerin projelerinin hidrolik yönden yapılan çalışma ve tetkiklerde ve köprünün kullanılmasında herhangi bir olumsuz durum bulunmadığı ve projesine uygun yapıldığı görülmektedir. Ayrıca 100 yıllık taşkın debilerini güvenle geçirdiği, yapılan modelleme sonucunda görülmüştür. Ancak, köprünün hizmet vereceği süre boyuncu belirli aralıklarla köprü enkesiti alınarak köprü kesiti civarındaki taban seviyesi değişimi köprü güvenliği açısından kontrol edilmelidir.

Kaynaklar

[1] Yanmaz, A.M. and Apaydin, M., Bridge Scour Risk Assessment and Countermeasure Design, Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol. 26, 499-506, 2012.

[2] Yanmaz, A.M., Yıkılan Akarsu Köprüleri Üzerine Görüşler, Türkiye Mühendislik Haberleri, 137-141, 2002a.

[3] Yanmaz, A.M., Köprü Hidroliği (1. Basım). ODTÜ Yayıncılık, 2002b.

[4] HEC-RAS4.1., Computer Software, U.S. Army Corps of Engineers, Washington D.C.

GEYVE KARAÇAY DERESİ TAŞKINI DEĞERLENDİRMESİ

THE EVALUATION OF FLOOD ON GEYVE KARACAY STREAM

Fatma DEMİR[a], İsmet KAMA[a], Osman SÖNMEZ[a], Gökmen ÇERİBAŞI[b], Emrah DOĞAN[a]
[a] Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye,
fsagin@sakarya.edu.tr ismetkama76@gmail.com, emrahd@sakarya.edu.tr, osonmez@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi Teknoloji Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, gceribasi@sakarya.edu

Özet

Türkiye tektonik, sismik, topoğrafik, iklim özelliklerinden dolayı doğal ve insan kaynaklı afetlerle sıklıkla karşılaşmaktadır. Sakarya ili, Geyve ilçesi ise bu afetlerden sel felaketi ile sıklıkla karşılaşarak büyük zararların ve can kayıplarının meydana geldiği bir bölgedir. 5-7 Haziran 2014 tarihleri arasında bu bölgede meydana gelen aşırı yağışlar sebebiyle Geyve ilçe merkezinden geçen Karaçay Deresi'nde taşkınlar meydana gelmiş, bunun sonucunda da birçok ev, işyeri ve kamusal alan zarar görmüştür. Bu çalışmada, Geyve Karaçay Deresi'nde 5-7 Haziran 2014 tarihleri arasında meydana gelen taşkınlara sebebiyet veren meteorolojik faktörler incelenmiş ve taşkının oluşum nedenleri tespit edilmiştir. Yağış akış modeli kurularak, düşen yağış ile meydana gelen akış tahmin edilmiştir. Karaçay Deresi'nin muhtelif kesitleri de ölçülerek, hesaplanan debinin Karaçay Deresi tarafından güvenle taşıma durumu incelenmiş ve yetersiz kapasitenin olduğu kesitler tespit edilmiştir. Taşkın riski altındaki kesitler için çözüm önerileri getirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Geyve, Taşkın, Karaçay Deresi

Abstract

Due to tectonics, seismic, topographic, and climatic characteristics, Turkey frequently comes across with natural and human-induced disaster. The Geyve is a district of Sakarya which encountered floods. In this region huge damages and loss of life is occurred. Karacay stream which is passing through the center of Geyve, was flooded due to heavy rainfall on June 5-7 2014. A great number of homes, workplaces and public spaces were damaged during this flood.In this study; meteorological factors were examined and the reason of flood was detected for Karacay stream on June 5-7 2014. Flood discharge was estimated using rainfall-runoff model. Flood discharges were compared and investigated with carrying capacity of various section on Karacay Stream. Solutions were recommended for section which is under the risk of flooding.

Keywords: Geyve, Flood, Karacay Stream

1. Giriş

Geyve Karaçay Deresinde meydana gelen taşkınların sebeplerinin araştırılması ve taşkın sonrası durum tespiti için saha incelemelerinde bulunulmuştur. Yapılan inceleme ve araştırma sonucunda elde edilen değerlendirmeler aşağıda sunulmuştur.

1.1. Çalışma Sahası

Geyve ilçesi Marmara Bölgesi'nin doğusunda, Sakarya'nın güneyinde yer almaktadır. İlçe yüzölçümü 62.852 hektardır. İlçe merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 80 metre olup en yüksek yeri 1.040 metredir. İlçe merkezi içinden Karaçay deresi geçerek Sakarya nehrine katılmaktadır. Geyve ilçesine ait uydu görüntüsü Resim 1'de gösterilmiştir.



Resim 1. Geyve Karaçay Deresi (Google Earth görüntüsü, 2015)

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

1.2. İklim ve Meteorolojik Özellikler

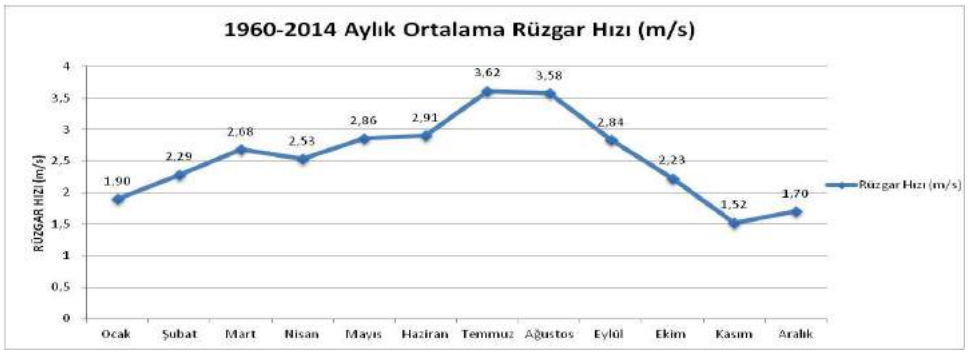
İklim genelde ılıman ve yağışlıdır. Akdeniz, Karadeniz ve Karasal İklimlerin özellikleri gözlenmektedir. Arazinin Sakarya nehri boyunca Bayat, Eşme ve Doğantepe arasındaki takriben % 20 lik kısmı ova, %80'i ise dağlık ve ormanlıktır.
Ortalama toplam yıllık yağış yüksekliği 600 mm olup en yağışlı ay Aralık (% 12,5), en kurak ay ise Ağustostur (% 4,5). Ortalama yıllık sıcaklık ise 14,1 C' dir. En soğuk ay 5,7°C ortalamayla Ocak, en sıcak ay 22,8°C ortalamayla Temmuzdur. Yazın 30°C'yi aşan sıcaklıklar, kışın -5°C'nin altına ender olarak düşer. Yıllık bağıl nem ortalaması %70 dir. Yaz aylarında hakim rüzgâr yönü kuzey ve kuzeydoğudur. Sakarya İli'ne ait ortalama yıllık toplam yağışlar da Şekil 1'de gösterilmiştir.



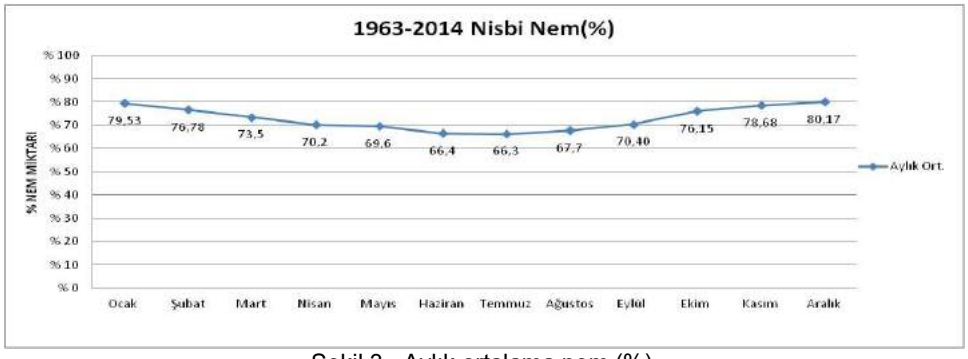
Şekil 1. Sakarya iline ait 1981 – 2014 Yılları arasında yıllık toplam yağış miktarı ortalamaları [1]

2. Karaçay Deresi Havza Karakteristikleri

Havza alanı boyunca etkili olan Nem, Rüzgar hızı, Sıcaklık ve Yağış miktarları yaklaşık 40 yıllık bir periyotta incelenerek yıllara göre miktar ve oranlarını veren grafikler Şekil 2-6 arasında verilmiştir.

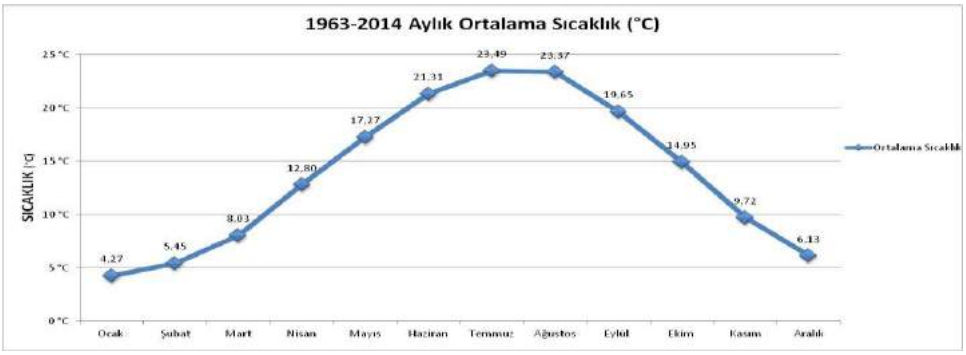


Şekil 2. Aylık ortalama rüzgar hızı(m/s)



Şekil 3. Aylık ortalama nem (%)

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 4. Aylık ortalama sıcaklık (°C)



Şekil 5. Aylık ortalama yağış (mm)



Şekil 6. Aylık ortalama debi miktarı (m³/sn)

3. Yağış-Akış İlişkisi ve Taşkın Debisi Hesabı

Bir akarsuyun taşkın debisinin bilinmesi, hidrolojik-hidrolik modellerin kurulmasında önemlidir.
Bu çalışmada, Sakarya'nın Geyve ilçesinde bulunan Karaçay deresinin taşkın debisi hesaplanmıştır. Çalışma alanı olarak bu derenin seçilmesinde, havza alanı büyüklüğü, aşırı yağışlarda taşkın tehlikesi arz etmesi ve şehir merkezinde yoğun yapılaşmanın olması gibi kriterler etkili olmuştur.
Karaçay deresi üzerinde bir akım gözlem istasyonu bulunmadığı için taşkın debisi hesabı için esas alınacak debilerin tayininde yağış akış modeli olan Rasyonel Yöntem kullanılmıştır.

$$Q = C \cdot i \cdot A \qquad (1)$$

Q : En büyük pik debinin ölçüsüdür. Birimi m³/s.
C : Akış katsayılarıdır. Birimi yoktur.
i : Yağış şiddetidir. Birimi mm/sa.
A : Seçilen kesitin drenaj havza alanı. Birimi km². [2]

Öncelikle Karaçay Deresi'nde taşkının meydana geldiği günlere ait, havzada meydana gelen yağışın değerleri alınarak havza şekline ve cinsine bağlı olan akış katsayısının bulunması amaçlanmıştır.

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğünden (MGM) alınmış, 6 Haziran günü havza alanı içerisine düşen saatlik yağış bilgileri Tablo 1'de verilmiştir. Fakat taşkının meydana geldiği gün, havza içerisinde kalan yüksek bölgelerde yaklaşık 100 mm yağışların da olduğu Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından tespit edilmiştir.[3]

Buna göre, yağış şiddeti **i=23,53 mm/sa** olarak hesaplanmıştır.

Havza akış katsayısı ise yapılan arazi çalışmaları sonucu arazinin dalgalı mera tipinde olduğu tespit edilmiştir. Satıh ve ormanlık arazilerin drenaj alanı karakteristikleri tablosuna göre dalgalı meraların akış katsayılarının 0,40 ile 0,65 arasında olduğu göz önüne alınarak akış katsayısı **C**=0,50 olarak belirlenmiştir. Buna göre Tablo 2 de görüldüğü gibi Rasyonel metot kullanılarak tahmini debi 643,43 m³/s hesaplanmıştır.

Tablo1. 6 Haziran Günü Meydana Gelen Yağışların Saatlik Dizilimi

Saat	∑Yağış Miktarı (mm)	Saat	∑Yağış Miktarı (mm)
0	0	12	9.6*
1	0.4	13	1
2	4.6	14	0.8
3	1.2	15	0
4	2	16	0
5	0.4	17	0
6	0	18	0
7	0.6	19	0
8	5.8	20	0.2
9	2	21	0.2
10	3.2	22	0
11	8.8	23	0
Toplam=40.8 (mm)			

Tablo 2. C havza akış katsayısının belirlenmesi

Q	**=**	**C**	**i**	**A**	**/360**
Q	=	0,50	23.53	19688.5	/360

Yağış akış modeli ile elde edilen debi 643,43 m^3/s olarak hesaplanmıştır. Taşkın esnasında Devlet Su İşleri (DSİ) tarafından, debi 604 m^3/s olarak ölçülmüştür. Elde edilen sonuç pik debilerde ölçüm hatalarının olabileceği de göz önünde tutulduğunda güzel bir yaklaşım vermektedir.

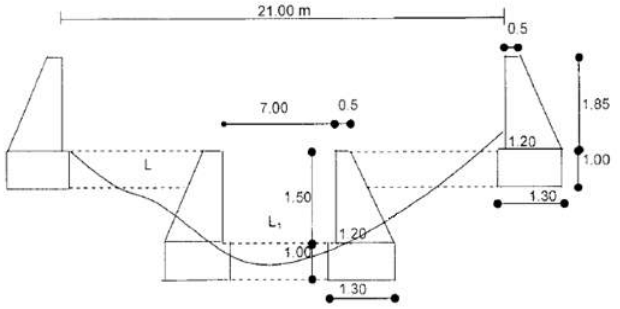
4. Karaçay Deresi Kesit Taşıma Kapasitesi

Dere üzerinde daha önce projelendirilip hayata geçirilen taşkın duvarları Haziran ayındaki aşırı kaynaklanan ani debi artışı için yetersiz kalmıştır. Aynı zamanda dere üzerinde bulunan köprü ayaklarının kesiti daraltması ve taşınan maddelerin birikmesi köprünün zamanla baraj gibi çalışarak akışı zorlaştırması nedeniyle köprü memba kesiminde geri tepme nedenli taşkınların meydana gelmesine sebep olmuştur.



Resim 2. Köprü ayaklarına takılan ağaç parçalarının kesiti daraltması (Haziran 2014)

Derenin mevcut kesitinin Taşkın Koruma Projesi adı altında tamamlanan tip kesitin Şekil 10'daki gibi olması planlanmıştır. Ancak şehir merkezi içerisinde yer alan kısımlarında Şekil 10'daki tip kesite uygun bir şekilde revize edilmemesi nedeniyle gelen debiyi karşılayamamıştır.



Şekil 7. Mevcut derenin tip kesiti

4.1. Bölgede yapılan arazi çalışmaları ve ölçülen kesitlerin taşıma kapasiteleri

Karaçay Deresi Resim 3'de gösterilen 5 farklı nokta için boy kesiti, kot okuması ve kesit ölçümü yapılmış ve ölçülen bu kesitlerin taşıma kapasiteleri hesaplanarak projedeki tip kesitle karşılaştırılmıştır.

Dere üzerinde daha önce projelendirilip hayata geçirilen taşkın duvarları Haziran ayındaki aşırı kaynaklanan ani debi artışı için yetersiz kalmıştır. Aynı zamanda dere üzerinde bulunan köprü ayaklarının kesiti daraltması ve taşınan maddelerin birikmesi köprünün zamanla baraj gibi çalışarak akışı zorlaştırması nedeniyle köprü memba kesiminde geri tepme nedenli taşkınların meydana gelmesine sebep olmuştur.
Resim 3. Dere boy kesiti, kotları, uzunlukları ve kesit alınan bölgeler

Arazi çalışmaları sonucunda kesitin her bölgede değiştiği



ve projeye tam olarak uyulmadığı gözlenmiştir.

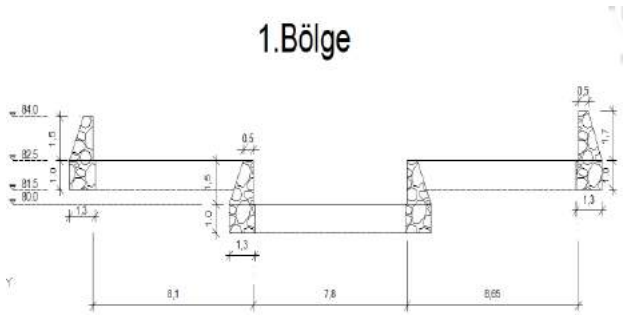
4.1.1. 1. Bölgede ölçülen kesit ve kapasitesi

Birinci bölge olarak isimlendirilen edilen şehir merkezinin memba kesiminde yer almaktadır. (Resim 4)



Resim 4. 1. Bölgeye ait kesit

Kesitin genişliği 27.15 m olup, taşkın duvarı maksimum kotu 84 m olarak ölçülmüştür.



Şekil 8. Bölgeye ait mevcut kesit

$$Q = \frac{1}{n} \times J^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \qquad R = \frac{P}{A} \qquad (2)$$

$$Q_1 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,083)^{\frac{2}{3}} \times (11.7)$$

$$Q_1 = 91,815\, m^3/s$$

$$Q_2 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,885)^{\frac{2}{3}} \times (38,175)$$

$$Q_2 = 433,47\, m^3/s$$

$$Q_{T_{1.bölge}} = Q_1 + Q_2 = 525,285\, m^3/s$$

(2) numaralı formülde **Q:** Debi, **n:** pürüzlülük Katsayısı, **J:** Hidrolik Eğim, **R:** Hidrolik Yarıçap, **P:** Islak Çevre **A:** Alanı göstermektedir.

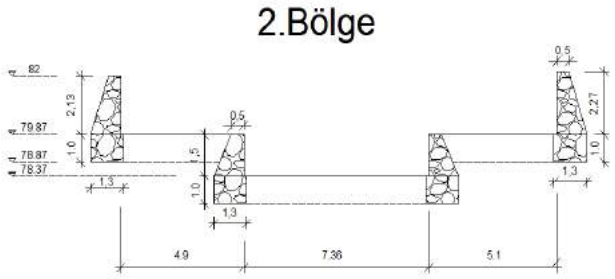
Ana yatak ve taşkın yataklarının taşıyabileceği debiler manning formülü kullanılarak hesaplanmıştır. Kesitin maksimum taşıma kapasitesi 525.285 m^3/s olup 5-7 Haziran tarihinde meydana gelen debiyi güvenle taşıyamamaktadır.

4.1.2. 2. Bölgede ölçülen kesit ve kapasitesi

İkinci bölgedeki kesit genişliği 19,96m olup, şehir merkezinin mansabında yer almaktadır. Taşkın duvarının bu bölgedeki maksimum kotu 82 m olarak ölçülmüştür.



Resim 5. 2. Bölge



Şekil 9. Bölgeye ait mevcut kesit

$$Q = \frac{1}{n} \times J^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \qquad R = \frac{P}{A}$$

$$Q_1 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,065)^{\frac{2}{3}} \times (11,04)$$

$$Q_1 = 85,7\, m^3/s$$

$$Q_2 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (2,6)^{\frac{2}{3}} \times (36,97)$$

$$Q_2 = 518,97\, m^3/s$$

$$Q_{T_{2.bölge}} = Q_1 + Q_2 = 604,67\, m^3/s$$

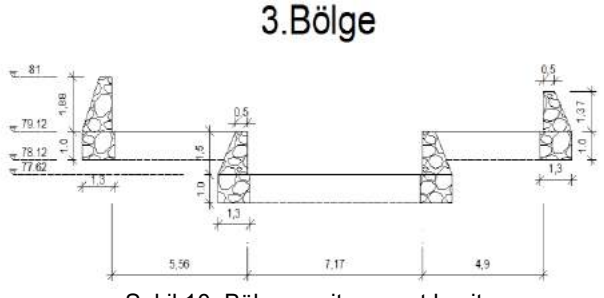
Ana yatak ve taşkın yataklarının maksimum taşıma kapasitesi 604,67 m^3/s olduğu ve 5-7 Haziran tarihinde meydana gelen debiyi güvenle taşıyamadığı belirlenmiştir.

4.1.3. 3. Bölgede ölçülen kesit ve kapasitesi

Genişliği 20,23 m olan 3. bölgedeki kesitin taşkın duvarının maksimum kotu 81 m olarak ölçülmüştür



Resim 6. 3. Bölge kesitin küçüldüğü nokta



Şekil 10. Bölgeye ait mevcut kesit

$$Q = \frac{1}{n} \times J^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \qquad R = \frac{P}{A}$$

$$Q_1 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,06)^{\frac{2}{3}} \times (10,755)$$

$$Q_1 = 83,162\, m^3/s$$

$$Q_2 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,83)^{\frac{2}{3}} \times (24,15)$$

$$Q_2 = 268,86\, m^3/s$$

$$Q_{T_{3.bölge}} = Q_1 + Q_2 = 352,242\, m^3/s$$

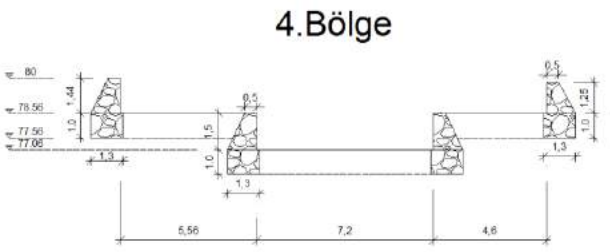
Ana yatak ve taşkın yataklarının hesaplanan maksimum taşıma kapasitesi 352,242 m^3/s'dir. 5-7 Haziran tarihinde meydana gelen debiyi güvenle taşıyamamaktadır.

4.1.4. 4. Bölgede ölçülen kesit ve kapasitesi

Genişliği 19,96 m olan kesitin 4.bölgedeki taşkın duvarının maksimum kotu ise 80 m olarak ölçülmüştür.



Resim 7. 3.Bölge'den 4.Bölge'ye geçiş sırasında küçülen kesit



Şekil 11. Bölgeye ait mevcut kesit

$$Q = \frac{1}{n} \times J^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \qquad R = \frac{P}{A}$$

$$Q_1 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,059)^{\frac{2}{3}} \times (10,815)$$

$$Q_1 = 83,62\, m^3/s$$

$$Q_2 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,72)^{\frac{2}{3}} \times (21,725)$$

$$Q_2 = 315,286\, m^3/s$$

$$Q_{T_{4.bölge}} = Q_1 + Q_2 = 315,286\, m^3/s$$

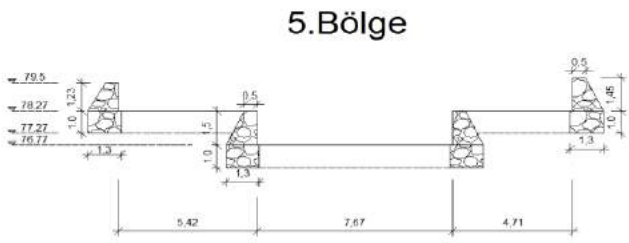
Ana yatak ve taşkın yataklarının maksimum taşıma kapasitesi 315,286 m^3/s'dir. 5-7 Haziran tarihinde meydana gelen debiyi güvenle taşıyamamaktadır.

4.1.5. 5. Bölgede ölçülen kesit ve kapasitesi

Genişliği 20,4 m olan 5. Bölgedeki kesitin taşkın duvarı maksimum kotu ise 79,5 m olarak ölçülmüştür.



Resim 8. 4. Bölge çelik köprüye kadar.



Şekil 12. 5.Bölgeye ait mevcut kesit

$$Q = \frac{1}{n} \times J^{\frac{1}{2}} \times R^{\frac{2}{3}} \times A \qquad R = \frac{P}{A}$$

$$Q_1 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,078)^{\frac{2}{3}} \times (11,505)$$

$$Q_1 = 90,00\, m^3/s$$

$$Q_2 = \frac{1}{0,011} \times (0,0067)^{\frac{1}{2}} \times (1,74)^{\frac{2}{3}} \times (21,89)$$

$$Q_2 = 235,64\, m^3/s$$

$$Q_{T_{5.bölge}} = Q_1 + Q_2 = 325,640\, m^3/s$$

Ana yatak ve taşkın yataklarının maksimum taşıma kapasitesi 325, 64 m^3/s olduğu ve 5-7 Haziran tarihinde meydana gelen debiyi güvenle taşıyamadığı belirlenmiştir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Geyve Karaçay Deresinde 5-7 Haziran 2014 tarihinde meydana gelen taşkının değerlendirilmesi amacıyla yapılan çalışmada düşen yağışın meydana getirdiği akış Yağış-Akış modeli olan Rasyonel Metot kullanılarak hesap edilmiştir. Yağış şiddeti MGM' den alınan yağış verilerinin değerlendirilmesi ile hesaplanmıştır. Akış katsayısı ise yapılan arazi çalışmaları ve literatür çalışmaları sonucunda belirlenmiştir. Buna göre 5-7 Haziran tarihleri arasında meydana gelen taşkının debisi 643,43 m^3/s olarak hesaplanmıştır. DSİ tarafından taşkın esnasında ölçülen debi ise 604 m^3/s olup model sonucu ile yakınsamaktadır.
Karaçay deresi boyunca yapılan arazi çalışmasıyla belirlenen 5 kesit için hesaplanan taşkın debisi ile maksimum taşıma kapasitesi mukayese edilmiş ve kesitlere ait maksimum taşıma kapasitelerinin hesaplanan taşkın debisinin altında olduğu ve bu nedenle taşkın debisini güvenle taşıyamadıkları tespit edilmiştir. Yapılan arazi çalışmalarında da bu kesitlerde taşkın sularının kesit dışına taşarak meskûn alanları sular altında bırakması

elde edilen sonuçları doğrulamaktadır. Taşkın riskini önlemek için mevcut kanal kesitlerinin revizyonu; hızlı, pratik ve kolay uygulanabilir olması sebebiyle taşkın önleme yöntemi olarak önerilmiştir.

Kaynaklar

[1] http://www.mgm.gov.tr/ Erişim tarihi 18.12.2015

[2] Bayazıt M., Önöz B., Taşkın ve Kuraklık Hidrolojisi, ISBN 978-605-395-142-1, Nobel, ANKARA, Ekim 2008

[3] DSI 32. Şube Müdürlüğü ölçüm dataları

KANAL TİPİ BİR HES SAHASINDA OLUŞAN DOĞAL AFET HASARININ İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF DAMAGE OCCURED AT A RUN-OF-THE-RIVER TYPE HPP DUE TO A NATURAL HAZARD

Canberk İNSEL[a], Ahmet Ozan ÇELİK[b], Volkan KİRİÇÇİ[c] ve Tuğrul DAL[d]
[a] Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, E-posta: canberkinsel1@gmail.com
[b] Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, E-posta: aocelik@anadolu.edu.tr
[c] Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, E-posta: vkiricci@anadolu.edu.tr
[d] Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, Türkiye, E-posta: tugruldal26@gmail.com

Özet

Doğal afetler insan kontrolü dışında gerçekleşen ve gerçekleştikten sonra insan eliyle engel olunamayan olaylardır. Katastrofik yapıda doğal afetler çoğunlukla alınan eksik önlemler nedeniyle mal ve can kaybına neden olabilmektedir. Bu çalışmada, 8 Ağustos 2015 tarihinde Kütahya ilinin Tavşanlı ilçesindeki nehir tipi hidroelektrik santralinin su baskını sebebiyle ciddi hasarlar almasının ana sebepleri üzerinde çalışılmıştır. 8 Ağustos 2015 tarihine ait saatlik yağış verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilerek bölgenin maruz kaldığı yağış değerleri belirlenmiştir. 3 saat içerisinde 40,5mm seviyesinde gelen yağış ile santral binasının türbin bölgesi ve elektronik teçhizat odalarını su basmıştır. Santral binasını basan suyun santral yakınındaki dereden gelme ihtimali göz önüne alınarak, Ağustos ayının akış verileri Devlet Su İşleri'nden temin edilerek bölgesel taşkın analizi yapılmış ve 100 yıllık taşkın değeri Q_{100} hesaplanmıştır. Bunun yanı sıra, bölgenin Vektörel Eş Yükselti Haritaları Devlet Su İşleri'nden temin edilmiş ve hidroelektrik santralinin yağış alanı bir Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS/GIS) yazılımı olan ArcGIS kullanılarak çıkarılmıştır. Buna ek olarak, su baskınına etkisini analiz edebilmek için dere akımının benzetimi ANSYS CFX yazılımı sayesinde hesaplamalı akışkanlar dinamiği yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Analizler ve saha çalışmaları sonucunda önlemlerin yeterli olmaması nedeniyle, katastrofik olmayan bir doğa olayı sonuçlarının katastrofik olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Taşkın, Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), Stokastik Yöntemler, Nehir Tipi Hidro-elektrik Santrali (HES)

Abstract

Natural disasters occur without human control and cannot be prevented by human action after it happens. Generally the lack of precautions taken against natural disasters cause loss of life and property. In this study, flooding in the run-of-river type hydroelectric power in Tavşanlı district of Kütahya on August 8th. 2015 had analyzed and main reasons of flood were investigated. In fact, a non-catastrophic natural event has become a catastrophic cause of precautions which were ignored or overlooked. The data of hourly rainfall on August 8th, 2015 are provided from Turkish State Meteorology Service (TSMS) and the values of rainfall in the plant area are analyzed. Flood had occurred in turbine area and electronic equipment rooms by only 40,5mm of precipitation in 3 hours. Possibility of the overflow of river caused flood in plant is considered and the stream in August data was provided by General Directory of State Hydraulic Works (GDSHW) and used for calculating of 100-year flood value (Q_{100}). Besides, vectorial contour maps were obtained from GDSHW and rainfall catchment area of hydroelectric power plant was extracted using Geographical Information Systems (GIS). In addition, The simulation of the river flow is performed to analyze the effects to flash flood using Computational Fluid Dynamics (CFD) method by ANSYS CFX software. Analyses and fieldwork showed that a non-catastrophic natural event has become catastrophic situation due to inadequate precautions.

Keywords: Flood, Computational Fluid Dynamics (CFD), Geographical Information Systems (GIS), Run-of-River Hydro-electric Power Plant (ROR HPP)

1. Giriş

Akarsuların yatak kapasitesi fazla suyu atabilecek yeterlilikte olmadığı zaman şiddetli yağışlar taşkına dönüşür. Şiddetli yağışların oluşabileceği zamanların belirsizliği ve tahminlerdeki hassasiyet yetersizliklerden dolayı genel olarak çok yağış alan bölgelerde sele ya da taşkına karşı alınan önlemlerin ciddi yoğunlukta arttırılması gerekir. Yağış tahminindeki belirsizlikler ve yetersizlikler insanoğlunun doğayı kullanırken neden olduğu olumsuz etkilerden dolayı artmaktadır ve doğada değişiklikler olmaktadır. Doğa olaylarındaki belirsizlikler de bu sebeple tahmin edilemez olağanüstü etkilere neden olan bir döngüye girmiştir [1]. Bölgesel doğa olaylarının etkileri evrensel çapta görülebilmektedir. 2013 yılında, Rusya'daki Amur Nehri'nin su yüksekliği artarak son 120 yılın rekor seviyesine ulaşmıştır. Amur Nehri'ndeki suyun yükselmesindeki etken Çin'deki taşkınlar ve fırtınalardır [2]. Bu durum dışında doğa olayları, evrensel çapta etkisinin olabileceği gibi sadece bölgesel de kalabilir. 2013 yılında, Almanya'daki günlük şiddetli yağışlar sebebiyle Tuna Nehri ve Elbe Nehri yükselmiştir. Bu sebepten dolayı da Almanya'nın doğu ve güney kentlerinde önemli hasarlar olmuştur ve bu etki bölgesel olarak kalmıştır [3]. Doğa olaylarındaki bu belirsizlikler doğanın değişimi ve ölçüm zorluklarına dayanmaktadır. Bu zorluklara karşı alınan önlemlerin yetersizliği de tıpkı Uttarakhand Himalayan Devleti'nde olduğu gibi hasarları arttırmaktadır. 2013

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

yılının Haziran ayında şiddetli yağışlardan dolayı göllerden ve akarsulardan taşan sular Uttarakhand Himalayan Devleti şehirlerinde su baskınına neden olmuştur [4]. Barajlar ve hidroelektrik santraller, belirsiz doğa olaylarından en çok etkilenen yapılardır. Etkilerin büyüklüğü barajların ya da santrallerin yapım aşaması veya işletme aşamasındaki kötü yönetimine bağlıdır. Buna en iyi örnek, Delhi Barajı'nın 24 Temmuz 2010 yılında büyük hasar alarak bazı kısımlarının çökmesidir. 12 saat içerisinde 250mm yağış baraj rezervuar suyu 7,38m yükselmesine sebep olmuştur. Fakat baraj rezervuarını dolduran ve yükselmesine sebep olan debi yalnızca 40 m^3/s'dir. Bu debi, 2001 yılında kaydedilen 740 m^3/s'lik maksimum akış debisinin çok altındadır [5]. Bu durum göz önüne alındığında, Delhi Barajı'nın çökme sebebi olarak barajdaki işletme hataları gösterilmektedir. Bu örneğe ek olarak, 17 Ağustos 2009 yılında, Rusya'daki en büyük hidroelektrik santrali olan Sayano-Shushenskaya santralindeki 76 kişinin ölümü ile sonuçlanan kaza gösterilebilir. Santralin 2.ünitesinin ayar kapağının gereğinden hızlı kapanmasıyla oluşan aşırı basınçtan dolayı motor ve türbin odalarını su basmıştır [6]. Barajdaki kötü yönetimden dolayı çok sayıda insan hayatını kaybederken 198,51 milyon ruble (2,88 milyon Euro) değerinde maddi hasar olmuştur [7]. Bu çalışma ve yayınlar, kötü yönetim ve eksik önlemlerden dolayı doğa olaylarından en çok etkilenen ve tehlike bölgesi olarak da adlandırılabilecek yapıların suyu kullanan ya da depolayan yapılar olduğunu kanıtlamaktadır. Türkiye'de Mart 2011 tarihinde, 264 adet çalışır durumda hidroelektrik santrali ve 236 adet yapım aşamasında olan hidroelektrik santralleri vardır. 500 adet santralin 100 adedi baraj tipi, 400 adedi ise nehir tipi santrallerdir [8]. Toplam kurulu gücün %35'ini (24.996,89MW) hidroelektrikten sağlayan Türkiye'de tehlike bölgesi olarak adlandırılabilecek bu yapıların sayısı her geçen gün artmaktadır [9]. 1955-1995 yılları arasında Türkiye'de, sel ve taşkın felaketlerinin %30'u, 1000'den fazla insanı etkilemiş ve 650 milyon dolarlık hasarlar oluşturmuştur [10]. Son yıllardaki doğa felaketlerinin artışı, alınan önlemlerin artmaması ile daha fazla can ve mal kaybına sebep olabileceği aşikârdır Bu çalışmada, Susurluk Nehri Havzası içerisindeki Kütahya ilinin Tavşanlı ilçesinde bulunan ve Orhaneli Nehri'nin üzerine inşa edilen nehir tipi bir hidroelektrik santralindeki ani ve küçük çaplı bir yağış sonrasında su basması sebebiyle 4 milyon TL zarar ve bu zararın sebepleri incelenmiştir.

2. Yöntem

Su baskınının sebeplerini araştırmak adına öncelikle Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden temin edilen "8 Ağustos 2015" güne ait saatlik yağış verileri (Tablo.1) incelendi ve söz konusu 40,5mm'lik yağış miktarının Kütahya yıllık ortalama 46,5mm'lik yağış miktarından daha düşük olduğu görüldü [11]. Bu durumda, aylık yağış ortalamaları açısından 40,5mm'lik yağış Ağustos ayı için yüksek bir değer olmasına rağmen yıllık ortalama değerlerin altında olduğu için su baskının oluşmasında, yanlış hidrolojik tahminin ve inşaat alanının olumsuz topoğrafik koşullarının etkisi olduğu varsayımı üzerinde duruldu. Diğer taraftan, Orhaneli Nehri üzerine inşa edilen hidroelektrik santralinin 100 yıllık taşkın debisi kontrol edildi. Bu kontrolde kullanılmak üzere Devlet Su İşleri'nden alınan aylık toplam akım verileri kullanılarak, istatistik analizler kullanılarak olasılık yoğunluk fonksiyonları (OYF) oluşturuldu. Analizde 1964-2014 yılları arasında 44 yıla ait en şiddetli (aylık) akım değerlerinden oluşan akım verisi kullanıldı (veri aralığı ΔT=1 yıl). Veriyi karakterize eden olasılık yoğunluk fonksiyonları birden fazla metot ile hesaplandı. Burada Kolmogorov-Smirnov ve Chi-Squared kriterleri ile veriye en iyi uyan 10 olasılık yoğunluk fonksiyonları denendi. Fatique Life, Gen.Pareto ve Inv.Gaussian olasılık yoğunluk fonksiyonları, her iki kritere de uygun olduğu görüldü (Tablo.2 ve Tablo.3) ve 100 yıllık taşkın debisi 34 - 46m^3/s olarak bulundu. Hidroelektrik santralinin projelendirilmesinde kullanılan taşkın debisi ise 80,7 m^3/s'dir. Bu durumda, projelendirme aşamasında taşkın debisi bakımından oldukça güvenli tarafta kalındığı ortaya çıkmaktadır. Bu durum göz önüne alındığında söz konusu su baskının meydana geliş sebebinin düşük bir taşkın debisi tahmini olmadığı anlaşılmaktadır.

Tablo.1. MGM'den alınan 8 Ağustos 2015 tarihine ait saatlik yağış verileri

Tarih	Saat	Toplam Yağış (mm)
8.8.2015	11:00	0,00
8.8.2015	12:00	0,00
8.8.2015	13:00	30,90
8.8.2015	14:00	9,40
8.8.2015	15:00	0,20
8.8.2015	16:00	0,00
8.8.2015	17:00	0,00

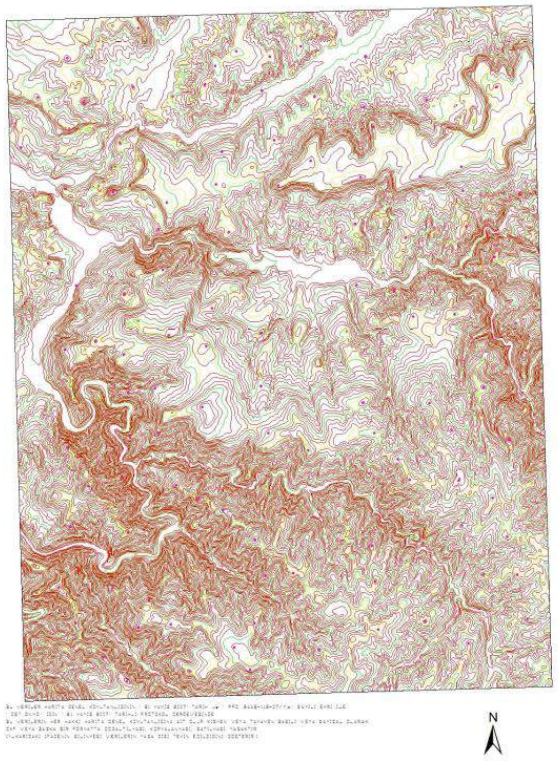
Tablo.2. Kolmogorov Smirnova Kriteri'ne göre ilk on metod ile yüz yıllık debiler

No	Metot	Q_{100} (m^3/s)
1	Gen. Pareto	38
2	Gen. Logistic	41
3	Gen. Extreme Value	40
4	Log-Logistic	39
5	Weibull (3P)	34
6	Burr	39
7	Lognormal	40
8	Inv. Gaussian	39
9	Fatique Life	41
10	Weibull	46

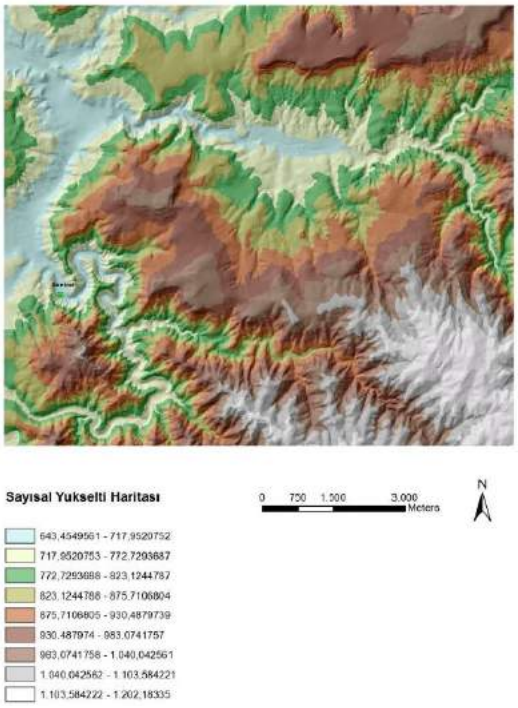
Tablo.3. Chi-Squareda Kriteri'ne göre ilk on metod ile yüz yıllık debiler

No	Metot	Q_{100} (m^3/s)
1	Fatique Life	41
2	Gen. Pareto	38
3	Inv. Gaussian	39
4	Johnson SB	36
5	Dagum (4P)	36
6	Frechet (3P)	36
7	Frechet	34
8	Pearson 5 (3P)	36
9	Pearson 5	36
10	Pearson 6	36

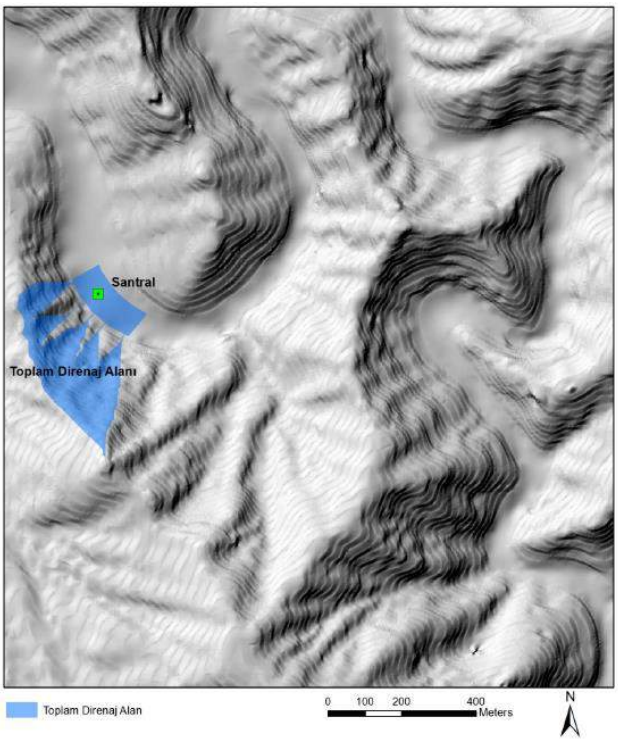
Santralin bulunduğu bölgenin eğimli olmasından dolayı tepelerden akan suların santral sahasını doldurabileceği durum göz önüne alınarak, Devlet Su İşleri'nden temin edilen Vektörel Eş Yükselti Haritası (Şekil.1), Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS/GIS) programı sayesinde Sayısal Yükselti Haritası'na (SYH) dönüştürüldü (Şekil.2). SYH üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda santralin bulunduğu havzaya ait akım doğrultu çizgileri belirlenerek santral binasına ait yağış drenaj bölgesi elde edildi (Şekil.3).



Şekil.1. J23-D1 nolu paftaya ait Eş Yükselti Haritası



Şekil.2. Sayısal Yükselti Haritası ve Santral Binası

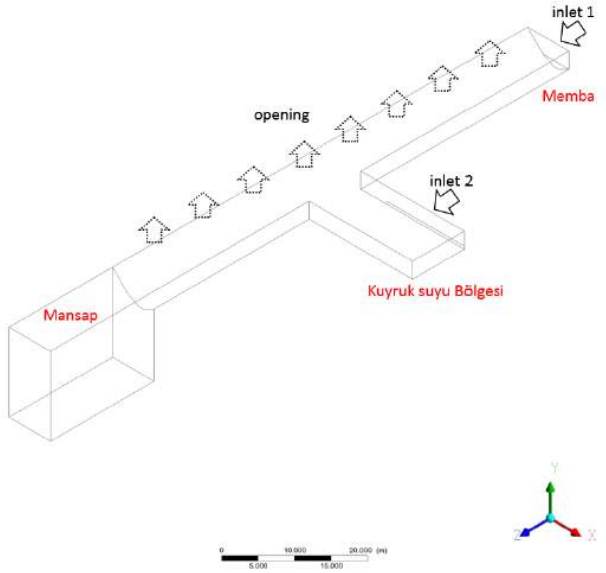


Şekil.3. Santral Binası toplam drenaj alanı

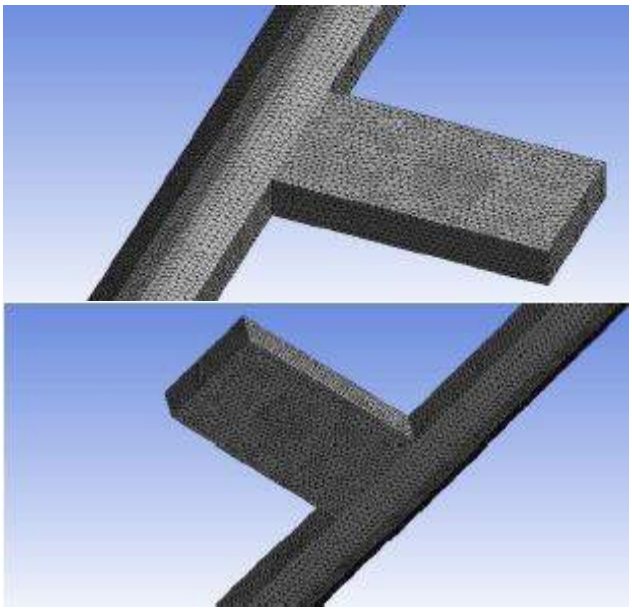
Hem yamaçlardan gelen yağmur suyunun hem de santral sahasına düşen yağmur suyunun hareketi ANSYS programının CFX modülü ile Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD/CFD) yöntemi kullanılarak simüle edildi. Simülasyonu yapılan alan santral sahası ve dereyi kapsayan bir alandır. Aynı zamanda bu alan, santral binasının kuyruk suyu bırakma bölgesinde imal edilen tahkimatı da içermektedir (Bu tahkimat, herhangi bir sebepten oluşabilecek dere suyunun taşma olayının santral sahasını etkilememesi adına imal edilmiştir.). Tahkimatlı ve tahkimatsız olmak üzere iki farklı simülasyon oluşturulmuştur ve yağmur suyu ile dere suyunun hareketi net olarak incelenmiştir. Taşkın ile kuyruk suyu sahasındaki tahkimatın ilişkisinin daha iyi anlaşılması amacıyla öncelikle söz konusu CAD geometrisi hazırlanmış ve duruma uygun fiziksel başlangıç ve sınır koşulları tanımlanmıştır. Taşkın sırasında kuyruk suyu bölgesinde tahkimatın bulunduğu ve bulunmadığı durumlar için akım davranışını belirlemek amacıyla, dere memba tarafında ve kuyruk suyu bölgesinde iki adet su giriş bölgesi (inlet) tanımlanmıştır. Hazırlanan CAD geometrisi üst yüzeyi, serbest yüzeyli su akımının oluşturulabilmesi için gerçek koşullara uygun olarak atmosfere açılmıştır (opening) (Şekil.4).

Geometri oluşturulduktan sonra HAD çözümünün yapılabilmesi için çözüm alanı uygun sonlu hacimlere (mesh) ayrıştırılmıştır (Şekil.5). Tanımlanan akım alanı için akımla ilgili parametrelerin tespit edilebilmesi için zamana bağlı (transient) serbest yüzeyli HAD çözümü enerji, kütle ve momentum korunumu ve Navier-Stokes denklemlerinin nümerik yaklaşımları ile gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan bilgisayar destekli sayısal benzetim sayesinde derenin akımı ile olası taşkın nedeniyle kuyruk suyu bölgesine gelen suyun dereye deşarjı görselleştirilerek incelenmiştir. Tahkimatın bulunmadığı durumda taşkın suyunun dereye deşarj olduğu ve bu deşarjın derenin membasındaki su

seviyesinde herhangi bir kabarmaya neden olmadığı görülmüştür (Şekil.6a ve Şekil.6b).



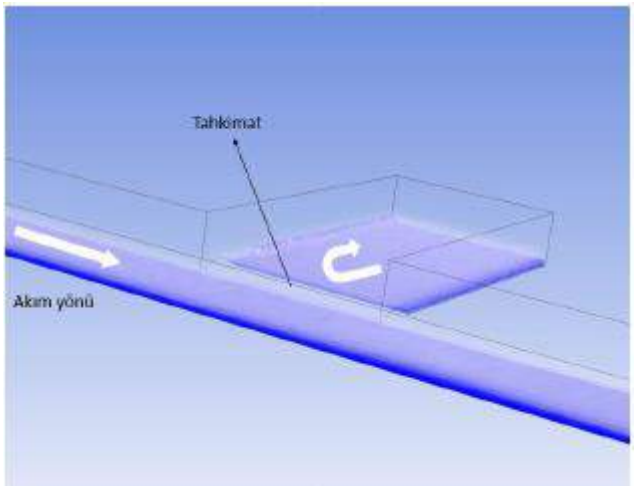
Şekil.4. ANSYS programı içerisinde hazırlanan ve sınır koşulları belirlenen geometri



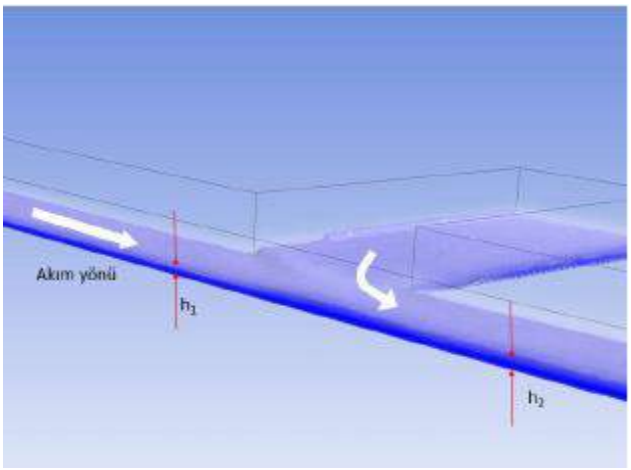
Şekil.5. Çözüm alanının sonlu hacimlere bölünmesi (mesh)

3. Sonuçlar

İlk olarak, stokastik çalışmalar ile yapılan taşkın analiz sonucunda santralin projelendirme aşamasında kullanılan taşkın debisinin gerçek tekerrürünün 500 yıl olduğu görülmüştür. Yani taşkın suyunun santrale vereceği zararın büyüklüğü göz önüne alınarak yeterli önlem alınmıştır. Sahada yapılan incelemeler sonucunda, cebri boru hattının yamaç boyunca çevresindeki ağaçlık bölgenin DSİ Kazı İşleri Teknik Şartnamesi gereğince yok edilmesi sebebiyle ağaç köklerinin tutabileceği toprak ve kaya parçalarının santral sahasına kadar indiği gözlenmiştir. Olası erozyon sonucunda yamaçtan santral sahasına gelebilecek kaya ve toprağı engellemek adına yapılan 2,4m yüksekliğindeki duvarın, yamaç tarafında toprak ile dolması sonucunda işlevini yitirerek suyun doğrudan santral binasına ulaşmasına neden olduğu görülmüştür. Hasara etkisi çok olan toprak kaymaları, santral üzerindeki bölgelerde bulunan yolları doğrudan aşmıştır. İnen toprak ve kayaların, istinat duvarının yamaç tarafındaki yüzünün dolu olması nedeniyle istinat duvarının santral tarafındaki yüzünü doldurduğu görülmüştür.



Şekil.6a. Tahkimatın bulunduğu durum için ANSYS CFX yazılımı destekli hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) benzetimi



Şekil.6b. Tahkimatın bulunmadığı durum için ANSYS CFX yazılımı destekli hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) benzetimi

Bu durum, yolun, çamurlu yüzeysel akışını ve kayan şev toprağını yönlendirmekte yetersiz kaldığını açıkça göstermiştir. Drenaj ve/veya çevre düzenlemesi çalışmalarındaki yetersizliklerden dolayı yamaçtaki toprak/kaya ve yağmur suyu santral sahasını doldurmuştur (Şekil.7). Coğrafi Bilgi Sistemleri programı kullanılarak hazırlanan yağış alanı belirlendikten ve ANSYS programı sayesinde Hesaplamalı Akışkanlar Yöntemi kullanılarak yağış alanına düşen yağmur suyunun hareketinin simülasyonu oluşturulduktan sonra, kuyruk suyu bölgesi ve dere tahkimatı arasında toplanan suyun dereye

ulaşamayıp, santral sahasındaki suyun kabarmasına sebep olduğu görülmüştür. Yamaçtan düşerek santral sahasını dolduran toprak ve kaya parçaları nedeniyle santral sahasının kotu ile santral su basman kotu arasındaki fark 20cm'den yaklaşık olarak 3cm'ye düşmüştür (Şekil.8). Bu yüzden santral sahasında toplanan yağmur suyu, santral içerisine rahatça girebilmiştir. İçeri giren yağmur suyu, türbin bölgesini 1m'den fazla, elektronik teçhizat odasını 90cm'ye kadar doldurmuştur (Şekil.9a ve Şekil.9b). Bir süre sonra tahkimatın, kuyruk suyu bölgesindeki suyun etkisi sayesinde yıkılmasının ardından santral sahasındaki su, dereye deşarj olabilmiştir (Şekil.10). 40,5mm'lik bir yağış sebebiyle meydana gelen bu su baskını, hidroelektrik santralinde 4 milyon TL değerinde hasara sebep olmuştur. Kütahya ilinin tavşanlı ilçesinde ve Orhaneli Nehri üzerinde bulunan hidroelektrik santral binasında 8 Ağustos 2015 tarihinde yaşanan su baskınını araştırmak için yapılan bütün çalışmalar sonucunda, bazı önlemlerin göz ardı edilmiş olmasından dolayı su baskınının en büyük sebebinin, "yetersiz önlem" olduğu görülmüştür.

Bu çalışmada yapılan analiz ve tespitler sonucunda, HES sahasında meydana gelen su baskınının temel nedeninin olağan üstü yağış koşulları olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu su baskını ve hasara neden olan koşullar ve alınması gereken önlemler aşağıdaki gibi özetlenebilir;

- Santral sahası için göstermelik bir drenaj projesi bulunmasına karşın yapım aşamasına proje uygulamaya geçirilmemiştir. Bu noktada sorumluluk işletmeci firmaya bırakılmıştır. DSİ tarafından santral kabulü aşamasında drenaj projesinin kontrolünü yaparak sorumluluk alması bu tür hasarların önüne geçilmesi açısından önemlidir.

- Hidroelektrik santrallerin projelendirilmesi aşamasında belirlenen taşkın debisinin periyodunun herhangi bir standarda bağlı olmaması ve bu konudaki sorumluluğun yine işletmeci firmaya bırakılması risk teşkil etmektedir.

- Bu tür yüksek eğimli şevlerde şev stabilitesine yönelik yağış sularını kısa mesafelerde tutarak, yamaç dışına akıtmak ve bu suretle yamaçtaki toprak taşınmasına engel olarak ani sel tahribatının ve toprak erozyonunun önlenmesi amacı ile eğimli teras ve benzeri uygulamaların tesis edilmesi gerekmektedir. Ayrıca toplanan suların geldiği alanda yüzeysel suların tutulması için teras ve benzeri tesis yapılması söz konusu değilse, bu suların santral alanına gelmeden akıtıcı bir hendekte toplayarak bir boşaltma kanalına veya bir dereye akıtılması gerekmektedir.

- Yamaçlarda mevcut ağaçların yine sel sularını ve suların sürükleyebileceği muhtemel toprağı tutabilmesi adına iş ve işçi güvenliğini riske atmayacak şekilde korunmasının sağlanması gerekmektedir.

- Santral sahasının inşa aşamasında dolgu kotlarının inşaat işlerinde kolaylıklar sağlamak amacıyla projeye uygun bir şekilde düzenlenmediği anlaşılmaktadır. Gerekli eğime ve yükseklikere sahip olmayan dolgu, yağmur suyunun dereye ulaşamayarak saha içerisine hapsolması ve dolayısıyla santral binasına yönelmesi sonucu su baskınına neden olmuştur.



Şekil.7. Yamaç için alınan eksik önlem sebebiyle kaya ve toprak ile dolan istinat duvarı



Şekil.8. Santral binası su basman ve dolgu seviyesi (üstteki), Santral binası girişi su basman ve dolgu seviyesi (alttaki) (olay sonrası)



Şekil.9a. Su baskını sonrası türbin alanı



Şekil.9b. Su baskını sonrası elektronik teçhizat odası



Şekil.10. Santral önünden kuyruk suyu hendeğinin dereyle birleştiği (tahkimatın bulunduğu) bölgeye doğru çekilmiş fotoğraf

Kaynaklar

[1] Uğurlu, Ö., Örçen, İ. [2007], Türkiye'de Küresel Isınmanın Enerji Kaynakların Üzerine Etkisi, Journal of EM

[2] AON Benfield [2003], August 2013 Global Catastrophe Racep

[3] Ersoy, Ş. [2013], 2013 Afet Raporu "Dünya ve Türkiye", Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi.

[4] Manish, S., Sunil, M. ve Shuchi, T. [2013], The Impact of Torrential Rainfall in Kedarnath, Uttarakhand, India during June, 2013, International Research journal of Environment Sciences.

[5] McDaniel, L., Garton, J., Feidler, W., King, W. ve Schwanz, N. [2011], Lake Delhi Dam Breach - Two Perspectives, Association of State Dam Safety Officials Annuan Conference.

[6] Cruz, E. ve Cesario, R. [2009], Accident at Russia's Biggest Hydroelectric, Brasil August 204, 2009.

[7] Branch of the open joint-stock company rushydro, Sayano-Shushenskaya, Neporoznego (SSGES) [2009], The Act of Technical Investigation into The Causes of Accident at The Sayano-Shushenskaya Hyroelectric Station, Sayano-Shushenskaya Hyroelectric Station Accident Report, August 17, 2009.

[8] Devlet Su İşleri ve Çevre ve Orman Bakanlığı [2011], Çevre ve Temiz Enerji: Hidroelektrik, Ankara-Mart 2011.

[9] Soydaş, O. ve Üllenoğlu, C. [2015], Türkiye Elektrik Yatırımları 2015 Mayıs Ayı Özet Raporu, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Enerji Yatırımları Dairesi Başkanlığı.

[10] Ceylan, A., Alan, İ. ve Uğurlu, A. [2007], Causes and Effects of Flood Hazards in Turkey, International Congress of River Basin Management.

[11] MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=KUTAHYA>, Giriş: 12 Ekim 2015.

FİNİKE AKÇAY FLOOD WARNING SYSTEM

FİNİKE AKÇAY TAŞKIN UYARI SİSTEMİ

İsmail HALTAŞ[a], Celalettin BİLGEN[b], Bülent KOCAMAN[c], Halis YILBOĞA[b]
[a] Zirve Üniversitesi, Gaziantep, TÜRKİYE, ismail.haltas@zirve.edu.tr
[b] TÜBİTAK BİLGEM, Kocaeli, TÜRKİYE
[c] Turgut Özal Üniversitesi, Ankara, TÜRKİYE

Özet

Taşkın/Sel, Türkiye'de depremden sonra en çok can ve mal kaybına sebep olan afet türüdür. Bununla birlikte taşkın afeti konusunda yeterli farkındalığının henüz var olduğu söylenemez. Taşkınlar konusunda Türkiye'de yeterli duyarlılığın oluşmamasının öncelikli sebepleri arasında, taşkın afetlerinin farklı ölçeklerde sürekli olarak yaşanması fakat 1999 Gölcük depremi gibi büyük çaplı bir can ve mal kaybına -henüz- sebep olmamış olması, sayılabilir. Halihazırda Türkiye'de taşkın afetine karşı alınan önlemler büyük ekseriyetle yapısal önlemlerdir. Türkiye'de gözlemlenen hızlı ve plansız şehirleşme ve tüm dünyada özellikle daha sık ve daha şiddetli taşkın ve kuraklık olayları olarak kendisini gösteren küresel ısınma problemi artık bu paradigmanın taşkından korunmada yeterli olmadığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Son yıllarda DSİ, MGM, SYGM ve AFAD taşkınlar konusunda; taşkın tehlike alanlarının haritalandırılması, taşkın erken uyarı sistemlerinin kurulması gibi yapısal önlemler ve ıslah çalışmalarının ötesinde daha kapsamlı projeler de yürütmeye başlamıştır. Fakat bu projelerin bir çoğu henüz pilot uygulama aşamasındadır ve hiç biri taşkın riskinin azaltılması problemini bir bütün olarak ele almamaktadır. Bu çalışmada Antalya'nın Finike İlçesi'nden geçmekte olan Akçay Çayının Finike ilçesinde sebep olabileceği taşkının otomatik bir uyarı sistemi ile belirlenip ilgili birimlere iletilmesi hedeflenmiştir. Uyarı sisteminde, taşkına sebep olan çay üzerinde yer alan akarsu gözlem istasyonu belirli bir aralıkla anlık derinlik ölçümlerini veri merkezine iletmektedir. Veri merkezinden alınan anlık derinlik ölçümleri ise önceden oluşturulmuş arama tablosunda eşleştirilerek akarsuyun söz konusu debi için yetersiz kalacağı hesaplanmış olan kesitlerinde taşkın uyarısı vermektedir.

Anahtar kelimeler: Taşkın Uyarı Sistemi, Akçay Çayı, Başgöz AGİ, Finike

Abstract

Flooding is the second most significant hazard after earthquake in terms of economical and human life loss in Turkey. On the other hand, one cannot claim that the level of awareness for flood risk is satisfactory in public. One of the main reasons of lack of awareness for flood risk in Turkey can be: continuous experience of flood events at various levels but no any flood event as destructive as i.e. 1999 Gölcük Earthquake yet. So far in Turkey, flood protection measures are mainly structural. Yet, fast and unplanned urbanization in Turkey together with the climate change, which results in more frequent and more severe flood and drought events all over the world, reveals that the current paradigm for flood protection is not enough anymore. In the last few years DSİ, MGM, SYGM and AFAD have launched projects that exceeds the basic structural measures, such as mapping the flood hazard zones, establishing flood early warning systems etc. Most of these projects are yet at pilot study stage and none of these projects handle the flood management problem as a whole. In this study it is aimed to detect and warn the authorities about any flood hazard due to Akçay Creek flowing through Finike Town in Antalya. In the flood warning system, an automated river station on Akçay Creek transmits the flow depth at certain time intervals to the data center. The real time flow depth data is then used in a prepared look-up table to identify and warn about the sections of the creek where the corresponding flow discharge exceeds the capacity of the cross-section.

Keywords: Flood Warning System, Akçay Creek, Başgöz Station, Finike

1. Giriş

Taşkın/Sel, Türkiye'de depremden sonra en çok can ve mal kaybına sebep olan afet türüdür. Bununla birlikte özellikle 1999 Gölcük Depremi sonrası Türkiye'de oluşmaya başlayan deprem farkındalığının taşkın afeti için henüz var olduğu söylenemez. Türkiye'de taşkın olayları ağırlıklı olarak sonbahar aylarında yaşansa da aslında farklı bölgelerde on iki ay boyunca gözlemlenebilmektedir. Taşkınlar konusunda Türkiye'de yeterli duyarlılığın oluşmamasının öncelikli sebepleri arasında, taşkın afetlerinin farklı ölçeklerde sürekli olarak yaşanması fakat 1999 depremi gibi büyük çaplı bir can ve mal kaybına -henüz- sebep olmamış olması, sayılabilir. Halihazırda Türkiye'de taşkın afetine karşı alınan önlemler büyük ekseriyetle yapısal önlemlerdir. Taşkından koruma görev ve sorumluğu geçmişten günümüze DSİ Genel Müdürlüğündedir [1] ve DSİ taşkınla mücadelede dere ve akarsuların ıslahı ve taşkın koruma yapılarının inşasını temel paradigma olarak benimsemiştir. DSİ dere ıslahı ve taşkın koruma yapıları konusunda edindiği tecrübe ve birikimle taşkınla mücadelede konusunda kayda değer çalışmalar yürütmüş olsa da, Türkiye'de gözlemlenen hızlı ve plansız şehirleşme ve tüm dünyada özellikle daha sık ve daha şiddetli taşkın ve kuraklık olayları olarak kendisini gösteren küresel ısınma problemi artık bu paradigmanın taşkından korunmada yeterli olmadığı gerçeğini ortaya çıkarmıştır. Türkiye'nin su kaynaklarının yönetimi konusunda koordinasyonun sağlanması amacıyla 2011 yılında kurulan Su Yönetimi Genel Müdürlüğü (SYGM) nün görevleri arasında "Taşkınlarla ilgili strateji ve politikaları belirlemek, ilgili mevzuatı ve taşkın yönetim planlarını hazırlamak." sayılmıştır [2] Son beş yıldır DSİ, MGM ve SYGM taşkınlar konusunda; taşkın tehlike alanlarının

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

haritalandırılması, taşkın erken uyarı sistemlerinin kurulması gibi yapısal önlemler ve ıslah çalışmalarının ötesinde daha kapsamlı projeler de yürütmeye başlamıştır. Fakat bu projelerin bir çoğu henüz pilot uygulama aşamasındadır ve hiç biri taşkın riskinin azaltılması problemini bir bütün olarak ele almamaktadır. Kurumların yanında üniversitelerde yürütülen araştırma projelerinde taşkın tehlikesi ve riskinin belirlenmesine yönelik bir çok araştırma çalışmaları yürütülmektedir [3,4,5,6]. Türkiye'de taşkınla mücadelede kurumlar ve paydaşlar arası koordinasyonun henüz yeterli seviyede olmadığı söylenebilir. Taşkın yönetiminde bir çok gelişmiş ülkede birbirine paralel uygulamalar ve yaklaşımlar mevcuttur. Bunlar arasında ABD'de FEMA [7] tarafından yürütülen çalışmalar, Avustralya'da Geoscience Australia tarafından yürütülen çalışmalar [8], İngiltere'de ise Environmental Agency tarafından yürütülen çalışmalar [9] sayılabilir.

Bu çalışmada Antalya'nın Finike İlçesi'nden geçmekte olan Akçay Çayının Finike ilçesinde sebep olabileceği taşkının otomatik bir uyarı sistemi ile belirlenip ilgili birimlere iletilmesi hedeflenmiştir. Uyarı sisteminde, taşkına sebep olan çay üzerinde yer alan akarsu gözlem istasyonu belirli bir aralıkla anlık derinlik ölçümlerini veri merkezine iletmektedir. Veri merkezinden alınan anlık derinlik ölçümleri ise önceden oluşturulmuş arama tablosunda eşleştirilerek akarsuyun söz konusu debi için yetersiz kalacağı hesaplanmış olan kesitlerinde taşkın uyarısı vermektedir.

2. Çalışma Alanı

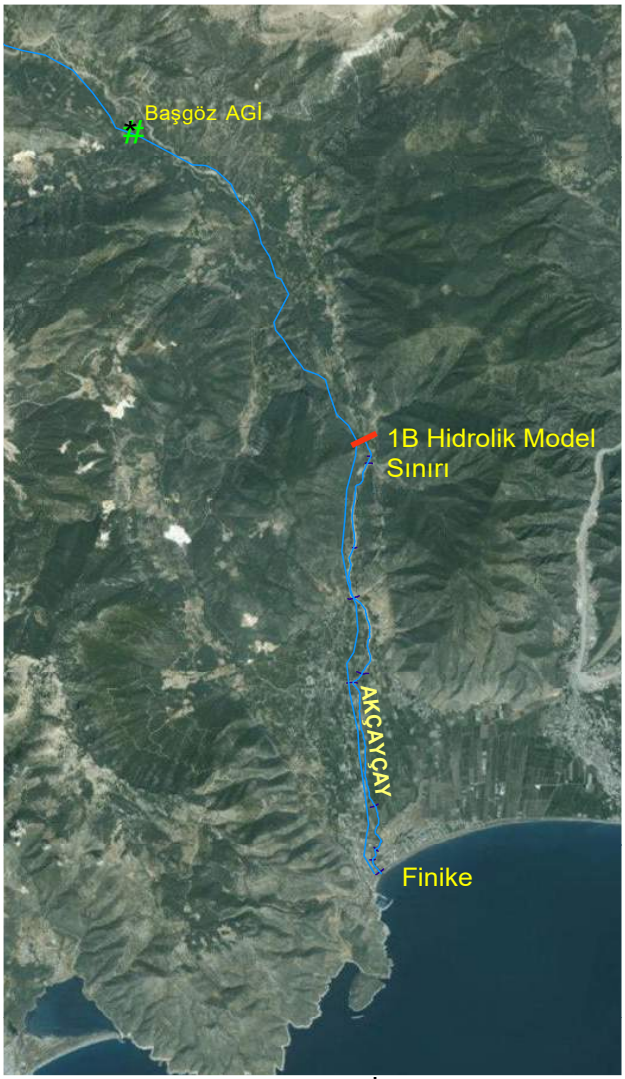
Çalışma alanı Antalya'nın Finike İlçesi'nden geçen Akçay Çayının (Şekil 1) Akdeniz'e döküldüğü noktadan memba yönünde yaklaşık 13 km uzunluğundaki boyunu içermektedir. Taşkın uyarısında kullanılan Başgöz Akarsu Gözlem İstasyonu ise çalışma alanın memba sınırından yaklaşık 10 km membasında yer almaktadır. Başgöz istasyonunun yeri ve bir boyutlu hidrolik modelin memba sınırı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Finike Akçay

3. Taşkın Uyarı Sistemi

Akçay Çayı üzerinde yer alan Başgöz Otomatik Akarsu Gözlem İstasyonu (OAGİ) bulunduğu akarsu kesitinde otomatik derinlik ölçümleri almakta ve GSM ağı aracılığı ile bu veriyi 30 dakika aralıklarla DSİ sunucularına iletmektedir. Otomatik Akarsu Gözlem İstasyonunun bulunduğu akarsu kesitinde DSİ tarafından ölçülmüş ve temin edilmiş (derinlik - debi) anahtar tablosu kullanılarak, sensör tarafından ölçülen derinlik, h (m) değerleri, kesitten geçen debi, Q (m^3/s) değerleri ile eşleştirilebilmektedir. Örneğin Başgöz Otomatik Akarsu Gözlem İstasyonunda ölçülen 2.24 m su derinliği, bu akarsuda debinin 47.6 m^3/s olduğunu bildirmektedir. Akçay Çayı boyunca taşma tehlikesi bulunan kesitler özel bir mühendislik şirketi tarafından DSİ 13. bölge müdürlüğü için hazırlanmış bir boyutlu hidrodinamik (HEC-RAS) model kullanılarak tespit edilmiştir. Söz konusu hidrodinamik modelin memba sınırı Başgöz AGİ istasyonunun yaklaşık 10 km mansabında yer almaktadır ve model Akdeniz'e kadar devam etmektedir. Otomatik derinlik verilerinin alındığı Başgöz İstasyonundan bir boyutlu modelin memba sınırına kadar taşkın debisinin Akçaya mansaplanan bazı derelerinde katkısı ile artacağı öngörülmüş ve havza alanları göz önünde bulundurularak bu artış yansıtılmıştır. Çizelge 1'de yer alan taşkın debileri ölçeklenmiş değerlerdir. Bir boyutlu hidrodinamik model olası tüm debi değerleri için çalıştırılmış ve akarsu boyunca su yüzü profilleri hesaplanmıştır. Su yüzü profilleri her bir kesitte sağ ve sol kanal şev yüksekliği ile kıyaslanarak her bir debi değerinde yetersiz kalan-taşan kesitler bir boyutlu hidrodinamik modelde tespit edilmiştir.



Şekil 2. Finike Akçay Başgöz AGİ ve bir boyutlu hidrolik model sınırı.

Akçay Akarsuyunda gözlemlenebilecek olası debiler derinlik-debi anahtar tablosu referans alınarak 0.09 – 166 m^3/s Aralığında 379 adet olarak belirlenmiştir. Her bir debi değeri için yetersiz kalan en kesitler ve taşacak sahilin coğrafi koordinatı (enlem boylam olarak) tespit edilmiştir. Nihayetinde her bir olası debi değerinin taşkın olması beklenen koordinatlar ile eşleştirildiği bir (su derinliği-debi-taşkın koordinatları) arama tablosu oluşturulmuştur. Su derinliği-Debi-Taşkın koordinatları Arama Tablosu kısmen Şekil 74 'de gösterilmiştir. Yine olası taşkın noktaları ve taşkının yinelenme sıklığı göz önünde bulundurularak üç adet kritik su seviyesi belirlenmiştir. Bu su seviyeleri; düşük = 0.7 m, orta = 1.0 m ve yüksek = 2.0 m olarak önerilmiştir.

Çizelge 1 Su Derinliği – Debi – Taşkın Koordinatları Arama Tablosu.

ID	h (m)	Q (m^3/s)	Koordinat (enlem,boylam)
1	0.72	0.09	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
2	0.73	0.14	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
3	0.74	0.19	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
4	0.75	0.24	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
5	0.76	0.29	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
6	0.77	0.34	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
7	0.78	0.39	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
8	0.79	0.44	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
9	0.8	0.49	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
10	0.81	0.545	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
11	0.82	0.6	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
12	0.83	0.66	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
13	0.84	0.72	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
14	0.85	0.78	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
15	0.86	0.868	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
16	0.87	0.956	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
17	0.88	1.04	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
18	0.89	1.13	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
19	0.9	1.22	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
20	0.91	1.34	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
21	0.92	1.46	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
22	0.93	1.58	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
23	0.94	1.7	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
24	0.95	1.82	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
25	0.96	1.96	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
26	0.97	2.11	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
27	0.98	2.25	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
28	0.99	2.4	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
29	1	2.54	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
30	1.01	2.73	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
31	1.02	2.91	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
32	1.03	3.1	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
33	1.04	3.28	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
34	1.05	3.47	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
35	1.06	3.66	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35
36	1.07	3.84	(36.350598,30.14173),(36.350097,30.141181),(36.35

Taşkın uyarı adımları aşağıda belirtildiği şekilde işletilmiştir.

1. Su seviyesi verisi DSİ tarafından uygulama sunucusunun erişebileceği bir FTP adresine düz metin dosyası (flat file) olarak yerleştirilir (Şekil 3).

2. Alınan su seviyesi verisi sistemin anlayabileceği şekle çevrilir.

3. Veriler üzerine önceden hazırlanmış olan model sonucunda belirlenmiş olan kritik su seviyeleri ile kıyaslatılır.

4. Dinamik olarak değişebilen bu kritik seviler üzerine bağlı kurallar işletilerek buna göre işlem yapılır; örneğin servis çağırma, SMS, e-mail, vs.

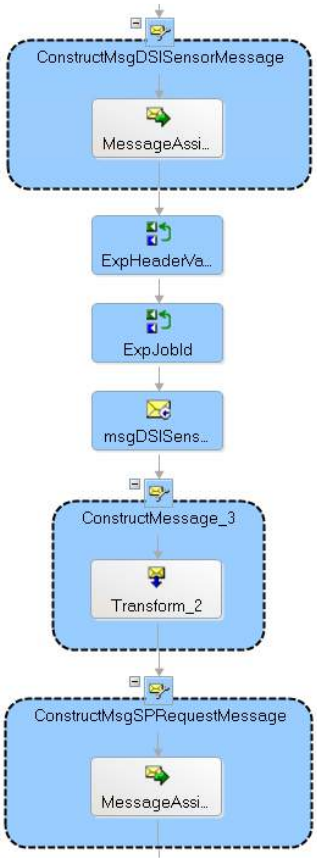
5. Diğer modüllerin de işleyebileceği şekilde veriler veri tabanına aktarılarak kayıt altına alınır.

```
C:\DSIDATA\003-012-00133-201403040939-OEL-104-G-D.txt
Versiyon.................
Limnigraf Tipi..........  Optik Kodlu
Bölge...................  3
Havza...................  12
Istasyon................  133
Kurulum Tarihi ve Saati.  19/12/2014  14:00
Ilk Kayit Tarihi\Saati..  19/12/2014  14:00
Son Kayit Tarihi\Saati..  19/12/2014  14:00
Okuma Sayisi............  6
Okuma Araliği (Dakika)...  5
Kayit Araliği (Dakika)...  30

  TARIH      SAAT      SEVİYE(m)
22.12.2014   11:51      40.10
19.12.2014   13:50      40.10
19.12.2014   14:00      40.20
19.12.2014   14:30      32.20
19.12.2014   15:00      31.20
19.12.2014   16:10      32.30
21.12.2014   21:20      40.30
21.12.2014   21:30      40.35
21.12.2014   21:40      42.35
22.12.2014   11:55      42.47
```

Şekil 3. Örnek DSİ su seviyesi verisi.

Taşkın Uyarı Sisteminin karar ve uyarı algoritmasından bir kesit Şekil 4'de gösterilmiştir. Sistemin dışardan alabileceği veri şekli bakımından sınırlandırılmamıştır. JSON, XML gibi standartlardan başka hemen hemen her sistemin verdiği veri tipi üzerinde işlem yapılabilmektedir.



Şekil 4. Taşkın Uyarı Sistemi karar ve uyarı algoritmasından bir kesit.

4. Sonuçlar ve Değerlendirmeler

Finike Akçay için geliştirilen taşkın uyarı sistemi pilot çalışma kapsamında kapasite geliştirme amacı ile oluşturulmuş bir prototiptir. Henüz operasyonel seviyede taşkın uyarı servisi vermesi beklenmemektedir. Sistemin yalnızca otomatik akarsu gözlem istasyonunun ilettiği derinlik verilerine bağlı uyarı veriyor olmasından dolayı taşkın erken uyarı sistemleri için kritik önemi olan "yeterince önceden uyarı verme" kriterini halihazırda sağlamamaktadır. Taşkın erken uyarı sistemlerinin yeterli süre önceden uyarı verebilmesi için meteorolojik veya atmosferik veriler bazlı çalışması gerekir. Yine akarsu gözlem istasyonunun teknik bazı şartlardan dolayı ancak 30 dakika aralıklarla veri iletebiliyor olması, olası bir ani taşkın debisini yakalayabilmesi için yetersizdir. Veri iletim aralıklarının 10 dakika veya daha az sürelere düşürülmesi gereklidir. Hali hazırda bir boyutlu hidrolik model taşkın yayılım alanlarının tespit edilmesi amacı ile oluşturulmadığı için kesitler taşkının yayıldığı alanların tespit edilmesinde yetersizdir. Dolayısı ile yalnızca kesitlerin taştığı hesaplanabilmekte fakat taşan suyun nerelerde taşkın tehlikesi oluşturduğu tespit edilmemektedir. Sistemin bu bilgiyi sağlayabilmesi için çalışma alanının daha uzun en kesitlerle bir boyutlu olarak veya tamamen iki boyutlu olarak yeniden modellenmesi ve her bir olası debi için taşkın tehlike alanlarının tespit edilmesi gerekir. Oluşturulan taşkın uyarı sisteminin ilerde oluşturulacak ve operasyonel anlamda kullanılabilecek kapsamlı ve taşkın erken uyarı sistemleri için başlangıç olmasını umuyoruz.

5. Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK BİLGEM tarafından Başbakanlık AFAD Başkanlığı için yürütülmüş TAF-RİSK ve TÜBİTAK ARDEB 111Y281 Nolu Araştırma projeleri tarafından desteklenmiştir. Çalışma alanına ait bir boyutlu hidrolik model ve Başgöz İstasyonuna ait gerçek zamanlı derinlik verileri ve derinlik-debi eğrisi DSİ 13. Bölge Müdürlüğün tarafından sağlanmıştır. İlgili kurumlara katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

[1] 28/02/1954 tarih ve 6200 Sayılı Teşkilât ve Vazifeler Hakkındaki Kanun.
[2] 29/6/2011 tarihli ve 645 sayılı "Orman Ve Su İşleri Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararname" 3. Bölüm Madde 9 e bendi.
[3] Sebnem Elçi, Gokmen Tayfur and Ismail Haltas (2015). "Numerical Simulation of Flood Wave Spreading in 2D in Densely Populated Urban Areas due to Dam Break." Proc. 9th WORLD CONGRESS OF EWRA, İstanbul, TURKEY.
[4] Haltas, I., and Demir, I. (2014). "Toward a Flood Information System (TABİS) for TURKEY" Proc. 11th International Conference on Hydroinformatics, New York City, NY, USA. (oral presentation)
[5] Haltas, I., Kocaman, B., Tayfur, G. and Elçi, Ş. (2014). "Two Dimensional Flood Modeling and Mapping for Porsuk Dam Break." Proc., 11th International Congress on Advances in Civil Engineering, İstanbul, TURKEY.
[6] Haltas, I., (2013). "Turkey's Need for a Manual and General Specifications for Flood Hazard Mapping Studies" Bildiri Kitapcığı, 2nd International Balkans Conference on Challenges of Civil Engineering, Tirana, ALBENIA.
[7] FEMA Insurance Program goo.gl/fiHVv0.
[8] Australia National Flood Risk Information Project goo.gl/YYCG8K.
[9] Environmental Agency Flood warnings, river levels and flood risk maps goo.gl/Px5eSR.

ULUSAL ÇIĞ ÇALIŞMALARINA AKADEMİK KATKI

ACADEMIC CONTRIBUTION TO NATIONAL AVALANCHE STUDIES

Önder KOÇYİĞİT[a], Erhan TEKİN[a] ve Gökhan ARSLAN[b]
[a] Gazi Ünv. Mühendislik Fak. İnşaat Müh. Böl. Maltepe, Ankara, Türkiye, konder@gazi.edu.tr, etekin@gazi.edu.tr
[b]T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Çukurambar, Ankara, Türkiye, gokhan.arslan@afad.gov.tr

Özet

Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %67'sinin 800 metreden daha yüksek dağlık araziye sahip olduğu düşünülürse ülkemizde çığın önemli bir doğal afet sorunu olduğu açıkça görülür. Çığ, bir afet olarak, birçok insanın hayatını kaybetmesine ve büyük maddi zararlara neden olmaktadır. 1990'lı yıllarda yaşanan büyük felaketler ülkemizde çığ zararlarını azaltma amaçlı projeleri ve akademik çalışmaların başlatılmasını tetiklemiştir. Halbuki konu ile ilgili Avrupa'daki çalışmalar çok daha eski yıllara dayanmaktadır. Çığ afetinin önceden tahmin edilmesi, önlenmesi veya zararlarının azaltılması mümkündür. Bu nedenle kar ve çığdan korunma ve zararların azaltılması amaçlı ulusal çalışmaların genişletilerek devam ettirilmesi gerekmektedir. Konu ile ilgili akademik çalışmalara devam edilmektedir. Bununla birlikte, sürdürülebilir bir çığ yönetimi için bir kurumsal yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yapı ile gözlem ve veri toplama, toplanan verilerin analizi, bir tahmin modelinin geliştirilmesi, koruma yöntemlerinin uygulanması, risk planlanması, araştırma ve yeniliklerin takibi gibi oldukça önemli konular birlikte değerlendirilebilecek ve başarı sağlanacaktır.

Anahtar kelimeler: Kar, Çığ, Afet, Önlem, Ulusal

Abstract

The avalanche hazard is a major natural disaster issue for Turkey considering that approximately 67% of the land of the country is situated on the high altitude mountains over 800 meters. Snow avalanche as a disaster causes many people to lose their lives and damage to property. Experienced fatal avalanche disasters in the 1990s resulting in harmful effects have triggered initiation of national academic studies and some projects aimed at reducing avalanche losses. However, studies in Europe on the subject date back to many decades. Prediction, prevention or damage reduction is possible precaution steps for an avalanche disaster. For this reason, it is essential to continue expanding the national studies focusing on prevention and damage reduction of snow and avalanche. Academic studies on the issue are in progress. However, establishing a central research institute is advised for a sustainable management of avalanche disaster. This institution will be able to carry out and evaluate some key issues such as field observations and data collections, analysis of the data collected, development of a forecast model, application of protection methods, risk management, research and pursuit of innovation etc.

Keywords: Snow,Avalanche,Disaster,Prevention,National

1. Giriş

Ülkemizde yaşanan doğal afetlerden birisi de çığ afetidir. Afetin bölgesel dağılımı incelendiğinde özellikle Doğu, Güneydoğu ve Doğu Karadeniz Bölgeleri en çok çığ afeti ile karşı karşıya kalmaktadır. Harita 1'de ülkemizde yaşanan çığların coğrafik bölgelere göre dağılımı verilmektedir [1]. Bu haritada sarı renkli bölgeler, yerleşim birimlerinde çığ meydana gelmiş alanları, mavi renkli bölgeler ise çığ meydana gelmemiş alanları göstermektedir. Bu alanlar genellikle can ve mal kaybı yaşanmış yerleşim birimlerinden elde edilen veriler olup kayıt altına alınmayan ve özellikle karayollarında sıkça yaşanan birçok çığ olayı bu harita kapsamında gösterilememiştir.



Harita 1. Çığ olaylarının ülkemizdeki dağılımı [1].

Mülga AFET (Afet İşleri Genel Müdürlüğü) tarafından çığ konusunda deneyim sahibi Avrupa ülkeleri ile temasa geçilmiş ve bu ülkelerin deneyimlerinden yararlanılmıştır. Fakat bu çalışmalar, Avrupa Alplerinden elde edilen mevcut bilginin bir kısmının ülkemize getirilmesi ile sınırlı kalmıştır.

Hem çığ tahmini hem de çığ modellemesi amaçlı yararlanılabilecek, çığ başlangıç kotlarından kış mevsimi boyunca toplanması gereken meteorolojik ve kara ait verilerin elde edilmesi ile ilgili herhangi bir çalışma ülkemiz için bugüne kadar başlatılmamıştır. Çığ verileri çığ başlama bölgesinden toplanması gereken özel verilerdir. Günümüzde elektronik ve iletişim teknolojilerinin gelişimi ile birlikte erişimi güç yüksek kotlardan elde edilmesi gereken bu tür veriler kolay toplanmakta ve saklanmakta, değerlendirme sonuçları güvenilir olmaktadır. Bu nedenle Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü öncülüğünde, Başbakanlık AFAD ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü ile birlikte TÜBİTAK destekli bir çığ araştırma projesi başlamıştır. Proje Kasım 2014 tarihi itibariyle başlamış olup halen devam etmektedir. Bu projede

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

öncelikle çığ verilerinin bir pilot alan için toplanması, düzenlenmesi ve son olarak değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak bir otomatik çığ istasyonu kurulmuştur. Pilot bölge olarak İzmir yakınlarında bulunan Bozdağ kayak merkezi seçilmiştir. Burada 2012-13 kış sezonunda meydana gelen çığlarda bir can kaybı oluşmuş ve kayak merkezine ait tesisler maddi hasar görmüştür. Projenin bir araştırma konusu ise pilot alan için çığın dinamik benzeşimini yapabilecek bir bilgisayar modelinin uygulamasını gerçekleştirmektir. Bu amaç için çığ araştırmaları konusunda oldukça deneyimli olan İsviçre Çığ Araştırma Merkezi (SLF) tarafından geliştirilmiş RAMMS isimli sayısal model kullanılmaktadır. Çığ dinamik model uygulaması sayesinde çığ tehlikesine maruz kalabilecek alanlar yani tehlike sınırlarının belirlenmesi, yeni yerleşim alanları ve kayak merkezlerinin planlanması, çığa karşı koruma yapılarından bariyerler ve çığ barajlarının projelendirilmesi, ulaşım projelerinde hat seçimleri, çığ tünellerinin yer tespiti ve tasarımı gibi birçok mühendislik hizmetleri gerçekleştirilebilir. Bu nedenle bu bildiri çalışması ile ülkemizde çığ afeti konusunda yapılan akademik çalışmaların çığ önlemindeki rolü incelenmiş ulusal anlamda çığ afetine karşı alınabilecek çözüm önerileri sunulmuştur.

2. Önceki Çalışmalar

Özellikle yerleşime açık ve çığ patikası altında bulunan bölgeler için mutlaka çığ tehlikesine maruz kalıp kalmadığının tespiti gerekmektedir. Bu tespit önceki yaşanmış çığlardan elde edilebileceği gibi günümüzde çığın dinamik olarak modellenmesini sağlayan bilgisayar yazılımları sayesinde de yapılabilir. Bilgisayar yazılım çalışmaları 1980'li yıllarda [2] başlamış olup günümüzde geliştirilerek devam etmektedir. Özellikle İsviçre başta olmak üzere Avrupa ülkeleri ve Japonya, çığın dinamik modellenmesi konusunda çalışan ülkelerdendir. Bu ülkelerdeki araştırma merkezleri tarafından geliştirilmiş modellerin ülkemiz açısından uygunlukları henüz kesinlik kazanmamıştır.

Bu konuda öncü araştırma merkezlerinden biri İsviçre'nin Davos kentinde bulunan SLF (Institute for Snow and Avalanche Research SLF) araştırma merkezidir [3]. Bu merkezde çığın dinamik modellenmesi ile ilgili çalışmalar 1950'li yıllardan bu yana kesintisiz olarak devam etmektedir. Geliştirmiş oldukları ilk model **AVAL-1D** (bir boyutlu) ve sonrasında **RAMMS** (Rapid Mass Movement Simulation) isimli iki boyutlu çalışan fakat üç boyutlu arazi üzerinde görüntülenebilen model, İsviçre ve diğer ülkelerde kullanılmaktadır [4]. Bu nedenle sürdürülen araştırma projesi kapsamında RAMMS dinamik modelinin ülkemize uygunluğunun araştırılması yapılacaktır. İzmir-Bozdağ kayak merkezi pilot bölgesi üst kotlarından toplanacak veriler sayesinde bölge için **RAMMS** programı çalıştırılacak ve sayısal modelleme gerçekleştirilecektir.

Türkiye'de ilk modelleme uygulamaları bazı akademik çalışmalar ile başlamıştır. Örneğin Durak [5], Arslan [6], Uçar [7] çığın bilgisayar model uygulamaları ile ilgili tez çalışmalarını gerçekleştirmişlerdir. Koçyiğit ve Gürer [8], Aydın ve diğ. [9], Aydın [10], Köse ve diğ. [11] gibi araştırmacılar ise Türkiye'de yaptıkları uygulamaları makale olarak yayınlamışlardır. Durak [5] tez çalışmasında, Bayburt iline bağlı Üzengili'de meydana gelmiş çığ için sayısal model sonucundan elde edilen basınç değerlerini kıyaslamak amacıyla yerleşim biriminde çığ sonrasında etkilenen yapılardan elde edilen gözlemleri birleştirerek çığın yıkıcı basınç etkilerini araştırmıştır. Arslan [6], Trabzon ili Uzungöl beldesinde bulunan çığ patikalarından birisi için sayısal çığ modeli uygulaması gerçekleştirmiştir. SLF Araştırma Merkezinde geliştirilmiş olan ve birçok ülkede uygulanmış **AVAL-1D** Çığ Dinamik Modelini kullanarak seçilen uygulama alanında önceden oluşmuş bir çığ örneği için benzeşim elde etmiştir. Model, çığ akış ekseni boyunca süreklilik ve momentum denklemlerini sayısal yöntemler ile çözmektedir. Program tarafından istenen girdi verileri bu tez içerisinde ayrıntıları ile açıklanmıştır. Program çıktı olarak çığ hızını, basıncını ve durma mesafesini sağlamaktadır. Modelin sonuçları 1992 yılında yaşanan Uzungöl örneğindeki ölçümler ile karşılaştırılmıştır. Model sonuçları ile ölçümlerin uyumlu olduğu belirlenmiş, uygulama alanı için seçilebilecek sürtünme değerlerinin aralıkları tespit edilmiştir. Modelde kullanılan sürtünme parametrelerinin (μ ve ξ) Türkiye'deki iklim ve arazi şartları açısından değerlendirilerek modelde önerilen değerlerle kıyaslaması için yeni çalışmaların yapılması gerektiği vurgulanmaktadır. Sürtünme parametreleri modelin hassas değerleri olup konu ile ilgili bir çalışma Koçyiğit ve Gürer [8] tarafından gerçekleştirilmiştir. Bir diğer tez uygulaması Uçar [7] tarafından yapılmıştır. Bu tezde öncelikli amaç, potansiyel çığ tehlike haritalarının tespit edilmesi, tehlike alan sınırlarının boyutlarını etkileyecek girdilerin ve etki düzeylerinin, arazi gözlemleri ve modelleme çalışmaları sonucunda belirlenmesidir. Çalışma alanı olarak Çoruh Nehir Havzası ve Palandöken Kayak Merkezi civarı seçilmiştir. Tezde potansiyel çığ başlama bölgeleri analizleri; Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) teknolojileri kullanılarak tespit edilen eğim, bakı, tepe sırtlarına uzaklık, yüzey engebelik gibi topoğrafik karakteristikler ve bitki örtüsü bilgilerine göre, yine CBS'de hazırlanan Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın ana hedefi uzun vadede çığ tehlikesi açısından oldukça önemli havzalardan biri olan Çoruh Nehir Havzası'nın yanı sıra, Türkiye'de bulunan diğer tüm riskli bölgelerde de uygulanabilecek temel bir çalışma ortaya koymak ve ilerleyen dönemde gerçekleştirilecek çığ modelleme çalışmaları ile önlem uygulamalarına katkı sağlamaktır.

Çığ sayısal modellerinin Türkiye açısından sınanması özellikle son yıllarda gerçekleştirilen çalışmalar ile devam etmektedir. Örneğin Aydın ve diğ. [9], Türkiye'de seçilen bazı geçmiş çığ olayları için iki boyutlu sayısal model sınamaları gerçekleştirmişlerdir. Model sınamaları genelde bilinen durma mesafesi ve çığ durma bölgesinde biriken kar yüksekliği üzerinden kontrol edilir. Çünkü çığ esnasında ölçülmesi mümkün olmayan çığ hareket hızı, akım yüksekliği ve çığın etki basıncının bir karşılaştırma parametresi olarak kullanımı mümkün değildir. Bu nedenle olay sonrası gözlenen çığ durma noktası, birikmiş kar yüksekliği ve yerel halk ile yapılan görüşmeler neticesinde elde edilen bulgular sayısal modelin bazı parametrelerini tahmin etmekte kullanılır. Bu bulgular ışığında doğrulanan model çalıştırılmaya hazırdır. Yeni nesil sayısal modeller CBS ile birlikte geliştirilmeye devam edilmektedir. ELBA+ ve RAMMS gibi çığ modelleri CBS ile uyumlu çalışmakta, programdan elde edilen sonuçlar üç boyutlu haritalar

üzerinde gösterilebilmektedir [10]. Benzer bir uygulamanın ELBA+ sayısal modelinin Kastamonu ili sınırlarında bulunan Kayaarkası Köyünde meydana gelmiş çığ olayının benzeşiminde [11] kullanıldı görülmektedir.

3. Proje Alanı ve Yapılan Çalışmalar

Çığ tehlikesinin belirlenmesinde rakım, kar yüksekliği, bakı, bitki örtüsü, arazi şekli, hakim rüzgar yönü vb. parametreler kullanılmaktadır. Türkiye'de kar ile ilgili veriler çoğunlukla kamu kurumları tarafından toplanmakta ve değerlendirilmektedir. Fakat her kurum kendi ihtiyaçları doğrultusunda istasyon kurduğundan çığa özel veriler bugüne kadar düzenli bir şekilde toparlanamamıştır. Örneğin en kapsamlı kar verileri Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından düzenli bir şekilde kayıt edilse de çığ kopma bölgesi kotunda istasyon mevcut olmadığından alınan kar verileri çığ tehlikesinin belirlenmesi amaçlı olarak kullanılamamaktadır. Bu nedenle yapılan proje çalışması ile çığ başlama kotundan kapsamlı verilerin toplanabileceği bir otomatik ölçüm istasyonu kurulumu planlanmıştır. Ulaşım, yaşam tehlikesi, önceki çığlar, coğrafi yapı, kar şartları, ekonomik şartlar ve güvenlik nedenleri göz önünde bulundurulduğunda proje pilot alanı olarak İzmir İli içerisinde bulunan Bozdağ kayak merkezi seçilmiştir.

Bozdağ Kayak Merkezi, güneyde Bozdağ (2159 m), Çatalsivritepe (2138 m), Tozlutepe, doğuda Aktaş Tepe (2024 m), Kartal Tepe (2040 m), kuzeyde Üçler Tepe (1908 m) Ortadağ Tepe (1641 m), Çavdar Tepe, Sarıpınarlar Tepe (1695 m) ve Dorukkayaları mevkii (1888 m) ile sınırlandırılmıştır. Bu bölgedeki en yüksek eğimli yamaçlar, güneydeki ve doğudaki tepelerin kuzeye bakan yamaçlarıdır. Özellikle telesiyejlerin kurulduğu Bozdağ ve Çatalsivri Tepeleri kayak merkezi tesislerine bakan yamaçlardaki eğimleri genellikle maksimum 55°, minimum 26° ve ortalama 40° civarındadır. Alanda hakim bitki örtüsü bodur çalılar, otsu bitkiler ve sürüngen ardıçtır. 1600 metrenin altındaki kotlarda bulunan seyrek çam ormanları daha aşağılara doğru yerini maki tipi bitki örtüsüne bırakmaktadır [1]. Çalışma alanının genel görünümü Şekil 1'de, kayak merkezi üst kotlarında bulunan çığ patikaları ise Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. İzmir Bozdağ kayak merkezi ve üst kotları



Şekil 2. İzmir Bozdağ kayak merkezi çığ patikaları

Bozdağ zirve kotu 2159 m olup kuzeye bakan yamaçlarda kar saçaklanmalarına rastlanmaktadır. Şekil 3'te Bozdağ üst kotlarında kuzey yamaçta oluşan kar saçaklanması ve bir tabakanın kırılma çizgisi görülmektedir. Meteorolojik koşulların olgunlaşması ile birlikte bu saçaklanmalar bazen çığı tetiklemekte ve kayakçılar için tehlikeli durumlar oluşturabilmektedir. 2012/2013 kış mevsiminde çığ düşmesi sonucu Bozdağ kayak merkezinde bulunan pistler ve telesiyej zarar görünce kapatılmış, onarım için gerekli çalışmalar yapılamayınca 2014 ve 2015 yılı kış mevsimi işletmeye açılmamıştır. Çığ sonucunda zarar gören telesiyej direklerinden birisi Şekil 4'te görülmektedir.



Şekil 3. Çığ başlangıç bölgesinde kırılma



Şekil 4. Oluşan çığ sonrası kayak merkezine ait telesiyej direklerinin durumu

Arazi gözlemleri sonucunda elde edilen çığ hasarlarına ait örnekler Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir. Küçük kesit alanına sahip kar direği çelik bir malzemeden yapılmış olmasına rağmen çığ akım yönünde zemin kotundan bükülerek tamamen eğildiği görülmektedir.



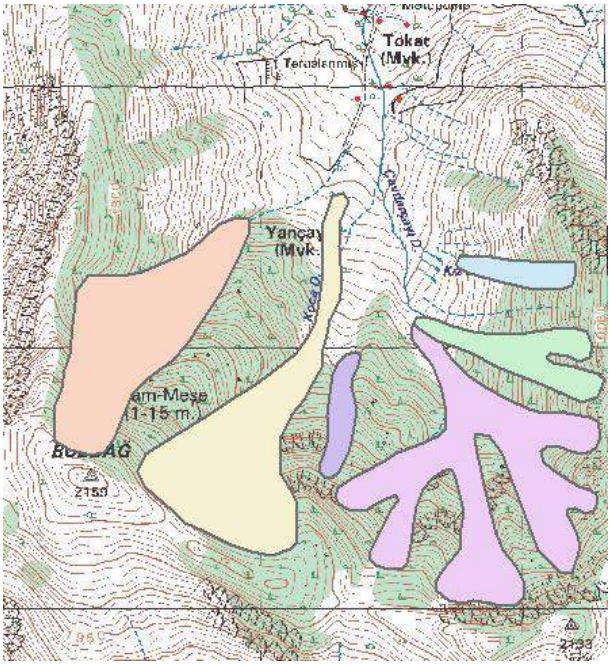
Şekil 5. Çığ sonrası kar seviye direklerinin durumu



Şekil 6. Oluşan çığdan etkilenen kar koruma yapılarından kopan parçaların yamaç aşağı yönündeki durumları

Çığ hattı üst kotlarında çığ başlamasını önlemek amacıyla ahşaptan inşaa edilmiş olan çığ bariyerleri başta yüksekliklerinin yeterli olmaması gibi tasarım eksiklikleri nedeniyle oluşan çığdan zarar görmüş ve hasar gören yapıların bir kısmı koparak yamaç aşağıya düşmüştür. Çığın koruma yapısı üzerindeki büyük basıncı Şekil 6'dan görülebilmektedir.

Yapılan arazi gözlemleri, bakı, yükseklik, eğrilik gibi CBS verileri, bitki örtüsü, kanallaşma durumu gibi saha şartları ve yerel halk ile yapılan görüşmeler neticesinde bölgenin önemli çığ hatları (patikaları) tespit edilmiş ve bu çığ patikaları CBS ortamında sayısal harita üzerinde işlenmiştir. Oluşturulan muhtemel çığ patikaları dağın kuzey yamacında bulunmaktadır.



Şekil 7. Bozdağ Kuzey yamacı muhtemel çığ patikaları

Proje amaçlarından birisi kış döneminde bölgede oluşan kar katmanları arasındaki kar mukavemet ölçümlerinin gerçekleştirilmesi ve zayıf katman(ların) tespit edilmesi işlemidir. Şekil 8'de gösterilen konu ile ilgili ayrıntılı çalışma Çankaya Ünv. düzenlenen 8. Mühendislik ve Teknoloji sempozyumunda sunulmuştur [12].



Şekil 8. Bozdağ kuzey cephede açılan kar çukuru (Dr. Erhan Tekin)

Projede kurulması hedeflenen otomatik çığ istasyonu Bozdağ üst kotlarında uygun yer seçimi yapılarak kurulmuştur. Şekil 9'da gösterilen istasyonun uygun yer seçimine bakı, yükseklik, saçaklanma durumu, rüzgar, zemin durumu ve çığ olma riskleri göz önünde bulundurularak karar verilmiştir. Kurulan istasyon aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır:

1.Anemometre (Rüzgar hızı ölçer) ve Rüzgar yönü ölçer
2.Yıldırım koruma (paratoner)
3.Kar yüksekliği ölçüm sensörü
4.Sıvı yağış ölçer ve yağmur ölçer
5.Yüzey sıcaklık sensörü
6.Güneş paneli
7.Kontrol paneli (akü, data logger, veri depolama kartları vb.)
8.Hava sıcaklığı ve bağıl nem ölçer
9. Gelen ve Yansıyan Radyasyon (albedo) ölçer
10.Manuel eşel
11.İstasyon ana taşıyıcı kafes sistem
12.Gergi halatları
13. Paratoner topraklama bağlantısı
14. 8 adet kar sıcaklığı ölçüm sensörleri
15.Veri kabloları



Şekil 9. Otomatik çığ istasyonu ve bileşenleri

Projede tüm veriler her 2 saniyede bir ölçülmekte 10 dakika süresince yapılan ölçüm sonuçlarının ortalama değerleri Gazi Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümünde kurulan bir sunucuya aktarılmaktadır. Veriler uzaktan erişim ve iletişim aktarma hatları kullanılarak bir yazılım sayesinde otomatik olarak elde edilmektedir. Ayrıca sunucuda kullanılan bir yazılım sayesinde istasyondan gelen veriler değerlendirilerek parametreler arasında analizler gerçekleştirilebilmektedir.

Projede gerçekleştirilmesi hedeflenen bir diğer konu pilot alan içerisinde oluşmuş çığın bilgisayarda sayısal model ile dinamik benzeşiminin yapılabilmesidir. Bu nedenle SLF tarafından yazılmış olan RAMMS modeli üzerinde çalışmalar başlatılmış ön denemeler gerçekleştirilmiştir.

4. Sonuç ve Öneriler

Türkiye'de çığ afeti ile yerleşim birimlerinde sık sık karşı karşıya kalınmadığı için hem kurumsal hem de toplumsal açıdan çığa karşı önlem bilinci tam olarak oluşturulamamıştır. Bu nedenle toplumsal ve kurumsal farkındalığın yaratılarak özellikle kamu kurumlarının teknik birimlerinde (örneğin karayolları, demiryolları, enerji nakil hatları, özel idare, kayak merkezi planlaması, belediyeler vb.) çığa karşı önlem bilincinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bahsedilen proje vesilesi ile ilgili kurumlarda toplantılar düzenlenerek yöneticiler ve özellikle teknik personelin çığa karşı önlem bilinci ve çığ zararlarının azaltılması konularında bilgilendirme çalışmaları yapılacaktır.

Türkiye'de çığ analizine yönelik veriler mevcut değildir. Halbuki Avrupa'da çığ ile ilgili oldukça deneyime sahip ülkeler halen çığ verilerini yeni istasyonlar ve yeni teknolojilerle arttırmaktadırlar. Bu nedenle ulusal çığ verilerinin toplanmasına öncülük etmesi hedeflenerek kurulan otomatik çığ istasyonundan elde edilen kazanımlar ilgili kurumlar ile paylaşılacaktır. İstasyonun kurulumundan işletilmesine kadar birçok aşamada kaydedilen sorunlar ve çözüm önerileri araştırma projesi sonunda hazırlanacak raporda ele alınacaktır. Böylece ulusal çığ çalışmalarına yüksek oranda katkıda bulunacağı düşünülen zirveye yakın kotlardan elde edilmiş çığa özgü meteorolojik ve kar verileri daha sağlıklı değerlendirilebilecektir. Çünkü çığ ile ilgili yapılacak her tür çalışmada bu verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

Proje sonunda hedeflenen sonuçlardan bazıları aşağıdaki gibidir:

- Pilot bölge olarak seçilen alana ait sayısal harita ve arazi gözlemleri kullanılarak bölgenin çığ tehlike haritalarının oluşturulması,
- Türkiye'de bir pilot bölgede çığ otomatik gözlem istasyon kurulması ve verilerin otomatik olarak aktarılması,
- Çığ oluşumunu etkileyen meteorolojik parametrelerin Türkiye şartlarında belirlenmesi,
- Çalışma süresi içinde çığ meydana gelmesi durumunda otomatik gözlem istasyonundan elde edilen parametreler kullanılarak olmuş çığın ilişkisinin analizi,
- Pilot bölgede yapılacak çalışma sonucunda elde edilecek sonuçların proje kapsamı dışındaki bölgeler içinde kullanılabilirliğinin tartışılması,
- Arazide çalışması sonucunda el edilen kar profil sonuçlarının otomatik istasyon verileri ile ilişkisinin belirlenmesi.

Çığ afetinin önceden tahmin edilmesi, önlenmesi veya zararlarının azaltılması mümkündür. Bu nedenle kar ve çığdan korunma ve zararların azaltılması amaçlı ulusal çalışmaların genişletilerek devam ettirilmesi gerekmektedir. Konu ile ilgili akademik çalışmalara devam edilmektedir. Bununla birlikte, sürdürülebilir çığ yönetimi için kurumsal bir yapıya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yapı ile veri toplama, toplanan verilerin analizi, çığ tahmin modelinin geliştirilmesi, çığa karşı koruma yöntemlerinin uygulanması, risk planlanması, araştırma ve yeniliklerin takibi gibi oldukça önemli konular birlikte değerlendirilebilecek ve başarı sağlanacaktır.

5. Teşekkür

Bu çalışma **TÜBİTAK** tarafından desteklenen **114M311** nolu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. TÜBİTAK'a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

6. Referanslar

[1] Bayındırlık ve İskan Bakanlığı. (2009). Arşiv Kayıtları, Ankara: Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü.

[2] Perla, R., Cheng, T. T. and McClung, D. M., 1980, "A Two-Parameter Model of Snow-Avalanche Motion" Journal of Glaciology, Vol. 26, No. 94,pp:197-207.

[3] http://www.slf.ch/

[4] http://www.slf.ch/ueber/organisation/ warnung_praevention /projekte/RAMMS/index_EN

[5] Durak, Ertuğrul 2011, "Türkiye koşulları için çığ düşmesi sonucu bina hasar görebilirlik derecesinin belirlenmesi ", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[6] Arslan, Gökhan 2014, "Çığ sayısal modeli uygulaması: Uzungöl, Dorinori örneği ", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[7] Uçar, İbrahim 2014, "Modelleme çalışmalarıyla çığ tehlike haritalarının Oluşturulması ve modelleme girdilerinin çığ akımı Üzerindeki etkileri: Çoruh havzası örneği", Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara

[8] Koçyiğit, Ö., and Gürer İ., 2007, "Effect of the Voellmy Coefficients on Determining Run-out Distance: A Case Study at Uzungöl, Turkey", G.U. Journal of Science, Vol 20, No:3, pp.78-85.

[9] Aydın, A., Bühler, A. Y., Christen, M. and Gürer, I., 2014, " Avalanche situation in Turkey and back-calculation of selected events.", Natural Hazards and Earth System Sciences, 14(5), pp.1145-1154

[10] Aydın, A. 2010, "Comparing the performance of base map scales in GIS-based avalanche simulation: a case study from Palandöken, Turkey", Environmental Earth Sciences, 61, pp.1467-1472.

[11] Köse, N., Aydın, A., Akkemik, Ü. Yurtseven, H. and Güner, T., 2010, "Using tree-ring signals and numerical model to identify the snow avalanche tracks in Kastamonu, Turkey", Natural Hazards, 54, pp. 435-449.

[12] Koçyiğit, Ö., Tekin, E. ve Arslan, G., 2015, "Çığ tahmininde kar profili analizi", Çankaya Üniversitesi 8. Mühendislik ve Teknoloji Sempozyumu 14-15 Mayıs 2015, Bildiriler Kitabı, s.317-321, Ankara.

TAŞKINLAR VE AKARSU KÖPRÜLERİNE ETKILERİ

FLOODING AND ITS EFFECT ON RIVER BRIDGES

Müsteyde Baduna KOÇYİĞİT[a], Hüseyin AKAY[b] ve A.Melih YANMAZ[c]
[a] Gazi Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl. Ankara, Türkiye, musteydebaduna@gmail.com
[b] Gazi Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Müh. Böl. Ankara, Türkiye, akayhsyn@gmail.com
[c] Orta Doğu Teknik Üniversitesi Müh.Fak. İnşaat Müh. Böl. Ankara, Türkiye, myanz@metu.edu.tr

Özet

Türkiye'de meydana gelen akarsu köprülerinin yıkılma veya ağır hasar görme olayları incelendiğinde, bu olayların genellikle taşkınlar sırasında yaşandığı ve köprülerin çoğunun ayaklarındaki aşırı oyulma nedeniyle yıkıldığı gözlemlenmektedir. Dolayısıyla taşkınların doğrudan neden olduğu can ve mal kayıplarının yanı sıra akarsu köprülerinde sebep oldukları hasar ve yıkımlarla, bunların sonucunda meydana gelen can ve ekonomik kayıpları da dikkate almak gerekmektedir. Taşkınlar nedeniyle akarsulardaki su seviyesinde ve debide ani ve önemli miktarlarda artış meydana gelmektedir. Bu önemli değişimler sonucunda köprüye etkiyen dinamik kuvvetler değişmekte, akarsuda hidrolik sıçrama, basınçlı ve savak tipi akımlar meydana gelebilmekte, köprü ayaklarında oyulmalar oluşabilmekte veya mevcut oyulmalar derinleşebilmektedir. Tüm bu nedenlerden dolayı taşkınlar akarsu köprüleri için de son derece büyük öneme sahiptir ve etkilerinin akarsu köprülerinde dikkate alınarak takip edilmesi gerekmektedir. Son yıllarda tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de olası iklim değişiklikleri ve yağış-akış ilişkisindeki değişimler nedeniyle taşkınların şiddetinde ve/veya sıklığında farklılıklar meydana gelebilmektedir. Bunun sonucunda ise akarsu köprüleri daha büyük risk altında kalabilmektedir. Söz konusu hidrolik etkileri incelemek ve akarsu köprüleri için bu etkileri de göz önüne alacak bir güvenlik-değerlendirme algoritması geliştirebilmek için taşkınların ve köprü yıkılmalarının sıklıkla meydana geldiği Batı Karadeniz Bölgesi'nde bir araştırma projesi yürütülmektedir. Çalışma kapsamında akarsu köprülerinin maruz kaldığı hidrolik etkiler incelenmekte ve bunların köprüler üzerindeki etkileri bir güvenlik değerlendirme sistemi ile kayıt altına alınmaya çalışılmaktadır. Bu bildiride araştırma kapsamında arazide yapılan gözlemler anlatılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Taşkınlar, akarsu köprüleri, oyulma, köprü ayakları

Abstract

Investigation of the events occurred in Turkey in which river bridges are severely damaged or collapsed showed that these events are usually experienced during flooding and most of the bridges collapsed due to the excessive scouring around bridge piers. Hence, besides loss of life and property directly caused by flooding, damages and failures of river bridges and similar losses caused by such destructions must be taken into account. Floods cause sudden and substantial increase in the water level and in the amount of flow of the rivers. As a result of these significant changes dynamic forces acting on the bridge might change, hydraulic jump, pressurized and weir flow types might take place and scouring around piers might deepen. For all these reasons, floods have significant importance for river bridges and their effects should be taken into account and assessed. In recent years due to possible climate changes in Turkey as all over the World and the changes in rainfall-runoff relationship variations in the intensity and frequency of floods are detected. As a result, river bridges might be under greater risk. To examine the aforementioned hydraulic effects and to develop a safety-inspection methodology for river bridges a research study is being carried out in Western Black Sea Region where floods and partial or complete failures of river bridges are frequently observed. In the scope of the current study the hydraulic effects on the river bridges are examined and their impacts on bridges are aimed to be taken into account and incorporated into a safety-inspection system. This paper informs the observations made during field trips of the current research.

Keywords: Floods, river bridges, scouring, bridge piers

1. Giriş

Ülkemizde yıkılan veya ağır hasar gören akarsu köprüleri incelendiğinde yıkılma veya hasarın en önemli sebebi, gerek köprünün tasarım aşamasında gerekse işletimi sırasında mevcut ve/veya oluşabilecek hidrolik etkenlerin yeterince dikkate alınmaması olarak ifade edilebilir. Hidrolik etkenlerden bazıları doğal veya insan kaynaklı nedenlerle akarsu taban seviyesi değişimleri, akarsu köprülerinde ayaklar etrafındaki aşırı oyulmalar, ayaklar arasındaki açıklıkta akımla taşınan katı malzemenin birikmesi sonucunda köprü membaında ve açıklığında su seviyesinin artması, köprü açıklığındaki olası hidrolik sıçrama olarak tespit edilebilir (Yanmaz, 2002a).

Köprüler, oldukça dinamik bir sistemin içinde bulunan karmaşık yapılar olup birbiriyle ilişkili olan birçok parametreden etkilenmektedir. Örneğin hava durumundaki değişimler nedeniyle ani kar erimeleri veya kısa ama çok şiddetli yağışların yaratabileceği taşkınlar, havzadaki bitki örtüsü veya arazi kullanımının değişmesiyle farklılaşan yağış-akış ilişkileri ve akışa geçen su miktarı, hidroelektrik santralleri veya barajlar, akarsu yatağından kum ve çakıl çekilmesi ya doğrudan ya da dolaylı olarak akarsu yataklarını, akarsu debisini ve dolayısıyla köprüleri etkilemektedir. Dolayısıyla mevcut köprülerin güvenli bir şekilde hizmetlerine devam edebilmeleri için bu yapılar düzenli şekilde denetlenmeli ve olası problemler nedenleriyle birlikte saptanıp, gerekli koruyucu önlemler

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

alınmalıdır. Akarsu köprüleri için en büyük tehlike olan oyulma başta olmak üzere hidrolik etkenlerin proje aşamasından başlayarak dikkate alınması ve kullanım süresince akarsu yatağının ve üzerindeki köprülerin durumlarının periyodik olarak ve özellikle taşkın, deprem vb. doğal afetlerin ardından incelenmesi, kapsamlı bir envanter çalışması ile birlikte köprünün durumunu yansıtacak uygun bir güvenlik-değerlendirme sisteminin kullanılması zorunludur.

Ülkemizdeki akarsu köprüleriyle ilgili en büyük eksikliklerden biri köprülerle ilgili güncel, pratik ve doğru bir değerlendirme yapmayı, bu değerlendirmeyi bir veri tabanında saklamayı ve yenilemeyi içeren bir muayene sisteminin olmayışıdır. Bu sorunun çözümlenebilmesi için öncelikle ülke ihtiyaçlarına, ekonomik ve sosyo-ekonomik şartlarına uygun, doğru, muayeneyi yapacak mühendisin kişisel kanaatini mümkün olduğunca asgari düzeye indirecek bir güvenlik-değerlendirme algoritmasının geliştirilmesi gerekmektedir. Bunun için Karayolları Genel Müdürlüğü'nün (KGM) kullandığı Köprü Muayenesi El Kitabı'nda belirtilen sistemin yenilenmesi, daha spesifik bir değerlendirme sağlanması ve özellikle mevcut ve değişen hidrolik şartların gözlemlenip kaydının yapılabileceği bir sistem oluşturulması gerekmektedir.

2. Taşkınlar ve Akarsu Köprüleri

Ülkemizde bugüne kadar birçok köprünün yıkılmasına veya ağır hasar görmesine neden olan taşkın olayları yaşanmıştır. Örneğin hasar gören veya yıkılan köprüler arasında 2010 Ocak ayında Muğla'da Gökçeler, 2011 yılında Ordu'da Cüridere, Osmaniye'de Yarpuz 1, 2012 yılında Sinop'ta Güzelceçay 2 ve Abdest, Adana'da Gökdere ve Mersin'de Kadıköy köprüleri ile 2014 Ocak ayında Antalya'da Dolbazlar, 2014 Mart ayında Malatya Doğanşehir'de biri eski biri yeni olmak üzere iki adet köprü sayılabilir. Ancak Nisan 2012'de Zonguldak'ta Çaycuma köprüsünün çökmesiyle birlikte maddi hasarın yanı sıra 15 vatandaşımız da hayatını kaybetmiştir. Bu nedenle su seviyesinin ani ve büyük değişimler gösterdiği taşkın zamanlarında meydana gelen hidrolik olayların, akarsu köprülerine etkilerinin ve sonuçlarının detaylı olarak incelenmesi gerekmektedir.

Taşkın sırasında hem akarsu yatağında meydana gelen debideki artış nedeniyle su seviyesi hem de havzalardan akarsu yatağına taşınan sediment miktarı artmaktadır. Böylece taşkın durumunda su seviyeleri köprü tabliyesinin alt kirişlerine kadar ulaşabilmektedir. Alt kirişlere suyun ulaştığı durumda ise akım artık serbest değil basınçlı akım olmaktadır. Debinin daha da artması halinde ise su seviyesi alt kiriş seviyesinden de yukarıya çıkmakta ve köprü tabliyesini aşabilmektedir. Bu durumda ise köprü, kalın eşikli savak gibi davranmakta, bu akıma ise savak tipi akım denmektedir. Bu koşullar altında tabanda oluşabilecek sediment hareketi önemli ölçüde etkilenebilmektedir. Köprülerin çoğunun ayaklarındaki aşırı oyulmalar nedeniyle yıkıldığı gözlemlendiğinden (Yanmaz, 2002b) basınçlı akım ve savak tipi akım durumlarında meydana gelecek sediment hareketinin ve dolayısıyla ayaklardaki oyulmaya etkisinin araştırılması kaçınılmaz olmaktadır.

Taşkınların akarsu köprülerinde meydana getirdiği akım şartlarının bilinmesi, bunların neden olduğu oyulma ve benzeri hidrolik etkilerin saptanması ve gerekli önlemlerin zamanında alınması akarsu köprüleri için büyük önem taşımaktadır. Taşkın sırasında köprünün incelenmesi güvenlik nedeniyle mümkün olmadığından sonrasında köprülerin muayene edilerek köprü ayaklarında, yaklaşım dolgusunda, akarsu yatağında veya şevlerinde meydana gelmiş olan oyulma, kayma ve benzeri değişimlerin tespit edilmesi, değerlendirilmesi ve ileride köprüye zarar verecek boyutlara ulaşmadan önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu da basit, uygulanabilir, pratik, sürdürülebilir, pahalı olmayan ve değerlendirmeyi yapan kontrol mühendisinin kişisel değerlendirmesine mümkün olduğunca imkân tanımayan bir güvenlik-değerlendirme sistemiyle mümkün olabilir. Böylece farklı akım şartlarının ve özellikle taşkınların akarsu köprülerinde meydana getireceği etkiler kayıt altına alınıp takip edilerek gerekli önlemlerin alınması sağlanabilir.

3. Güvenlik-Değerlendirme Çalışmaları

Literatürde köprü güvenliği için hidrolik değerlendirme geniş ölçüde araştırılmamıştır. Hidrolik değerlendirme genellikle, yapısal değerlendirmenin bir bölümü olarak göz önüne alınmakta veya sınırlı şekilde çalışılmaktadır. Johnson vd. (1999), çakıl tabanlı akarsu yatağı dengesi üzerinde yaptıkları çalışmada akarsu yatak durumlarının tetkiki için bir kontrol listesi oluşturmuşlardır. Kanal dengesini değerlendirebilmek amacıyla da mevcut yöntemlerden yararlanmışlardır (Pfankuch, 1978; Simon ve Downs, 1995; Thorne ve vd. 1996). Bu bağlamda araştırmacılar çalışmalarında akarsu yatağı denge durumunu etkileyen 13 adet farklı parametreden oluşan bir kontrol listesi önermişlerdir. Bu parametreler, herhangi karmaşık bir alete veya deneysel analize gerek kalmayacak şekilde gözlemle belirlenmiştir. Daha sonra bu göstergeleri sınıflandırarak ağırlıklı ortalamalarını hesaplamışlar ve bunların toplamlarından çakıl tabanlı akarsularda bir kararlılık derecelendirmesi oluşturmuşlardır. Araştırmacılar geliştirdikleri yöntemin, değerlendirmeyi yapan mühendise muhtemel problemleri ifade eden bilgiyi verdiğini ancak bu problemin muhtemel büyüklüğü ile ilgili hiçbir ipucu vermediğini belirtmişlerdir. Bu yöntem oldukça açık olup parametrelerin belirlenmesi kolay ve pratik olduğu için Yanmaz vd. (2007)'nin çalışmasında da yer almıştır.

Johnson (2005), Joshnson ve vd. (1999) tarafından önerilmiş olan modeli düzenleyip, yeni gözlemler ve akarsu dengesini karakterize edecek başka göstergeler ekleyerek yeni bir akarsu denge değerlendirme yöntemi geliştirmiştir. Johnson (2005) yönteminde akarsu dengesi için Knox (1976)'un tanımını kullanılmıştır. Bu tanıma göre bir köprü civarındaki kararlı akarsuda jeomorfik yöntem ve biçim arasında bir ilişki bulunduğu ve sistemin morfolojisi köprünün belirli mesafe memba ve mansap yönlerinde minimum yanal hareketle nispeten sabit kaldığı kabul edilmektedir. Araştırmacının köprü uygulamaları için geliştirdiği denge değerlendirme yöntemi şu özelliklere sahiptir; (1) Kısa ve öz olmalı; böylece hızlı bir şekilde tamamlanabilmelidir (2) kapsamlı eğitim gerektirmeyecek şekilde basit olmalıdır (bir miktar eğitime yine de ihtiyaç duyulacaktır) (3) literatürde bulunan sağlıklı göstergelere dayanmalıdır (4) köprü mühendisliğinin ihtiyaçlarını karşılamalıdır. Johnson (2005)'ın geliştirdiği bu yöntem

ABD'de yapılmış olan gözlemlere dayanmakta olup tüm bölgeler veya akarsu tipleri dikkate alınamadığından yöntemin dikkatle kullanılması tavsiye edilmektedir.
Ülkemizdeki mevcut köprü stoğuna her geçen yıl yeni köprülerin eklenmesi, geçmişteki bakım uygulamalarının istenilen seviyede gerçekleştirilememiş olması, çok sayıda köprünün bakım-onarım durumunun istenilen düzeyde olamaması ve ihtiyaç duyulan bakım-onarım gereksinimi için devlet bütçesinden ayrılan kaynakların yeterli seviyede olmayışı, ülke genelindeki köprülerin yönetimini mümkün kılacak bir Köprü Yönetim Sisteminin geliştirilmesini zaruri hale getirmiştir. Bu nedenle 2009 yılında TÜBİTAK Kamu Araştırmaları Grubu (KAMAG) tarafından desteklenen "Karayolları Genel Müdürlüğü Köprü Yönetim Sisteminin Geliştirilmesi" isimli projeyle Türkiye'de ilk kez bir Köprü Yönetim Sistemi'nin (KYS) geliştirilmesi hedeflenmiştir. 2012 yılında tamamlanan projeyle Karayolları Genel Müdürlüğü'nün sorumlu olduğu köprülerin bakım, onarım ve yeniden yapım maliyetlerini sürekli gözlemleyebilmesi ve kurumun her yıl bir sonraki yıl için oluşturacağı bütçelerin talep edilme aşamasında sahip olunacak teknik ve idari raporlar sayesinde bilimsel ve teknik verilere dayalı gerekçeler sunabilmesi mümkün olmuştur. KYS'nin Türkiye'de bulunan tüm köprülere ait gerekli envanter çalışmalarının tamamlanmasıyla 2015 yıl sonu itibari ile hizmete girmesi beklenmektedir.

Yanmaz vd. (2007) tarafından Türkiye'deki akarsu köprülerine uygun bir güvenlik-değerlendirme sistemi geliştirilmiş ve bir dizi köprüye uygulanmıştır. Ülkemizde uygulanabilir, basit ve sürdürülebilir bir güvenlik-değerlendirme sistemi geliştirmek için ODTÜ yürütücülüğünde Gazi Üniversitesi ile KGM'den bir mühendisin de yer aldığı bir çalışma grubu TÜBİTAK tarafından sağlanan proje desteğiyle çalışmalarını yürütmektedir. 2017 yılında tamamlanması planlanan proje kapsamında KGM'nin kullandığı Köprü Muayenesi El Kitabı'nda belirtilen sistemin yenilenerek daha spesifik bir değerlendirme sağlanması, özellikle mevcut ve değişen hidrolik şartların gözlemlenip kaydının yapılabileceği bir yöntem geliştirilmesi hedeflenmektedir.

4. Çalışma Kapsamındaki Akarsu Köprüleri ve Muayene Çalışmaları

Yapılan ön analizler ve araştırmalar sonucunda gerek hidrolik etkenler gerekse zeminsel faktörler nedeniyle oyulma probleminin söz konusu olduğu, ani kar erimeleri ve özellikle şiddetli yağışlar sonucunda meydana gelen taşkınların yaşandığı geçmiş tecrübelerin de işaret ettiği Batı Karadeniz Bölgesi pilot bölge olarak seçilmiştir. Bu bölgede bulunan ve söz konusu problemlere, özellikle oyulmaya maruz kalmış, farklı havza, akarsu yatağı, akım, şev ve taban malzeme özelliklerine sahip akarsularda bulunan farklı yapısal özelliklere sahip beş adet akarsu köprüsünde saha çalışmaları yapılmaktadır (Çizelge 1). Oyulma analizleri için yılda iki kez olmak üzere köprünün bulunduğu akarsu yatağında membada beş ve mansapta dört adet akarsu kesitinde batimetrik ölçümler yapılmaktadır. Böylece hem akarsu tabanı seviye değişimleri yerinde tespit edilip akarsu yatağının denge durumu incelenebilmekte hem de ayaklarda meydana gelen oyulmalar takip edilebilmektedir. Ayrıca köprü ve akarsuda yapılan gözlemlerle köprü ayaklarında meydana gelebilecek oyulma üzerinde etkili olabilecek diğer değişkenler de göz önüne alınarak değerlendirmeler yapılmaktadır.
Çizelge 1. Pilot bölgede incelenmekte olan akarsu köprüleri ve özellikleri

Köprü adı	İli	Akarsu Adı	Köprünün Cinsi
Bartın I	Bartın	Bartın Çayı	Betonarme – Basit Kiriş
Bartın III	Bartın	Bartın Çayı	Betonarme – Basit Kiriş
Gökçebey (Tefen)	Zonguldak	Filyos Çayı	Betonarme – Gerber kiriş
Filyos-V	Karabük	Filyos Çayı	Betonarme – Basit Kiriş
Çatalzeytin	Kastamonu	Akçay	Betonarme – Gerber kiriş

21 Mayıs 1998 tarihinde Bartın'da büyük bir taşkın meydana gelmiş ve akarsu boyunca birçok noktada su akarsu yatağından taşarak baskınlara neden olmuştur. Foto 1'de Orduyeri Köprüsü'nden çekilmiş bir fotoğrafta taşkın tarihinde yükselen taşkın sularının seviyesi görülmektedir. Bartın'da yerel halkla yüz yüze yapılan görüşmelerde söz konusu olayda taşkın sularının Bartın I Köprüsü'nün de üzerinden aştığı öğrenilmiştir. Bu bildiride şiddetli taşkın sularına maruz kalmış ve üzerinden su aşarak hem basınçlı hem de savak tipi akıma maruz kalmış Bartın I Köprüsü ile yine Bartın'da yer alan Bartın III Köprüsü ve Karabük'e yakın Filyos V köprüsü ile ilgili gözlemler ve değerlendirmeler verilmektedir.



Foto 1. Orduyeri Köprüsü'nden Bartın Çayı ile taşkın suyu izi (Ekim 2015)

Bartın I Köprüsü Karayolları Genel Müdürlüğü 15.Bölge'ye bağlı Bartın il sınırları içerisinde Safranbolu-Çaycuma (Karabük – Devrek) yolu üzerinde yer alan, iki şeritli tek yönlü iki adet akarsu köprüsünden oluşmaktadır. Bartın I Köprüsü, Bartın Çayı üzerinde 1979 yılında L=(3x20.0) m uzunluğunda, üç açıklıklı, basit kirişli, iki kenar ve iki orta

ayağa sahip betonarme iki ayrı köprü olarak inşa edilmiştir. Bartın Çayı bu bölgede oldukça menderesli, her iki kıyısı çok dik olup köprünün bulunduğu kesimde şevler sık ağaç ve çalılıklarla kaplıdır. Bölgeye ait eski fotoğrafların incelenmesi ve yapılan saha çalışmalarındaki gözlemler sonucunda bölgede özellikle son yıllarda çok sayıda yeni yerleşim yerlerinin inşa edildiği ve o alanlardaki bitki örtüsünün hızla azaldığı görülmüştür. Bu durum ise köprü civarındaki yağış-akış ilişkisini doğrudan etkileyen önemli bir unsurdur. Çünkü bitki örtüsü yağışın aynı şiddette hemen akışa geçmesini geciktirerek taşkın olasılığını ve şiddetini azaltabilmektedir. Bartın I Köprüsü muayenesinde hemen göze çarpan ilk şey ise her iki köprü orta ayaklarında meydana gelmiş olan aşınmadır (Foto 2).



Foto.2. Bartın I Köprüsü orta ayakları

Açığa çıkmış olan saç kılıfların orta ayakları koruduğu, kılıfın olmadığı ayakta ise betonda son derece önemli deformasyonların ve aşınmanın meydana geldiği ve kesiti zayıflattığı görülmektedir (Foto 3).



Foto 3. Bartın I köprüsü orta ayakta aşınma (Ağustos 2015)

Bartın III Köprüsü, Bartın – Amasra yolu üzerinde yer alan, gidiş-geliş olmak üzere iki şeritli çift yönlü bir akarsu köprüsü olarak 1984 yılında inşa edilmiştir. Ancak şehir trafiğinin artması ve Amasra'nın gelişmesiyle köprü bu trafiği karşılamada yetersiz kalınca 2010 yılında hemen mansabına iki şeritli yeni bir köprü daha yapılmıştır. Böylece her iki köprü de çift şeritli tek yönlü olarak hizmet vermeye başlamıştır. Köprü, Bartın Çayı'nın büyük yan kolu olan Gökırmak üzerindedir. Köprü memba ve mansabındaki her iki kıyı şev eğimleri oldukça yumuşak olup yer yer sert eğimler görülmektedir. Akarsu yatağı mendereslidir ve etrafında özellikle son yıllarda yoğunluğu hızla artan yerleşim yerleri ve işletmeler bulunmaktadır. Akarsuyun her iki kıyısında ve şevlerinde ince gövdeli ağaçlar ve çalılık bulunmaktadır. Köprüye yapılan ziyaretlerde genelde köprü altındaki akımın çok sakin olduğu görülmüştür. Ancak bölgeye bir günlük yağış düşmesi sonrasında akarsu debisinin ani olarak arttığı ve köprü altından şiddetli ve etkili akım geçtiği gözlemlenmiştir (Foto 4). Bu da bölgede yağışın hemen akışa geçtiğini ve büyük drenaj alanına sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bölgede meydana gelecek kuvveti bir yağışın taşkın oluşturma ve köprüleri etkileme riskinin oldukça yüksek olduğu düşünülmektedir.



Foto 4. Bartın III köprüsü mansabı (Aralık 2014)

Bartın III Köprüsü muayenesinde de Bartın I köprüsünde olduğu gibi göze çarpan ilk detay Bartın III Köprüsü orta ayaklarında meydana gelmiş olan aşınmalardır (Foto 5). Orta ayaklarda oyulma ve akarsu tabanındaki alçalma sebebiyle zeminde gömülü olması gereken bağ kirişlerinin dahi ortaya çıktığı görülmektedir. Açığa çıkmış bağ kirişleri altında zeminde gömülü olması gereken ayaklarda ise su içerisinde görülen bölümlerinde betonun son derece yıprandığı, yer yer çatlakların ve oyukların oluştuğu, hatta donatıların ortaya çıktığı görülmektedir.



Foto 5. Bartın III Köprüsü orta ayakları (Ekim 2015)

Filyos V Köprüsü, Karabük il sınırları içerisinde Karabük-Yenice yolu üzerinde yer alan, gidiş-geliş olmak üzere iki

şeritli çift yönlü bir akarsu köprüsüdür. Köprü, Filyos Çayı üzerinde 1990 yılında inşa edilmiş, betonarme, dört açıklıklı, L=(4x20.0) m uzunluğunda basit kirişli, iki kenar ve üçlü kolon-kazıktan oluşan çerçeve şeklinde iki adet orta ayağa sahip bir köprüdür. Köprüde Mayıs 1998 tarihinde köprü orta ayaklarının birinde 65 cm'lik oturma olduğu tespit edilmiş ve Temmuz 1998'de köprü tabliyesi kaldırılarak eski haline getirilmiştir (Foto 6).



Foto 6. Filyos V Köprüsü su seviyesi düşük olması halinde (Ekim 2015)

Tam tarihi belirlenememekle birlikte köprü ayaklarının birinde meydana gelmiş olan oturmanın Mayıs 1998 döneminde olması dikkat çekicidir. Söz konusu dönemde bölgenin almış olduğu şiddetli yağışlar ve taşkınlar nedeniyle ayakta oturma meydana gelmiş olma olasılığı bulunmaktadır. Bu da taşkınların akarsu köprüleri için ne kadar önemli etkilere sahip olduklarını gösteren diğer bir örnektir. Ancak o dönemde herhangi bir muayene veya kayıt olmadığından kesin bir kanıya varmak mümkün değildir. Filyos V köprü muayenesi sırasında dolguda da oturma meydana geldiği ve bu nedenle bu bölgeye daha önce kaya tahkimat yapıldığı, ancak halen dolguda kayma ve oturmanın devam ettiği görülmektedir (Foto 7). Köprüde her iki kenar ayak dolgusunda da oturma meydana gelmiştir.



Foto 7. Filyos V köprüsü kenar ayak dolgu şevi ve koruma amaçlı kaya tahkimat (Ağustos 2015)

Proje kapsamında yapılan saha çalışmalarında Filyos V, Gökçebey, Bartın I, Bartın III ve Çatalzeytin Köprü'lerinde etkili olduğu düşünülen hidrolik parametreler aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

1.Köprü konumu ve verevliği:
Akarsu yatakları üzerindeki köprülerin konumları önemlidir. Örneğin özellikle dik yamaç eteklerinde veya yüksek eğime sahip havzalarda şiddetli yağış veya ani kar erimesiyle oluşan debi büyük bir hızla ve kısa sürede akarsuya ulaşabilmektedir. Bu durumda bu bölgelerdeki köprüler daha sık ve şiddetli taşkın debisine maruz kalabilmekte, bu da ayaklarda oyulma riskini artırabilmektedir. Ayrıca köprünün akarsuyu dik değil de belli bir açıyla kesmesi durumu da ayaklarda meydana gelen akım yapısını etkilemekte ve dolayısıyla oyulmayı artırmaktadır.

2.Havza bitki örtüsü ve arazi kullanımı:
Havzanın bitki örtüsü ve arazi kullanımı da yağış-akış ilişkisini etkilemektedir. Azalan bitki örtüsü ve artan yerleşim alanlarıyla yağış-akış ilişkisi değişebilmekte, daha fazla yağış miktarı doğrudan akışa geçerek taşkın riskini artırabilmektedir.

3.Akarsu üzerinde HES bulunması:
Karadeniz Bölgemizde özellikle son 10 yıl içerisinde HES sayısında ciddi bir artış olmuştur. HES'ler akımla askıda gelen sedimenti biriktirmekte böylece mansaba sedimentten arınmış temiz su bırakmaktadırlar. Bu durumda doğal akarsu taban dengesi değişebilmekte, akarsu tabanında meydana gelen alçalma, membadan gelen akımda sediment bulunmaması nedeniyle gittikçe artmakta, bu da köprü ayaklarında daha fazla ve ciddi oyulma anlamına gelmektedir

4.Kum ve çakıl ocaklarının bulunması:
Köprünün tasarımı sırasında mevcut olmayan ama köprü trafiğe açıldıktan sonra meydana gelebilecek bir diğer değişiklik de akarsu yatağından kum ve çakıl çekilmesidir. Özellikle Batı Karadeniz Bölgesinde kum çakıl ocağı işletmeleri dere yatağı malzemesini usulüne uygun olarak almamakta, bunun sonucunda köprünün bulunduğu bölgede alçalan akarsu yatağı tabanı nedeniyle köprü ayaklarında oyulmalar artmaktadır. Bu konuda 2006/27 numaralı Başbakanlık Genelgesi (Resmi Gazete, 2006) olmasına karşın uygulamadaki aksaklıklar ve yasal mevzuattaki boşluklar nedeniyle dikkate alınmamaktadır.

5.Akarsu yatak eğimi:
Akarsu yatak eğiminin dik olduğu yerlerde gerekli önlemlerin (örneğin, tersip benti) alınarak akarsu tabanının daha da alçalması önlenmelidir.

6.Akarsu kolu birleşimi:
Köprü membaında veya mansabında köprünün üzerinde bulunduğu akarsu kolunun başka bir akarsu kolu ile birleşmesi de gerek akarsudaki akımı gerekse akarsu taban durumunu etkilemektedir.

7.Akarsu yatağı mendereslilik durumu:
Köprünün bulunduğu bölgeye yakın akarsu yatağının menderesli oluşu da akarsu taban değişimlerini etkilemektedir.

8.Akarsu yatağı ıslah çalışmaları:
Türkiye'de akarsularda taşkın koruma ve ıslah çalışmalarını DSİ yürütmektedir. Bu çerçevede yapılan çalışmalarda amaç belirlenen tekerrürde (Q100 veya Q500) debiyi akarsu yatağının geçirmesini sağlamaktır. Ancak saha çalışmaları sırasında mevcut köprülere zarar

verilebildiği veya akarsuda meydana gelebilecek değişikliklerin köprüler üzerindeki etkilerinin göz önüne alınmayabildiği görülmüştür. Bu nedenle köprünün bulunduğu akarsu yatağında böyle bir çalışmanın yapılıp yapılmadığının bilinmesi ve bu durumun köprü üzerinde yaratabileceği etkilerin gözlemlenmesi gerekmektedir.

9. Ağaç gövdesi, dalı gibi atıkların bulunması:
Saha çalışmasında neredeyse çalışmaların yürütüldüğü tüm köprü ayaklarında akımla gelmiş ve köprü ayaklarında takılmış çeşitli büyüklüklerde ağaç gövdesi, dalı ve atık malzeme görülmüştür. Köprü ayağında biriken bu tür atıkların olması durumunda köprü ayağı etrafındaki akım yapısı etkilenmekte ve oyulma riski artabilmektedir. Ayrıca zamanla biriken malzemeler nedeniyle akım alanı küçülerek ayaklar arasındaki akım hızı artmakta ve bu da oyulmayı tetiklemektedir.

10. Oyulmaya karşı yapılan tahkimatlar:
Gerek ölçüm ve muayenelerin yürütüldüğü köprülerde gerekse bölgede bulunan diğer köprülerde yapılan gözlemlerde, ayaklarda oyulma olması durumunda büyük kaya parçalarının bu bölgelere yerleştirilerek oyulmaya karşı önlem alınmaya çalışıldığı tespit edilmiştir. Ancak bu şekilde büyük kaya parçalarının yerleştirildiği ayaklarda kayalar etrafında ve arasındaki boşluklarda türbülanslı akım meydana geleceğinden bu bölgelerdeki oyulmanın daha da artabileceği unutulmamalıdır. Ayrıca tamamen rasgele yerleştirilen bu kaya parçaları kuvvetli akımla birlikte yer değiştirebilmekte ve sorunu daha da artırabilmektedir. Bu nedenle oyulma için yapılan uygulamalar da önem taşımaktadır

5. Sonuç

Akarsu köprülerinin çoğunlukla yıkılma veya hasar görme nedenlerinin başında hidrolik etkenlerin geldiği görülmektedir. Bu etkenlerin en önemlisi ve en etkilisi ise taşkınlardır. Taşkınlar nedeniyle akarsu yatağında ve köprü ayaklarında oyulmalar meydana gelmekte, köprü ciddi hasar görebilmekte veya yıkılmaktadır. Dolayısıyla, bu etkenlerin incelenerek köprü muayenesi – güvenlik değerlendirmesinde dikkate alınması ve geliştirilerek sistematik bir yöntemle KGM tarafından uygulanabilir hale gelmesi, hem mal hem de can kaybını asgariye indirgemek için gereklidir. Bunun için taşkınların sıklıkla yaşandığı Batı Karadeniz Bölgesi'ndeki farklı hidrolik özelliklere sahip üç adet akarsu köprüsü ile ilgili çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir. Hidrolik etkenlerin muayene sırasında kolaylıkla değerlendirilebilir ve sisteme girilerek analiz edilebilir hale gelmesi için çalışmalar devam etmektedir. Ülkemizde farklı bölgelerde bulunan farklı hidrolik etkilere maruz akarsu köprülerinin de incelenerek değerlendirmeye katılması, çalışmanın etkisini artıracaktır. Ancak mevcut şartlar altında bu çalışmanın akarsu köprülerine ve yaşanan problemlere gereken dikkati çekmek ve çözüm önerisi geliştirmek için çok iyi bir başlangıç olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Yazarlar bu çalışmaya 114M292 no'lu proje ile kaynak desteği sağlayan TÜBİTAK'a teşekkürü bir borç bilir.

Kaynaklar

[1] Yanmaz, A.M. Köprü Hidroliği (1.Basım). Ankara: ODTÜ Yayıncılık, 2002a.
[2] Karayolları Genel Müdürlüğü, Köprü Muayenesi El Kitabı. Tesisler ve Bakım Dairesi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 2012.
[3] Yanmaz, A.M. Yıkılan akarsu köprüleri üzerine görüşler. Türkiye Mühendislik Haberleri, 420 – 421 - 422,137 – 141, 2002b.
[4] Johnson, P.A., G.L.Gleason and R.D.Hey. Rapid assessment of channel stability in vicinity of road crossing. Journal of Hydraulic Engineering, Vol.125, No.6, 645 – 651, 1999.
[5] Yanmaz, A.M., Caner, A. and Berk, A. Renovation of a safety-inspection methodology for river bridges. Journal of Performance of Constructed Facilities, Vol.21, No.5, 382 – 389, 2007.
[6] Pfankuch, D. J., Stream reach inventory and channel stability evaluation. Forest Service, Northern Region, Rep., U.S. Dept. of Agriculture, Missoula, Mont, 1979.
[7] Simon, A., and Downs, P. W., An interdisciplinary approach to evaluation of potential instability in alluvial channels. Geomorphology,12, 215–232, 1995.
[8] Thorne, C. R., Allen, R. G., and Simon, A., Geomorphological river channel reconnaissance for river analysis, engineering, and management. Transactions of the Institute of British Geographer, 469–483, 1996.
[9] Johnson, P. A. Preliminary assessment and rating of stream channel stability. Journal of Hydraulic Engineering, 131(10), 845–852, 2005.
[10] Knox, J. C. Concept of the graded stream. Proc., Theories of Landform Development, in: 6th Annual Geomorphology Symposium Series, State University of New York, Binghamton, N.Y., 169–198, 1976.

TÜRKİYE'DE DEPREM VE SEL AFET YÖNETİMİ DÜZENLEMELERİ

EARTQUAKE AND FLOOD DISASTER MANAGEMENT REGULATIONS IN TURKEY

Esra DOBRUCALI[a] ve İsmail Hakkı DEMİR[b]
[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: eeken@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: idemir@sakarya.edu.tr

Özet

Doğal Afet, genelde ani olarak ve belirli periodlarda ortaya çıkan, can ve mal kayıplarına ve çevrenin tahribine sebep olan, sosyal yaşantıyı ve ekonomiyi olumsuz etkileyen doğal olaylar olarak bilinmektedir. Dünyada afetlerin sebep olduğu kayıpları en aza indirme çalışmalarına geçtiğimiz yüzyılın son çeyreğinde müdahale ve iyileştirme faaliyetleri de eklenmiştir. Bu yüzyıl başından itibaren ise bu tepkisel faaliyetlerin yerini afet risklerinin tanımı, analizi ve yönetimi çabalarını içeren proaktif faaliyetlere bırakmıştır. Bu gelişmelere bağlı olarak, dünyada Afet Yönetimi teşebbüs ve faaliyetlerini düzenleme ve koordine etmeye yönelik kanunlar düzenlenmiş, yeni kurum ve kuruluşlar ihdas edilmiş, plan ve stratejiler geliştirilmiştir. Bu çalışmada, çevremizdeki deprem ve sel afetlerinin analizi ve olumsuz sonuçlarını en aza indirme araştırma ve çalışmalarını kapsayan Afet Yönetim Anlayışı hakkında Türkiye'de kamu kurumları bazında uygulamaya konulan mevzuat, plan ve strateji kararları ele alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Afet Yönetimi, Deprem, Sel, Önleme Politikaları,

Abstract

Natural disasters are known as natural events that usually abrupt and occurs in certain periods, causing loss of life, destruction of property and the environment and affecting negatory social life and economy. In the last quarter of the past century, "Response" and "Recovery" activities were the reactional efforts of minimizing the losses caused by natural disasters. Since the beginning of this century, they share their place with proactive efforts as Risk Assessment, Mitigation/Prevention and Preparedness. Due to these developments, to coordinate and arrange the disaster management initiatives and activities, several laws were issued, new institutions were set and new plans and strategies have been developed. In this study, the endeavors like researches, planning and settling strategies to minimize the negative consequences of natural disasters, particularly earthquakes and flooding, are classified in the legislative context.

Keywords: Disaster Management, Earthquake, Flood, Prevention Policies

1. Giriş

Endüstri devrimi sürecinde ve sonrasında yaşanan kitlesel üretimle tüketimin teşviki ve buhar gücüne dayalı alet ve motorların geliştirilmesiyle insanların yeryüzüne yayılma hızının artması, büyük sosyal değişimlerin yaşanmasına sebep olduğu gibi; üretim merkezi olan şehirlerin nüfuslarının hızla artmasına, dolayısıyla merkezi yerleşim bölgelerindeki hızlı yapılaşmanın da oluşmasına yol açmıştır. Günümüzde yerleşim merkezlerinde deprem ve sel gibi yaşanan doğal afetlerin eskiye oranla çok daha yüksek bir oranda can ve mal kayıplarını doğurmasının sebeplerinden biri de kontrolsüz bir şekilde hızla büyüyen şehirlerde kümeleşen sağlıksız yapılaşmalardır. Bununla birlikte, afetlerin engellenmesi noktasında yüksek bir etkiye ve güce sahip bulunmadığımız da malumdur. Ancak, toplu yaşama anlayışının gerektirdiği saygının, iletişimin ve işbirliğinin geliştirilmesi, bilimsel araştırmalara dayalı plan ve stratejilerin oluşturulması ve çeşitli mevzuat hükümlerinin yürürlüğe konmasıyla, meydana gelebilecek afetlerin yıkıcı sonuçlarının, can ve mal kayıplarının en aza indirilmesi mümkün olacaktır.

Dünyada oluşan doğal afetlerin analizi yapılarak bu afetlerin tekrarlanması halinde bir öncekine oranla çok daha az etkiye maruz kalmanın veya hiç etkilenmemenin önünü açan çalışmalara "Afet Yönetimi" denilmektedir [1]. Günümüzde Afet Yönetimi anlayışında afete maruz kalabilecek yerlerde zarar-ziyanın azaltılması, hazırlık, erken uyarı, tahmin afetleri anlamak gibi afet öncesi (proaktif) çalışmalar "Risk Yönetimi" olarak tanımlanmakta; etkinin tanım ve tahlili, müdahale, iyileştirme, yeniden yapılanma gibi afet sonrası çalışmalar ise "Kriz Yönetimi" olarak kabul edilmektedir [2,3]. Bu bağlamda Afet Yönetimi çalışmaları, bir döngü olarak kabul edilmiş ve afet öncesini, afet esnasını ve afet sonrasını kapsayan tüm faaliyetleri kapsamaktadır [4]. Bu konuda, dünyadaki gelişmelere paralel olarak, "Doğal Kaynakların Korunması", "Sürdürülebilir Gelişme", "Afet Yönetimi" gibi terimlerin Türkiye'de toplumun farklı kesimlerinde revaç bulması, yapılan uluslararası toplantılar, imzalanan anlaşmalar ve alınan önlemler, gelecekte yaşanabilecek büyük ölçekli doğal afetlerin olumsuz sonuçlarını önlemeye yönelik olumlu gelişmeler olarak tanımlanabilir.

2. Türkiye' de Afet Politikalarının Gelişimi

Türkiye'de 1900-2015 tarihleri arası yaşanan deprem ve sel doğal afetlerinin sonucunda yaşanan ölüm sayıları ve doğal afet sayıları "The International Disasters Database" veri tabanından elde edilmiştir. Bu veriler Tablo 2.1 ' de gösterilmiştir. Tabloda verilen bilgilere göre ölüm oranları incelendiğinde, son 115 yılda doğal afetlerde ölen kişilerin yaklaşık % 97'si depremler sebebiyle hayatlarını kaybetmiştir. Ayrıca ülkemizde 1900 yıllından bu yana yaşanan doğal afetlerin yaklaşık %48' ini depremler, %25'ini seller, kalan %27'sini ise diğer doğal afetler

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

oluşturmaktadır. Bu çalışmada, aşağıdaki tabloda yer alan verilerden yola çıkarak, Türkiye'de yürütülen afet politikaları deprem ve sel başlıkları altında ele alınmıştır.

Tablo 2.1. 1900-2015 Tarihleri Arası Doğal Afet ve Ölüm Sayıları [5]

	Toplam Afet Sayısı	Toplam Afet Yüzdesi	Toplam Ölüm Sayısı
Deprem	77	% 48	89231
Sel	40	% 25	1350
Diğer	43	% 27	1533

2.1. Türkiye'de Deprem Afet Yönetimi Düzenlemeleri

1939 yılında Erzincan'da meydana gelen depremde can kaybının fazla olmasıyla ilk kez 17 Ocak 1940 tarihinde, 3773 sayılı Erzincan'da ve Erzincan Depreminden Müteessir Olan Mıntıkalarda Zarar Görenlere Yapılacak Yapılar Hakkında Kanun çıkarılmıştır. Ancak geçen beş yıl içinde meydana gelen depremlerle oluşan zararın deprem sonrası alınan tedbirlerle önlenemeyeceğinin anlaşılmasıyla, 18 Temmuz 1944 tarihinde afet zararlarının azaltılması ve önlemesine yönelik 4623 sayılı Yer Sarsıntılarından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun yürürlüğe konulmuştur [5]. 1999 yılında 4452 sayılı Doğal Afetlere Karşı Alınacak Önlemler Ve Doğal Afetler Nedeniyle Doğan Zararların Giderilmesi İçin Yapılacak Düzenlemeler Hakkında Yetki Kanunu resmi gazetede yayınlanmıştır. Bu kanunda doğal afetlerden doğan zararların karşılanması amacıyla sigorta sistemini hazırlanmasını ve tüm Türkiye' de depreme dayanıklı yapıların inşa edilmesi ilkelerine değinilmiştir [7]. 2009 yılında 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının kurulmuştur [8]. 2012 yılında 6305 sayılı Afet yeni inşa dilecek konutlara da özel standartların uygulanmasının gerekliliğine değinilmiştir. 1985-1989 yılları için hazırlanan 5. Kalkınma planında deprem afeti konusuna değinilmemiştir. 1990-1994 yılları için hazırlanan 6. Kalkınma planında deprem bölgelerinde "depreme dayanıklı bina" terimi kullanılarak bu özellikte bina inşası deprem sebebiyle oluşan maddi ve manevi zararlardan ve yapılan iyileştirme çalışmalarından söz edilmektedir. Kaçak yapı stokunun deprem ve diğer afetlere karşı alınacak önlemleri olumsuz etkilediği ve riskli bölgelerde altyapı inşaatları için mevzuata değişiklik yapılmasının gerekliliğine değinilmiştir. Konut yer seçimi ve denetiminin önemine ve bu konudaki yasaların etkin şekilde uygulanmadığı konularına yer verilerek etkin bir yapı denetim sisteminin oluşturulacağı ifade edilmiştir. Ülke çapında bütünleştirilmiş afet haritalarının oluşturulacağına değinilmiştir. Sigortaları Kanunu ile binalarda deprem sonucunda oluşan maddi zararın giderilmesi hedeflenmiştir [9]. için gerekli teknolojinin kullanılmasının gerekliliği ifade edilmiştir. 1996-2000 yıllarında için hazırlanan 7. Kalkınma planında deprem haritalarının hazırlanmasına, doğal afetlerin önlenmesine ve zararlarının azaltılmasına yönelik çalışmaların yapılacağından söz etmektedir. 2001-2005 yılları için hazırlanan 8. kalkınma planında 1999 Kocaeli depremi sonrasında mevcut durum değerlendirilerek

2.1.1. Kalkınma Planları

1963 yılından itibaren T.C. Kalkınma Bakanlığı tarafından 5 yıllık periyotlar halinde kalkınma planları hazırlamaktadır. Bu planlar incelendiğinde yayınlanan ilk üç kalkınma planında deprem afetleriyle ilgili bir değerlendirme veya hedefin olmadığı görülmüştür. 1979-1983 yılları için hazırlanan 4. Kalkınma planında deprem bölgelerindeki o dönemde mevcut olan yapıların dayanımının arttırılması ve Ayrıca imar planlarının afet riskleri göz önünde bulundurularak yapılacağı da ifade edilmiştir. 2007-2013 yılları için hazırlanan 9. kalkınma planında deprem afetine yönelik bir değerlendirme ve hedefe yer verilmemiştir. 2014-2018 yılları için hazırlanan 10. Kalkınma planında deprem sebebiyle binalarda meydana gelen maddi zarara yönelik Afet sigorta kanunun 2012 yılında yürürlüğe girmesinden ve bu sigortanın diğer afet türlerinde de uygulanmasının yaygın hale getirilmesinden söz edilmektedir. Ayrıca bu planda afetlerle ilgili risk azaltma, hazırlık ve afet sonunda iyileştirme çalışması konusunda çalışmaların devam etmekte olduğuna değinilerek, Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı ile Ulusal Afet ve Acil Durum Müdahale Planlarının hazırlanmasına yer verilmiştir [10].

2.1.2. AFAD- Ulusal Deprem Stratejisi Eylem Planı (UDSEP)

AFAD tarafından depremin zarar ve etkilerini azaltmak ve gerekli önlemleri almak amacıyla yayınlanan Ulusal Deprem Stratejisi Eylem Planı (UDSEP) hazırlanmıştır. Bu eylem planı, üç ana başlık altında, 2012-2023 yıllar arasındaki hedefleri ve bu hedeflere ulaşılması için uygulanması gereken stratejileri ve eylemleri içermektedir. Tablo 2.2, 2.3 ve 2.4'deki bilgiler AFAD web sayfasından temin edilmiştir.

2.1.3. Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (KENTGES 2010 – 2023)

Çevre ve şehircilik bakanlığınca hazırlanan Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planında 1999 Marmara Depremi, sonrasında sürdürülebilir kentsel ilerlemelerin oluşturulması için afet öncesi hazırlıklara odaklanılarak afet tehlikelerini giderme/azaltma amaçlı yapısal planlama ile bütünleştirilmesi gerekliliği ifade edilmiştir. Öncelikle deprem ve sel olmak üzere doğal afet bölgelerinde imara aykırı kentleşmenin yaşandığından ve şehirlerin başta deprem olmak üzere afetler karşında yerli hazırlıklarının bulunmadığından söz edilerek afet öncesi "korunma" ve afet sonrası "müdahale ve iyileştirme" çalışmalarının yapılarak mevzuata eklenmesi gerektiği ifade etmiştir. Ayrıca bu planda afet riskleri karşı Afet Ve Yerleşme Risklerini Azaltmak başlığı altında bir hedef belirlenmiştir. Bu hedefe ulaşılması amacıyla ortaya konulan stratejiler;

- Afet yönetiminin bütüncül bir şekilde yapılması için mevzuat düzenlemelerinin yapılması
- Afet tehlikelerinin belirlenerek bu tehlikelerden oluşan risklerin azaltılmasına yönelik çalışmalar yapılması
- Şehircilik ve planlama mevzuatının afet risk analizleri yapılarak sakınım planlaması yapılarak düzenlenmesi
- Afet karşısında etkili bir müdahale için acil haberleşme altyapısı desteklenerek acil destek merkezleri gibi tesislerin gerçekleştirilmesi

olarak özetlene bilir [12].

Tablo 2.2. UDSEP- Depremleri Öğrenmeye Yönelik Hedef ve Stratejiler [11]

Hedef	Strateji
Deprem Bilgi Altyapısının Geliştirilmesi	1 Deprem bilgi altyapısı konusundaki AR-GE çalışmalarının koordinasyonu sağlanacak ve öncelikli AR-GE alanları belirlenerek desteklenecektir. 2 Deprem Bilgi Bankası kurulacak ve işlevi sürekli kılınacaktır. 3 Deprem gözlem ağları geliştirilecektir 4 Ulusal deprem ön hasar tahmini ve erken uyarı sistemi geliştirilecektir. 5 Deprem etkinliği değerlendirilerek yönetimler ile kamu otoriteleri tek merkezden bilgilendirilecektir 6 Başta depremler olmak üzere tüm afetler öncesi ve sonrasında yaşanan bilgi kirliliğinin önlenmesi ve toplumun doğru olarak bilgilendirilmesi sağlanacaktır. 7 Tsunami erken uyarı sistemi kurulacak ve diğer ülkelerdeki sistemlerle uyumu sağlanacaktır.
Deprem Tehlike Analizleri ve Tehlike Haritalarının Geliştirilmesi	1 Bölgesel ve yerel deprem tehlike haritaları için altlık oluşturmaya yönelik çalışmalar yapılacak ve tehlike haritaları hazırlanacaktır. 2 Deprem risk analizleri ve deprem senaryolarının esasları belirlenecektir.

Tablo 2.3. UDSEP- Deprem Güvenli Yerleşme ve Yapılaşmaya Yönelik Hedef ve Stratejiler [11]

Hedef	Strateji
Deprem Güvenli Yerleşme ve Depreme Dayanıklı Yapılaşmanın Sağlanması	1 Planlama, çevre ve şehircilik çalışmalarında deprem tehlike ve risklerini esas alan yöntemlere önem ve öncelik verilecektir. 2 Başta okul ve hastaneler olmak üzere, Türkiye'deki bina envanteri çıkarılacak ve mevcut yapılar hasar görebilirlikleri ve riskleri esas alınarak gruplandırılacaktır. 3 Depreme dayanıklı binaların tasarım, malzeme ve standartlarını içeren çalışmalar desteklenecektir. 4 Mevcut deprem mühendisliği laboratuvarlarının daha etkin ve herkese açık şekilde hizmet verebilmesi için koordineli bir sistem kurulacaktır. 5 Mevcut deprem yönetmeliği Eurocode da gözetilerek güncelleştirilecek ve geliştirilecektir. 6 Köprü, viyadük ve ulaşım sistemlerinin yanı sıra, hayati öneme sahip gömülü ve yüzeydeki dağıtım sistemleri (boru, doğal gaz hap, elektrik, iletişim vd.) ile ilgili olarak Türkiye'deki inşaat teknolojisini ve uygulamalarını esas alan deprem güvenliğini belirleme ve yapıları güçlendirme yöntemleri geliştirilecek, standart hale getirilecek ve uygulaması sağlanacaktır. 7 İnşaat sektöründe çalışan personelin hizmet içi eğitimi sağlanacaktır.
Tarih ve Kültür Mirasının Depremlerden Korunması	1 Tarihi yapıların deprem güvenliklerinin belirlenmesine ve güçlendirilmelerine yönelik teknik bilgilerin geliştirilmesi ve yaygınlaştırılması sağlanacaktır.

Tablo 2.4 UDSEP- Depremin Etkileriyle Baş edebilmeğe Yönelik Hedef ve Stratejiler [11]

Hedef	Strateji
Depremlere ve Diğer Afetlere İlişkin Eğitim ve Halkın Bilinçlendirilmesi Faaliyetlerinin Geliştirilmesi	1 Afet ve Acil Durum yönetimi ile ilgilenen yöneticilerin ve karar vericilerin fikir ve dil birliğine varması sağlanacaktır. 2 Uzman afet yöneticilerinin sayısının arttırılması ve afet yönetimi eğitiminin geliştirilmesi sağlanacaktır 3 Büyük depremlere maruz kalan illerde deprem müzelerinin kurulması sağlanacaktır. 4 Afet Gönüllülük Sistemi kurulacaktır.
Deprem Stratejisinin Bütüncül ve Etkin Bir Hale Getirilmesi İçin Mevzuat Düzenlemelerinin Gerçekleştirilmesi	1 Afetlerle ilgili yeni yasa tasarısı hazırlanırken depremle ilgili mevcut yasaların ve yönetmeliklerin etkin şekilde kullanılması sağlanacaktır. 2 Ulusal Afet Stratejisi ve Eylem Planı'nın hazırlanması sağlanacaktır. 3 Riskli birey grupları için özel düzenleme yapılması sağlanacaktır. 4 Zorunlu Deprem Sigortasının yaygınlaştırılması sağlanacaktır. 5 Yeni bir finansman modelinin oluşturulması için çalışmaların yapılması sağlanacaktır.
Depremlere ve Diğer Afetlere Zamanında Hızlı ve Etkili Olarak Müdahale Edilebilmesinin Sağlanması	1 Afet sonrası müdahale sistemi geliştirilecektir. 2 Afetlerde sağlık organizasyonu güçlendirilecektir. 3 Hasar tespitlerinde bilgi paylaşımı ve işbirliği geliştirilecektir.

2.1.4. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Hazırlanan Yönetmelikler

1944 yılında yayınlana 4623 sayılı Yer Sarsıntılarından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun' da ülkenin deprem tehlikesine sahip olan bölgelerin belirlenmesi ve bu bölgelerde inşa edilecek yapılar için zorunlu deprem yönetmeliğinin hazırlanmasının gerekliliği ifade edilmiştir [6]. Bu bağlamda 1945 yılında 2854 sayılı kararla ilk defa Türkiye'nin Deprem Bölgeleri Haritası hazırlanmıştır [13]. 1945 yılında Türkiye Yer Sarsıntı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği ve Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik yayımlanmıştır [14]. Sonraki dönemlerde afet yönetmeliklerinin geliştirilmeye ve düzenlenmeye devam edilmesiyle 1949 Türkiye Yersarsıntısı Bölgeleri Yapı Yönetmeliği, 1953 Yersarsıntısı Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1962 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1968 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1975 Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik, 1997 (1998 yılında değişiklik yapılmıştır.) Afet Bölgelerinde Yapılacak

Yapılar Hakkında Yönetmelikleri hazırlanmıştır [15]. 2007 yılında halen kullanmakta olan Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelikleri yayınlanmıştır. 1949 yönetmeliğinde 1. ve 2. Derece deprem bölgeleri belirlenmiş ve yapıya etki eden deprem kuvvetleri hesabının yapılacağı bir denklemden söz edilmiştir. 1953 yılında hazırlanan yönetmelikte ise bu deprem hesabı, deprem katsayısının ve hareketli yük ile ilgili yapı türü kat sayılarının verilmesiyle geliştirilmiştir. Ayrıca zemin emniyet gerilmesi değerlerine de yer verilmiştir. 1962 yönetmeliğinde deprem kat sayısının hesaplanması için bina yüksekliğine bağlı değişen katsayının yer aldığı bir formüle değinilmiştir. 1968 yılında hazırlanan yönetmelikle güncel deprem yönetmeliğindeki hesaplara yaklaşılmıştır. Bu yönetmelikte zemin etkisi daha detaylı hesaplanmıştır. 1972 yönetmeliğinde deprem bölgeleri 4 dereceye ayrılmıştır. Yapıya etki eden deprem kuvveti hesabı İvme spektrum katsayılarıyla hesaplanacak şekilde düzenlenmiştir. Perdelere ve kolon-kiriş birleşim bölgelerine ağırlık veren açıklama ve kurallar getirilmiştir. 1997 yönetmeliğinde düzensizliklere değinilmiştir. Bu yönetmelik depreme dayanıklı yapı tasarımı için önemli bir yere sahiptir [16] 2007 deprem yönetmeliği deprem bölgelerinde yeni yapılacak binalar ile daha önce yapılmış mevcut binalara uygulanılması ön görülmüştür. Bu yönetmelikte kullanım amacı ve/veya taşıyıcı sistemi değiştirilecek, deprem öncesi veya sonrasında performansı değerlendirilecek ve güçlendirilecek olan mevcut binalar için uygulanacak hükümlere de yer verilmiştir. Ayrıca depreme dayanıklı yapı tasarıyla ilgili hesaplarda da değişlikler yapılmıştır [17]. 2011 yılındaki Van Depreminden sonra 2012 yılında "Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Yasa yürürlüğe koymuştur. Bu yasada riskli yapıların iyileştirilmesi, yıkılması ve dönüştürülmesi hususlarına değinilmektedir [18].

2.2. Türkiye'de Sel Afet Yönetimi Düzenlemeleri

Su taşkınları, Türkiye'de sıkça yaşanan ve depremlerden sonra, en çok can ve mal kaybına sebep olan doğal afettir. Taşkın, akarsuyun doğal yatağından taşarak çevresindeki arazilere, imar bölgelerine, alt yapı tesislerine zarar veren, etki bölgesindeki doğal yaşam dengesinde tahribat yapan ve sosyal ve ekonomik hayatı olumsuz etkileyen doğal olaydır. Türkiye'de orman alanlarının ve doğal bitki örtüsünün tahribi sonucu erozyon olmakta, ani su baskınları yaşanmaktadır. Fasit daire gibi büyüyen bu olumsuz gelişme, ani sellerin akış hızını ve şiddetini artırmakta, büyük miktarda toprak kaybı ve heyelanlara yol açmaktadır. Özellikle yüksek eğimli ve bitki örtüsüz arazilere yağan ani sağanak yağışlar, büyük ölçüde can ve mal kayıplarına yol açan taşkın olaylarını doğurmaktadır [19]. Ayrıca kentsel alanlarda, şehir yerleşme planları hazırlanırken, yörenin meteorolojik ve hidrojeolojik şartlarının dikkate alınmadığı, inşaat denetim mekanizmalarının yeterli düzeyde hizmet vermediği, sağlıksız ve düzensiz yapılaşmaların görüldüğü bölgelerde su baskını riskinin yüksek olması kaçınılmazdır [20].

Türkiye'de su baskınlarının ve baskınların sebep olduğu zararların önlenmesi hakkında politikalar üretilmeye ve stratejiler geliştirilmeye geçtiğimiz yüzyıldan bu yana devam edilmektedir.

07.04.1924 Tarih ve 442 Sayılı Köy Kanunu 13/24 ve 36/12 maddelerinde köyleri su basması durumunda köylülerin ve muhtarın yapacağı faaliyetler belirtilmiştir [21].

14/01/1943 Tarih ve 4373 Sayılı Taşkın Sulara Ve Su Baskınlarına Karşı Korunma Kanunu ile Yüksek seviye gösteren umumi ve hususi, kapalı veya akarsuların taşmasıyla su altında kalan veya su baskınlarına uğrayabilecek olan sahaların sınırlarının tespiti ve alınacak önlemler hükme bağlanmıştır [21].

18.06.1949 Tarih ve 5442 Sayılı İl İdaresi Kanununun 44 maddesinde su baskını gibi afetlerde alınacak tedbirlerde Bucak Müdürünün yetkileri düzenlenmiştir [21].

18.12.1953 Tarih ve 6200 Sayılı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün Teşkilat Ve Görevleri Hakkında Kanun yerüstü ve yeraltı sularının zararlarını önlemek ve/veya bunlardan çeşitli yönlerden faydalanmak maksadıyla Orman ve Su İşleri Bakanlığına bağlı, özel bütçeli bir kuruluş olan Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğünün kuruluş, görev, yetki ve sorumluluklarını düzenleyen hükümleri içermektedir [21].

25.05.1959 Tarih ve 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun, deprem (Yer sarsıntısı), yangın, su baskını, yer kayması, kaya düşmesi, çığ, tasman ve benzeri afetlerde; yapıları ve kamu tesisleri genel hayata etkili olacak derecede zarar gören veya görmesi muhtemel olan yerlerde alınacak tedbirlerle yapılacak yardımlar hakkındaki hükümleri içermektedir [21].

11.08.1983 Tarih ve 2872 sayılı Çevre Kanunu yürürlüğe konulmuştur [21]. 23.07.2004 Tarih ve 25531 sayılı Büyükşehir Belediyesi Kanununun 7. Maddesi fıkralarında Afetlere karşı alınacak önlemlerle ilgili hükümler bulunmaktadır [21].

03.07.2005 Tarih ve 5393 Sayılı Belediye Kanununun 53. maddesinde belediyelerin, yangın, sanayi kazaları, deprem ve diğer doğal afetlerden korunmak veya bunların zararlarını azaltmak amacıyla gerekli afet ve acil durum plânlarını yapması, ekip ve donanımı hazırlaması, Acil Durum Plânlarının hazırlanmasında varsa il ölçeğindeki diğer acil durum plânlarıyla da koordinasyon sağlaması, planlar doğrultusunda halkın eğitimi için gerekli önlemleri alması, belediye sınırları dışında yangın ve doğal afetler meydana gelmesi durumunda, bu bölgelere gerekli yardım ve destek sağlaması ile ilgili hükümler bulunmaktadır [21].
2010 Çevre ve Orman Bakanlığı Taşkınla Mücadelede Seferberlik Yılı olarak ilan edilmiştir.

3. Sonuçlar

Türkiye' de can ve mal kaybına sebep olan iki büyük ölçekli doğal felaketlerden deprem ve sel baskınlarının yol açtığı kayıpları önlemek amacıyla geçtiğimiz yüzyıldan itibaren mevzuat kapsamında birçok düzenleme yürürlüğe konulmuştur. Geçen yüzyılın son çeyreğinde öne çıkan afet sonrası müdahale ve iyileştirme eylemlerini kapsayan afet çalışmaları, son yirmi yıldır risk analizi, stratejik planlama gibi afet önleme çalışmalarının afet yönetim süreç döngüsüne eklenmesi ile genel olarak afet yönetimi şeklinde tanımlanır olmuştur. Bu çalışmada Türkiye' de

afet yönetimine yönelik, özellikle deprem ve sel afetlerinin önlenmesi bağlamında alınmış kararlar ve mevzuat düzenlemelerine genel bir derleme yapılmıştır. Ülkenin stratejik planlarının ilk hedef tarihi resmi kurumlarca 2023 yılı olarak ilan edilmektedir. Bütünleşik Afet Yönetimi anlayışının bahsedilen tarihe kadar Türkiye'de tüm kurum ve mevzuatıyla olgunlaştırılmış olması gerekmektedir. Bu bağlamda, Afet Yönetimi konusunda Türkiye' de yetki ve koordinasyon görevini üstlenen AFAD, kuruluş ve gelişme sürecini aşamasında olmasına rağmen, afetlere karşı bilinçli toplum oluşturma ve Risk Yönetimi odaklı eğitimler verme, ilgili ulusal ve uluslararası projelerde yer alma ve çözümler üretme konusunda iyimser sayılabilecek gelişme göstermektedir. AFAD'ın, gelişmiş ülkelerinde, özellikle ABD'de ve Japonya'da olduğu gibi, ilgili Sivil Toplum Kuruluşlarıyla koordinatör bir kurum olarak işbirliği imkânlarını geliştirmesi ve toplumun afetlere karşı bilinçlenmesinde kapsayıcı faaliyetlerini geliştirmesi beklenmektedir. Ayrıca 2023 hedefli Ulusal Deprem Araştırma Projesi gibi Türkiye'de depremlerden sonra en büyük zarar etkisine sahip taşkınlar için de bir UTAP (Ulusal Taşkın Araştırma Projesi) çalışmalarının başlatılması önerilmektedir.

Kaynaklar

[1] Demirci, A. ve Karakuyu, M., Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü. Doğu Coğrafya Dergisi 9(12), 67-101, 2004.

[2] Kadıoğlu M., Özdamar E., Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, T.C. İçişleri Bakanlığı Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) Türkiye Ofisi, Yayın No:2, Mart 2008, Ankara.

[3] Pearce, L., Disaster Management and Community Planning, and Public Participation: How to Achieve Sustainable Hazard Mitigation, Natural Hazards 28: 211–228, Kluwer Academic Publishers, 2003.

[4] Chen X., Kwan M., P Li Q., Chen J., A model for Evacuation Risk Assessment With Consideration of Pre- and Post-Disaster Factors, Computers, Environment and Urban Systems 36 207–217, Elsevier (2012).

[5] Uluslararası Afetler Veritabanı (The İnternational Disasters Database), Ocak 19, 2015. http://www.emdat.be/advanced_search/index.html,

[6] Türkiye Büyük Millet Meclisi Genel Kurul Tutanağı 20. Dönem, 3. Yasama yılı,18. birleşim, Ankara, Türkiye, Kasım, 25, 1997.

[7] 4452 Nolu Doğal Afetlere Karşı Alınacak Önlemler Ve Doğal Afetler Nedeniyle Doğan Zararların Giderilmesi İçin Yapılacak Düzenlemeler Hakkında Yetki Kanunu, T.C. Resmî Gazete, T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, Sayı:23801, Ağustos, 29, 1999.

[8] 5902 Nolu Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının teşkilat ve görevleri Hakkında Kanun, T.C. Resmî Gazete, T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, Sayı:27261, Mayıs, 29, 2009.

[9] 6305 Nolu Afet Sigortalar Kanunu, T.C. Resmî Gazete, T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, Sayı:28296, Mayıs, 9, 2012.

[10] Kalkınma Planları, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Web: http://www.kalkinma.gov.tr/Pages/KalkinmaPlanlari.aspx, Ocak 19, 2016.

[11] Ulusal Deprem Stratejisi Eylem Planı (UDSEP), T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, Şubat, 2013.

[12] T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Bütünleşik Kentsel Gelişme Stratejisi ve Eylem Planı (KENTGES 2010 – 2023), Ankara, Türkiye, 2010.

[13] Pampal, S. ve Özmen B., Türkiye'nin Deprem Gerçeği Deprem Bölgeleri Haritaları ve Yönetmeliklerinin Tarihsel Gelişimi, Gazi Üniversitesi Deprem Araştırma ve Uygulama Merkezi, Ankara, Türkiye, 1028 s., 2007.

[14] AFAD 2013 - 2017 Stratejik Planı, T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara, Türkiye, 2012.

[15] http://www.parlar.com.tr/yonetmelikler.html, Ocak 19, 2016.

[16] Alyamaç, K.E. ve Erdoğan, A.S., Geçmişten Günümüze Afet Yönetmelikleri Ve Uygulamada Karşılaşılan Tasarım Hataları, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, Türkiye, Mart 23-25 707-715, 2005.

[17] Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Resmî Gazete, T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, Sayı:26511, Mayıs, 3, 2007.

[18] 6306 Nolu Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun, T.C. Resmî Gazete, T.C. Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, Sayı:28309, Mayıs, 16, 2012.

[19] JICA (Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı), Türkiye'de Doğal Afetler Konulu Ülke Strateji Raporu, Ankara, Temmuz, 2004.

[20] Ergünay, O., Türkiye'nin Afet Profili, TMMOB Afet Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, s: 6-7, , Ankara, Aralık 5, 2007.

[21] http://www.mevzuat.gov.tr/Kanunlar, Ocak 19, 2016

PLANA DAYALI KENTLEŞMEDE JEOLOJİK- JEOFİZİK UYGULAMALAR

GEOLOGICAL AND GEOPHYSICAL APPLICATIONS IN PLANNED URBANIZATION

Züheyr KAMACI[a] ve Dilek Nuriye ŞENOL[b]
[a] Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye, E-posta: zuheyrkamaci@sdu.edu.tr
[b] Afet ve Acil Durum İl Müdürlüğü, Afyonkarahisar, Türkiye, E-posta: Dnuriye.Senol@afad.gov.tr

Özet

Bir şehrin oluşumu ve düzenlenmesi çalışmalarında imar uygulaması büyük önem arz etmektedir ve bu uygulamayla daha düzgün ve daha planlı bir kentleşme meydana gelir. Plana dayalı kentleşmede İmar Planına Esas Jeolojik-Jeoteknik-Jeofizik etütlerin uygulanma Amacı, her tür, ölçek ve amaçla plan yapılması düşünülen mevcut ya da potansiyel yerleşim alanlarının ilgili kanunda (7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirler ve Yapılacak Yardımlara Dair Kanun) tanımlı doğal afet tehlikelerini yerbilimsel veriler ışığında bölgesel olarak değerlendirmek, olası mühendislik problemlerini belirlemek, alanların arazi kullanımı ve yerleşime uygunluk değerlendirmesini yapmak, teknik ve/veya idari gerekçelere bağlı olarak gerekli önlemleri önererek olası afet zararlarını azaltmaktır. Buradan hareketle, bu çalışmada bir arazi uygulama örneği üzerinde durularak tartışmalar ve yorumlar yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Jeofizik, Jeoloji, Plan, Yerleşime Uygunluk

Abstract

Reconstruction application has great importance in the studies of formation and regulation of a city. With the help of this application, urbanization becomes more regular and planned. In planned urbanization, geological and geophysical researches are the basis of reconstruction plans. Using geological data, the purposes of applying those researches are to assess the risk of natural disasters (defined in the laws related to potential settlement; No. 7269) in planned current or candidate residential areas in any scale, determining potential engineering problems, to evaluate the usage of land and convenience to settle, to decrease possible damage by suggesting precautions regarding to technical and/or administrative justifications. From this point of view, in this study a land application is emphasized and discussed.

Keywords: Geophysics, Geology, Plane, Convenience to Settlement

1. Giriş

Kentleşme dar anlamda, kent sayısının ve kentlerde yaşayan nüfusun artması demektir. Kentsel nüfus köyden kente göçlerle artar. Gelişmekte olan ülkelerde kentleşme bu şekilde nüfus akınları halinde gerçekleşir. Fakat kentleşme sadece nüfus hareketi bağlamında düşünülmemelidir. Kentleşme, aynı zamanda o toplumda ekonomik ve toplumsal yapıyla da ilintilidir. Bu nedenle kentleşmeyi tanımlarken o nüfus hareketini yaratan toplumsal ve ekonomik değişmelere de yer vermek gerekir. Bu şekilde düşünürsek kentleşme, "sanayileşmeye ve ekonomik gelişmeye koşut olarak kent sayısının artması bugünkü kentlerin büyümesi sonucunu doğuran, toplum yapısında artan oranda örgütleşme, işbölümü ve uzmanlaşma yaratan, insan davranış ve ilişkilerinde kentlere özgü değişikliklere yol açan bir nüfus birikim süreci" olarak tanımlanabilir. Bu bağlamda günümüz toplumları sanayileşme süreciyle birlikte az kentlileşmiş ya da çok kentlileşmiş olarak nitelendirilir. Kentleşme ve sanayileşme arasında doğrudan bir ilişki vardır. Gelişmiş olan ülkelerde bu durum paralellik arz ederken, gelişmekte olan ülkelerde, sanayileşme, kentleşmeyi yavaş bir hızla takip etmektedir.

Bu şekilde ülkemizde de sanayileşme vb. nedenlerden dolayı kentlerde nüfusun artması ile birlikte yeni yatırımlar gelişmekte ve bunlara bağlı olarak yeni alanlar imara açılmaktadır. İmara açılacak alanlarda otel, yumurta çiftliği, seracılık, güneş enerjisi sahası, rüzgar enerjisi sahası, konut, sanayi vb amaçlı yüksek maliyetli yatırımların yapılması planlanır. Yüksek maliyet gerektiren bu yatırımların öncesinde yapılan imara esas jeolojik-jeoteknik etütlerin amacı etüdü yapılan alan ile ilgili arazi ve ofis çalışmaları sonucunda hazırlanacak olan raporda yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapmaktır. Böylece alanın yerleşime ve yatırıma uygun olup olmadığı görülür, eğer önlemli bir alan bulunuyorsa gerekli önlemlerin alınması için öneriler sunulur.

2. Yerleşime uygunluk değerlendirmesi nedir?

Yerleşime uygunluk değerlendirmesi şu şekilde yapılmaktadır:

a- Uygun Alan (UA)
b- Uygun Olmayan Alan (UOA)
c- Ayrıntılı Jeoteknik Etüt Gerektiren Alanlar (AJE)
d- Önlemli Alan (ÖA)

Önlemli Alan 1: Deprem Tehlikesi Açısından Önlemli Alanlar
Önlemli Alan 2: Kütle Hareketleri Tehlikeleri ve Yüksek Eğim Açısından
Önlemli Alan 3: Su Baskını Tehlikesi Açısından
Önlemli Alan 4: Çığ Tehlikesi Açısından
Önlemli Alan 5: Mühendislik Problemleri Açısından (Şişme-oturma, taşıma gücü vb…)

A) Uygun Alanlar: Çalışma alanı içinde, deprem koşulları hariç, hiçbir doğal afet tehlikesi potansiyeli

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

taşımayan, jeolojik-jeoteknik özellikler açısından yerleşime uygunluğu etkileyebilecek hiçbir mühendislik problemi bulunmayan, herhangi bir önlem alınmasına gerek kalmadan yapılaşmaya gidilebilecek alanlar olarak düşünülmelidir. Bunlar rapor içerisinde ve yerleşime uygunluk paftalarında 'UA' olarak gösterilir.

B) Önlemli Alanlar: Çalışma alanı içinde, doğal afet tehlikeleri ve/veya jeolojik-jeoteknik özellikleri nedeniyle yerleşime uygunluğu etkileyebilecek, belirli önlemleri yapılaşma öncesi ve/veya esnasında almak şartıyla planlamaya ve yapılaşmaya gidilebilecek alanlar olarak düşünülmeli, önlem alınması gereken konular, nedenleri ve alınması önerilen önlemler alt başlıklarda verilmelidir. Temel ve zemin etütlerine atıflarda bulunulmalıdır. Bunlar rapor içerisinde ve Yerleşime Uygunluk Paftalarında "ÖA" simgesiyle gösterilmelidir. Bu alanlar, formatlara uygun şekilde, kendi içlerinde sorun ve önlemleri açısından alt başlıklara ayrılmalıdır.

C) Ayrıntılı Jeoteknik Etüt Gerektiren Alanlar: Yapılan jeolojik etütler sonucunda, jeoteknik çalışmalar (sondaj, laboratuar deneyleri, tehlike analizleri, vb.) yapılmadan yerleşime uygunluk değerlendirilmesinin sağlıklı olarak yapılamayacağı öngörülen alanlar olarak düşünülmelidir. Çalışma alanı içinde doğal afet tehlikeleri ve/veya jeolojik-jeoteknik özellikleri nedeniyle ve yine çalışma yöntemleri, miktarları, elde edilen veriler, ayrı uzmanlık alanı gerektiren çalışmalar gerektirmesi nedeniyle, hakkında tam ve güvenilir bir sonuca ulaşılamayan alanlar olarak düşünülmelidir. Bunlar rapor içerisinde ve Yerleşime Uygunluk Paftalarında "AJE" simgesiyle gösterilmelidir.

D) Uygun Olmayan Alanlar: Çalışma alanı içinde doğal afet tehlikeleri ve/veya jeoteknik problemler, diğer kanunlar vb. nedenler veya teknik ve ekonomik olarak önlem alınması uygun bulunmamış alanlar olması nedeniyle, planlanmaması ve herhangi bir sebepten ötürü yapılaşmaya gidilmemesi gereken alanlar olarak düşünülmelidir. Rapor içerisinde ve Yerleşime Uygunluk Paftalarında "UOA" simgesiyle gösterilmelidir. UOA olarak belirlenen alanlar nedenleri ile birlikte açık olarak alt başlıklarda verilmelidir.

3. Zemin Etütlerinde neden jeofizik yöntemler kullanılmalıdır?

Jeofizik mühendisliği zemin etütlerinin mikrobölgeleme ve parsel bazındaki zemin etütlerinde zorunlu olmasına daha ayrıntılı bakmak gerekirse (Keçeli, 2013);

Mikrobölgeleme Bazında Etütlerde Saptanması Önemli Öncelikler

1- Sismik dalga enerji odaklanmalarının ve sismik dalga kapanlarının oluşabileceği potansiyel mevkilerin en az 100 metre derinliğe kadar tabankaya özelliği ve topoğrafyası ve yanal değişimlerin saptanması,
2- Deprem dalgalarının farklı yayılım özelliklerinin yeryüzünde deprem şiddetini 2-3 kat artırabilmesi nedeniyle potansiyel mevkilerin yapı projelendirilmesinde beklenen sığ derinliklerin deprem büyütmesi yanında söz konusu büyütmenin ayrıca göz önüne alınmasının önerilmesi,
3- Kaya zeminin aşırı kırıklı, bozuşmuş ve erime boşluklu mevkileri ağır hasara sebep olabileceğinden önlemli alanlardaki gibi yapı projesine önem verilmesi ve gerektiğinde zemin iyileştirmesinin önerilmesi,
4- Eğimli yamaçlarda heyelan olasılığı irdelenmesi
5- Potansiyel zemin sıvılaşması ve potansiyel heyelan analizlerin yapılması
6- Sismik yüzey dalgaların (Rayleigh wave) oluşabileceği mevkilerin önceden belirlenmesi
7-. Yeraltı suyu seviyesinin saptanması,
8- Zemin etki peryodunun ve karakteristik periyodlarının saptanması,
9- Yerel zeminin statik ve dinamik parametrelerin saptanması
10- Yer içi üç boyutlu sismik hız modelinin elde edilmesi,
11- Zemin taşıma kapasitesi, zemin oturması ve yatak katsayısı saptanması olarak sıralanabilir.
12- Diğer uygulamalarla birlikte kulanıldığında yer içinin aydınlatılmasının otokontrolunun sağlanması olarak sıralanabilir.

Parsel Bazında Zemin Etütlerinde Jeofizik Etütler

1- Jeolojik yapısal özelliklere bağlı oluşabilecek potansiyel ağır hasar mevkilerinin mevcut olup olmadığı analizinin en az 100 metre derinliklere kadar mekanik sondajlarla belirlenmesinin pratik olarak mümkün olmaması ve belirlenmemiş mikrobölgeleme zemin etütleri analizinin parsel bazında tamamlanmasının hayati önem taşıması,
2- Parsel bazında zemin etütlerinde dünya standardına paralel olarak 30 metre derinliğe kadar olan zemin birimlerinin sınıflamasının öncelikle sismik kayma dalgası hızıyla yapılması,
3- Büyük genlikli ve büyük periyotlu yüzey dalgalarının oluşum mevkilerinin deprem öncesi belirlenebilmesi,
4- Deprem etkisinde olan zemin sarsıntısı dinamik bir hareket olduğundan, dinamik parametrelerinin bilinmesini gerektirmesi,
5- Geleneksel numune almak için uygun olmayan veya numunelerin doğal özelliklerinin korunamadığı mevkilerde yer altı özelliklerinin belirlenememesi durumlarında, Jeofizik yöntemler hasarsız çalıştığından yer altı verileri elde etmek mümkün olması,
6- Mekanik sondaj yapılamayan zor topoğrafik satıhlı yerlerde küçük taşınabilir ekipmanlar kullandığından jeofizik sondajlarının yapılabilmesi,
7- Yamaç yakınındaki alüvyon içinde kaya bloklarına sondajın isabet edip etmemesi durumlarında zemin özelliklerinin sağlıklı saptanamamasının jeofizik etütle sağlanabilmesi,
8- Çoğu durumlarda doğrudan noktasal numune alma saha koşullarını sağlıklı tanımlamak için yeterli olmaması,
9- Jeofizik etütle yeraltı jeolojik yapısının üç boyutlu tomografisi elde edilebilmesi, noktasal veriden ziyade hacimsel veri sağlaması,
10- Yeraltını daha iyi aydınlatabilecek isabetli sondaj noktasının belirlenmesi için sondaja yön vermesi,
11- Kalitatif verilerden ziyade kantitatif veriler sağlaması,
12- Sondaj kuyuları arası özellik değişimlerinin izlenmesi,
13- Jeofizik mühendisliği etütlerinin önemli finansman ve zaman kazancı sağlaması, (mekanik sondaja göre %50 daha ekonomik olması)
14- Her türlü ortamda kullanılabilecek bir jeofizik yöntemin olması,

15- Yeraltı birimlerin yapısal özellikleri; Katman sayısı, kalınlıkları, eğimleri, gömülü yanal değişimler-faylar kırıklar, taban kaya topoğrafyası, yer altı kesiti, yer altı haritası ve 2-3 boyutlu modeli elde edilebilmesi,
16- Hidrojeofizik; Yeraltı suyu seviyesinin, suya doygunluğun, kirliliğin, tuzlu su girişimlerinin ve su kaçaklarının saptanması ve haritalanması,
17- Potansiyel heyelan alanlarının önceden tahmin edilebilmesi,
18- Zemin sıvılaşması analizinin sismik ve elektrik etütle yapılabilmesi,
19- Yüksekliğine bakılmaksızın okul, hastane ve köprü gibi bina önem katsayısı yüksek yapılarda zeminin spektral ivme katsayılarının ivme ölçümlerinin spektrumundan saptanması,
20- Jeofizik etütler hasarsız etüt türü olduğundan çevreye zarar vermemesi,
21- Kayaların hafredilebilmeleri, sökülebilirlilikleri için gerekli iş makinası seçiminin sismik hızlarla saptanması,
22- Yer içi birimlerin iletkenliklerinin saptanması,
23- Zemin iyileştirme kontrolünün yapılabilmesi,
24- Yoğunluk, zeminin müsaade edilebilir taşıma kapasitesi, zemin oturması ve yatak katsayısı parametrelerinin sismik hızlardan da saptanabilmesi,
25- Diğer uygulamalarla birlikte kulanıldığında yer içinin aydınlatılmasının oto kontrolunün sağlanması olarak sıralanabilir.

Yukarıda sözü edilen birçok konu ile ilgili imara esas etüt çalışmasında genel çerçevede bir araştırma yapılmak istendiğinde izlenecek aşamalar sırasıyla aşağıda açıklanmıştır.

4. Etütlerin Planlanmasında İzlenecek Adımlar

Planlama Yapılacak Alan Hakkında Önbilgi Toplanır;
a) Planlaması yapılacak olan alan sınırlarının koordinatları belirlenir ve alan sınırları içerisinde inceleme yapılarak potansiyel afet riski taşıyan yerler (dere yatağı, sel baskını riski, heyelan,kaya düşmesi...)olup olmadığı hakkında bilgi edinilir.
b) Koordinatları belirlenen alanla ilgili Arcgis (CBS programı) programı yardımıyla 'Afete Maruz Bölge' (yapı ve yerleşme için yasaklanmış bölge) ilan edilmiş yer olup olmadığına bakılır, ayrıca alanın jeolojisi hakkında ve literatürde geçen fay sistemleri olup olmadığı hakkında bilgi edinilir.
c) İlgili kurumlardan görüş alınır. (DSİ, İl Özel İdaresi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık İl Müdürlüğü.....)

Saha çalışması yapılır;
Alanın büyüklüğü, topoğrafyası ve toplanan ön bilgiler dikkate alınarak sahada kullanılacak olan jeofizik yöntemler ve sayıları belirlenir, saha çalışması yapılır.

Arazi ile ilgili veriler yorumlanır ve rapor hazırlanır;
Son aşamada sahada alınan jeofizik veriler değerlendirilerek alan hakkında jeofizik yorum yapılır ve tüm bilgiler ışığında rapor hazırlanır.

5. Etütler Hakkında Dikkat Edilecek Hususlar

İnceleme alanlarında yapılacak jeofizik ölçüm, arazi deneyleri vb. çalışmalar alan geneline mümkün olduğunca homojen olarak dağıtılmalıdır. Arazi araştırmaları (sondaj, jeofizik çalışmalar, saha deneyleri vb) ekonomiklik-sahayı temsil edecek ve tehlike analizlerinde kullanılacak maksimum veri dengesi gözetilerek belirlenir. Ancak, özellikle alüvyon ve stabilite problemlerinin muhtemel olduğu alanlarda veri sayısı ve sıklığının mümkün olan en üst seviyede olmasına özen gösterilmelidir.

Yapılacak etütlerin planlaması; raporların altlık ve esas oluşturacağı imar planının ölçeği, amacı, plan yapılması düşünülen alanın jeolojisi, mevcut veya muhtemel afet tehlikeleri, muhtemel mühendislik problemleri ve çözüm önerilerini tam olarak ortaya çıkarabilecek şekilde yapılmalıdır.

Etüt çalışmaları esnasında elde edilen veriler ve ortaya çıkan sonuçlar doğrultusunda ek çalışmalar yapılması gerekliliği irdelenmeli ve gerekiyorsa etüt planı revize edilmelidir.

6. Rapor Formatı

Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın (Afet İşleri Genel Müdürlüğü) 10337 Sayılı Plana Esas Jeolojik, Jeolojik-Jeoteknik ve Mikrobölgeleme Etüt Genelgesinde belirtilen format-3 şablonuna uygun olarak hazırlanmalıdır.

7. İmar Planına Esas Jeolojik- Jeoteknik Etütlerde Kullanılan Jeofizik Yöntemler (Format-3)

VIII.1. Sismik Kırılma
VIII.2. Sismik Yansıma
VIII.3. Yüzey Dalgası Yöntemleri
VIII.4. Mikrotremor
VIII.5. Jeoradar
VIII.6. Kuyuiçi Sismiği
VIII.7. Elektrik Özdirenç
VIII.8. Diğer jeofizik yöntemler

8. İmara Esas Jeolojik- Jeoteknik Etüt Raporlarına Örnek Arazi Uygulaması

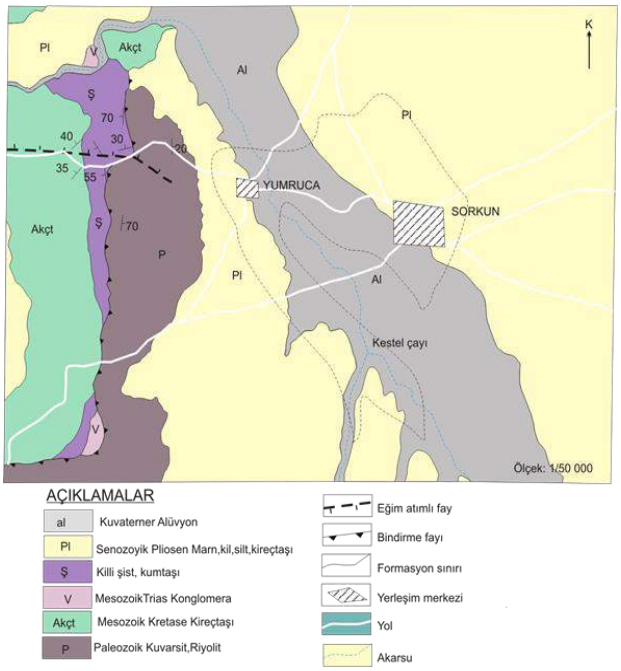
İnceleme alanı Afyonkarahisar İli, Sandıklı İlçesi, Sorkun Beldesi sınırları içerisinde yer alan 1/5000 ölçekli 5 adet halihazır harita paftaları ile 1/1000 ölçekli 35 adet halihazır harita paftalarında sınırları belirtilen alanı kapsamaktadır. Bu çalışmanın amacı, Sorkun Belediyesi'nin imar planına esas teşkil etmek üzere jeolojik-jeoteknik etütlerinin yapılarak yerleşime uygunluk durumunun değerlendirilmesidir. Çalışma alanı yaklaşık 720 ha büyüklüğündedir. Bu çalışma, İller Bankası A. Ş. mülga Yeraltı Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından, Belediyesi'nin verdiği yetki ile mülga Şehircilik Dairesi Başkanlığı'nın 10.02.2010 tarihli yazısına istinaden yapılmıştır**.**

Proje alanının dinamik zemin koşullarının incelenmesi ve projelendirmeye esas teşkil edecek verilerin saptanması amacıyla bir program dahilinde araştırma çalışmaları yürütülmüştür. Proje kapsamında, yapılan 17 profil MASW (Multi-channel analysis of surface waves) çalışması ile elde edilen jeofizik–jeoteknik veriler detaylı olarak

değerlendirilmiştir. Etütte hedeflenen araştırma derinliği, sismik uygulama için 30 m'dir. Sismik etütler; 12 kanallı, sinyal biriktirmeli Geometrics marka SmartSeis model mühendislik sismografı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. MASW aplikasyonunda 4.5 Hz doğal frekanslı düşey jeofon setleri kullanılmıştır. Enerji kaynağı olarak ağırlık düşürme metodu seçilmiş ve bu amaçla 9 kg ağırlığında balyoz kullanılmıştır. MASW uygulamaları 12 kanal kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

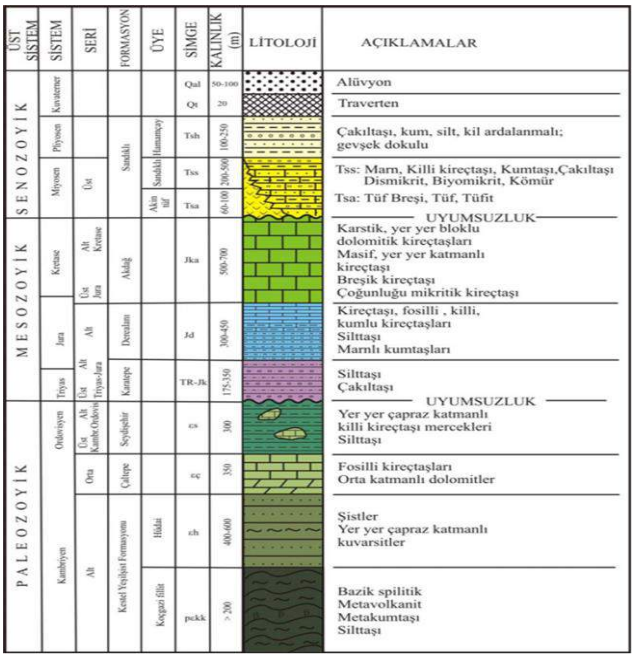


Şekil 1. Çalışma alanının uydu görüntüsü (Google Earth)

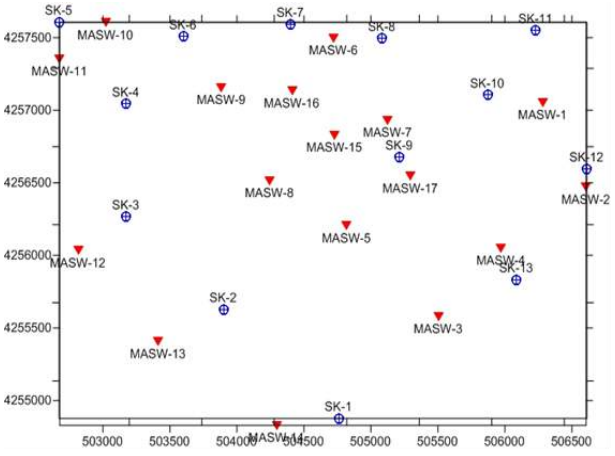


Şekil 2. Sorkun (Afyonkarahisar) ve civarının jeoloji haritası (MTA değiştirilmiş)

Sismik hızlar ve tabaka kalınlıkları hesaplanmıştır. Çalışma alanında litolojileri farklı Alüvyon ve pliyosen gölsel çökeller olmak üzere 2 ayrı birim tespit edilmiştir. Çalışma alanında sondaj ve sismik profillerden geçecek şekilde jeolojik enine kesit alınmıştır ve bölgedeki birim karakteristikleri belirtilmiştir. Zeminin dinamik- elastik parametreleri hesaplanmıştır. Zemin büyütmesi ve zemin hakim titreşim periyodu belirlenmiştir.



Şekil 3. Sandıklı (Afyon) bölgesinin genelleştirilmiş stratigrafik dikme kesiti (Öngür, 1973 ve Afşin 1991)4134



Şekil 4.Proje sahası MASW ölçü profilleri ve sondajların dağılımı

8.1.Hesaplanan sismik hızlar h tabaka kalınlıkları (h: derinlik)

7,9,11 ve 16.cı noktalardaki MASW uygulamaları ile hesaplanan sismik hızlar (Vs, Vp), bu değerlere göre hesaplanmış Vs30 değerleri ve tabaka kalınlıkları çizelge 1. de verilmiştir.

Çizelge1. 7,9,11 ve 16 nolu MASW ölçülerine ait hesaplanan sismik hızlar ve tabaka kalınlıkları (h: derinlik)

MASW-7 / Jeolojik Birim Qal						
h (m)	Vs (m/s)	Vs ort.	Vp (m/s)	Vp ort.	Vs30 (m/s)	Litoloji
0.50	232		568			
1.00	226		554			
2.00	217		531			
3.00	235		575			
4.50	268	242 Qal	657	592		Kumlu siltli kil
6.00	283		694			
8.50	263		645		285	
1.00	231		565			
14.50	219		537			
-	347	347 Pl	851	851		Az çakıllı kumlu siltli kil

MASW-9 / Jeolojik Birim Qal						
h (m)	Vs (m/s)	Vs ort.	Vp (m/s)	Vp ort.	Vs30 (m/s)	Litoloji
0.50	258		631			
1.50	260		638			
2.50	264		646			
3.50	261		639			
5.00	248	249 Qal	607	609		Kumlu siltli kil
7.00	234		573			
9.50	226		553		285	
12.50	236		578			
16.00	252		618			
-	352	352 Qal	862	862		Az çakıllı kumlu siltli kil

MASW-11 / Jeolojik Birim Qal						
h (m)	Vs (m/s)	Vs ort.	Vp (m/s)	Vp ort.	Vs30 (m/s)	Litoloji
0.50	259		635			Kumlu siltli kil
1.00	260		638			
1.50	261		640			
2.00	262		641			
3.00	260	250 Qal	636	613		
4.50	253		619		302	
6.00	239		585			
7.50	228		558			
10.00	229		561			
-	344	344 Pl	841	841		Az çakıllı kumlu siltli kil

MASW-16 / Jeolojik Birim Qal						
h (m)	Vs (m/s)	Vs ort.	Vp (m/s)	Vp ort.	Vs30 (m/s)	Litoloji
0.50	153		375			
1.50	127	135 Qal	310	330		Siltli kil
2.50	117		286			
4.00	143		349			
5.50	256		627			
8.00	337	333 Qal	826	816	330	Kumlu kil
10.50	343		840			
13.50	322		789			
18.00	408		998			
-	609	609 Pl	1491	1491		İri çakıllı kumlu siltli kil

8.2.Zemin hakim titreşim periyodu T_0 ve T_a - T_b değerleri

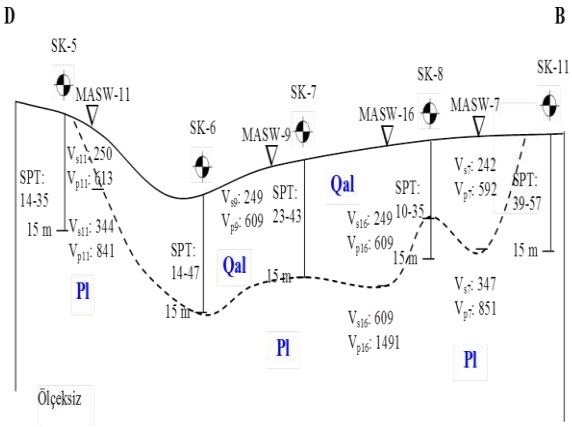
Zemin hakim titreşim periyodu kullanılarak her MASW ölçü noktasında T_a , T_b , zemin gurubu ve yerel zemin sınıfları çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Zemin hakim titreşim periyodu değeri kullanılarak hesaplanan Ta ve Tb değerleri ile zemin türleri

Profil	Jeolojik Birim	Lokasyon	Zemin Grubu	Yerel Zemin Sınıfı	T_a (sn)	T_b (sn)	T_a' (sn)	T_b' (sn)
MASW-7	Qal	Çalışma alanının güneyi	C	Z3	0.15	0.60	0.28	0.63
MASW-9	Qal	Çalışma alanının kuzeyi	C	Z3	0.15	0.60	0.28	0.63
MASW-11	Qal	Çalışma alanının batısı	C	Z3	0.15	0.60	0.27	0.60
MASW-16	Qal	Çalışma alanının kuzeyi	C	Z3	0.15	0.60	0.24	0.54

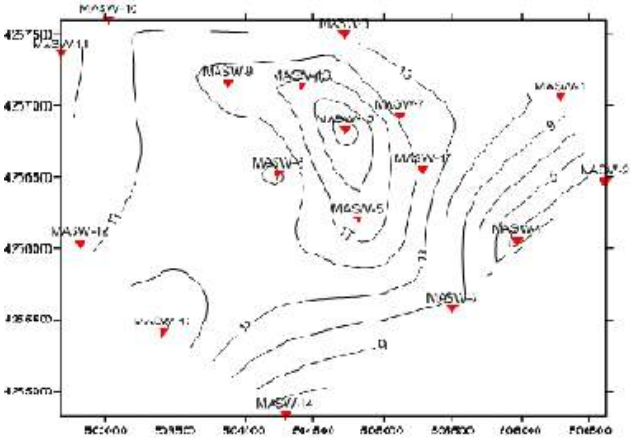
8.3.Mühendislik Zonları ve Zemin Profilleri

Çalışma alanında litolojileri farklı Alüvyon ve pliyosen gölsel çökeller olmak üzere iki ayrı birim tespit edilmiştir. Çalışma alanında sondaj (SK5,SK6,SK7,SK8 ve SK11) ve sismik profillerden (MASW11,MASW9,MASW16 ve MASW7) geçecek şekilde jeolojik enine kesit alınmıştır ve bölgedeki birim karakteristikleri belirtilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Jeolojik ve Jeofizik çalışmalarla D-B doğrultulu yapı kesiti

Sahaya ait tüm MASW ölçü eşdeğerlerinden zemin dinamik parametrelerine dayanarak tanımlanan gevşek mukavemete sahip seviye kalınlıkları şekil 6'da verilmiştir.



Şekil 6. G_{max} ve E_d değerleri kullanılarak proje sahası yüzey kotundan itibaren gevşek/orta gevşek mukavemete sahip seviye kalınlıklarını (m)Gösteren kontur haritası

Sahada yapılan 17 adet MASW ölçümlerinden zemin için bulunan V_S 30 , zemin hakim titreşim periyotları ve zemin

deprem büyütmeleri çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Sahaya ait tüm MASW ölçümlerinden zemin için hesaplanan Vs_{30} değerleri, sismik büyütmeler ve hakim titreşim periyotları

Profil No	MASW-1	MASW-2	MASW-3	MASW-4	MASW-5	MASW-6
Vs_{30} (m/sn)	**385**	**378**	**343**	**430**	**342**	**336**
T_o (sn)	**0.31**	**0.32**	**0.35**	**0.28**	**0.35**	**0.36**
A_i	**1.91**	**1.93**	**2.05**	**1.79**	**2.05**	**2.07**
Profil No	MASW-7	MASW-8	MASW-9	MASW-10	MASW-11	MASW-12
Vs_{30} (m/sn)	**285**	**254**	**285**	**301**	**302**	**305**
T_o (sn)	**0.42**	**0.47**	**0.42**	**0.40**	**0.40**	**0.39**
A_i	**2.29**	**2.45**	**2.29**	**2.22**	**2.21**	**2.20**
Profil No	MASW-13	MASW-14	MASW-15	MASW-16	MASW-17	
Vs_{30} (m/sn)	**296**	**334**	**297**	**330**	**348**	
T_o (sn)	**0.41**	**0.36**	**0.40**	**0.36**	**0.34**	
A_i	**2.24**	**2.08**	**2.23**	**2.09**	**2.03**	

Proje sahasında hesaplanan yer hakim titreşim periyodu (T_0) değerleri 0.28-0.47 sn aralığında değişmektedir.

9. Sonuçlar

Yerleşime Uygunluk Değerlendirilmesine göre;

Önlemli Alan 2.1 (ÖA-2.1): Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar ;

Eğimi %15-40 arasında değişen Pliyosen yaşlı yer yer kil matriksli çakıl kum seviyelerinden oluşan birimlerde düşük çimentolu yapı olası heyelan oluşumuna yol açabilecek önemli bir etken olarak; inceleme alanının bol yağış alması durumunda, sızan suların ardalanmalı seviyelerin dayanımını azaltarak, stabilite problemleri meydana getirebileceğinden ve yapılacak kazılarda eğimden dolayı stabilite sorunları ile karşılaşılacağından, deprem durumlu stabilite analizinde "kayar" çıkmış olmasından dolayı bu alanlar, "Önlemli Alan 2.1 (ÖA-2.1) Önlem Alınabilecek Nitelikte Stabilite Sorunlu Alanlar" olarak değerlendirilmiş olup, ekli yerleşime uygunluk haritalarında da "ÖA-2.1" simgesiyle gösterilmiştir.

Önlemli Alan-5.1 (ÖA-5.1): Önlem Alınabilecek Nitelikte Şişme, Oturma Açısından Sorunlu Alanlar;

İnceleme alanında eğimi % 0-15 arasında değişen ve silt, kum ve çakıldan oluşan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ile Pliyosen yaşlı çakıl ve çoğunlukla sarımsı renkte kilden oluşan gölsel çökellerin % 0-15 eğimli kısımlarından oluşmaktadır. Bu alanlar "Önlemli Alan 5.1 (ÖA-5.1) Önlem Alınabilecek Nitelikte Şişme, Oturma ve Taşıma Gücü Açısından Sorunlu Alanlar" olarak değerlendirilmiş ve ekli yerleşime uygunluk haritalarında "ÖA-5.1" simgesiyle gösterilmiştir.

Kaynaklar

[1] Mülga Bayındırlık ve İskan Bakanlığı'nın (Afet İşleri Genel Müdürlüğü) 10337 Sayılı Plana Esas Jeolojik, Jeolojik-Jeoteknik ve Mikrobölgeleme Etüt Genelgesi.

[2] Keçeli, D.A.,Zemin Etütlerinde Neden Jeofizik Mühendisliği Çalışmaları Zorunlu Olmalıdır?, Jeofizik 18, 15-28.(2013).

[3] İller Bankası A. Ş. mülga Yeraltı Etütleri Dairesi Başkanlığı tarafından, Belediyesi'nin verdiği yetki ile mülga Şehircilik Dairesi Başkanlığı'nın 10.02.2010 tarihli yazısına istinaden yapılan rapor.

KARSTİK BOŞLUK VE OBRUKLARIN JEOFİZİK YÖNTEMLERLE TESPİT EDİLMESİ: İnandık Köyü (ÇANKIRI) Uygulaması

Abdullah ÖZÇELİK[1], Atiye Esma YİĞTİ[2] Burhan IŞIK[3], Musa Adil ARITÜRK[4], Özcan ÖZEN[5], Barış BÜYÜKURVAYLI[6]

[1] Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Çankırı, Türkiye, E-posta: abdullah.ozcelik@afad.gov.tr
[2]Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Çankırı, Türkiye, E-posta: aesma.yigit@afad.gov.tr
[3] Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Çankırı, Türkiye, E-posta: burhan.isik@afad.gov.tr
[4] Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Çankırı, Türkiye, E-posta: madil.ariturk@afad.gov.tr
[5]Zemin Jeoteknik Mühendislik, Samsun, Türkiye, E-posta:ozcanozen61@yahoo.com
[5] Toprak Mühendislik, Çankırı, Türkiye, E-posta: ekinoks1819@gmail.com

Özet

Bu çalışmaya konu olan obruklar Çankırı İl merkezine bağlı İnandık Köyü sınırlarında bulunmakta ve bölgede yaklaşık 1500 hektarlık bir alan kaplayan, Bozkır, Gölcetepe Formasyonu adı verilen Çamurtaşı, Kumtaşı, Tüf, Jips ardalanmasından oluşmaktadır. Ülkemizde buna benzer jeolojik yapıda çok fazla alan yer almaktadır. Çalışmalara İnandık Köyü sakinlerinin dilekçesi ile Çankırı İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından başlanılmıştır. Bu çalışma kapsamında, arazi gözlemleri, uydu, ortofoto görüntüleri, kadastro kayıtları ve tapu kayıtları incelenmesi akabinde jeofizik ölçüler ve sondaj çalışmaları yapılmıştır. Jeofizik ölçümler kapsamında, kesintisiz yer sarsıntı ölçümleri, söz konusu alanın yer radarı (GPR) ile taranması ve belirlenen doğrultularda mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler sonucunda anomali alınan noktalarda sondaj kuyuları açılmış ve jeofizik sonuçlar desteklenmiştir. Yapılan bu çalışma sonucunda İnandık Köyü sınırlarında 3 adet 3m -20m derinliğinde 3m, 13m ve 46m çaplarında yer çökmelerinin meydana geldiği, bu çöküntüler ile aynı doğrultuda yer altında boşlukların oluştuğu tespit edilmiş, İnandık köyü sınırlarında bulunan 65 konutun nakline karar verilmiştir. Ülkemizin özelliklede bölgenin jeolojik yapısı itibari ile bu tür oluşumlarla karşılaşma ihtimali çok yüksektir. Bu nedenle yeni imara açılacak olan alanlarda bu tür tespitlerin doğru bir şekilde yapılması ileride meydana gelebilecek büyük ölçekli afetlere engel olabilecektir. Mevcut yerleşimlerde meydana gelen oluşumlarında incelenmesi sonucu gereken tedbirlerin alınması kapsamında bu ve buna benzer çalışmalar da büyük önem arz etmektedir.

Anahtar kelimeler: Obruk, Karstik, Bozkır Formasyonu, Çankırı.

Abstract

Carstic cavities,the subject of this study,are located in İnandık village of Çankırı and are composed of the intercalation of mudstone, sandstone,gypsum called Bozkır ,Gölcetepe Formation covering approximately 1500 hectares.In our country, there are many areas which have similar geological structure. Studies have been initiated with a petition which came to Çankırı Provincial Disaster and EmergencyDirectorate.Within the scope of this study, field observations,satellite and orthophoto images have been examined and then geophysical measurements and drilling works have been conducted. Within the scope of the geophysical measurements, continuous ground shaking measurements, scanning the area at point by GPR (ground radar) and microtremor measurements at specified line have been conducted. In the result of these measurements, boreholes have been opened at points received anomaly and the geophysical results have been supported. As a result of this work,It has been determined that in İnandık village, three land subsidences,approximately 3-20 meters in depth and 3-13-46 meters in diameter ,have occurred and in the same direction with these land subsidences, underground cavities have formed. So, It has been decided to transfer the 72 residences in İnandık village. Our country has a very high probability of encountering this type of formation as a result of the geological structure of the area.Therefore, making correctly such detections in the areas which will be zoned for construction may prevent major disasters which may occur in the future. Within the scope of taking the necessary precuations as a result of the investigation of the formation occurring in existing settlements, these and similar studies are of great importance.

Keywords: carstic, cavites,bozkır formation, Çankırı

1. Giriş

Çankırı Merkeze bağlı İnandık Köyü sınırlarında yer alan Çöküntüler ve köy içinde bulunan binalardaki çatlak ve oturmalara sebep olan hareketliliği araştırma amaçlı bölgede 7 Profil yer radarı ölçümü, 28 noktada Mikrotremor ölçümü, 3 adet sondaj kuyusu ve 3 gün boyunca 24 saat süreli titreşim ölçümleri yapılmıştır. İnceleme alanında meydana gelen obruklar bölgenin jeolojik yapısından kaynaklanan erime boşluklarının zamanla çökmesi sonucu meydana gelmiştir. Bölgede zemin, kumtaşı, tüf, jips ardalanmasından oluşmaktadır. Şekil 4'te inceleme alanının 1/25000 ölçekli genel jeoloji haritası verilmiştir. Arazi etrafı yüksek tepelerle çevrili bir dere yatağı konumundadır. Şekil 1' de inceleme alanı genel uydu görüntüsü gösterilmektedir. Etraftaki yüksek yerlerden taşınan yer altı ve yüzey sularının doğal bir toplama havzası şeklindedir. Bölgede yer alan jips birimleri su ile temas etmesi sonucu eriyerek boşluklar oluşturmuş ve bu

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

boşluklar zamanla çökerek büyük obruklara neden olmuştur. İnceleme alanında iki adet büyük çaplı obrukların bir adet te 3 metre çapında bir obruk oluştuğu tespit edilmiş bu obruklarla aynı doğrultu üzerinde köy içindeki konutlarda da oturmalar gözlenmiş ve incelemeler bu doğrultu da köyde konutların bulunduğu bölgelerde gerçekleştirilmiştir. Şekil 2'de oluşan obruklardan çapı 13 metre olanın uydu görüntüsü verilmiştir. Şekil 3'te ise bu obruğun fotoğrafı verilmiştir.



Şekil 1. İnceleme Alanı Genel Uydu Görüntüsü



Şekil 2. 13m çapındaki obruğun Uydu Haritasındaki (Bing) Görüntüsü

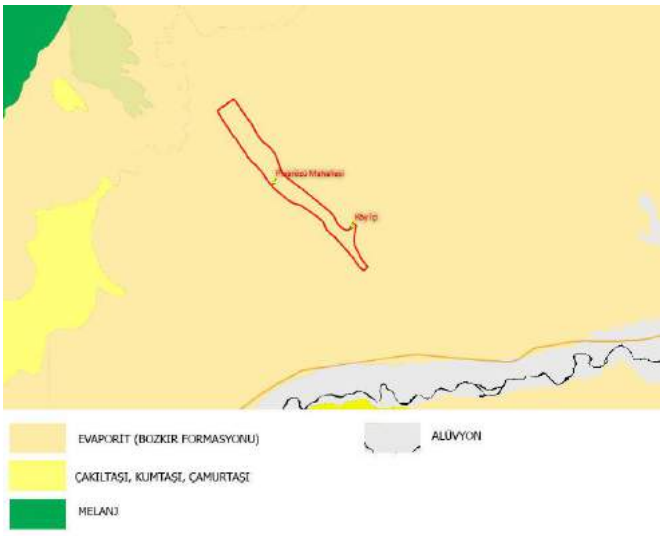


Şekil 3. Çapı 13m olan obruğun fotoğrafı

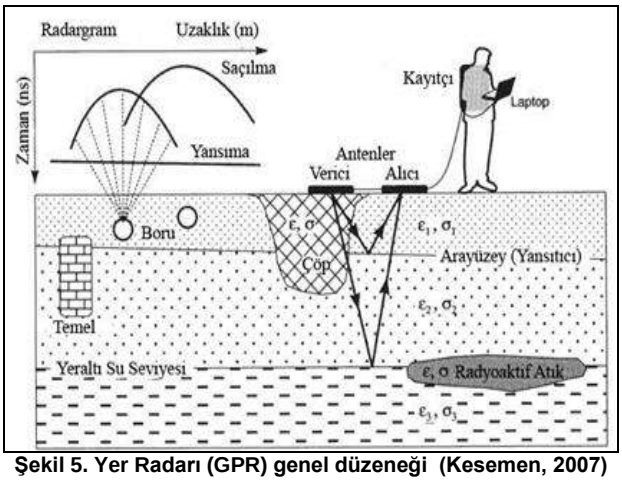
2. Materyal Ve Yöntem

2.1. Yer Radarı (GPR) Çalışmaları

Yer radarı (GPR); araştırılan yüzeyin sığ derinliklerini yüksek çözünürlükte görüntüleyen elektromanyetik bir yöntemdir. Bu yöntemde bir kaynak tarafından araştırılan ortama gönderilen ve zaman içinde değişen yüksek frekanslı elektromanyetik alanlar kullanılarak incelemeler yapılmaktadır. Şekil 5'te yer radarı genel ölçüm düzeneği verilmiştir. Tablo 1'de GPR ölçümlerinde kullanılan anten frekanslarının yaklaşık araştırma derinlikleri verilmiştir. İnceleme alanında Frekansı 270 Mhz olan anten kullanılarak toplam 7 profil yer radarı ölçümü yapılmıştır. Tablo 1'de anten frekanslarının ulaşabildiği yaklaşık derinlikler verilmiştir. Bu tabloya göre araştırmada kullanılan 270 Mhz anten ile yaklaşık 1-10m arası derinlikten veri alınabilmiştir. Tablo 2'de inceleme alanında yapılan ölçümlerin başlangıç ve bitiş koordinatları coğrafi koordinat sisteminde verilmiştir. Şekil 6'da profillerin uydu görüntüsü üzerindeki gösterimi verilmiştir.



Şekil 4. İnceleme Alanının 1/25000 Ölçekli Genel Jeoloji Haritası



Şekil 5. Yer Radarı (GPR) genel düzeneği (Kesemen, 2007)

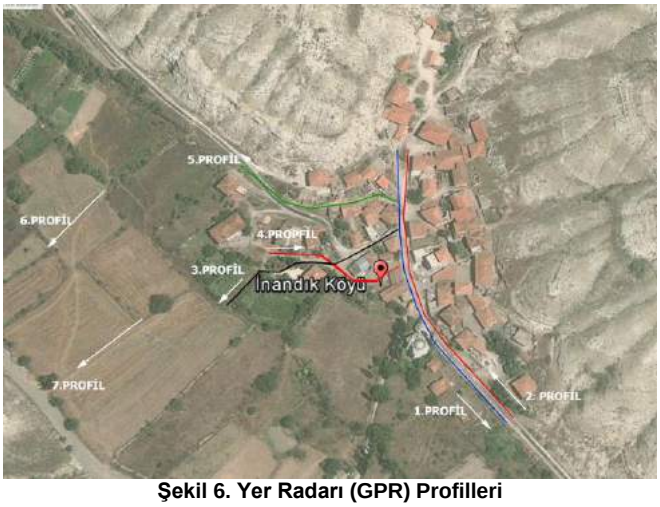
Tablo1. Farklı anten frekansları için yaklaşık derinlik aralıkları

Anten frekansı (mHz)	Hedef nesne boyutunun alt limiti (m)	Yaklaşık derinlik Aralığı* (m)	Yaklaşık maximum penetrasyon derinliği (m)
25	1	5-30	35-60
50	0.5	5-20	20-30
100	0.1-1	2-15	15-25
270	**0.005-0.1**	**1-10**	**5-15**
500	0.04	1-5	3-10
800	0.02	0.4-2	1-6
1000	Cm	0.05-2	0.5-4

* Düşük rezistiviteli materyallerin olmadığı normal jeolojik çevresel koşullarda

Tablo 2. Yer Radarı (GPR) ölçüm koordinatları ve uzunlukları.

	Başlangıç		Bitiş	
Profil No	ENLEM	BOYLAM	EMLEM	BOYLAM
P-1	40.409816	33.562701	40.407159	33.563778
P-2	40.407059	33.564042	40.409786	33.562783
P-3	40.409278	33.562519	40.408745	33.561514
P-4	40.409243	33.561666	40.409020	33.562541
P-5	40.409525	33.562575	40.409919	33.561317
P-6	40.409808	33.560111	40.409575	33.559748
P-7	40.408953	33.560454	40.408705	33.559971



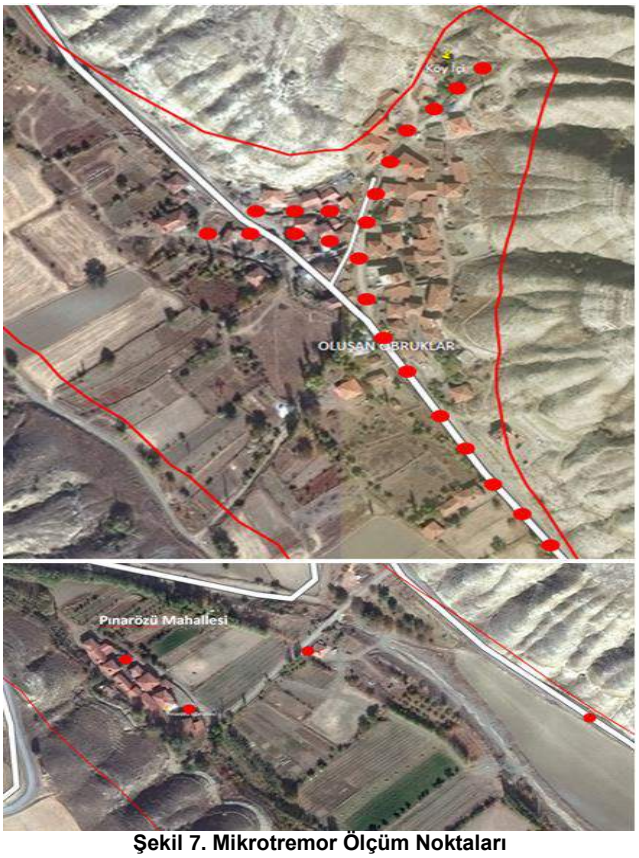
Şekil 6. Yer Radarı (GPR) Profilleri

2.2. Mikrotremor Ölçümleri

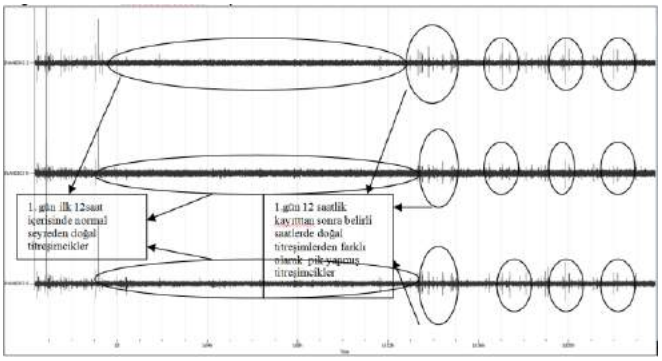
Depremler ve sismik patlamalar dışında, doğal ve doğal olmayan nedenlerle oluşan, periyotları birkaç dakikayı aşmayan, yeryüzünün titreşim hareketlerine genel olarak mikroseism (çok küçük yer sarsıntıları) denir. Mikrotremor (titreşimcik) ifadesi 0.05 ile 2 sn. aralıklı periyotlar için kullanılır. İnceleme alanında belirlenen doğrultularda toplamda 28 noktada Mikrotremor ölçümü yapılarak zemin hakim titreşim periyodu ve zemin büyütmesi değerleri hesaplanmıştır. Şekil 7'de mikrotremor ölçüm noktalarının uydu görüntüsü üzerine işlenmiş hali gösterilmektedir. Belirlenen ölçüm noktaları yer radarı (GPR) profillerinde anomali alınan doğrultularda yer almaktadır. Mikrotremor ölçümleri belirlenen profillerde 20 metre aralıklarla yapılmıştır. Kısa mesafelerde T_0 değerlerindeki değişimlerle radar profillerindeki anomaliler örtüştürülmeye çalışılmıştır. Mikrotremor ölçümleri tek başına bu tür çalışmalarda doğru sonuca ulaştırmaz, ancak bu çalışma da yer radarı (GPR) görüntülerindeki anomalilerle eşleştirilerek doğru sonuç elde edilmeye çalışılmıştır.

Mikrotremor Ölçümlerinin İncelemede Kullanım Amacı

- Yer hareketinin yerel zemin koşulları etkisi ile oluşturabileceği büyütme özelliklerinin (zemin hâkim periyodu ve zemin büyütme katsayısı) belirlenmesi,
- Sarsıntı sırasında zemin ve yapı davranışlarının saptanması,
- Belirlenen profillerdeki ani periyot değişimlerinin anomalileri ve sebeplerinin belirlenmesi.
- Aralıksız yapılan mikrotremor ölçümlerinde amaç, yer altındaki çökmelerin oluşturduğu titreşimciklerin belirlenmesi.
- Şekil 8,9,10'da kesintisiz mikrotremor ölçümlerinden elde edilen kayıtlar verilmiştir.



Şekil 7. Mikrotremor Ölçüm Noktaları

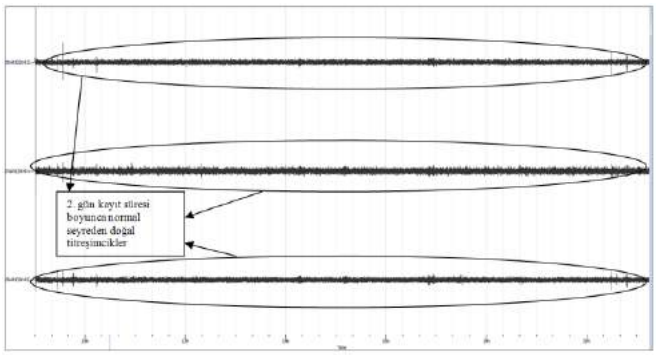


Şekil 8. 25.01.2015 tarihindeki Kesintisiz Mikrotremor Ölçüm Kayıtları

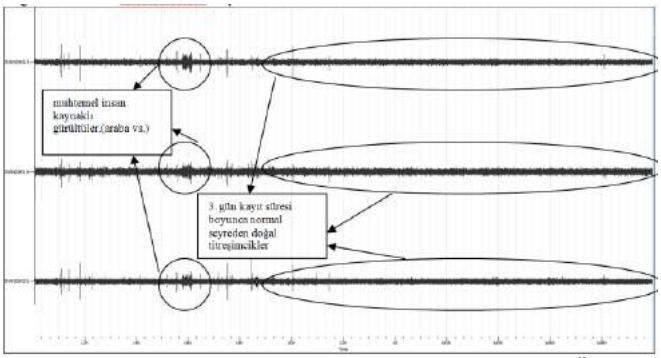
2.3. Sondaj Kuyuları

Şekil 6'da görülen yer radarı (GPR) ölçümlerinde anomali alınan doğrultular üzerinde yapılan mikrotremor ölçümlerinin yorumlanması sonucu şüphelenilen bazı noktalara sondaj kuyuları açılmıştır. Şekil 11'de sondaj yapılan noktaların uydu görüntüsü verilmiştir. Açılan sondaj kuyularından iki tanesi boşluk olduğu düşünülen noktalarda bir tanesi ise radar ve mikrotremor ölçümlerinde anomali vermeyen sağlam

zemin üzerinde yapılmıştır. Sondaj kuyuları 7 metre derinliğinde yapılmış olup anomali veren iki noktada (Şekil 12-13) boşluk bulgusuna rastlanılmıştır. Anomali alınmayan sağlam noktada da 7 metre, jipsli kiltaşı, çamurtaşı birimlere rastlanmıştır. (Şekil 14)



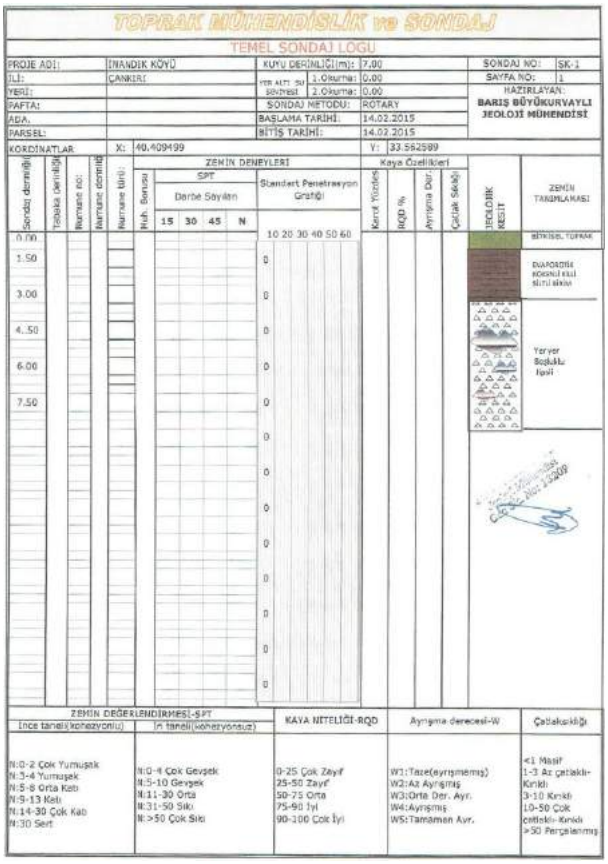
Şekil 9. 26.01.2015 tarihindeki Kesintisiz Mikrotremor Ölçüm Kayıtları



Şekil 10. 27.01.2015 tarihindeki Kesintisiz Mikrotremor Ölçüm Kayıtları



Şekil 11. Anomali Noktaları ve Sondaj Kuyuları


TOPRAK MÜHENDİSLİK ve SONDAJ

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE ADI:	İNANDIK KÖYÜ	KUYU DERİNLİĞİ(m):	7.00
İLİ:	ÇANKIRI	YER ALTI SU seviyesi 1.Okuma:	0.00
YERİ:		2.Okuma:	0.00
PAFTA:		SONDAJ METODU:	ROTARY
ADA:		BAŞLAMA TARİHİ:	14.02.2015
PARSEL:		BİTİŞ TARİHİ:	14.02.2015
KORDİNATLAR	X: 40.409499	Y:	33.562589

SONDAJ NO: SK-1 | SAYFA NO: 1 | HAZIRLAYAN: BARIŞ BÜYÜKURVAYLI JEOLOJİ MÜHENDİSİ

ZEMİN DENEYLERİ: SPT Darbe Sayıları (15 30 45 N); Standart Penetrasyon Grafiği (10 20 30 40 50 60)

Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi; RQD %; Ayrışma Der.; Çatlak Sıklığı

Sondaj derinliği | Tabaka derinliği | Numune no: | Numune derinliği | Numune türü: | Vuh. Sondajı

JEOLOJİK KESİT | ZEMİN TANIMLAMASI

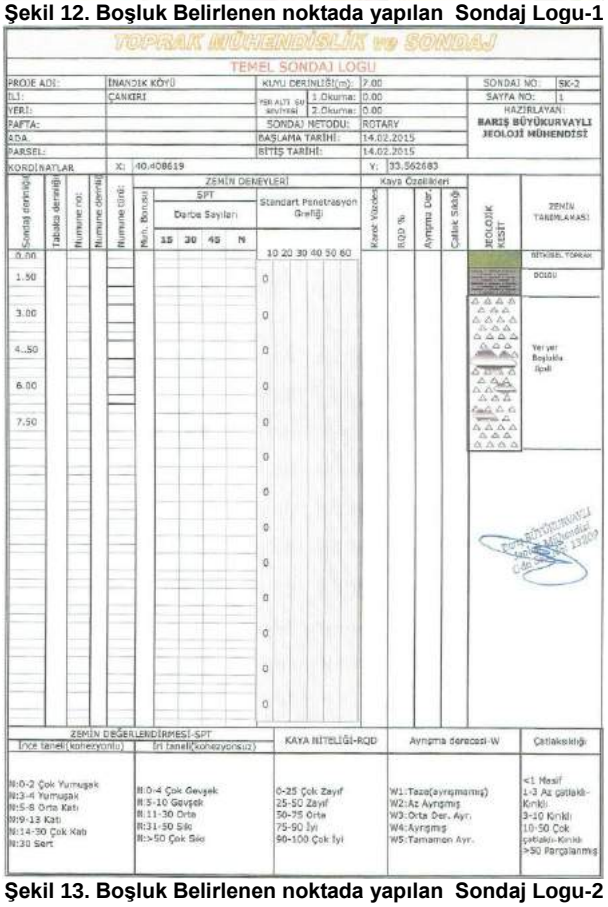
0.00 | 1.50 | 3.00 | 4..50 | 6.00 | 7.50

BİTKİSEL TOPRAK | ÇAKILLI KONGLOMERALI SİLTLİ BİRİM | Yer yer Boşluklu İpsli

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT

İnce taneli(koheziyonlu)	İri taneli(koheziyonsuz)	KAYA NİTELİĞİ-RQD	Ayrışma derecesi-W	Çatlaklılığı
N:0-2 Çok Yumuşak N:3-4 Yumuşak N:5-8 Orta Katı N:9-13 Katı N:14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N:>50 Çok Sıkı	0-25 Çok Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi	W1:Taze(ayrışmamış) W2:Az Ayrışmış W3:Orta Der. Ayr. W4:Ayrışmış W5:Tamamen Ayr.	<1 Masif 1-3 Az çatlaklı-Kırıklı 3-10 Kırıklı 10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı >50 Parçalanmış

Şekil 12. Boşluk Belirlenen noktada yapılan Sondaj Logu-1


TOPRAK MÜHENDİSLİK ve SONDAJ

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE ADI:	İNANDIK KÖYÜ	KUYU DERİNLİĞİ(m):	7.00
İLİ:	ÇANKIRI	YER ALTI SU seviyesi 1.Okuma:	0.00
YERİ:		2.Okuma:	0.00
PAFTA:		SONDAJ METODU:	ROTARY
ADA:		BAŞLAMA TARİHİ:	14.02.2015
PARSEL:		BİTİŞ TARİHİ:	14.02.2015
KORDİNATLAR	X: 40.408619	Y:	33.562683

SONDAJ NO: SK-2 | SAYFA NO: 1 | HAZIRLAYAN: BARIŞ BÜYÜKURVAYLI JEOLOJİ MÜHENDİSİ

ZEMİN DENEYLERİ: SPT Darbe Sayıları (15 30 45 N); Standart Penetrasyon Grafiği (10 20 30 40 50 60)

Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi; RQD %; Ayrışma Der.; Çatlak Sıklığı

Sondaj derinliği | Tabaka derinliği | Numune no: | Numune derinliği | Numune türü: | Vuh. Sondajı

JEOLOJİK KESİT | ZEMİN TANIMLAMASI

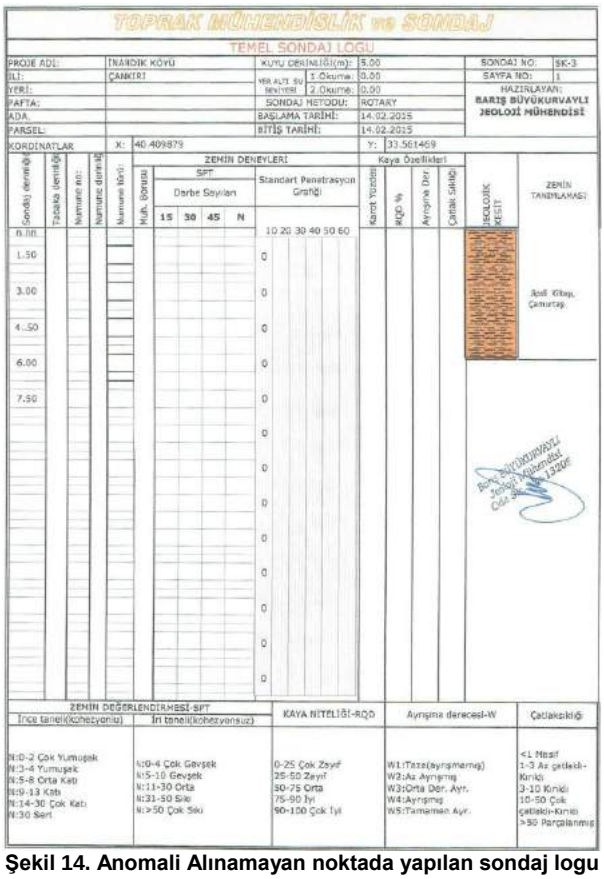
0.00 | 1.50 | 3.00 | 4..50 | 6.00 | 7.50

BİTKİSEL TOPRAK | DOLGU | Yer yer Boşluklu İpsli

ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT

İnce taneli(koheziyonlu)	İri taneli(koheziyonsuz)	KAYA NİTELİĞİ-RQD	Ayrışma derecesi-W	Çatlaklılığı
N:0-2 Çok Yumuşak N:3-4 Yumuşak N:5-8 Orta Katı N:9-13 Katı N:14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N:>50 Çok Sıkı	0-25 Çok Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi	W1:Taze(ayrışmamış) W2:Az Ayrışmış W3:Orta Der. Ayr. W4:Ayrışmış W5:Tamamen Ayr.	<1 Masif 1-3 Az çatlaklı-Kırıklı 3-10 Kırıklı 10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı >50 Parçalanmış

Şekil 13. Boşluk Belirlenen noktada yapılan Sondaj Logu-2



TOPRAK MÜHENDİSLİK ve SONDAJ

TEMEL SONDAJ LOGU

PROJE ADI:	İNANDIK KÖYÜ	KUYU DERİNLİĞİ(m):	5.00	SONDAJ NO:	SK-3
İLİ:	ÇANKIRI	YER ALTI SU SEVİYESİ 1.Okuma:	0.00	SAYFA NO:	1
YERİ:		YER ALTI SU SEVİYESİ 2.Okuma:	0.00	HAZIRLAYAN:	BARIŞ BÜYÜKURVAYLI JEOLOJİ MÜHENDİSİ
PAFTA:		SONDAJ METODU:	ROTARY		
ADA:		BAŞLAMA TARİHİ:	14.02.2015		
PARSEL:		BİTİŞ TARİHİ:	14.02.2015		
KORDİNATLAR	X: 40 409879		Y: 33 561469		

ZEMİN DENEYLERİ: Sondaj derinliği; Tabaka derinliği; Numune no; Numune derinliği; Numune türü; SPT: Muh. Sonucu; Darbe Sayıları 15 30 45 N; Standart Penetrasyon Grafiği 10 20 30 40 50 60; Kaya Özellikleri: Karot Yüzdesi; RQD %; Ayrışma Derecesi; Çatlaklı Sıklığı; JEOLOJİK KESİT; ZEMİN TANIMLAMASI

0.00
1.50 — Asfalt Kitap, Çamurlaş.
3.00
4.50
6.00
7.50

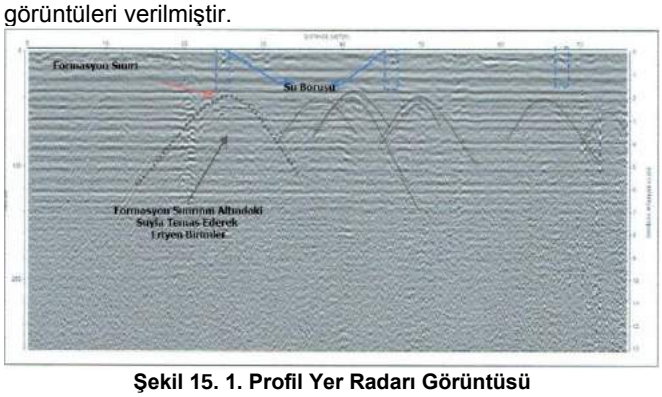
ZEMİN DEĞERLENDİRMESİ-SPT		KAYA NİTELİĞİ-RQD	Ayrışma derecesi-W	Çatlaklılığı
İnce taneli(kohezyonlu)	İri taneli(kohezyonsuz)			
N:0-2 Çok Yumuşak N:3-4 Yumuşak N:5-8 Orta Katı N:9-13 Katı N:14-30 Çok Katı N:30 Sert	N:0-4 Çok Gevşek N:5-10 Gevşek N:11-30 Orta N:31-50 Sıkı N:>50 Çok Sıkı	0-25 Çok Zayıf 25-50 Zayıf 50-75 Orta 75-90 İyi 90-100 Çok İyi	W1:Taze(ayrışmamış) W2:Az Ayrışmış W3:Orta Der. Ayr. W4:Ayrışmış W5:Tamamen Ayr.	<1 Masif 1-3 Az çatlaklı-Kırıklı 3-10 Kırıklı 10-50 Çok çatlaklı-Kırıklı >50 Parçalanmış

HAZIRLAYAN: BARIŞ BÜYÜKURVAYLI JEOLOJİ MÜHENDİSİ

Şekil 14. Anomali Alınamayan noktada yapılan sondaj logu

3. Bulgular Ve Tartışma

7 Profilde alınan yer radarı (GPR) Ölçümlerinin Değerlendirilmesi sonucu 2 profilde (1. ve 5. Profiller) boşluk olabilecek parabollere rastlanılmıştır (Şekil 15 ve Şekil 19). Radar profillerinde görülen boşluk olabilecek paraboller zemindeki oturmalar sonucunda binalarda hasar olan bölgelerde olması sebebiyle bu noktaları baz alan doğrultularda Mikrotremor ölçümleri yapılmasına karar verilmiştir. Şekil 15,16,17,18,19,20,21'de Radargram görüntüleri verilmiştir.



Şekil 15. 1. Profil Yer Radarı Görüntüsü



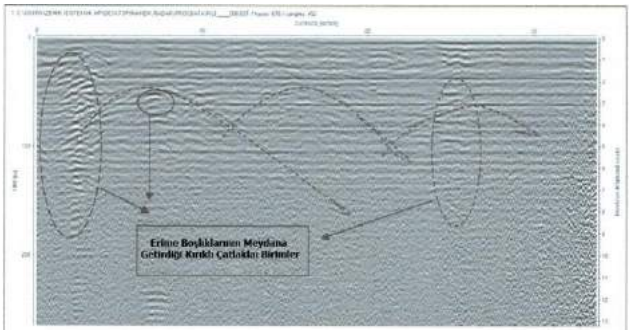
Şekil 16. 2. Profil Yer Radarı Görüntüsü



Şekil 17. 3. Profil Yer Radarı Görüntüsü



Şekil 18. 4. Profil Yer Radarı Görüntüsü



Şekil 19. 5. Profil Yer Radarı Görüntüsü

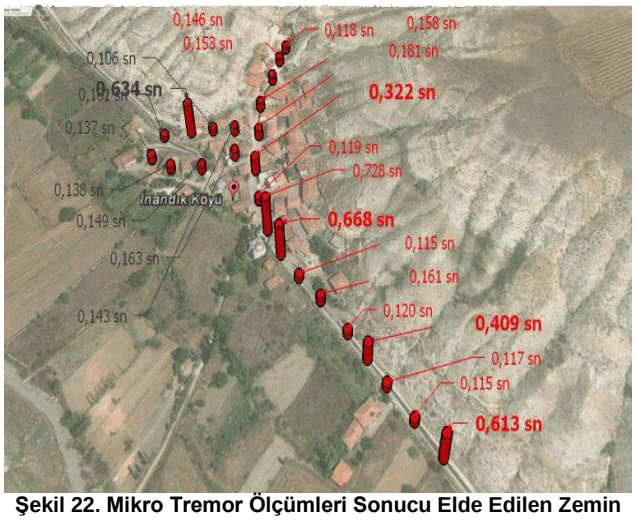


Şekil 20. 6. Profil Yer Radarı Görüntüsü



Şekil 21. 7. Profil Yer Radarı Görüntüsü

Belirlenen doğrultularda yapılan Mikrotremor ölçümleri sonucunda çok kısa mesafelerde zemin hakim titreşim periyodu (T_0) ve Zemin Büyütme (A_0) değerlerinde ani değişimler olduğu saptanmış ve T_0 değerinin ani düşüşler gösterdiği noktalar ile Radar verilerindeki paraboller arasında bir uyum olduğu tespit edilmiştir. Şekil 22'de T_0 verilerinin değişimi, Şekil 23'de T_0 dağılım haritası verilmiştir. T_0 değerlerinin ani yükseliş gösterdiği yerler anomali olarak değerlendirilmiştir. Bu noktaların üç boyutlu olarak gösterimi için, T_0 değerleri ters çevrilerek boşluk noktaları çukur şeklinde gösterilmiştir (Bkz. Şekil 24). Son olarak iki jeofizik yöntemde de doğrulanan noktalarda sondaj kuyusu açılmasına karar verilmiştir. Anomali veren (boşluktan şüphelenilen) iki noktada ve boşluk olmadığından emin olunan bir diğer noktaya da sondaj kuyusu açılarak boşluklar tespit edilmiştir.



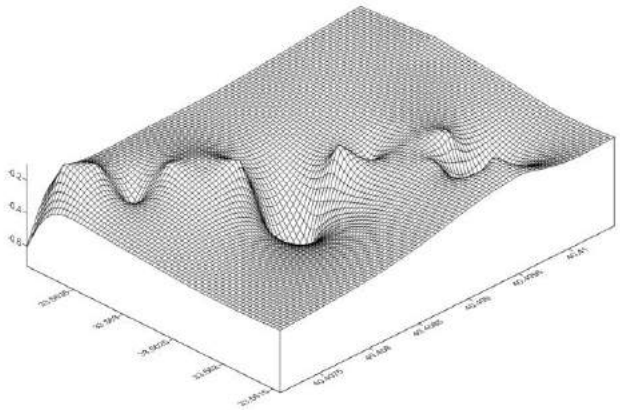
Şekil 22. Mikro Tremor Ölçümleri Sonucu Elde Edilen Zemin Hakim Titreşim Periyodu Değerleri

4. Sonuç Ve Öneriler

İnceleme alanında ve yakın civarında gözlemsel olarak ötelenme, çatlama, yarılma ve çökme olayları tespit edilmiştir. Toplamda 7 profil yer radarı ölçümü yapılmıştır, ölçüm sonuçlarına göre özellikle 1. ve 5. profillerde belirgin sonuçlar alınıp yorumlamaya gidilmiştir. Bu sonuçlara göre; arazinin genelinin jipsli birimlerden oluşması da göz önünde bulundurularak; radargramlarda tespit edilen hiperbolik yapı şeklindeki radar yansımaları, jipsli birimlerin suyla temas etmeyen, mukavemetini yitirmeyen kısmını temsil etmektedir. Bu yapıların altında kalan kısımlar ise kırıklı çatlaklı, boşluklu, yer yerde suyun temas ettiği bölgede birimi eriterek zamanla ayrışarak mukavemetini yitirmiş birimler olarak yorumlanmıştır. Radar görüntülerinde anomali veren profiller üzerinde 28 noktada mikrotremor ölçümleri yapılmıştır.



Şekil 23. Zemin Hakim Titreşim Periyodu Dağılım Haritası



Şekil 24. Zemin Hakim Titreşim Periyodu 3 Boyutlu Dağılım Haritası

Bu ölçümlerin sonuçlarına göre;

Zemin hakim titreşim periyodu (T_0) değerlerinin ve zemin büyütmesi (A_0) değerinin yükselmesi mukavemeti düşük birimin varlığı olarak yorumlanmıştır. İnceleme alanında yapılan mikrotremor ölçümleri de bu değişimin gözlenmesi amacıyla yapılmıştır. Çok kısa mesafeli aralıklarla yapılan ölçümlerde bazı noktalarda zemin hakim titreşim periyodu değeri ve zemin büyütmesi değeri yükselmektedir. 28 ayrı noktada yapılan ölçümlerde T_0 değerinin ani yükselme gerçekleştirdiği ve T_0 değeri düşük olmasına rağmen zemin büyütmesinin çok yüksek olduğu yerlerde boşluklu ve mukavemeti düşük birim olduğu yorumlanarak sonuca gidilmiştir.

Bu sonuçlara göre genel olarak köy yerleşim yeri içerisinde yüzeye yakın bölgelerde boşluklu ve mukavemeti düşük birimler olduğu tespit edilmiştir**.** Jeofizik ölçümler kapsamında, kesintisiz yer sarsıntı ölçümleri, söz konusu alanın yer radarı (GPR) ile taranması ve belirlenen

doğrultularda mikrotremor ölçümleri yapılmıştır. Anomali noktalarında yapılan sondajlarla jeofizik ölçümlerde görülen boşluklu ve mukavemeti düşük birimler teyit edilmiştir.

Bu bağlamda oluşabilecek boşlukların boyutları kestirilemeyeceği için çalışma alanında herhangi bir iyileştirme yapılması mümkün gözükmemektedir. Çalışma alanında oluşan büyük çöküntüler düşünüldüğünde, bölge yapılaşmaya uygun değildir. Mevcutta bulunan yapılarda büyük bir risk oluşturmaktadır. Yapılan teknik ve bilimsel çalışmalar sonucunda bölgeye Çankırı İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünün hazırladığı rapor, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teklifi doğrultusunda Bakanlar Kurulu Kararı ile "Afete Maruz Bölge Kararı" alınarak İnandık Köyündeki tüm konutların nakline karar verilmiştir. Bu afetin oluşumunun muhtemel olduğu zeminlerde yapılaşma tavsiye edilmemektedir. Yapılaşma zaruri ise öncelikle alan jeofizik ölçümlerle taranmalı, zeminden alınan numunelere gerekli kimyasal analizler yapılmalıdır. Ölçüm ve analizler sonucunda kimyasal tepkimelerle ayrışmanın olmadığı gözlenirse zeminden su tamamen drene edilerek zeminin suyla teması engellenecek şekilde planlama yapılmalıdır. Zeminde kimyasal tepkimeler sonucu ayrışmanın olduğu gözlenir ise kesinlikle yapılaşmaya gidilmemelidir.

Kaynaklar

[1] Özçep, F., “Zemin Jeofizik Analiz”, Mikrosoft Excel Programı, İ.Ü.Müh.Fak.Jeofizik Müh.Böl.,İstanbul
[2] Özçep,F ‘’ Statik ve Dinamik Deprem Etkiler Altında Zemin Davranışı ve Mühendislik Uygulamaları, İ.Ü.Müh.Fak.Jeofizik Müh.Böl.,İstanbul,2005
[3] Özaydın, K, Zemin Mekaniği, Y:T:Ü: İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Geoteknik Anabilim Dalı, Birsen Yayınevi, İstanbul, . 1997.
[4] Beker,Y., Mikrotremor Araştırma Yöntemi Kurs Notları, . 2013.
[5] T:C: Bayındırlık İskan bakanlığı Afet işleri genel müdürlüğü (Afet bölgelerinde yapılacak yapılar hakkında yönetmelik, 1996- Ankara
[6] Ercan,A, Yer Araştırma Yöntemleri, . 2000

TARİHSEL BİR HEYELANIN BİRİKTİRDİĞİ MALZEMENİN YAPISAL VE JEOTEKNİK ÖZELLİKLERİNİN SIĞ SİSMİK YÖNTEMLERLE İNCELENMESİ: TRABZON-UZUNGÖL ÖRNEĞİ

INVESTIGATION OF STUCTURAL AND GEOTECHNICAL CHARACTERS OF MATERIALS DEPOSITED BY A HISTORICAL LANDSLIDE: TRABZON-UZUNGÖL EXAMPLE

Gülseda Vanlı ŞENKAYA[1], Hakan KARSLI[1], Mustafa ŞENKAYA[1], Recep GÜNEY[1]

[1]Karadeniz Teknik Üniversitesi, Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Trabzon,

(gulseda-vanli@hotmail.com; hkarsli@ktu.edu.tr; msenkaya@ktu.edu.tr; rguney@ktu.edu.tr)

Özet

Bu çalışma, Trabzon ilinin Uzungöl beldesinde tarihsel bir heyelan sonucu birikmiş ve üzerinde yerleşimin yoğun olduğu alanlarındaki, jeolojik malzemenin istiflenme yapısının görüntülenmesi, dinamik ve elastik parametrelerinin hesaplanarak jeoteknik açıdan değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda 16 profilde sismik kırılma, aktif ve pasif kaynaklı yüzey dalgası ve 3 profilde sismik yansıma verisi toplanmıştır. Sismik kırılma verilerinden ilk varış tomografisi yöntemiyle ile P-dalgası hız kesitleri, çok kanallı yüzey dalgalarının dispersiyon eğrilerinin ters çözümünden ise 1B ve 2B'lu S-dalgası hız-derinlik profilleri ve kesitleri elde edilmiştir. Yansıma verilerine temel veri işlem adımları uygulanarak sismik göç kesitleri hazırlanmıştır. Elde edilen hız-derinlik profilleri ve kesitlerden, heyelan malzemesinin kalınlıkların çalışma alanın batı tarafında 15-20m, güney ve göle yakın taraflarında ise ≥20m olarak görüntülenmiştir. Hesaplanan dinamik elastik parametrelere ve 30m derinliğe kadar ortalama S-dalga hızına (V_{s30}) göre çalışma alanındaki hakim zemininin Türk deprem yönetmeliğine göre Z2 ve Z3, EC-8'e göre B ve C, NEHRP'e göre ise C ve D sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, heyelan malzemesinin yüzeyden birkaç metre derinliğe kadar yer alan tarım toprağı hariç, orta sıkı-katı karakterli bir zemin özelliği gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, temel kayanın ilk birkaç metresi de ayrışmış bir karakterde olup, daha derinlerde ise daha masif yapıda olduğu gözlenmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmada, zemin yapısı ve jeoteknik özelliklerin belirlemesinde sismik yöntemlerin birlikte kullanılmasının katkıları gösterilmiş olup, Uzungöl'deki yapılaşmanın güvenli ve çevreye zarar vermeden planlanmasında bilimsel bir altlık oluşturulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Uzungöl, Heyelan, Jeoteknik, Sığ Sismik Yöntemler

Abstract

This study was carried out to image the sedimentation of the geologic material, which had been deposited by a historical landslide and on which there are densely settlement, and to evaluate its geotechnical characters by calculating the dynamic elastic parameters in Uzungöl district of Trabzon city. In this scope, seismic refraction, active and passive surface waves in 16 profiles and seismic reflection data in 3 profiles were gathered. P-wave velocity sections by using first arrival tomography and 1D and 2D S-wave velocity-depth profiles and sections were obtained by inverting of surface wave dispersion curves, respectively. By applying the basic seismic data processing steps, migrated seismic sections were obtained. From velocity-depth profiles and sections, it was imaged that the thickness of landslide deposits is between 15m and 20m at west side and larger than 20m at south side and near lake in study area. Considering the calculated dynamic elastic parameters and based on average shear wave velocity of the upper 30 m soil column (V_{s30}), soil classification of study area is Z2 and Z3 for Turkish Earthquake Code, B and C for EC-8 code, C and D for NERHP is determined. However, it is determined that landslide deposits are characterized by moderate stiffness-solid soil, excluding arable soil from surface to a few meters depth. Additionally, the first meters of base rock shows weathered character, but deeper parts are very compact and very hard. Consequently, in this study it was pointed that use of combination of shallow seismic methods contributes too much in determination of soil structure and geotechnical characters for a field and it was formed a scientific infrastructure in future planning of Uzungöl settlement safely and without damaging environment.

Keywords: Uzungöl, Landslides, Geotechnical, Shallow Seismic Methods

1. Giriş

Zeminlerin dinamik-elastik parametrelerinin, jeoteknik özelliklerinin ve temel kaya topoğrafyasının belirlenmesi, üst yapı mühendislik çalışmalarında ve imar planlamalarında doğru yapılaşma ve yapı güvenliği açısından son derece gerekli ve önemlidir. Bununla birlikte zeminlerin statik ve dinamik yüklemeler altında mekanik davranışlarının açıklanması da, yerleşime uygunluk açısından değerlendirilmelidir. Ayrıca, tarihsel heyelanlar nedeniyle jeolojik malzemenin yamaç tabanlarında birikmesiyle oluşan ve zamanla şekillenen arazilerin yeniden imar adaları içine dahil edilip edilemeyeceğinin

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

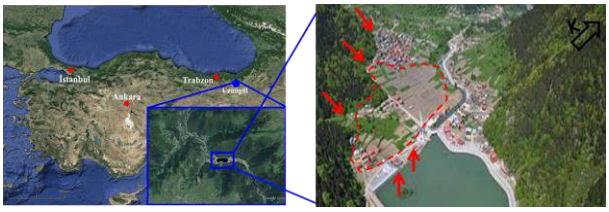
güvenli bir şekilde belirlenmesi şehir planlamalarında önemli bir konudur. Diğer yandan, aşırı dik yamaçlar ve iklim şartları ile ilişkili olarak heyelan potansiyelinin çok yüksek ve imar açısından kullanılacak arazinin sınırlı olduğu yerlerde, bu durum daha da dikkatli üzerinde durulması gereken bir konu olmaktadır. Bu tür arazilerinin yapısal ve jeoteknik açıdan detaylı ve güvenli bir şekilde araştırılması, yeniden imara açılması için karar verme süreçlerini doğrudan etkileyecektir.

Bu kapsamda, sismik yöntemler, özellikle, yüzeyden 30 m derinliğe kadar zemin sıkılık-gevşeklik profilinin ve temel kaya topoğrafyasının tam olarak görüntülenmesinde yer bilimcilere en fazla katkı jeofizik yöntemlerin kullanımı ve uygulanması ile sağlanır [1]. Sismik yöntemler, yüzeyde veya yerin belirli bir derinliğinde bir kaynak vasıtasıyla oluşturulan elastik dalgaların yerin tabakalı ortamında yayılarak yüzeyde dizilmiş alıcılar tarafından zamanın fonksiyonu olarak kaydedilmesi esasına dayanır. Elde edilen kayıt, yansıma, kırılma, yüzey dalgaları ve diğer sismik olayları (çevresel gürültü, tekrarlılar, saçılmalar, vd.) içerir. Bu kayıtların analizden yerin tabakalı yapısı ve her bir tabakayı oluşturan jeolojik birimlerin sismik hızları (V_p, P-dalgası ve V_s S-dalgası hızı) uzaklığın ve derinliğin fonksiyonu olarak 1B, 2B ve 3B' lu elde edilebilir. Bu hız bilgilerinden yararlanarak hedef derinliğe kadar jeolojik birimlere ait tüm dinamik-elastik parametreler hesaplanabilmekte ve dolayısıyla jeoteknik özellikler açıklanabilmektedir. Bu işlemler, sondaj çalışmaları ile karşılaştırıldığında, kısa sürede taranan alanın fazlalığı, ölçü alma işinin hızlı olması, ucuz ve çevreye zarar vermeyen nitelikte olduklarından dolayı oldukça avantaja sahiptirler. Bu nedenle, sismik yöntemler son yıllarda, sığ yer altının ayrıntılı bir şekilde görüntülenmesinde, yakın yüzey (<30m) yer incelemelerinde, ilişkili mühendislik problemlerinin çözümüne yönelik zemin karakterlerinin belirlenmesinde, jeoteknik değerlendirmelerde, çevresel çalışmalarda, hidrojeolojik incelemelerde, sismik risk tahminlerinde ve arkeolojik araştırmalarda çok geniş uygulama alanı bulan vazgeçilmez yöntemlerdir. Son 30 yıldır, klasik sismik kırılma tekniğinin yanı sıra, P-dalgası sismik kırılma verilerinden ilk varış tomografisi, yüzey dalgaları analizine dayanan aktif kaynaklı çok kanallı yüzey dalgası analizi (multichannel analysis of surface wave-MASW) ve pasif kaynakların kullanıldığı kırılma mikrotremörü (refraction microtremor-ReMi) gibi teknikler özellikle yerin jeoteknik profilinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadırlar. Özellikle, MASW ve ReMi teknikleri yerin 1B ve 2B'lu kayma dalgası (S-dalgası) hız yapısını güvenilir olarak elde etmede ve yerin sıkılık-katılık profilinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılırken [2], P-dalgası ilk varış tomografisi yerin hem düşey ve yanal P-dalgası hız değişimini hem de temel topoğrafyasını ortaya çıkarmada son derece faydalıdır [3]. Bununla birlikte, sığ sismik yansıma tekniği yerin sığ stratigrafisini ve yanal süreksizlik gibi yapısal özelliklerin haritalanmasında sıklıkla kullanılmaktadır [4].

Bu çalışma, Trabzon-Uzungöl beldesinde tarihsel bir heyelan nedeniyle [5] ve güncel olarak çevredeki aşırı dik dağ yamaçlarından, akarsulardan taşınarak gelen alüvyon malzemesinin oluşturduğu arazilerde, biriken malzemenin kalınlığının, yeraltı temel topoğrafyasının, yapısal özeliklerinin, dinamik-elastik parametrelerinin belirlenmesi ve jeoteknik açıdan değerlendirmesi amacıyla bölgede ilk olarak gerçekleştirilmiş bir çalışmadır. Bu kapsamda, Uzungöl çevresinde 16 profilde sismik kırılma, aktif ve pasif yüzey dalgası verisi ve ayrıca bu profillerin 3'ünde sismik yansıma verisi toplanmıştır. Bütün profiller için P-dalgası hız tomografik kesitleri, 1B'lu S-dalga hız-derinlik profilleri elde edilmiştir. Bununla birlikte, yansıma verilerinin toplandığı 3 profil için yansıma göç kesitleri ve bu verilerin yüzey dalgası alanlarının ters çözümünden 2-B'lu S-dalgası hız kesitleri elde edilmiştir. Elde edilen tüm çıktılar karşılaştırmalı olarak alanın genel jeolojisi de göz önüne alınarak heyelan malzemesinin zemin yapısı ve jeoteknik özellikleri açısından yorumlanmıştır.

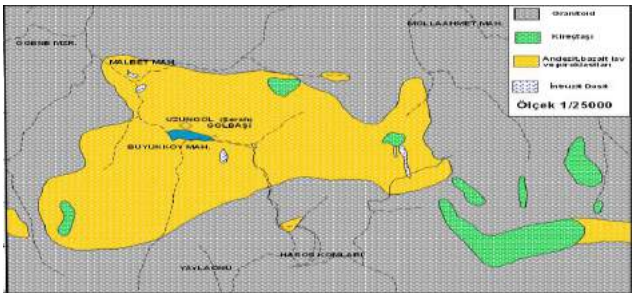
2. Çalışma Alanının Konumu ve Jeolojisi

Uzungöl, Trabzon'a 99 km uzaklıkta, deniz seviyesinden 1100 m yükseklikte, Türkiye'nin yağmur ormanlarının bulunduğu, Doğu Pontid tektonik kuşağı içinde bulunan Soğanlı ve Kaçkar sıradağlarının birleşim yerinde yüksek dağlarla çevrili derin bir vadi içinde yer alır (Şekil 1).

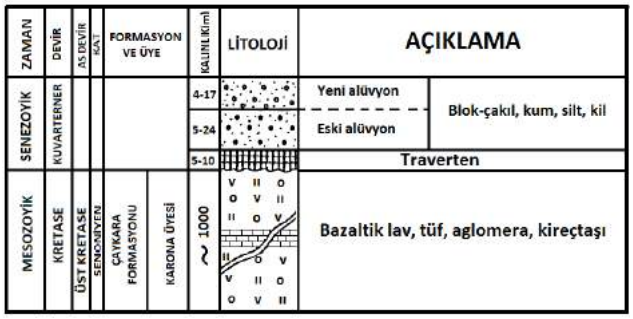


Şekil 1. Uzungöl Beldesi yer buldurusu (Google Earth). Çalışma alanının sınırları (kesikli çizgi). Heyelanla ve akarsu-göl çökelleri ile biriken malzemenin geliş yönleri (oklar).

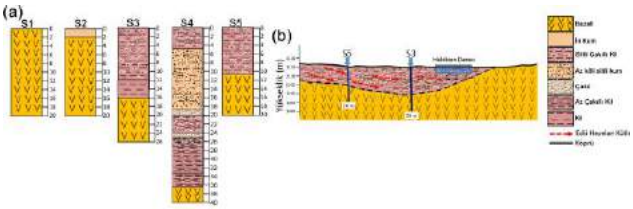
Çalışma alanını içine alan genel jeoloji haritası Şekil 2'de verilmiştir. Buna göre, bölgede gözlenen en yaşlı kayaçlar Mesozoyik dönemine aittir ve Tersiyer dönemli oluşumlar da fazlasıyla çevrede yer almaktadır. Jura-Alt Kretase yaşlı andezit, bazalt-lav ve piroklastlar Uzungöl'ün yakın çevresinde geniş bir yayılım alanına sahiptir ve ayrıca Uzungöl çevresinde yüzeylenen bazaltların, sert-sıkı ve dayanımlı iken, gölün yakın çevresindeki alüvyonal birimlerin yer yer 10-15 m kalınlıkta ve büyük bloklar içeren çakıllı-kumlu birimlerden oluşmaktadır [6]. Çalışma alanına ait basitleştirilmiş jeolojik kolon kesit [7] referans alınarak yeniden düzenlenmiş ve Şekil 3'de verilmiştir. Ayrıca, [8] tarafından beş ayrı lokasyonda yapılan sondajlara ait kolon kesitleri ve S3-S5 sondaj lokasyonlarını da gösteren A-A' kesiti Şekil 4a ve 4b'de verilmiştir. Kolon kesit bilgilerine göre, zeminin genel olarak 10-15 m kalınlığında (S3 ve S5'e göre) kumlu-siltli ve killi birimlerden, temel kaya ise bazaltlardan oluştuğu açıkça görülmektedir.



Şekil 2. Trabzon-Çaykara-Uzungöl (Şerah) yöresinin jeolojik haritası [9].



Şekil 3. Basitleştirilmiş kolon kesit ([6]'dan düzenlenmiştir).



Şekil 4. [11] tarafından yapılmış sondajlardan elde edilen (a) sondaj logları, (b) A-A' enine jeolojik kesiti.

3. Veri Toplama ve Değerlendirme

Çalışma alanında yapılan ön incelemelerden edinilen bilgiler, belde sakinleri ile yapılan görüşmeler ve alandaki çalışmaya uygun yerler göz önüne alınarak, ölçümler Şekil 5'deki gösterilen 16 profilde 24 kanallı araştırma sismografı, 4.5 ve 40 Hz düşey bileşen alıcılar kullanılarak toplanmıştır. Profillerden 11 adeti gölün batı tarafında çoğunlukla tarım amaçlı kullanılan arazilerde konumlanırken, 4 profil ise gölün güney kısmında ve göle oldukça yakın olacak şekilde konumlanmıştır. Gölün kuzey bölgesi araç trafiği için kullanıldığından, bu bölümde veri toplamaya müsait bir alan bulunmamaktadır. Ancak, gölün doldurulmasıyla oluşturulan ve kısa bir açılıma uygun alanda örnek bir veri toplanmıştır. Profiller temsil ettikleri bölgelere göre 4 gruba ayrılmıştır; Grup I yerleşime kısmen açılan ve yapılaşmanın hızla devam edeceği düşünülen bölgeyi temsil ederken, Grup II göreceli olarak potansiyeli düşük bir alandır. Grup III, eğimli bir yapıda olup bulunduğu yer bakımından kütle hareketlerinden zarar görebilecek bir konumda olduğundan burada herhangi bir yapılaşmaya izin verilmemektedir. Grup IV ise göle en yakın profilleri temsil eden bölge olmasının yanında, hali hazırda yapılaşmanın devam ettiği bölgedir. Veri toplama sırasında tüm profillerde 10kg balyoz ve 30cm yarıçaplı ve 5cm kalınlığında sertleştirilmiş plastik tabla kullanılmış ve her atış noktasında sismik sinyalin sinyal/gürültü oranının yükseltilmesi için 3 düşey yığma yapılmıştır. Sismik kırılma verilerinde kayıt süresi ve zaman örnekle aralığı sırasıyla 0.5s ve 0.5ms iken, bu parametreler MASW verileri için 1s ve 1ms, yansıma verileri (Profil 1, 3 ve 6) için ise 1s ve 0.25ms şeklindedir. Sismik kırılma ve MASW verileri için düşey 4.5 Hz alıcı, yansıma verileri için ise 40 Hz düşey bileşen alıcılar kullanılmıştır.

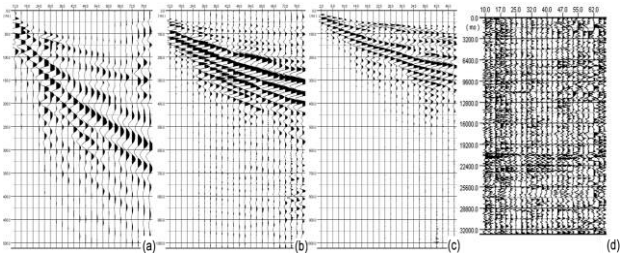
MASW verilerine ek olarak, kaynağı çevresel gürültüler olan, hem düşük frekans hem de düşük genlik içeren sinyallerden yararlanarak daha derinlerden bilgi alabilmek için kayıt aletinin otomatik tetikleme özelliği ile ReMi kayıtları 4.5 Hz alıcılarla T=32saniye ve Δt=2milisaniye olacak şekilde toplanmıştır. Kaydedilen verilerden örnekler Şekil 6'da gösterilmiştir. ReMi kayıtları dışında diğer veri örneklerinin farklılıkları, amaca göre kullanılan veri toplama parametreleri ile ilişkilidir.



Şekil 5. Ölçüm profillerinin çalışma alanındaki konumları (Google Earth).

Sismik kırılma verilerinden belirlenen ilk varış zamanlarının tomografik çözümünün doğruluğunu ve güvenilirliği artırmak ve dolayısıyla, yeraltı P-dalgası hızı yapısını yüksek ayrımlı elde edebilmek için mümkün olduğunca fazla atış yapılmıştır (en az 8 atış/profil). Böylece, tomografik çözümler, geleneksel gecikme zamanı yöntemlerine göre, hem ana kayaya kadar olan hız değişimlerini hem de ana kaya topoğrafyasının belirlenmesinde daha güvenilir ve detaylı sonuçlar üretmiştir. MASW ve ReMi verilerinin analizleri ise, ortamın 1-B'lu S-dalga hızı yapısının derinlik boyunca elde edilmesini sağlamıştır. MASW dispersiyon verilerinin ters çözümünde 30m'ye ulaşılamadığı durumlarda pasif kaynak verilerinin ters çözümünden yararlanılmıştır. Sismik yansıma verileri alıcılar yönünde ilerletilen serimler boyunca toplandığı için, bu verilerin yüzey dalgası alanlarından elde edilen 1B'lu S-dalgası hız kesitleri her bir serimin orta noktasına yerleştirilip birleştirilerek ölçüm profiline ait 2-B'lu S-dalgası hız kesitleri oluşturulmuştur. Sismik yansıma verilerinin atış sayısı ve geometrisi ise, mümkün olan en fazla yığma sayısının elde edilmesine göre şekillendirilmiştir.

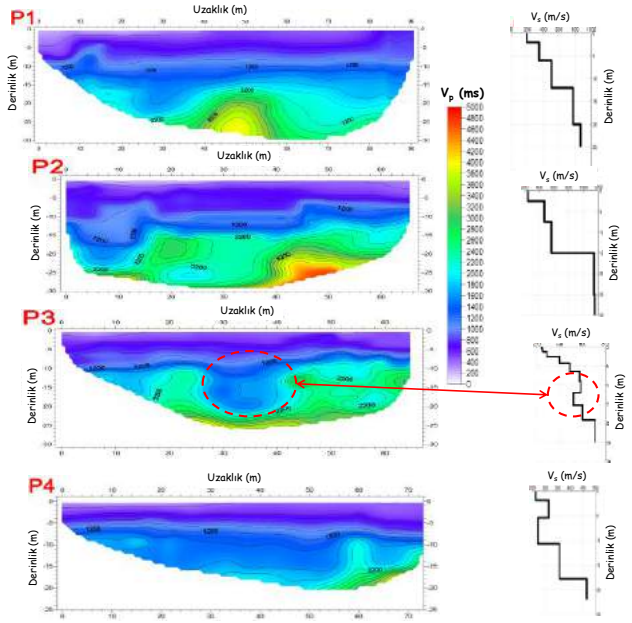
Sismik kırılma verilerinin ilk varış zamanlarının tomografik ters çözümü ve ReMi verileri SeisOpt yazılımı [10], MASW verileri MatLab ortamında yazılmış KriSis [11] kodu ile değerlendirilmiştir. Sismik yansıma verilerinin değerlendirilmesinde ise Promax [12] yazılımı kullanılmıştır.



Şekil 6. Amaca göre toplanan sismik verilerden örnekler. (a) sismik kırılma, (b) MASW, (c) sismik yansıma ve (d) ReMi verileri.

Verilerin analiz ve değerlendirilmelerinden elde edilen sonuçların grup I ve II profilleri için olanlar bu makalede sunulmuştur. Grup I ve II verilerinin yer aldığı alanlar,

belde halkı tarafından tarım arazisi olarak kullanılmaktadır. Bu alanlar mevcut ve muhtemel yapılaşmanın en yoğun olduğu alan olup, bu şekilde devam ederse, tüm alanın yakın zamanda inşaatlarla kaplı olma potansiyeli yüksektir. Bu nedenle bu alanlar diğerlerine göre çok detaylı incelenmiş olup, 9 sismik profili içermektedir. Elde edilen tomografik P-dalgası hız kesitleri kalınlığı 15-20m arasında değişen heyelan malzemesinin varlığını göstermekle birlikte, aynı zamanda temel kaya derinliğinin de profiller arası oldukça değişken olduğunu açıklamaktadır (Şekil 7'de sol sütun). Buna göre ana kaya üzerinde malzeme kalınlığı göle doğru artmaktadır Çalışma sahasında yüzeyde görülen ve tarıma elverişli toprağın P-dalga hızı yaklaşık 300-800 m/s olup, kalınlığı ortalama 2-2.5m civarındadır (Şekil 7'de mor renkli birimler) ve bu birim değer tüm profillerde aynı dağılımı göstermektedir. Kalınlığı sürekli değişen ve tüm çalışma sahasında düzensizlik gösteren birimler ise, Şekil 7' de mavi ve yeşil renklerle gösterilen, P-dalga hızları sırasıyla en fazla 800-3200 m/s olan birimlerdir. Bu birimlerden daha sığ olanın (mavi birim) yüzey malzemesiyle yaklaşık aynı karakterde ancak daha sıkı bir birim olduğu, diğerinin ise (yeşil birim) profillere yakın konumlarda yapılan S3 ve S5 sondajlarında görülen siltli-çakıllı kil olduğu düşünülmektedir. Yaklaşık >3200 m/s ile gösterilen sarı ve kırmızı renkler ise, bazaltlardan oluşan ana kayayı temsil etmektedir. Bu profillere ait MASW kayıtlarının dispersiyon eğrileri ve bu eğrilerinin ters çözümünden 1-B'lu S-dalgası hızının derinlikle değişimleri (Şekil 7'de sağ sütun) hesaplanmıştır. Hesaplanan 1B'lu S-dalga hız-derinlik profilleri tomografik sonuçlarla oldukça uyumlu olduğu ve S-dalga hızının yaklaşık olarak P-dalga hız değişimlerine karşılık gelen seviyelerde anlamlı olarak artması, yüzeyden itibaren malzeme sıkılığının-katılığının derinlere doğru arttığını göstermektedir.

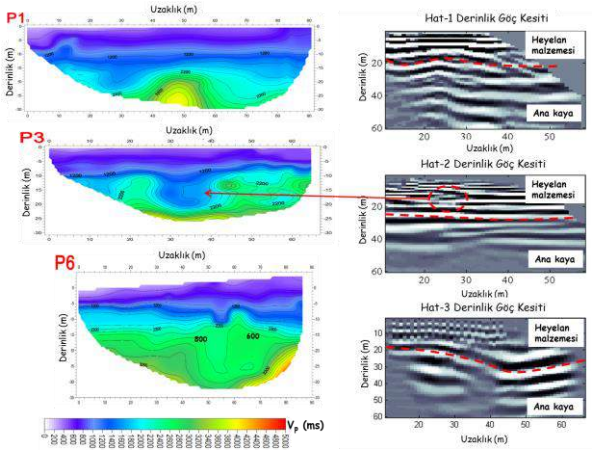


Şekil 7. Profiller 1,2, 3 ve 4 için elde edilen P-dalgası ilk varış tomografi kesitleri ve 1B'lu S-dalga hızı-derinlik profilleri.

Profil 3' deki 30-40m arası uzaklıklar ve 10-20m derinlik aralığında görülen hız azalması içi heyelan malzemesi ile dolu bir boşluk yapısını (muhtemelen insan yapımı) işaret etmektedir. Aynı belirti profile ait S-dalgası hız-derinlik profilinde de görüntülenmiştir.

Profiller 1, 3 ve 6'da toplanan yansıma verileri bir dizi veri işlem tekniği (veri okuma, geometri tanımlama, ayıklama-silme, bant geçişli süzgeçleme (15-90Hz), ortak orta nokta sırlama, hız analizi, normal kayma zamanı düzeltmesi, yığma ve Kirchoff derinlik göçü) ile işlenerek yoruma hazır hale getirilmiştir. Elde edilen kesitler P-dalgası hız tomografik kesitleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 8'de (sağ sütun) sunulmuştur. Kesitlerdeki genlik ve faz değişimlerinden yararlanarak heyelan malzemesi ve ana kaya arasındaki muhtemel sınır işaretlenmiştir (kırmızı kesikli çizgi). Özellikle, Profil 6 için tomografi kesitinde ana kaya seviyesinin açıkça belirlenememiş olmasına karşın, aynı profilin yansıma kesitinde bu seviye belirlenmiştir. Diğer yandan, Şekil 7'de Profil 3'ün tomografi kesitindeki dikkat çekilen hız azalımı yansıma kesitinde yanal yöndeki yansıma devamsızlığı olarak işaretlemiştir. Hem tomografik hem de yansıma kesitlerinde heyelan malzemesinin temel kaya topoğrafyasının değişkenliğine bağlı olarak profiller arasında farklı kalınlıklara sahip olduğu açıkça görülmektedir.

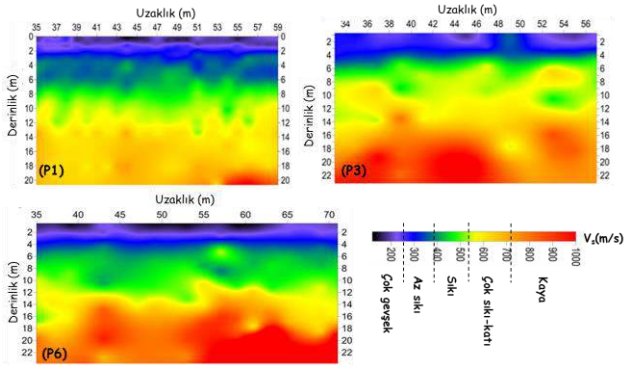
Profiller 1, 3 ve 6 için ardışık yansıma atışlarının her birinin yüzey dalgası alanları kullanılarak elde edilen1B'lu S-dalga hızı-derinlik profilleri (her bir seriminin orta noktasına yerleştirilir) birleştirilerek 2B'lu S-dalgası hız-derinlik kesitleri elde edilmiş ve çalışılan alana ait zemin karakteri görüntülenmiştir (Şekil 9). Buna göre elde edilen 2B'lu S-dalga hızı kesitleri ile tomografi kesitleri birbirini desteklemekle birlikte, heyelan malzeme kalınlıkları (<600m/s olan derinliklere kadar) dolayısıyla temel kaya topoğrafyası değişkenlik göstermektedir. S-dalga hızının değişimine göre zemin sıkılık profili Şekil 9'da hız ölçeği üzerinde belirtilmiştir.



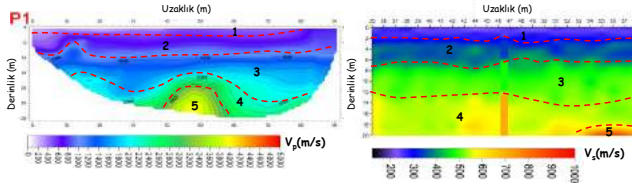
Şekil 8. Profiller 1, 3 ve 6'ya ait P-dalgası hız tomografik ve yansıma kesitlerinin karşılaştırılması.

Heyelan malzemesinin kalınlığı, yanal ve düşey yöndeki değişimi, sıkılık-katılık profili ve temel kaya derinliği ve topoğrafyası P- ve S-dalgası hız ve yansıma kesitleri ile tam bir uyum içinde belirlenmiştir. Bununla birlikte, malzemenin elastik-dinamik parametreleri bu hız bilgileri kullanılarak ilk 30m için hesaplanmıştır. Şekil 9'daki S-dalga kesitleri 40Hz'li alıcılarla toplanan yansıma verilerinden türetildiği için en fazla 20-23m'ye kadar derinlik bilgisini göstermektedir. 30m ve daha fazla derinlikler için bu profillerin ReMi kayıtlarından

yararlanılmıştır. Böylece tüm profiller için, ulusal Türk Deprem Yönetmeliği ([15]) ve uluslararası; EURO Code-8 (EC-8, [13]) ile NEHRP ([14]) zemin sınıflamaları için gerekli olan ilk 30m derinlikteki ortalama S-dalga hızı (V_{s30}) değeri hesaplanmış, ayrıca V_{s30} ile ilişkili diğer parametreler; zeminin sıkılık-katılık, ayrışma, gevşeklik durumu, zemin büyütmesi ve zemin hakim salınım süresi hesaplanarak jeoteknik bilgiler elde edilmiştir.



Şekil 9. Profiller 1, 3 ve 6 için elde edilen 2-B'lu S-dalga hız-derinlik kesitleri.



Şekil 10. Çalışma alanındaki litolojik birimlerin P- ve S-dalga hızları ilişkilendirilmesi: (1) tarım toprağı, (2) siltli çakıllı kil, (3) orta-sıkı çakıllı kil, (4) çok sıkı-katı çakıllı kil, (5) ana kaya-bazalt.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Uzungöl beldesinde tarihsel bir heyelanın biriktirdiği jeolojik malzemenin yapısı ve jeoteknik özellikleri sığ sismik yöntemlerle incelenmiştir. Bununla birlikte sismik yöntemlerin birlikte kullanımı ve verilerinin farklı analizlerle değerlendirilmesinin yer yapısı ve özelliklerinin yüksek doğruluk ve güvenilirlikte ortaya çıkarılmasında son derece yararlı olduğu gösterilmiştir. Ana kayaya kadar heyelan malzemesi kalınlıkları çok düzensizdir. Çalışma alanının batı tarafında kalınlıklar 15-20m arasında iken, güney ve göle yakın taraflarında ≥30m olarak görüntülenmiştir. Buna göre, genel olarak çalışma alanındaki heyelan malzemesinin kalınlığının göle doğru arttığı ve göle yakın alanlarda en yüksek seviyesine ulaştığı anlaşılmaktadır. Çalışma alanındaki tüm litolojik birimler, derinlik boyunca değişen P- ve S-dalga hız kesitlerine bağlı olarak, aynı renklendirme ölçeği dikkate alınarak tanımlanmış ve Profil 1 için elde edilen kesitler üzerinde Şekil 10'da gösterilmiştir. Genel olarak üstte tarım toprağı, altta sıkılığı ve katılığı farklı derecelerde olan heyelan malzemesi ve en altta bazalt temel kayasından olmak üzere 3 ana jeolojik birim görülmekle birlikte, bu birimler kendi içlerinde alt birimlere ayrılmıştır. Buna göre, zemin profili (1) 0-2.5m arası çakıllı-siltli-killi tarım toprağı (V_p=300-480m/s, V_s=180-250m/s), (2) 2.5-7m arası siltli-çakıllı kil (V_p=480-1100m/s, V_s=250-450m/s), (3) 7-15m arası orta sıkı çakıllı-kil (V_p=1100-2000m/s, V_s=450-650m/s), (4) 15-20m arası çok sıkı-sert çakıllı-kil veya kırıklı-çatlaklı ana kaya (V_p=2000-3200m/s, V_s=650-850m/s) ve >20m bazalt kayasından oluşan temel kaya (V_p>3200m/s, V_s>850m/s) olmak üzere 5 litolojik alt birime ayrılmıştır. Temel kayanın ilk birkaç metresinin ayrışma derecesi ile üstteki çok sıkı-katı olan heyelan malzemesi arasında bir geçiş olması nedeniyle, P-dalga hızının yer yer 2000m/s'nin altına kadar düştüğü görülmüştür. Çalışma alanının zemin profilini ve özelliklerini açıklayan jeoteknik değerlendirme, her bir profil için hesaplanan dinamik elastik parametreler ve V_{s30} hız değerleri (240-650m/s) sayesinde yapılmıştır. Buna göre, çalışılan alanın zemin sınıflaması sırasıyla, EC-8'e göre B ve C, NEHRP'e göre C ve D ve TDY'ye göre ise B ve C grubu zeminler olup Z2 ve Z3 zemin sınıfı olarak belirlenmiş, ayrıca zemin büyütme değeri [16]'ye göre (A_k=68*$V_{s30}^{-0.6}$) 1.4-2.5 ve zemin hakim salınım periyotu (T_o) 0.12-0.251s arasında hesaplamıştır. Böylece, elde edilen bu bilgilerin, Uzungöl beldesinde tarihsel bir heyelan sonucu biriken malzeme ile şekillenen zemin üzerinde gelişen yapılaşmanın güvenli olarak planlanmasına dahil edilmesi yararlı olacaktır.

5. Katkı Belirtme

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: 11512). Yazarlar proje süresince verilerin toplanması sırasında izinlerinden dolayı Çaykara ilçesi ve Uzungöl Beldesi Belediye Başkanlıkları'na, ölçüm almamıza kolaylık sağlayan arazi sahiplerine, verilerin tomografik ve ters çözüm analizlerinde sağladıkları katkılardan dolayı, sayın Dr. Satish Pullammanappallil'e ve Dr. George Kritakis'e, teşekkür ederler.

Kaynaklar

[1] Poormirzaee, R., Moghadam, R. H., 2014, determination of S-Wave structure via Refraction Microtremor Technique in Urban Area: a Case Study, Journal of Tethys: Vol. 2, No. 4, 347 356.

[2] Xia, J., Miller, R. D., Park, C. B., 1999a, Estimation of near-surface shear-wave velocity by inversion of Rayleigh wave, Geophysics, 64(3), 691-700.

[3] Azwin, I. N, Saad, R., Nordiana, M., 2013, Applying the Seismic Refraction Tomography for Site Characterization, APCBEE Procedia, 5, 227-231.

[4] Steeples, D. W., and Miller, R. D., 1990, Seismic-reflection methods applied to engineering, environmental, and ground-water problems, in Ward, S., Ed., Review and tutorial: Investigations in geophysics 5 , Soc. Expl. Geophys., 1–30.

[5] Alkan, S.,1996, Uzungöl'e taşınan yığıntı materyalin tespiti ve taşınan materyal ile gölün dolmasını engelleyen önlemler üzerine bir araştırma, Yüksek lisans tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.

[6] Yeşilyurt, C., 2002, Uzungöl yöresi rekreasyon kaynaklarının coğrafi yönden değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi. Çanakkale, Turkey.

[7] Bulut, F., 1989, Çambaşı (Trabzon-Çaykara) barajı ve Uzungöl hidroelektrik santral yerlerinin mühendislik jeolojisi açısından incelenmesi. Doktora Tezi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Turkey.

[8] DSİ, 1982, Of Solaklı projesi Uzungöl 1 ünitesi mühendislik jeolojisi raporu (planlama aşaması), Devlet Su İşleri 22. Bölge Müdürlüğü, Trabzon, Turkey.

[9] MTA, 1985, Arşiv, Trabzon Çaykara Uzungöl (Şerah) Yöresinin Jeolojik Haritası, Maden Tetkik Arama Trabzon Bölge Müdürlüğü, Trabzon, Türkiye.

[10] Pullammanappallil, S. K. ve Louie, J. N., 1997, A combined first-arrival travel time and reflection coherency optimization approach to velocity estimation, Geophysical Research Letters, vol. 24, no. 5, p. 511-514.

[11] Kritakis, G.S., Vafidis, A., 2011, Different Alternatives of surface waves data inversion. Applications on environmental and geotechnical case studies, 6th Congress of Balkan Geophysical Society, P05 Budapest, Hungary.

[12] URL-1: https://www.landmarksoftware.com.

[13] CEN, 2004. Eurocode 8-design of structures for earthquake resistance. Part 1: general rules. (December 2004) Seismic Actions and Rules for Buildings. European Standard EN 1998-1. European Committee for Standardization, Brussels.

[14] BSSC (Building Seismic Safety Council), 1997. NEHRP recommended provisions for seismic regulations for new buildings and other structures: Part 1, Provisions (FEMA 302). Building Seismic Safety Council (334 p).

[15] TDY (Türk Deprem Yönetmeliği), 2007. Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Esaslar. AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara/Turkey, p. 159.

[16] Midorikawa, S., 1987. Prediction of isoseismal map in the Kanto plain due to hypothetical earthquake.(In Japanese with English Abstract) Journal of Structural Engineering. Vol.33b, pp.43-48.

KARSTİK ZEMİNLERDE MÜHENDİSLİK JEOFİZİĞİ ÇALIŞMALARI VE UYGULAMA ÖRNEKLERİ

THE STUDY OF ENGINEERING GEOPHYSICS IN KARSTIC GROUNDS AND CASE STUDIES

Züheyr KAMACI[a]

[a] *Süleyman Demirel Üniversitesi, Müh. Fakültesi, Jeofizik Müh. Isparta, Türkiye, zuheyrkamaci@sdu.edu.tr*

Özet

Geniş bir alana göre küçük ve önemsiz olabilen, ancak dar bir ortamdaki mühendislik yapılarını doğrudan etkileyen karstik zemin boşluklarının saptanması ayrı bir önem taşımaktadır. Karstik zeminle kaplı olan Antalya ili zemini travertenlerden oluşmaktadır. Bu traverten zeminler mağara oluşturabilecek kadar erime boşluklarına, kırık, çatlak ve bozuşma zonlarına sahiptir. Bunun gibi traverten ortamlarda yapılacak olan mühendislik yapılarının zemin özelliklerini belirlemede öncelikli olarak sismik kırılma ve 2B elektriksel özdirenç yöntemleri tercih edilmektedir. Bu çalışmada Antalya bölgesinin çeşitli yerlerinde gerçekleştirilen uygulama örnekleri açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler: Karst, özdirenç, sismik, yapı, zemin

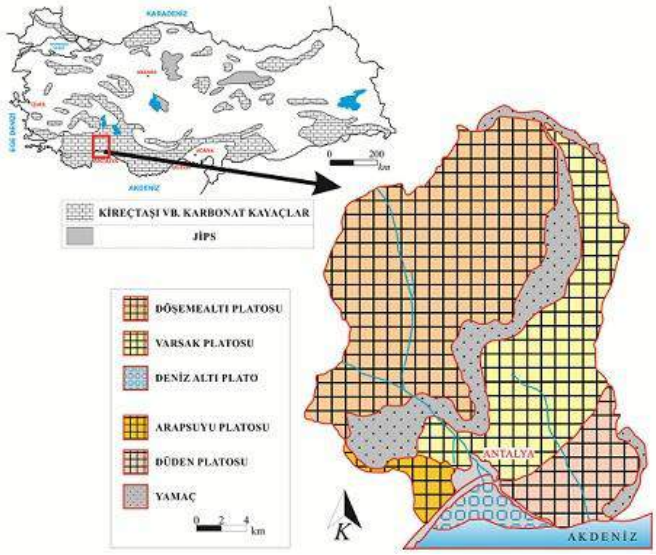
Abstract

The karstic cavities which effect engineering structures a large scale could give unimportant results and its influence can be negligable, but its effect magnify by considering a smaller scale. The foundation of Antalya province originally a karstic ground which made of travertins. These travertins consist of solution cavities, caverns, joints, fracture and alteration zones. In the identification of soil parameters of engineering structures which were built on travertine grounds, the seismic refraction and 2D electrical resistivity methods are primarily preferred. At this work, the case studies carried out at different places in the Antalya area were given.

Keywords: Karst, resistivity, seismic, structure, ground

1. Giriş

Karstik zeminler aşınmaya karşı direnç gösteremeyen ve kolay eriyebilen kayalardan oluşan alanlar olarak tanımlanır. Bu erime sonucunda karstik boşluklar yüzeye doğru zemin yapısını etkiler. Bu gibi zeminlerde alt yapı ve yapılaşma çalışmaları büyük tehlike oluşturur. Bu tür karstik yapılar ülkemizde Şekil 1'de görüldüğü gibi en yaygın bölge Akdeniz bölgesidir[1]. Yerleşim alanı en yaygın kalkerli birimler "Antalya Travertenleri" olarak tanımlanmıştır[2]. Bu birimler Antalya bölgesinde Pliyosen yaşlı olduğu tahmin edilmekte ve bu zemin örtünün kalınlığının 20-250 metreye kadar ulaştığı saptanmıştır[3]. Antalya traverten zemini doğal ve yapay kökenli sularla oluşmuş erime boşlukları süngerimsi, yer yer sık dokulu veya masif yapılı olduğu ve bunun yanı sıra mağara boşluklu olması en belirgin özelliklerindendir. Bundan dolayı Antalya zeminin jeoteknik açıdan sorunlu bir zemin türüne sahip olduğu açıkça görülmektedir. Bu uygulamada, jeolojik ve jeoteknik çalışmalara veri sağlamak ve yön vermek amacıyla Antalya zemini üzerinde yapısal durumu yani kırık, çatlak ve fayları, erime zemin boşluklarını, mağaraları ve bozuşma bölgelerini saptayabilmek için jeofizik arama yöntemlerinden öncelikli olarak sismik kırılma ve 2B elektrik özdirenç ters çözüm yöntemleri kullanılarak çeşitli örnekler verilmiştir.



Şekil 1. Ülkemizdeki karbonatlı kayaçlar ile jips birimleri ve Antalya kıyı platolarını gösteren buldur haritası.[1,12].

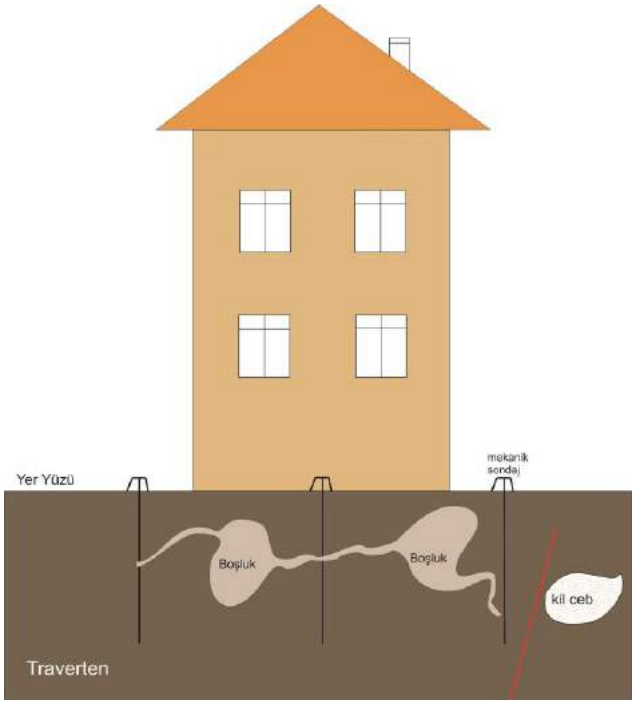
2.Jeofizik Yöntemlerin Birlikte kullanılması

Antalya boşluklu zemini üzerinde yapılacak olan yapılar, zemin etkileşimine maruz kalacaktır. Bu etkileşimi en aza indirmek için jeofizik arama yöntemleri birlikte kullanılarak zemin boşluklarını ve fiziksel özelliklerini ayrıntılı olarak belirlemek gerekir. Ancak uygulanacak jeofizik yöntemlerinin doğru bir şekilde seçilmesi gerekir. Öncelikli olarak kullanılacak herhangi bir jeofizik yönteminin ikinci bir yöntemle doğrulanması gerekmektedir. Karstik yapılı

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

zeminlerde jeofizik arama yöntemlerinin ne şekilde kullanılabileceğini konuyla ilgili araştırıcılar çeşitli uygulamalarıyla göstermişlerdir[4, 5, 6,7,8,9,10,11].

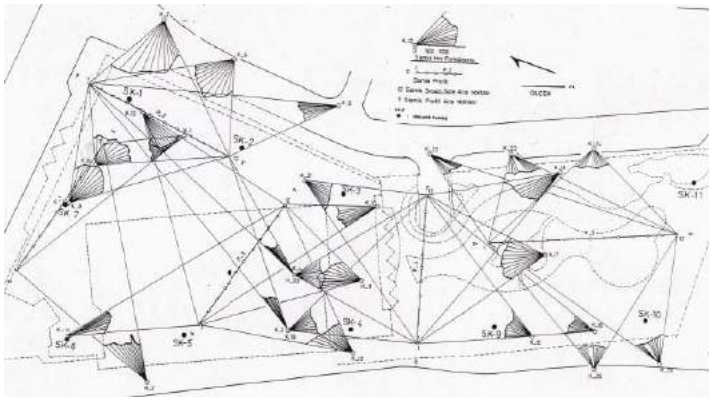
Şekil 2'de şematik olarak gösterildiği gibi traverten zemin içerisinde yer altı boşlukları varken üzerinde bilhassa çok katlı yapılar yapılmak istendiğinde yüzeyden mekanik sondajla boşluğun boyutunu yani geometrik şeklini ve özelliğini ortaya koymak hemen hemen imkansızdır.



Bu yüzden mekanik sondajların yanında en azından öncelikli 2 jeofizik arama yöntemi uygulamak zorunludur. Çünkü bu gibi karstik zeminlerin kilce zengin kısımlarında yanal ve düşey değişimleri içeren heterojenitesinden dolayı söz konusu zeminde farklı oturmalar yaratacak ve mühendislik yapılarında zamanla ciddi hasarlara neden olacaktır. Bu çalışmada öncelikli olarak sismik kırılma ve 2-boyutlu (2B) elektrik özdirenç yöntemi kullanılarak Antalya traverten zemini üzerinde uygulama örnekleri verilmiş ve bunlar değerlendirilerek çeşitli yorumlamalarda bulunulmuştur.

Sismik Yöntemler:

Sismik çalışmalar zeminde yapay olarak oluşturulan elastik dalgaların yer içerisinde yayılırken kırılarak ve yansıyarak geçtiği ortamın tüm fiziksel özelliklerini taşıyarak yeryüzüne gelişlerinin kaydından ibarettir. Boşluklu zeminlerin araştırılmasında enine atış (Broad-side), yelpaze atış (Fun-shot), dairesel serilim-orta atış ve karşılıklı kuyu atışı(Cross-hole) gibi uygulamalar yapılır[13]. Bu amaçla Antalya Büyükşehir Belediyesi İş merkezi ve yer altı otoparkı için yapılan sismik kırılma profil ve broad–side (enine atış) çalışması Şekil 3'te gösterilmiştir [10]. Burada inşaat sahasını iyice tanımak için farklı doğrultularda 5 dizilimle profil ve 27 ayrı noktada 15-80 metrelik ofsetlerde broad-side çalışması yapılmıştır. Farklı ölçüm noktalarında aşırı hız farklılıkları saptanmış olup sismik broad-side hız vektörlerinden basit bir sismik tomografi yorumu yapıldığında; zeminin üst kısımlarındaki gevşek ve süngerimsi yapılı travertenlerin 12-15 metre derinliklerden sonra yerini nispeten masif yapılı ve dayanımlı travertenlere bırakmaktadır. Sonuçta veriler yüzeyde zeminin gözenekli, kırıklı ve çatlaklı bir yapıya sahip olduğu izlenimini vermektedir.

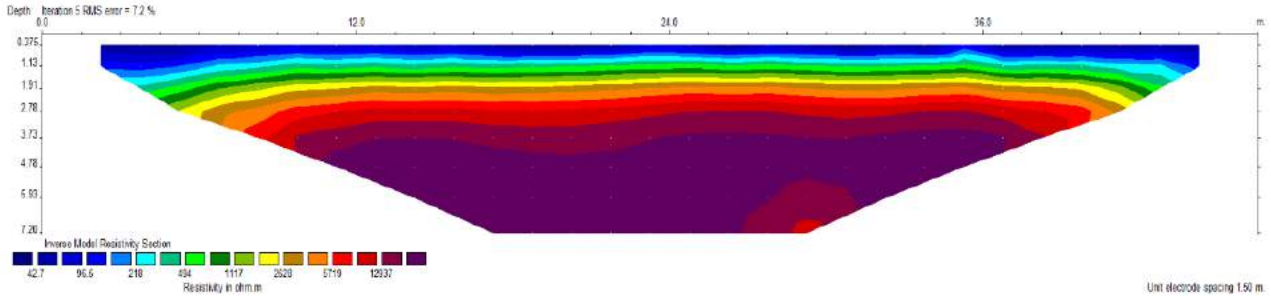


Şekil 3.Antalya Büyükşehir Belediyesi İş merkezi ve yeraltı otoparkı için yapılan sismik kırılma ve enine atış (broad-side) çalışması.

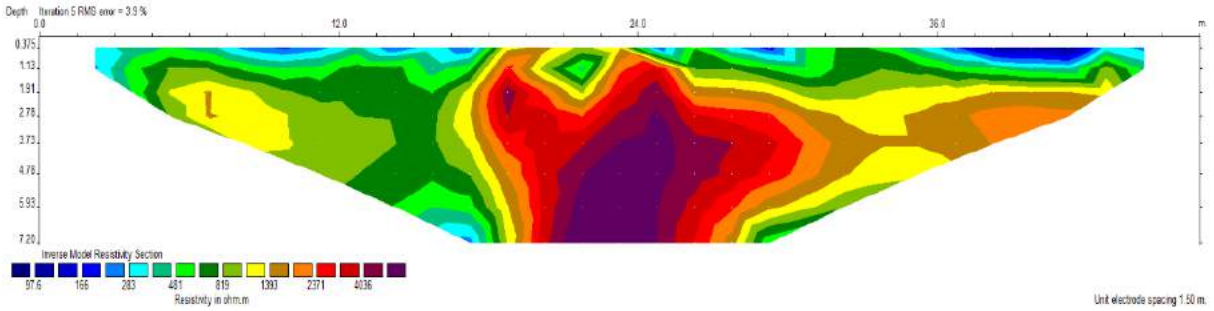
2B Elektrik özdirenç görüntüleme yöntemi :

Bu yöntem çalışılan alandaki zemin türlerini ve özelliklerini ayırt etmek için kullanılan önemli ikincil bir jeofizik arama yöntemidir. Zaman ve iş gücü bakımından son zamanlarda sıkça kullanılan çok-elektrotlu özdirenç çalışmaları klasik yöntemlere göre büyük avantajlara sahiptir. Burada uygulama örnekleri Şekil 4-5-6-7 'de görüldüğü gibi yer altının yatay katmanlardan oluşmadığı durumlarda örneğin Antalya traverten zemin yapısında sığ yanal süreksizlikleri en iyi şekilde ortaya çıkaran Wenner-Alpha dizilimi uygulanarak 2B ters çözüm yöntemi kullanılmıştır. Sırayla Şekil 4 'te Akdeniz Üniversitesi yeni İlahiyat Fakültesi bahçesinde GD-KB doğrultulu bir hat üzerinde 2B elektrik özdirenç çalışması yapılmış ve yaklaşık 12000 Ohm-m ' lik değerde bir yatay yayılımlı boşluğun varlığından söz etmek mümkündür.

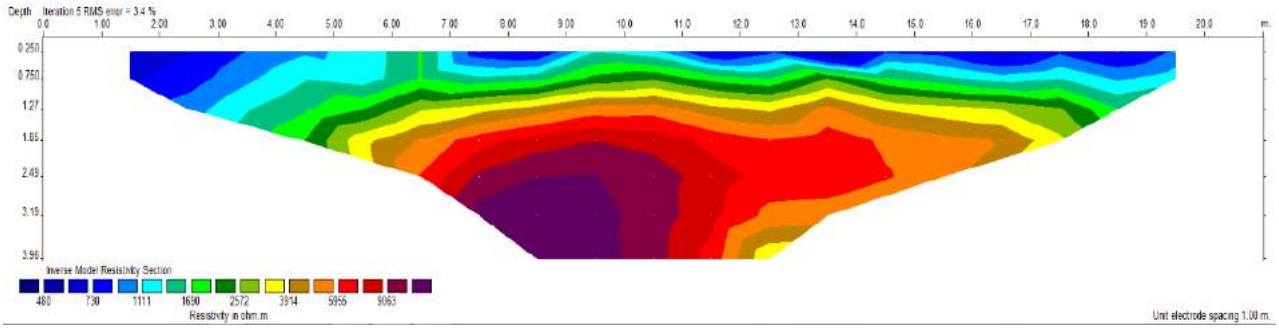
Şekil 5'te Akdeniz Üniversitesi Hukuk Fakültesi karşısında D-B doğrultulu bir hat üzerinde yine 2B elektrik özdirenç çalışması yapılmış ve yaklaşık 4000 Ohm-m'lik değerde bir düşey yayılımlı killi bir boşluktan söz edilebilir. Şekil 6 ve 7' de Antalya ili merkezinin kuzeyinde Kepez İlçesine bağlı ve karstik aktivite açısından önemli mostralar gösteren Masa Dağı bölgesinde GB-KD doğrultusunda 2B elektrik özdirenç çalışması yapılarak yeraltı yapısıyla ilişkilendirilmiştir. Buradan açıkça görüldüğü gibi mağaranın verdiği özdirenç değeri yaklaşık 9000 Ohm-metre civarındadır. Bu da bölgede yapılan 2B özdirenç çalışmalarının ne kadar sağlıklı olduğunu açıkça göstermektedir.



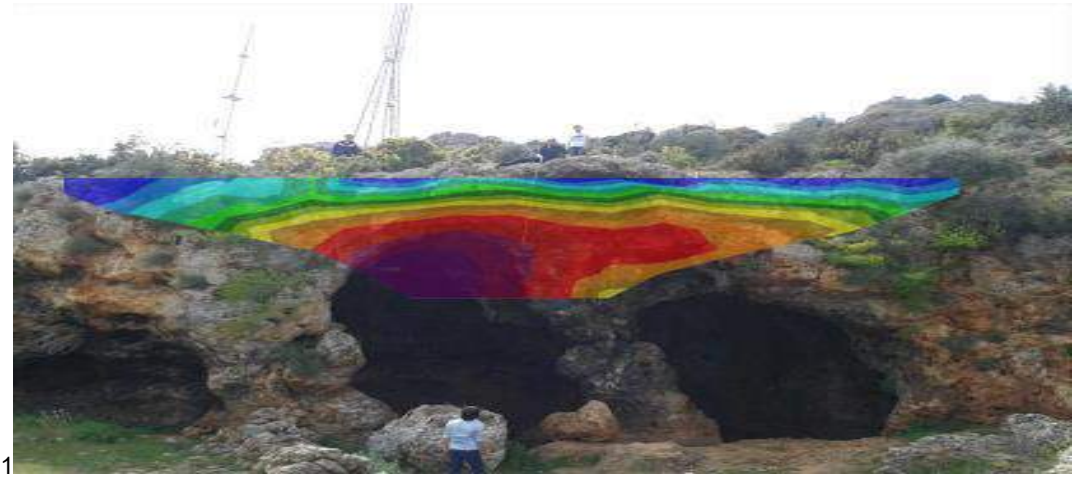
Şekil 4 . Akdeniz Üniversitesi kampüs alanı içinde yeni İlahiyat Fakültesi önünde KD-GB yönünde Wenner-Alpha 2B elektrik özdirenç kesiti [11].



Şekil 5. . Akdeniz Üniversitesi kampüs alanı içinde Hukuk Fakültesi karşısında D-B yönünde Wenner-Alpha 2B elektrik özdirenç kesiti [11].



Şekil 6. Masa Dağı bölgesinde Wenner-Alpha 2B elektrik özdirenç kesiti



[11

Şekil 7. Şekil 6 'daki özdirenç kesiti ile yapı çakışmasını gösteren fotoğraf[11].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

3. Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada verilen uygulama örneklerine göre Antalya karstik zeminin genel yapısal özellikleri ortaya konmaya çalışılmıştır. Bu gibi zemin türlerinde yapı-zemin etkileşimini kontrol altında tutmak için zemin boşluklarının öneminden söz edilerek, çarpıcı bir şekilde arazide bu erime boşluklarının nasıl saptanması gerektiği üzerinde durulmuş ve uygulama örnekleri yorumlanmıştır. Bu zemin boşluklarının öncelikli olarak sismik kırılma profil ve broad-side çalışmaları uygulanarak karstik zemin özellikleri ikincil bir yöntem olan çok elektrotlu 2B özdirenç çalışmalarıyla ilişkilendirilerek ortaya konulmuştur. Akdeniz Üniversitesi kampüsünde ve civarında yapılan çalışmalarda 4000-12000 Ohm-m 'lik değerlerde boşlukların 2-4.cü metreden sonra derinlere doğru düşey ve yatay yönde yayılım gösterdikleri görülmüştür. Sismik çalışmalarla ise bu bölgede hız dağılımının 500-2500 m/s arasında değiştiği, düşük hızlarda boşluğa yüksek hızlarda ise travertenin sağlam kısmını temsil ettiği söylenebilir. Bilindiği üzere bu tür zemin boşluklarında elektrik özdirenç değerleri çok yüksek, sismik hız değerleri ise çok düşük bulunur. Yukarıda anlatılmaya çalışılan her iki yöntemin zemin boşluklarının ortaya çıkarılmasında yetersiz olduğu durumlarda bilhassa sismik çalışmalardan yelpaze atış ,karşılıklı kuyu atışı ve çevresel serilim-orta atışı yanında sondaj çalışmaları uygulamak gerekir. Bu çalışmayla yer altındaki boşluklu yapıların veya zeminlerin saptanmasında jeofizik yöntemlerin tartışmaya yer olmayacak kadar önemli ve gerekli olduğu açıkça gösterilmiştir.

Kaynaklar

[1] Gunn,J., Encyclopedia of caves and karst science.Taylor-FrancisBooks.Inc.,NewYork,USA,2004.

[2] Poisson,A., Recherches geologiquie dans Les Taurides Occidentalles(Turquie).Thesis,Univ.Paris-Sud, Orcay, p.795(Fransızca),1977.

[3] Glover,C and Robertson,A.H.F., Neotectonic intersection of the Aegean and Cyprus tectonic ares:extensional and strike-slip faulting in the Isparta Angle,SW Turkey, Tectonophysics 298:103-132,1998.

[4] Ercan,A., Özer,İ., Atılgan, İ. Ve İbrahimiye, M., Eriyebilir kaynaklarda yerkaymaları,yeraltı ve kırıklarının jeoelektrik ve birleşik jeofizik yöntemlerle belirlenmesi:Yat limanı Antalya,Jeoloji Mühendisliği yayını, sayı:25,,pp:55-63,1985.

[5] Demirağ,O., Yeraltı boşluklarının aranımında jeofizik yöntemlerin uygulanışı,E.İ.E.Bülteni, sayı12,pp:136-137,pp:3-16,1988.

[6] Çağlar,İ.,Karstik sahalarda jeofizik uygulamalar Mühendislik Jeolojisi Bülteni sayı 12,pp:23-28,1991

[7] Türker,A.E, Keçeli,D.A, Kamacı,Z. ve Kaya,M.A. ,Antalya 'nın zemin sorunları ve jeofizik yöntemlerle çözümleri. Jeofizik 5,27-42,1991

[8] Kamacı,Z., Keçeli,D.A., Türker,A.E. ve :Kaya,M.A., Antalya'da Alke Oteli zeminindeki traverten boşluklarının sismik ve jeoteknik yöntemlerle saptanması. Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği seksiyonu II Sayı:6,109-130.1991

[9] Konomi,N.and Frasheri,A. ,Application of the integrated geophysical methods for karst investigations . Jeofizik.6,15-34.1992

[10]Türker,A.E, Kaya,M.A, Kamacı,Z.ve Kara,V., Antalya Büyükşehir Belediyesi İş merkezi ve yeraltı otoparkı jeoteknik Etüdü raporu.Sdü Müh.Mim.Fak. Döner sermaye İşletmesi p:1-16. Isparta .1997.

[11]Uçar,F., 2-boyutlu rezistivite yöntemi kullanarak karstik aktivite belirlenmesi.Akdeniz Üniversitesi F.B.E. Yüksek Lisans Tezi p:93,2004

[12]Dipova, N. ve Yıldırım, M.;Antalya tufa platolarının oluşumu ve Jeomorfolojik özellikleri.Jeoloji mühendisliği dergisi, 29(2),53-69,2005.

[13] Telford, W.M. and Geldart, L.P., Sheriff, R.E. Applied Geophysics. Cambridge University Press, New York.1990.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

RİSKLİ ALANLARIN BELİRLENMESİNDE YAPILAŞMA JEOFİZİĞİ UYGULAMALARI

APPLICATIONS OF CONSTRUCTION GEOPHYSICS FOR THE DETERMINATION OF RISKY AREAS

Seda TEMEL[a], Ali Osman ÖNCEL[b,], Serhan GÖREN[c]
a İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: sedaalp85@gmail.com
b İstanbul Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: aliosman.oncel@gmail.com
c UBM YERBİLİMLERİ ŞTİ, İstanbul, E-posta: ubmteknoloji@gmail.com

Özet

Riskli alanların belirlenmesinde yapılaşma jeofiziği uluslar arası standart olarak kabul edilmiştir. Bu makale kapsamında riskli alan tanımında yer alan, göçme riski olan bir bölgede, yapılaşma jeofiziği uygulamaları ile veriler toplanmıştır. Çalışma temel kaya topografyasından ziyade sığ alanlarda (25-30 metre) problemli kısımların tespiti amacıyla yapılmıştır. Riskli alana müdahale ya da iyileştirme çözüm önerileri sunmak için veri toplanan sahanın durumunun ortaya çıkarılması hedeflenmiştir. Yapılaşma Jeofiziği verileri analiz edilerek zeminde göçme potansiyeli yüksek alanlar çalışma sonucunda ortaya konulmuştur. Birden çok jeofizik yöntem ile aynı alanda veri toplama olanağı, heyelan riskine bağlı olarak göçme (afet) riskli yapının olduğu bir alanda, yerin farklı fiziksel parametrelerinin belirlenip, değişiminin incelenerek riskli yapıların izlenmesine olanak verdiği gösterilmiştir.
Anahtar kelimeler: Heyelan, Yapılaşma Jeofiziği, Sismik Yöntemler.

Abstract

Construction geophysics has been accepted as international standards in the identification of risk areas. In this paper, field study based on by using modern geophysical data acqusition of the area that is under landslide risk were collected. The gathered geophysical data were analysized and the weak zones were identified and proposed, thus; possible solutions about strengthening these areas were offered. Geophysical data acqusition through the landslide risk area by using various modern geophysical methods at the same time, changes in different physical parameters could be observed to enhance the quality of risk identification.

Keywords: Landslides, construction geophysics, seismic - methods.

1. Giriş

Yapılaşma Jeofiziği yerleşim yeri olarak açılması planlanan sahanın deprem riskini, zemin davranışını, dayanımını, yapısını belirlenmek için gerekli yöntemleri, uygulamaları ve analizleri kapsamaktadır. Yapılaşma Jeofiziği ile yerin güvenli taşıma gücü, deprem tehlikesi, yer altının yapısı, yamaç duraysızlığı, temel kayanın derinliği ve türü, yer altı suyunun derinliği, kaya sökülebilirliği, zeminin gözenekliliği, sıvılaşma riski gibi özellikler belirlenebilmektedir (Ercan,2011) . Kentsel dönüşüm kapsamında kanunlar da geçen riskli alan ifadesi, zemin yapısı veya üzerinde bulunan yapılaşma sebebiyle can ve mal kaybına yol açma riski taşıyan, ilgili kurumların görüşü de alınarak belirlenen yerdir.

Yerleşim alanları ya da yeni yerleşime açılacak olan alanlar doğal afetlerin olması beklenmeksizin Jeofizik yöntemler ile hasarsız bir şekilde hem zamandan hem de maliyetten kazanç sağlanarak yerin içi hakkında bilgi sahibi olunabilmektedir. Yapılan çalışma da Sismik Yansıma, Sismik Kırılma ve Çok Kanallı Yüzey Dalgalarının Analizi ve Çok Elektrotlu Özdirenç Yöntemleri kullanılarak 4 profilde ölçü toplanmış, toplanan verilere veri işlem uygulanarak elde edilen kesitler çalışmanın sonuçlar kısmında açıklanmıştır.

Heyelan görülen sahalar da yer altının durumunu, dayanımını gösteren ve heyelana neden olabilecek etkenleri jeofizik yöntemler ile tespit eden çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalar incelendiğinde Sismik kırılma yöntemine heyelan temelinin tespiti ve derinliğinin saptanmasında sıkça başvurulduğu görülmüştür (Ogunsuyi,2010; Göktürkler ve diğ. 2008; Mauritsch ve diğ. 2000). Heyelan temelinde bulunan malzemenin yüksek oranda kil ve su içermesi Elektrik özdirenç yönteminin de heyelan olan bölgelerin saptanmasında çokça başvurulan yöntemlerden birisi olmasında etkendir (Lapenna ve diğ. 2005; Sass ve diğ. 2008; Bogoslovsky ve Ogilvy, 1977).

2. Sismik Yansıma, Sismik Kırılma, Çok Kanallı Yüzey Dalgalarının Analizi Yöntemi, Çok Elektrotlu Özdirenç Yöntemi

Heyelan olan bir bölge de jeofizik yöntemler uygulanarak heyelanın içyapısı, geometrisi, heyelan olan zeminin özellikleri ve zeminin hareket yönü saptanabilmektedir. *Çok Kanallı Yüzey Dalgalarının (MASW) analizi* yöntemi son yıllarda zeminin afet riskli dayanımsız yerlerinin tespiti amaçlı çalışmalarda sıkça kullanılan yöntemlerden birisidir. Yapılan çalışma kapsamında da yararlanılan yöntem, yüzey dalgalarından Rayleigh dalgasının dispersiyon özelliğinden yararlanılarak yer içinin kayma dalgası (S dalga) hızı değişiminin belirlenmesini sağlamaktadır. Yer içinde S dalgasının yayınımı incelenen alan hakkında sıvılaşma ve kayma potansiyeli gibi birçok detay verdiğinden zemin sağlamlığının değerlendirilmesinde ölçülen S dalga hızı önemli parametrelerden birisidir.

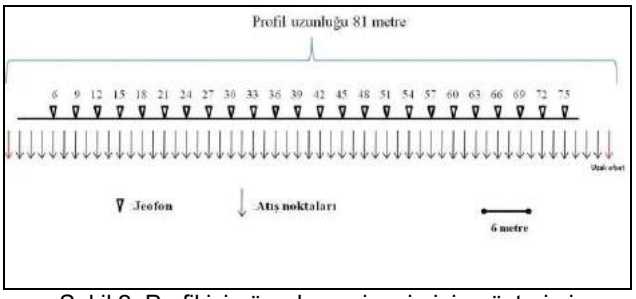
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Sismik kırılma yöntemi düşük hızlı ara tabakaların olmadığı alanlarda tabaka derinliklerinin ve görüntü olarak hız değişimlerinin belirlenmesinde kullanılan en hassas yöntemdir. Özellikle heyelan görülen alanlarda kayma düzleminin yerini ve derinliğini saptamak için sıkça başvurulan jeofizik yöntemlerden birisi olarak sismik kırılma yöntemi kullanılır. Sismik yöntemlerin temelinde arazide veri toplanırken kaynaktan çıkan cisim dalgalarının, jeofonlara ilk varış zamanlarının veya ilk en büyük genlik okunması yatmaktadır. Sismik kırılma yönteminde ilk varış zamanlarının okunması ile yer içindeki tabakaların kalınlık ve hızları en hassas şekilde tespit edilebilmektedir. Alınan kırılma ölçümlerinin analizi yapıldığında sismik hız malzemenin mekanik özelliklerine (basınç, sıcaklık, sıvı, kırık) bağlı olduğundan kayma düzlemi (heyelan) boyunca yer değiştiren malzeme özelliklerinin saptanmasını sağlamaktadır. Heyelan temelinde (taban blok) malzeme yapısı karmaşık olduğundan sismik kırılma tomografisi uygulaması ile de yatay ve düşey doğrultuda elde edilen çözünürlük arttırılabilir.

Sismik yansıma yöntemi yer içinde istiflenmiş tabakaların hız ve yoğunluk farklarından yararlanarak yatay doğrultuda yapısal değişiklikleri en hassas şekilde görüntülememize olanak sağlar. Sismik kırılma yöntemine göre daha derinden bilgi toplanabilmekte olup, P dalgası genliğindeki değişimden yer içindeki süreksizlikler, kayma düzlemleri gibi yapılar tespit edilebilmektedir. Heyelan görülen bir sahada zeminde su içeriğinin yüksek olması ve taşınmış malzemeden ötürü *Çok elektrotlu özdirenç yöntemi* ile veri toplanıldığında düşük özdirenç değerleri okunmaktadır. Elektrik özdirenç yöntemi yer içindeki tabakaları oluşturan malzemeleri iletkenlik ya da özdirenç farkına göre görüntüler. Elektrik özdirenç yöntemi yer altı suyu aramalarında, çevresel ve mühendislik jeofiziği uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır (Reynolds, 1997).
Şekil 1'de Sismik Yansıma, Sismik kırılma ve Çok kanallı Yüzey Dalgalarının Analizi yöntemleri kullanılarak veri toplanan 4 Profil görülmektedir. Dört profilde her atış noktasında 6 vuruş yapılarak Sinyal/Gürültü oranı arttırılmıştır. Veri kalitesini arttırmak için hem alıcıların yanında hem de alıcıların arasında atış yapılmıştır (Şekil 2).



Şekil 1. Yapılaşma Jeofiziği yöntemlerinden Sismik kırılma, Sismik Yansıma ve Çok Kanallı Yüzey Dalgası Analizi ve Çok elektrotlu özdirenç yöntemlerini kullanılarak veri toplanan alanın uydu görüntüsü.



Şekil 2. Profil için örnek arazi seriminin gösterimi

Zeminin göçme riski olduğu bir sahada Sismik Kırılma, Sismik Yansıma, MASW ve Çok Elektrotlu Özdirenç Yöntemi ile veriler toplanmıştır. Tablo 1'de verilen veri toplama parametreleri Sismik Kırılma, Sismik Yansıma, MASW yöntemleri için aynı alınmıştır.

Tablo 1. 4 profil için kullanılan veri toplama parametreleri

Profil adı	1	2	3	4
Jeofon Sayısı ve aralarındaki mesafe (m)	36 3	36 2,5	24 3	12 2
Kullanılan Kaynak	10 kg'lık balyoz	10 kg'lık balyoz	10 kg'lık balyoz	10 kg'lık balyoz
Ofset mesafesi (m)	6	5	6	4
Profil boyu (m)	117	97,5	81	30
Verinin uzunluğu (msn)	2000	2048	2000	2000
Örnekleme aralığı (msn)	1	0,25	0,125	0,125

Çok Elektrotlu Özdirenç yöntemi ile sadece 1 ve 2. Profillerde veri toplanmıştır. Hat 1 için 40 elektrot kullanılmış profil uzunluğu 120 metre elektrotlar arası mesafe 3 metredir. Hat 2'de de 40 elektrot kullanılmış elektrotlar arası mesafe 2.5 metre profil boyu 97.5 metredir. Dipol-dipol dizilim kullanılmıştır.

Sismik yansıma yöntemine ait veri işlem adımları Visual Sunt isimli yazılımda yapılmıştır. İlk önce. sg2 formatında toplanmış veriler program ile. SU formatına çevrilerek tek bir dosyada toplanmıştır. Daha sonra en önemli veri işlem adımı olarak geometri tanımlama yapılmıştır. Geometri tanımlaması yapıldıktan sonra verinin frekans içeriğine bakılmış gerekli görülmüş ise filtre uygulanmıştır. Filtreden sonra genlik kazanç için AGC işlemi yapılmıştır. AGC işleminden sonra veri CDP ortamına aktarılmış CDP sıralama işlemi yapılmıştır. Bu işlemden sonra sırayla veriye Normal Kayma Zamanı düzeltmesi için öncelikle hız seçimi daha sonra NMO işlemi, yığma, dekonvolüsyon, filtre, derinlik ortamından zaman ortamına geçiş işlemleri uygulanmıştır.

Çok Kanallı Yüzey Dalgalarının Analizi ve Sismik Kırılma Verilerinin veri işlemleri SeisImager programı ile incelenmiş ve veri işleme tabi tutulmuştur. Sismik Kırılma verileri geometri tanımlama, alçak ve yüksek geçişli süzgeç uygulama, ilk varış zamanlarının işaretlenmesi, zaman uzaklık grafiklerinin elde edilmesi işlemlerinden geçmiştir. Sismik Kırılma Tomografisi için model oluşturulmuş program tarafından ters çözüm işlemi

yapılmıştır. MASW yönteminde toplanan verilere sırasıyla geometri düzenleme, süzgeç uygulanması, frekans ortamına veri aktarıldıktan sonra dispersiyon eğrilerinin temel modlarının seçilmesi, model tanımlaması ilgili program modülü tarafından ters çözüm işlemi yapılarak S dalgası derinlik kesitinin elde edilmesi aşamalarından veri geçirilmiştir.

Çalışmanın bir diğer aşamasında veri toplanılan profiller için zemin parametreleri hesaplanmıştır. Şekil 3' de de görülen zemin parametrelerinden Poisson oranı; endeki deformasyonun boydaki deformasyona oranıdır. Poisson oranı ortamda sıvı varlığı ile ilgili bilgi veren önemli zemin parametrelerinden birisidir. Ortam sıvı olması durumunda Poisson oranı (τ) 0.5 olur iken, ortam katılaştığı zaman poisson oranı sıfıra yaklaşmaktadır. Kesme (shear) modülü (μ) cismin şekil değişikliğine karşı verdiği dirençtir. Tam sıvılar ve gazlar için kesme modülü sıfırdır. Bulk modülü (K) cismin hidrostatik basınç altında hacminde görülen azalmadır. Elastisite modülü (E) boyuna gerilmenin boyuna deformasyona oranıdır. Elastisite modülü elastik deformasyonu da tanımlamaktadır. Yatak katsayısı, yük altında zeminin birim alanının birim yer değiştirmesine karşı olan direncidir.

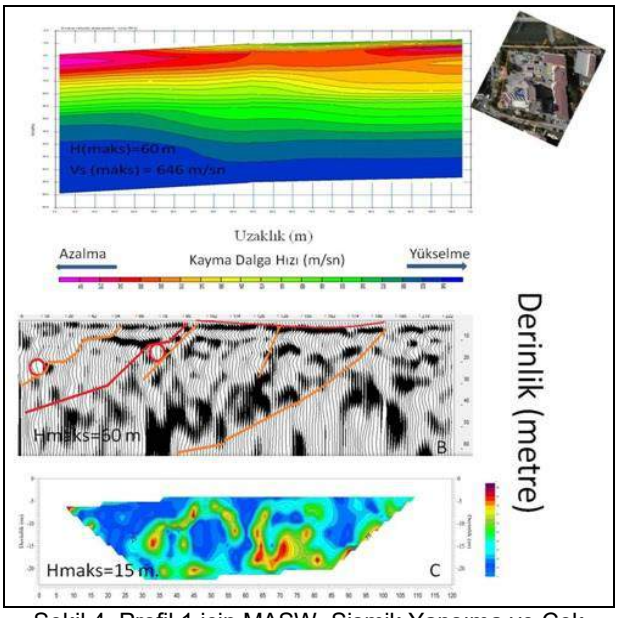


Şekil 3. Profil 4 için MASW, Sismik Yansıma ve Sismik Kırılma kesitleri

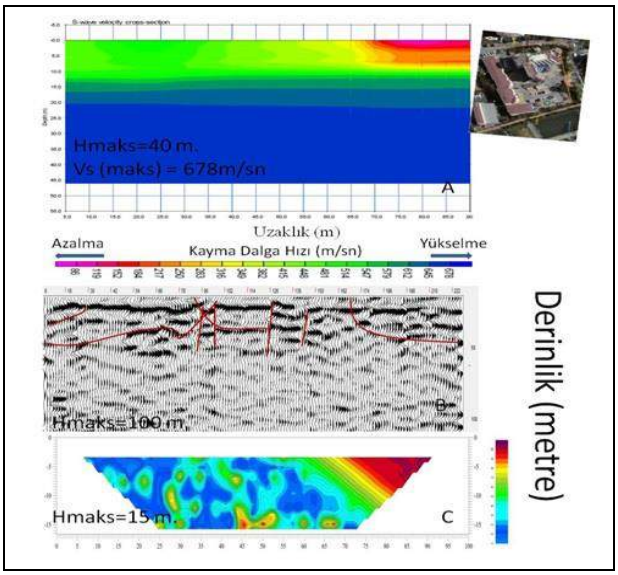
3. SONUÇLAR

Profil 1'de MASW kesitinde inceleme yapılacak olunursa yüzeyde görülen malzemenin hızı 218-293 m/sn aralığında değişmektedir (Şekil 4). Bu hız aralığı Avrupa Zemin İnceleme ve Zemin sınıflandırma (Eurocode) standartları tablosuna göre incelendiğinde sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl ve ya sert kil malzemeye karşılık gelmektedir. Bu hızın düşük olduğu alan bir yatay süreksizliği işaret etmektedir. Hızın düşük olduğu yapı farklı nedenlerle mekanik direnci düşük olduğu için kayabilir. Yansıma kesiti ise tabakalanma hakkında bilgi vermektedir. Profil 1'e ait yansıma kesitinde turuncu ile gösterdiğimiz çizgiler kayma potansiyeli yüksek ve yapılaşma için riskli alanları gösterirken kırmızı ile çizilen alanlarda arazide zeminin dayanımını iyileştirecek herhangi bir işlem yapılırsa kırmızı çizgi ile gösterilen süreksizlik yüzeyi baz alınarak yapılmalıdır. MASW kesitinde düşük S dalga hızlı yerler yansıma kesitinde de düşük özdirenç değerleri vermiştir.

Profil 2'de ise profilin güneyinde görülen (son kısmı) düşük hızlı bölüm dikkati çekmektedir (Şekil 5). Hızın düşük olduğu alanın yansıma kesitinde de görülebildiği söylenebilir. Malzemenin dayanımı düşünce çökmeye bağlı düşeyde de hareketlenme oluşmaktadır. Profil 2'nin güneyinde görülen farklılaşma özdirenç kesitinde de tespit edilmiştir.



Şekil 4. Profil 1 için MASW, Sismik Yansıma ve Çok Elektrotlu Özdirenç Yöntemi kesitleri



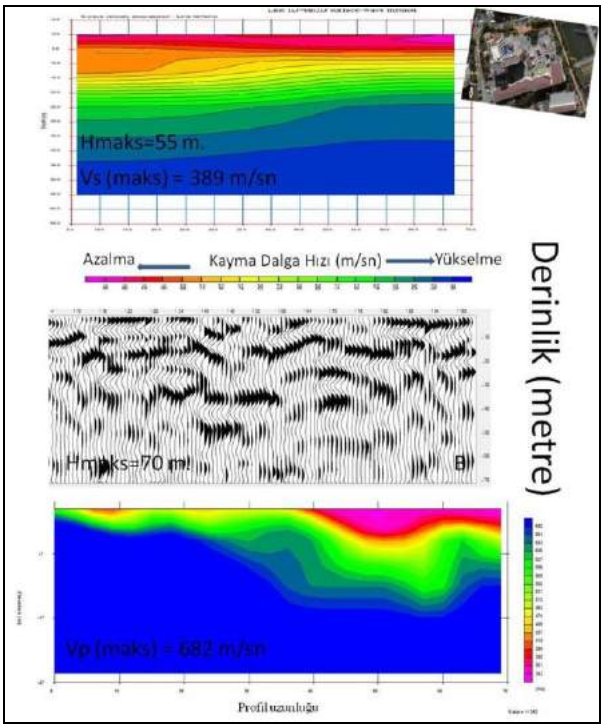
Şekil 5. Profil 2 için MASW, Sismik yansıma ve Çok Elektrotlu Özdirenç yöntemi kesitleri

Profil 3'te kesitte görülen S dalga hızları incelendiğinde göçme riski olan bir zemin olduğu görülebilmektedir. Burada profilin doğusunda görülen düşük hızlı tabaka Profil 2'nin güneyi ile benzerlik göstermektedir (Şekil 6). Bu iki profilde de görülen düşük hız değerleri zeminin sıcaklık, sıvı etkisi ve gerilimdeki değişim gibi etkenlerden ötürü düşme, kopma göstererek taşınabileceğinin işareti olabilir. Alanda okunan en yüksek hız değeri Vs=389 m/sn civarındadır.

Profil 4'te Sismik yansıma kesitinde kaymanın olduğu düşünülen bölgeler işaretlenmiştir. MASW kesitinde ise hızın profillerin uç kısımlarına doğru düştüğü görülmektedir (Şekil 7).

Dört profilde de elde edilen MASW kesitlerinde okunan maksimum kayma dalgası hızlarına bakıldığında bu

zeminlerin kaya özelliği göstermediği yani S dalga hızının 760 m/sn' den küçük olduğu ve kaya niteliği taşımadığı görülmüştür. Bu da mevcut alanda meydana gelen göçme olayının rastlantısal olmadığını, bina yapılmadan önce yapılaşma jeofiziği çalışmaları yapılmadığının göstergesidir.



Şekil 6. Profil 3 için MASW, Sismik Yansıma ve Sismik Kırılma yöntemi kesitleri

Kaynaklar

[1] Ercan A., 2011,Yapılaşma Jeofiziği, JFMO Eğitim Yayınları, Ankara.

[2] Dondurur D., 2009, Deniz Sismiğinde Veri İşlem, JFMO Eğitim Yayınları Ankara, ISBN: 978-9944-89-751-8.

[3] Yılmaz O., 2001, A Seismic Data Analysis: Processing, Inversion and Interpretation of Seismic Data, Society of Exploration Geophysicists, ISBN-13: 978-1-56080-094-1

[4] Kearey P., Brooks M., Hill I., 2002, An Introduction to Geophysical Exploration, BlackwellScience Third Edition, London, ISBN:0-632-04929-4R.

[5] Ogunsuyi, O.,2010, Geophysical Characterization of Peace River Landslide, Thesis (Master), University of Alberta.

[6] Göktürkler G., Balkaya Ç., Erhan Z., 2008, Geophysical Investigation of Landslide: The Altındağ Landslide Site, İzmir, Journal of Applied Geophysics, 65,84-96.

[7] Mauritsch H.J., Seiberl W., Arndt R., Römer A., Schneiderbauer K., Sendlhofer G.P., 2000, Geophysical Investigation of Large Landslides in the Carnic Region of Southern Austria, Enginerring Geology , 56, 373-388.

[8] Lapenna V., Lorenzo P., Perrone A., Piscitelli S., Rizzo E., Sdao F., 2005, 2D Elektrical Resistivity Imaging of some Complex Landslides in the Lucanian A pennine Chain ,Southern Italy, Geophysics, 70, 3, B11-B18.

[9] Sass O., Bell R., Glade T., 2008, Comparison of GPR 2D – Resistivity and Traditional Techniques for the Subsurface Exploration of the Öschingen Landslide, SwabianAlb (Germany), Geomorphology ,93,89-103

[10] Bogoslovsky V. A., Ogilvy A. A., 1977, Geophysical Methods for the Investigation of Landslides, Geophysics, 42 (3) ,562-571.

[11] Reynolds J.M., 1997, An Introduction to Applied and Enviromental Geophysics, Wiley, ISBN:0-471-96802-1.

BETON KALİTESİNİN ULTRASONİK HIZ VE SCHMIDT ÇEKİCİ YÖNTEMİNDEN BELİRLENMESİ

THE DETERMINATION OF CONCRETE QUALITY USING METHOD OF ULTRASONIC VELOCITY AND SCHMIDT HAMMER

Ali Erden BABACAN[a] ve Kenan GELİŞLİ[b]
[a] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, a.babacan@ktu.edu.tr
[b] Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, gelisli@ktu.edu.tr

Özet

Kentsel dönüşüm projeleri kapsamında, betonarme yapılardaki beton dayanımının özellikle yapıya hasar vermeden belirlenmesi önemlidir. Bu çalışmada, yapı kalitesinin belirlenmesinde hasarsız ölçüm tekniklerinden biri olan ultrasonik hız ölçüm yöntemi, Schmidt çekici yöntemi ile birlikte kullanılmış ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Bir kısmı eski ve bir kısmı ise nispeten daha yeni olan bir binadaki taşıyıcı kolonlar üzerinde çok sayıda ultrasonik hız ölçümleri yapılarak bu kolonların içyapıları ortaya çıkarılmış ve dayanımları belirlenmeye çalışılmıştır. Alınan ultrasonik hız ölçülerinden bina kolonlarına ait hız dağılım haritaları elde edilmiştir. Ayrıca, ultrasonik yöntem ve Schmidt çekici uygulamalarından elde edilen sonuçlar korele edilmiştir. Bu korelâsyonlar sonucunda ultrasonik hız dağılımı ile Schmidt çekicinden elde edilen geri tepme sayıları dağılımının neredeyse bire bir uyumlu olduğu görülmüştür. Değerlendirmeye alınan yapıda hız dağılımı ve Schmitd çekici verilerinin analizinden hem yeni hem de eski kısımda olan kolanlardaki sorunlu bölgeler ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Yapı Kalitesi, Ultrasonik Hız Ölçümü, Schmidt Çekici

Abstract

In the urban transformation projects, it is highly important to determine the strength of concrete of reinforced concrete structures without damage to the structure. In this study, the method of ultrasonic velocity measurement which is one of the non-destructive measurements techniques was used together with Schmidt hammer method to identify the structure quality and their results were compared. It was tried to reveal the strength and internal structure of columns belongs to a building which is consist of old and new parts by using a lot of ultrasonic measurements. The velocity distribution maps of building columns were obtained from ultrasonic velocity measurements. Also, the ultrasonic method was used together with the Schmidt hammer applications and the results, obtained from these methods, correlated. As a result of these correlations, it was seen that the velocity distributions were approximately compatible with Schmidt hammer values. It was revealed that both old and new columns have problem from the analysis of velocity distribution and Schmidt hammer taken for evaluation.

Keywords: Structure Quality, Ultrasonic Velocity Measurement, Schmidt Hammer

1. Giriş

Dünyanın en aktif deprem kuşaklarından biri olan Alp-Himalaya kuşağı üzerinde yer alan ülkemizde, karmaşık jeolojik yapısı ve jeodinamik özelliklerinden dolayı yıllardır pek çok yıkıcı deprem meydana gelmiş ve bundan sonra da depremler olmaya devam edecektir. Bu doğal olaylar nedeniyle önemli oranda can ve mal kayıpları meydana gelmektedir. Deprem riskinin yüksek olduğu bölgelerde yerleşim ve endüstriyel yapıların kurulacağı alanların yer seçimi ne kadar önemli ise inşa edilecek yapının da depreme karşı dayanaklı olması bir o kadar önemlidir. Ne yazık ki ülkemiz için 1999'da meydana gelen büyük Marmara Depremine kadar bu konu ile ilgili olumlu uygulamalardan söz edilmesi pek mümkün değildir. Meydana gelen büyük deprem sonrası toplumun depreme karşı hassasiyetleri artmış, hem yeni yapılacak olan binaların hem de mevcut yapılardaki betonun kalitesinin belirlenmesinin önemini ortaya çıkmıştır. Bu konu detaylı olarak tartışılmış ve ülkemizde çok önemli bir proje olan "Kentsel Dönüşüm Projesi" başlatılmıştır. Kentsel dönüşüm ile kent planlamalarına uymayan binalarla birlikte, düşük kalitede yapılmış ve doğal afetlerle veya çevresel etkiler ile yorulmuş binaların yenilenmesi amaçlanmaktadır. Depreme karşı dayanıklı yapı, uygun yerde, o ortama uygun temel, doğru seçilmiş temel üzerine kurulacak yapının uygun malzeme kullanılarak yapılması durumunda mümkün olacaktır.

Günümüzde özellikle deprem beklentisinin yüksek olduğu bölgelerdeki yapıların durumunun incelenmesi ve gerekli önemlerin alınması hem can kaybı hem de ekonomik kayıpların önlenmesine katkıda bulunacaktır. Deprem sonrası hasar gören yapıların hızlı bir şekilde incelenmesi ve kentsel dönüşüm gibi uygulamalar için gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de yapı jeofiziği çalışmalarının yapılması gerekmektedir. Yapı incelemelerinde hasarlı ve hasarsız ölçüm teknikleri kullanılmaktadır. Hasarlı ölçüm tekniklerinin, mevcut yapıya zarar vermesi, zaman alıcı ve pahalı olması gibi dezavantajları nedeniyle mühendisleri hasarsız ölçüm tekniklerinin kullanılmasına yöneltmektedir. Hasarsız ölçüm teknikleri, yapıya herhangi bir zarar vermemesi, kullanımı ve ekonomik olması bakımından oldukça avantajlıdır. Son zamanlarda tahribatsız beton dayanımı test yöntemlerinin, özellikle de ultrasonik yöntemin kullanımı gittikçe artmaktadır [1-4].

Bu çalışmada beton kolonlarının kalitesini belirlemek için öncellikle her bir kolon üzerinde ultrasonik hız ölçümleri alınmış ve kolonların hız dağılım haritaları ortaya

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

çıkarılmıştır. Ultrasonik yöntem, uygulamada oldukça sık kullanılan Schmidt çekici verileriyle desteklenmiş ve aralarındaki ilişkiler belirlenmiştir.

2. Yöntem

Malzemenin mekanik özelliklerini, dış kuvvetlerin etkisi altında değişik zorlamalar karşısında malzemede oluşan şekil değişiklikleri ve bu etkiler altında malzemenin gösterdiği dayanma gücü oluşturur [5]. Bu özelliklerin belirlenmesinde genel olarak Ultrasonik hız ve Schmidt çekici gibi ölçüm teknikleri kullanılmaktadır.

Ultrasonik yüksek frekanslı (>20 Khz) ses dalgalarına verilen isimdir. Katı materyaller içinde ultrasonik puls seyahatinin hızı materyalin elastik özelliklerine ve yoğunluğuna bağlıdır. Yoğunluğu az olan veya içerisinde daha çok boşluk bulunan bir betonda, ses dalgasının betonu geçiş süresi daha uzundur. Bir başka deyişle, betonun içerisindeki boşluk miktarı, çatlak, kırık oranı arttıkça, ses dalgasının hızı düşmektedir. Ultrasonik hız ölçümlerinde Puntid Plus marka ultrasonik hız ölçüm cihazı kullanılmıştır (Şekil 1). Pundit Plus cihazı ile kaya ve beton numunelerinde duyarlı ölçümler yapılabilmektedir. Boyuna dalga hızlarını belirlemek için 54 kHZ'lik piezoelektriksel özellikte alıcı-verici problar, enine dalga hızlarını belirlemek için ise 1 Mhz'lik problar kullanılır. Verici probtan üretilen elektriksel sinyal mekanik titreşime dönüştürülerek beton numunesine gönderilir, numune içinden geçen sinyal karşı taraftaki alıcı tarafından kaydedilir. Hız ölçümü yapılırken, alıcı ve verici başlıklar ile numune arasına bir jel sürülmesi ve numune ile alıcı-verici başlıklara belli bir kuvvet uygulanarak başlıkların numuneye iyi temas ettirilmesi çok önemlidir. Sinyalin beton numunesi içindeki yayılım süresinden hız belirlenir.

Puls Hızı=Numunenin Boyu/Geçiş Zamanı (1)

Beton örneklerin hızları direk, yarı direk ve indirek yöntemler olmak üzere 3 farklı yöntem ile belirlenebilmektedir. Bu çalışmada ultrasonik ölçüm tekniklerinden biri olan puls iletim (direk ölçüm) tekniği kullanılmıştır.



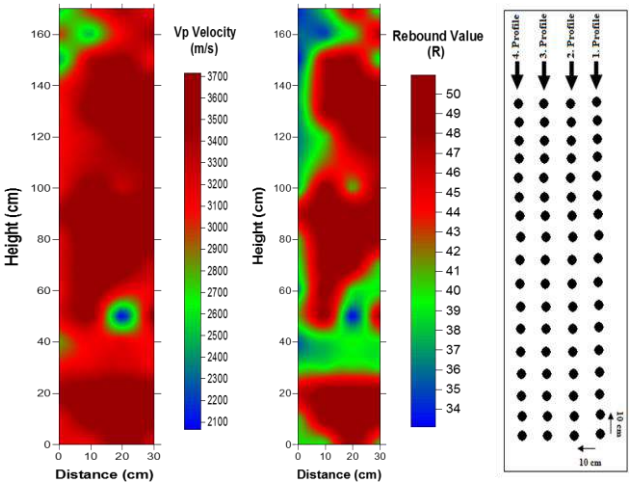
Şekil 1. Ultrasonik hız ölçüm ekipmanı.

Betonun basınç dayanımının belirlenmesinde kullanılan deney yöntemlerinden birisi olan Schmidt çekici, 1948 yılında İsveçli mühendis Ernst Schmidt tarafından geliştirilmiştir. Schmidt çekici, malzemelerin yüzey sertliğinden yola çıkarak, basınç dayanımlarının bulunması esasına göre çalışmaktadır [6]. Bu alet, bir yay vasıtasıyla çelik bir bilyeyi numunenin yüzeyine fırlatır. Bilye numunenin yüzeyine çarptıktan sonra geri sıçrar, bu sıçrayış değeri kaydedilir [7-8]. Schmidt çekici üzerinde bulunan skaladan okunan geri tepme, ne kadar büyükse yapının dayanımı o kadar yüksektir denilebilir. Bir çalışma alanında güvenilir sonuçlar elde edebilmek için, öncellikle ölçüm yapılacak yüzey zımpara taşı ile düzeltilmelidir. Schmidt çekici uygulanacak yüzeye dik olarak yerleştirilip en az 9–10 okuma yapılmalıdır. İki çarpma noktası arasındaki mesafe 25 mm'den az olmamalı ve çarpma noktaları kenarlardan 25 mm içeride olmalıdır. Vuruş yapılan yerde mevcut hava boşluğu nedeniyle parçalanma veya kırılma ortaya çıkarsa, sonuç değerlendirilmeye alınmaz. Bu çalışmada yapılan uygulamalarda, her bir nokta için geri sıçrama değerleri, bütün okumaların ortalaması alınarak hesaplanmıştır [9-10].

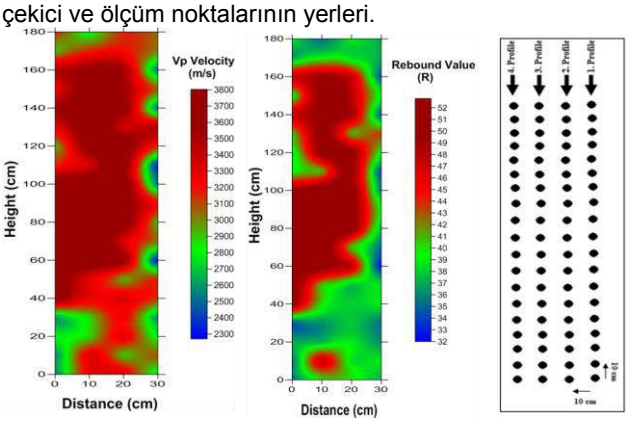
3. Yapılan Çalışmalar

Bu çalışma, 1977 yılında yapılmış olan Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeofizik Mühendisliği Bölüm binasının ana kısımındaki taşıyıcı kolonları ile bu binaya 2007 yılında ek olarak yapılmış olan amfinin taşıyıcı kolonları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, Jeofizik Mühendisliği bölüm binasında ölçüm için en uygun olan 3 tane eski kolon ve ek olarak yapılan amfinin 3 tane yeni kolonu üzerinde ultrasonik hız ölçümleri ve Schmitd çekici testleri gerçekleştirilmiştir. Taşıyıcı kolonlar üzerinde, kolonun genişliğine bağlı olarak düşey yönde birden fazla profilde olmak üzere ve her bir profilde 15 ile 20 adet ölçü noktasında ultrasonik hız ölçüm değerleri ve Schmitd çekeci geri tepme sayıları elde edilmiştir. Profil sayıları ve ölçü adeti kolonların durumu dikkate alınarak belirlenmiştir. Ölçümlerin yapıldığı ek binadaki yeni kolonlar K1, K2, K3 ve ana binadaki eski kolonlar ise K4, K5 ve K6 şeklinde isimlendirilmiştir. Bu kolonlar üzerindeki ölçüm hatları ve ölçüm noktaları arasındaki mesafeler birbirine eşit olup 10'ar cm'dir. Kolonlar üzerinde, her bir profilde direk iletim tekniği kullanılarak ölçümler alınmıştır. Yapılan ölçümler sonucu elde edilen hız bilgileri kullanılarak her bir kolon için ultrasonik hız haritası elde edilmiştir (Şekil 2,7). Schmidt çekici yöntemi ise kolonların tek yüzüne uygulanmış ve sayaçta okunan değerler kayıt edilerek geri tepme sayıları haritalanmıştır (Şekil 2,7).

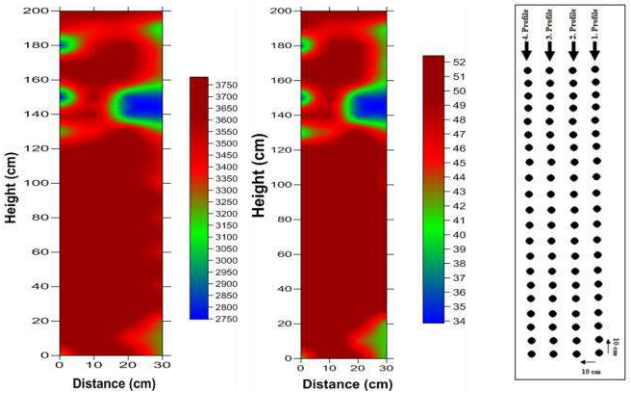
Ayrıca elde edilen ultrasonik ölçümlerinden ve Schmitd çekici testinden elde edilen hız değerleri ve geri tepme sayıları biribirleriyle ilişkilendirilerek aralarında anlamlı bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir (Şekil 8,13).



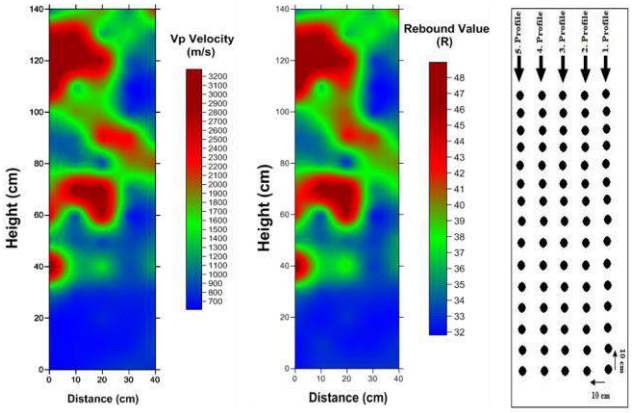
Şekil 2. K1 kolonu için sırasıyla ultrasonik hız, schmitd çekici ve ölçüm noktalarının yerleri.



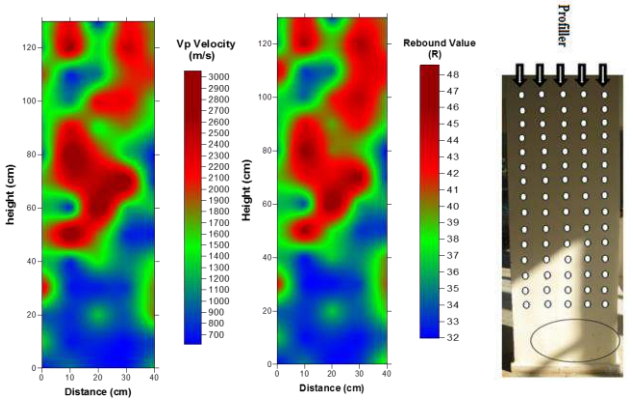
Şekil 3. K2 kolonu için sırasıyla ultrasonik hız, schmitd çekici ve ölçüm noktalarının yerleri.



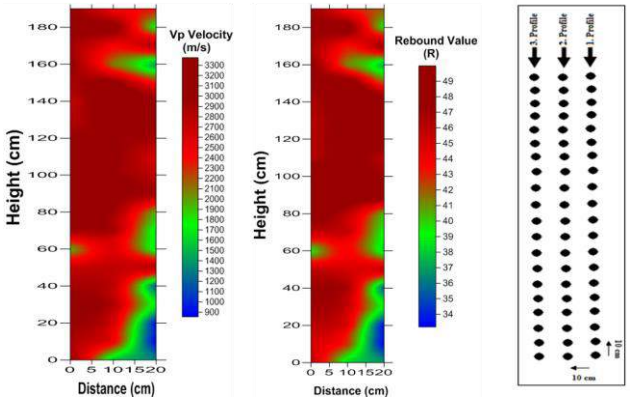
Şekil 4. K3 kolonu için sırasıyla ultrasonik hız, schmitd çekici ve ölçüm noktalarının yerleri.



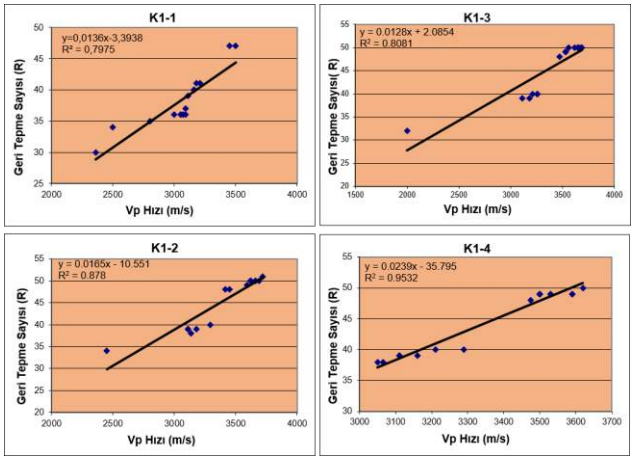
Şekil 5. K4 kolonu için sırasıyla ultrasonik hız, schmitd çekici ve ölçüm noktalarının yerleri.



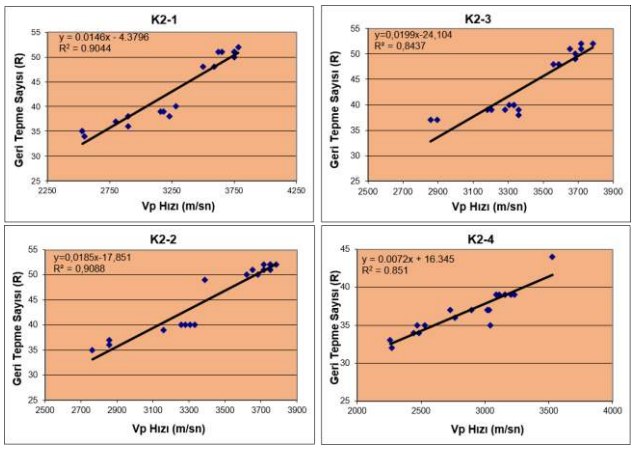
Şekil 6. K5 kolonu için sırasıyla ultrasonik hız, schmitd çekici ve ölçüm noktalarının yerleri.



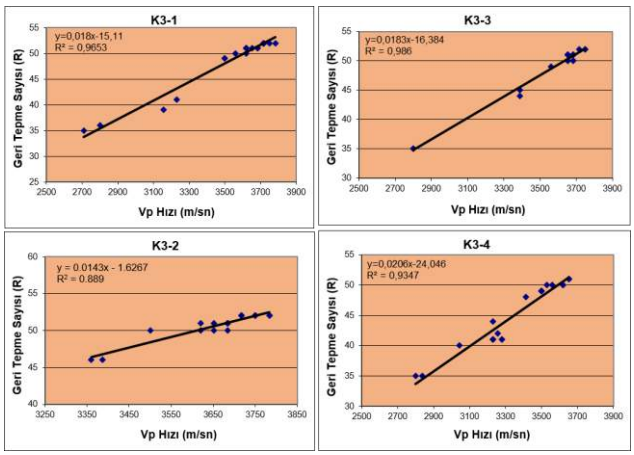
Şekil 7. K6 kolonu için sırasıyla ultrasonik hız, schmitd çekici ve ölçüm noktalarının yerleri.



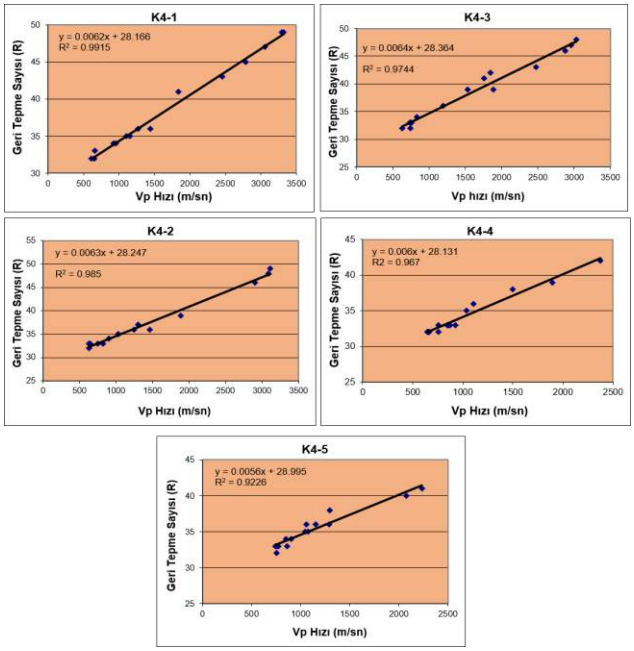
Şekil 8. K1 kolunu üzerindeki her bir profil için hız ve Schmitd çekici geri tepme sayıları arasındaki ilişkiler.



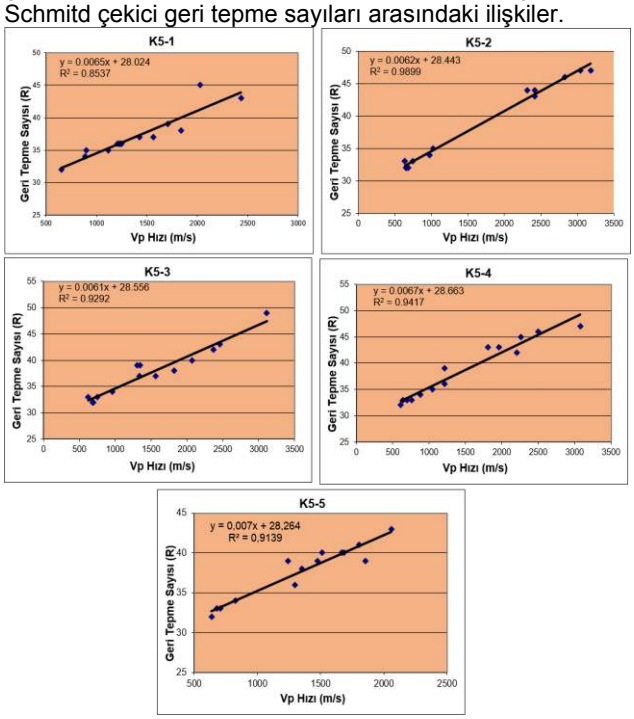
Şekil 9. K2 kolunu üzerindeki her bir profil için hız ve Schmitd çekici geri tepme sayıları arasındaki ilişkiler.



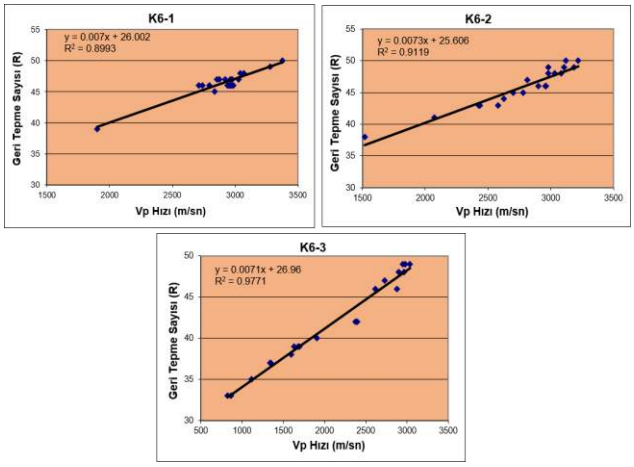
Şekil 10. K3 kolunu üzerindeki her bir profil için hız ve Schmitd çekici geri tepme sayıları arasındaki ilişkiler.



Şekil 11. K4 kolunu üzerindeki her bir profil için hız ve Schmitd çekici geri tepme sayıları arasındaki ilişkiler.



Şekil 12. K5 kolunu üzerindeki her bir profil için hız ve Schmitd çekici geri tepme sayıları arasındaki ilişkiler.



Şekil 13. K6 kolunu üzerindeki her bir profil için hız ve Schmitd çekici geri tepme sayıları arasındaki ilişkiler.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, yapım tarihine göre eski ve yeni olmak üzere toplam 6 farklı kolon üzerinde ultrasonik hız ölçümleri ve Schmitd çekici geri tepme sayıları belirlenmiştir. Bu iki yöntemin beraber kullanılması hem yapılabilecek hataları en aza indirgeyecek hem de yapı kalitesi hakkında daha ayrıntılı bilgiler elde edilmesini sağlayacaktır.

Ölçümlerden elde edilen ultrasonik hızlar yeni kolonlarda 2100 ile 3800 m/sn arasında değişirken, eski kolonlarda ise 700 ile 3300 m/sn arasında değişmektedir. Eski olan kolanlarda hız değerleri oldukça düşmektedir. Bunun nedeni olarak birkaç farklı durumdan söz edilebilir. Birinci olarak bölgenin aşırı nemli ve yağışlı olmasının zaman içerisinde donatılarda aşırı bir korozyona neden olmasıdır. Diğer bir sebep olarak ise kolon üzerindeki üst yapının zamanla yaptığı baskı sonucu kolon içerisinde çatlaklar ve kırıkların meydana gelmesidir. Benzer şekilde Schmitd çekici geri tepme sayılarında da aynı durumu gözlemlemek mümkündür. Ayrıca, ultrasonik hızlar ile geri tepme sayıları birbirleriyle ilişkilendirilmiş ve aralarında çok yüksek bir oranda ilişkinin olduğu belirlenmiştir

Yapı kalitesinin belirlenmesinde hızlı, ucuz, etkili ve kolay uygulanabilir olması yanında yapıya da herhangi bir zarar vermemesi ultrasonik hız ölçüm yöntemi ve Schmidt çekici yöntemlerinin önemli avantajıdır.

Kaynaklar

[1] Malhotra, M., In Situ/Nondestructive Testing of concrete. American Concrete Institute, Detroit, pp. 1-16. 1984.

[2] Lawson, I., Danso, K.A., Odoi, H.C., Adjei, C.A., Quashie, F.K., Mumuni, I.I., Ibrahim, I.S., Non-Destructive Evaluation of Concrete using Ultrasonic Pulse Velocity. Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology, 3(6): 499-504, 2011.

[3] Uyanık, O., Tezcan, S., Beton Dayanımının Ultrasonik Yöntemle Tayini. Jeofizik Bülteni, Kasım, 2012.

[4] Park, S., Kim, J., Shin, E-S., Han, S-H., Compressive Strength Evaluation of Underwater Concrete Structures Integrating the Combination of Rebound Hardness and Ultrasonic Pulse Velocity Methods with Artificial Neural Networks. World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Civil, Environmental, Structural, Construction and Architectural Engineering, Vol:8, No:1, 2014

[5] Baradan, B., Yapı Malzemesi I. D.E.Ü. Mühendislik Fakültesi Yayınları, İzmir.14- 39s, 2000.

[6] Küçük, Ö.F., Ultrasonik Yüzey Dalgaları-Schmidt Yöntemi Yardımıyla Beton Dayanımının Bulunması, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 2006.

[7] Vandaele, K. and Waelkens, M., Evaluation of Surface Hardness of Building Stones As A Tool for Relative Dating, Sagalassos III Report on the Fourth Excavations Campaign of 1993. Leuven University Press, p:137–141. Belgium.

[8] Çankıran, O., Yapıların Depremden Önce ve Sonrasında Tahribatsız Deney Yöntemleriyle İncelenmesi, Yapı Malzeme- İnşaat Malzemeleri İhtisas Dergisi, İstanbul, Sayı: 47. 136-141s, 2000.

[9] ASTM C 805, Non-destructive testing- determination of rebound number, Annual Books of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1993.

[10] BS EN 12504 -2, Testing concrete in structures- Part2: Non-destructive testing determination of rebound number. British Standard, Brussels, 2001.

24 MAYIS 2014 GÖKÇEADA DEPREMİ GÖZLEM VE DEĞERLENDİRMELERİ

OBSERVATIONS AND EVALUATIONS OF THE MAY 24, 2014 GÖKÇEADA EARTHQUAKE

M. ERDURAN[a], H.O. KÖKSAL[b], Ö. ÇAKIR[a], S. AKTAN[b], F. ALTINSOY[c], R. ÇANKAYA[c]

[a] ÇOMÜ Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye, E-posta: merduran@comu.edu.tr

[b] ÇOMÜ Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye

[c] ÇOMÜ Teknik Bilimler MYO inşaat Bölümü, Çanakkale, Türkiye

Özet

24 Mayıs 2014 tarihinde Gökçeada'nın batısında yerel saat 12.25' te magnitüd değeri değişik kuruluşlara göre 6.3 ile 7.1 arasında değişen yüksek şiddetli bir deprem meydana gelmiştir. Deprem merkez üssü Çanakkale iline ~95 km ve Gökçeada ilçesine ~35 km mesafededir. Ana şok sonrasında büyüklükleri 1.1 ile 5.3 arasında değişen yüzlerce artçı şok meydana gelmiştir. Moment tensör çözümlerine göre depremin yaklaşık (K)D-(G)B yönlü doğrultu-atımlı faylanma mekanizması ile meydana geldiği ve depremin Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Saros' tan Kuzey Ege Denizi' ne devam eden uzantısında meydana geldiği belirlenmiştir. Deprem Çanakkale ili ve ilçeleri, İzmir, Edremit, Tekirdağ ve İstanbul' da hissedilmiş olup özellikle Çanakkale il merkezi ile ilçelerinde önemli hasarlara yol açmıştır. Bu bağlamda, Sarıçay deltası üzerine yerleşik Çanakkale il merkezindeki ana şoka ait kuvvetli yer hareketi kayıtları incelenmiş, bölgenin sismolojik etkileri değerlendirilmiş ve yerinde yapılan incelemelerle deprem etkisi ile oluşan yapısal ve jeoteknik hasara ilişkin veriler derlenmiştir. Çanakkale şehir merkezinin jeolojik yapısının gevşek zemin üzerinde yer aldığı ve yeraltı suyu seviyesinin yüzeye yakın olduğu yapılan çalışmalar sonucunda bilinmektedir. Deprem ana şokuna ait kuvvetli yer hareketi sismik kayıtlarının en büyük ivme değerlerinin ve frekans içeriklerinin farklı değerler göstermesi Çanakkale ilinde yerel zemin koşullarının farklı büyütme özelliklerine sahip olduğunun göstergesi olmuştur. Bu sismik davranışın özellikle yüksek katlı ve deprem yönetmeliği öncesi inşa edilen binalarda yapısal hasarlara neden olduğu yerinde yapılan incelemelerle gözlenmiştir. Deprem sonrasında Çanakkale Merkez' de AFAD tarafından ağır hasarlı olarak belirlenen ve boşaltılması yoluna gidilen yaklaşık 15 bina ile ilgili gözlemler yapılmış ve olası hasar nedenleri incelenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çanakkale, Moment tensör, Jeoteknik, Kuvvetli yer hareketi, Deprem

Abstract

A severe earthquake occurred to the west of Gökçeada, Turkey on 24th May 2014 at local time 12:25. The magnitude of earthquake varied between 6.3 and 7.1 according to different predicting institutions. The epicenter of earthquake is ~95 km to the Çanakkale city center and ~35 km to the Gökçeada area. Following the main shock hundreds of aftershocks were recorded with magnitude between 1.1 and 5.3. The moment tensor solutions indicated that the main shock has a strike-slip mechanism extending approximately in the (N)E-(S)W direction, which is coincident with the Saros fault segment corresponding to the western end of the North Anatolian Fault entering the northern Aegean Sea. The earthquake was felt in the broader area of Çanakkale city along with nearby towns and also in İzmir, Edremit, Tekirdağ and İstanbul and particularly caused substantial damage to the buildings in the Çanakkale city center. The Çanakkale city center sits on top of the sediments belonging to the Sarıçay delta, which adds to the seismic risk already surrounding the city. In this respect, we gathered information regarding the strong ground motion records in the Çanakkale city center to evaluate the seismological effects of the main-shock. And also some field observations were performed to evaluate the structural and geotechnical damages to the buildings in the region. It is a common knowledge through various studies that beneath the city of Çanakkale the near surface is made of soft sediments and the underground water level is shallow. The different peak acceleration values and frequency content of the strong ground motion recordings of the main shock indicated that the ground conditions were variable in different parts of the Çanakkale city. The field observations showed that especially those old buildings built before the late 1997 building regulation were severely hit by the quake. Some other new, relatively tall buildings were mildly damaged because of the bad local underground conditions. A government agency (AFAD-Disaster and Emergency Management) independently evaluated the Çanakkale city center buildings to classify them according to their damage level. Fifteen of those buildings with assumingly heavy damage were also evaluated by our group and the findings were shared with AFAD people.

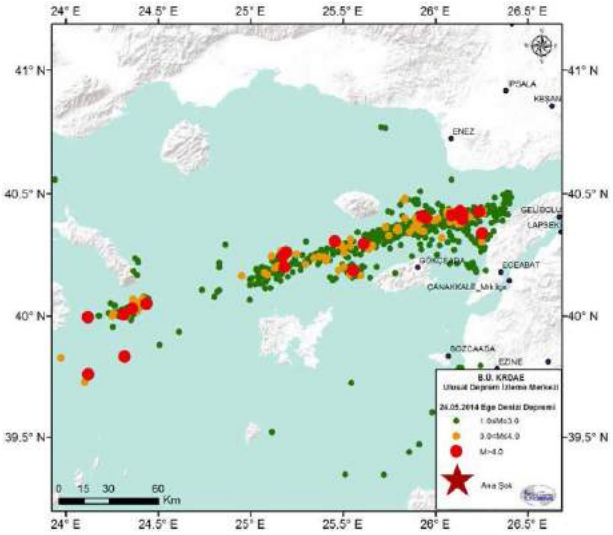
Keywords: Çanakkale, Moment tensor, Geotechnic, Strong ground motion, Earthquake

1. Giriş ve sismotektonik

Kuzey Ege Denizi (Gökçeada) depremi Kuzey Anadolu Fay sisteminin batı ucunda Kuzey Ege Çukurluğunda yer almaktadır. Son 50 yıl süresince Kuzey Ege Denizin' de meydana gelen orta büyüklüklü depremler doğrultu atımlı fay mekanizmasına sahiptir. Ana şok KD-GB yönelimli doğrultu atımlı hareketi desteklemiştir. Kuzey Ege Çukurluğunun doğusu Kuzey Anadolu Fay sisteminin

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*

batısında yer alan Ganos fayından oluşmaktadır. Kuzey Ege Çukurluğu yaklaşık 300 km uzunluğunda tektonik olarak aktif deniz havzaları sistemidir (Örnk: [1]). Bu deprem Çanakkale ili ve çevresinde oldukça büyük panik yaşanmasına neden olmuştur. Deprem Çanakkale ili ve ilçeleri, İzmir, Edremit, Tekirdağ ve İstanbul' da hissedilmiş olup özellikle Çanakkale il merkezi ve ilçelerinde önemli hasarlara yol açmıştır. Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü ve T.C. Başbakanlık AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı verilerine göre deprem, merkez üssünde VII şiddetinde ve Çanakkale ilinde V-VI şiddetinde hissedilmiştir Ana şok sonrasında büyüklükleri 1.1 ile 5.3 arasında değişen yüzlerce artçı şok meydana gelmiştir (Şekil 1).

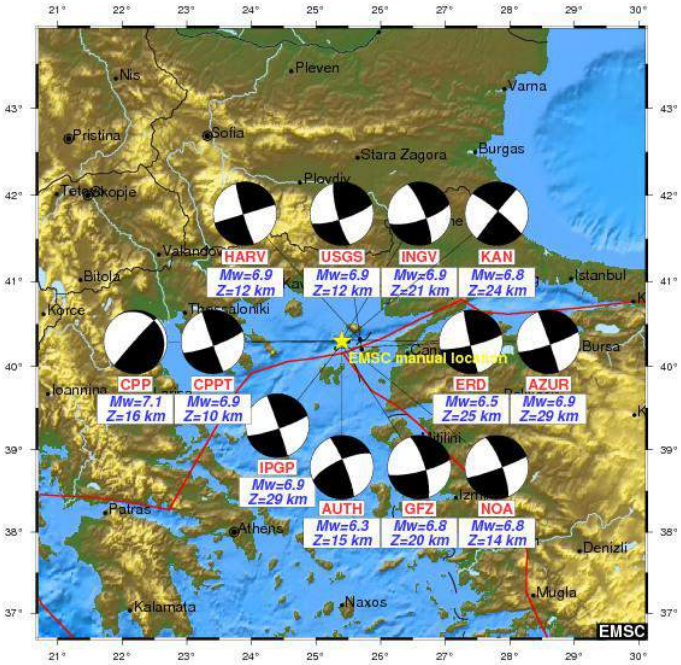


Şekil 1. Ana şok sonrası artçı depremlerin dağılımı [6].

Çizelge 1. Değişik kuruluşlar tarafından hesaplanan deprem kaynak parametreleri

KURULUŞ	OLUŞ ZAMANI	ENL. (K°)/ BOYL. (D°)	DERİNLİK (KM)	MAGN.
UDİM	12:25:01	40.3242/ 25.4687	23.3	6.5 (M_L)
AFAD	12:25:00	40.2108/ 25.3073	25.02	6.5 (M_w)
USGS	09:25:03	40.3050/ 25.453	10.0	6.9 (M_w)
EMSC	09:25:02	40.2900/ 25.40	27	6.9 (M_w)

Deprem büyüklüğü ve odak mekanizması tespitine yönelik çalışmalar 10' dan fazla uluslararası yerbilimleri ajansı tarafından yapılmıştır. Deprem büyüklüklerinin 6.3 ile 7.1 arasında odak derinliklerinin ise 10 km ile 29 km arasında değiştiği tespit edilmiştir (Şekil 2). Depremin odak derinliği, sığ odaklı bir deprem özelliğine sahiptir. Moment tensör çözümlerine göre depremin doğrultu-atımlı faylanma mekanizması ile meydana geldiği ve kırığın KD-GB doğrultu yönlü olduğu anlaşılmıştır. Sağ yönlü doğrultu-atımlı hareket Kuzey Anadolu Fay Zonu' nun Saros' tan Kuzey Ege Denizi' ne devam eden uzantısını nitelendirmektedir.



Şekil 2. 24 Mayıs 2014 depreminin değişik uluslararası ajanslar tarafından yapılan moment tensör çözüm sonuçları [2].

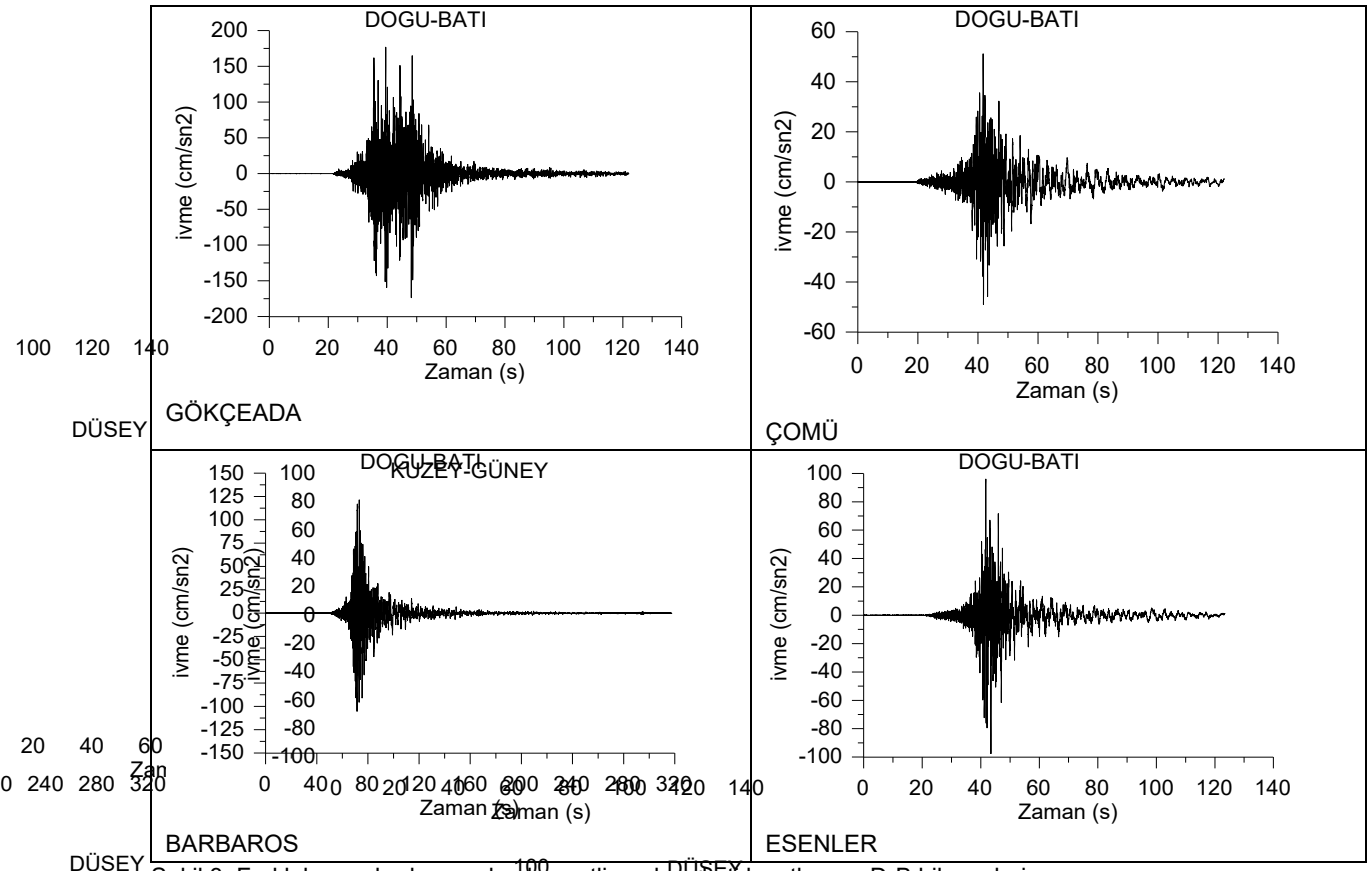
Çizelge 2. Aletsel dönemde Çanakkale ili ve çevresinde meydana gelen önemli depremler (M>5.0)

Tarih	Yer	Büyüklük
09.08.1912	Şarköy-Mürefte	7.3
1912	Şarköy-Mürefte	6.3
1912	Şarköy-Mürefte	6.8
04.01.1935	Erdek-Balıkesir	6.4
15.11.1942	Bigadiç-Balıkesir	6.1
06.10.1944	Ayvalık-Balıkesir	6.8
18.03.1953	Yenice-Gönen-Çanakkale	7.2
06.10.1964	Manyas-Balıkesir	7.0
1972	Ezine-Çanakkale	5.0
1975	Gelibolu-Çanakkale	5.5
05.07.1983	Biga-Çanakkale	6.1
15.06.2004	Saros körfezi açıkları	5.2
20.10.2006	Manyas-Balıkesir	5.2
29.12.2008	Gökçeada açıkları-Çanakkale	5.1
03.11.2010	Saros Körfezi	5.3
08.01.2013	Kuzey Ege Denizi	6.2
13.01.2013	Kuzey Ege Denizi	5.0
30.07.2013	Gökçeada-Çanakkale	5.3
24.05.2014	Gökçeada açıkları-Çanakkale	6.5

Kuzey Anadolu Fay Zonu Marmara bölgesinde (KB Türkiye) üç fay koluna (Kuzey, Orta ve Güney Kollar) ayrılıp uzanmakta ve yüksek bir deprem etkinliğine ve tehlikesine neden olmaktadır [3].

Çizelge 3. Kuvvetli yer hareketi istasyon bilgileri ve bunlar tarafından farklı bileşenlerde kaydedilen yer ivmesi değerleri

İL	İLÇE/SEMT	ENLEM (Derece)	BOYLAM (Derece)	CİHAZ TÜRÜ	KG	DB	DÜŞEY	DEPREM MERKEZİNE UZAKLIK
ÇANAKKALE	**GÖKÇEADA**	40.19082	25.90783	GMSPLUS	171.44	**176.6**	131.99	51 KM
ÇANAKKALE	**ÇOMÜ MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ**	40.11291	26.42205	GMSPLUS	45.32	**51.12**	50.35	95 KM
ÇANAKKALE	**BARBAROS MAH. METEOROLOJİ MÜDÜRLÜĞÜ**	40.14145	26.39948	CMG-5TD	141.04	**121.26**	44.88	93 KM
ÇANAKKALE	**ESENLER MAH. ANAFARTALAR YÜZME HAVUZU**	40.16216	26.41166	GMSPLUS	94.39	**97.47**	46.22	94 KM



Şekil 3. Farklı konumlarda yer alan kuvvetli yer hareketi kayıtlarının D-B bileşenleri

Kuzey kol; Sapanca-Gölcük-Çınarcık- Marmara Denizi altından geçerek Saroz Körfezine girmekte ve Kuzey Ege denizine uzanır, Orta kol; Geyve-İznik Gölü güneyi-Gemlik-Bandırma-Bayramiç hattında uzanmakta ve Güney kol; orta koldan Pamukova yakınlarında ayrılır ve -Yenişehir-Bursa-Gönen-Biga yarımadası hattını takip etmektedir. Çanakkale ve çevresinde genel olarak Kuzey Anadolu Fay kuşağının Güney Kolu içerisindeki uzantıları görülmektedir. Gelibolu ve Biga yarımadalarındaki Saroz-Gaziköy kırığı, Edincik kırığı, Can-Biga kırık kuşağı, Sarıköy kırığı ve Yenice-Gönen kırığı meydana getirdikleri depremler nedeni ile diri oldukları bilinen kırık bölgeleridir (Örnk: [4-5]). Bu faylardan başka, Evciler Fayı ilin güneyinde KD-GB uzanımlı bir faydır. Çanakkale merkez olmak üzere ~100 km yarıçaplı bir dairesel alan içerisinde söz konusu tektonik unsurlar etkin rol oynamaktadır. Bölgede sismik aktivitenin yoğun olduğu aletsel verilerle kanıtlanmıştır. Çanakkale ili merkez olmak üzere 75 km yarıçaplı dairesel alan üzerinde 1900 yılından günümüze kadar M>3.5 olan 384 deprem meydana gelmiştir. Çanakkale ili ve çevresinde 1900 yılından itibaren aletsel büyüklüğü 5.0' in üzerinde olan 19 deprem ulusal ajanslar tarafından kaydedilmiştir (Çizelge 2).

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*

2. Kuvvetli yer hareketi verisi

Sismik dalgalar yayıldığı ortamın fiziksel ve zemin özelliklerinden oldukça fazla etkilenir. Kaya içerisinde hızlı ilerleyen sismik dalga gevşek zeminde yavaşlayınca enerjinin korunumu ilkesi nedeniyle genliği büyür ve zemin büyütmesi denilen olayı oluşturur. Bunu en iyi şekilde analiz edebilmek için kuvvetli yer hareketi kayıtçılarına ihtiyaç vardır ve yatay yer hareketi ivme-zaman değerlerinin ayrıntılı analizini gerektirir. 24 Mayıs 2014 Ege Denizi Depremi, deprem dış merkezine 51-724 km uzaklıklardaki AFAD'ın Ulusal Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem ağına ait farklı 185 ivme-ölçer istasyonu tarafından kaydedilmiştir [7]. Deprem merkez üssüne en yakın ivme kayıtları Gökçeada istasyonunda elde edilmiştir. Çanakkale merkezde ise 3 adet farklı ivme istasyonu tarafından deprem ivme verileri kayıt edilmiştir. Çizelge 3' te kuvvetli yer hareketi ivme değerlerinin ölçüldüğü istasyonlar ve bunlar tarafından kaydedilen ivme değerleri bilgileri gösterilmektedir. Bu kayıtların Doğu-Batı bileşenlerinin ham halleri Şekil 3' de verilmektedir. En büyük yatay (Doğu-Batı bileşeninde) yer ivme değerleri Gökçeada' da 176.6 cm/sn^2, Meteoroloji Müdürlüğü'nde 121.26 cm/s^2, Anafartalar yüzme havuzunda 97.47 cm/sn^2 ve ÇOMÜ Terzioğlu kampüsünde ise 51.12 cm/sn^2 olarak ölçülmüştür. Deprem merkezine yaklaşık aynı uzaklıkta olan 3 farklı kuvvetli yer hareketi istasyonları birbirlerine göre oldukça farklı değerler göstermiştir.

Çanakkale şehir merkezindeki kuvvetli yer hareketi kayıt istasyonları tarafından alınan kayıtların en büyük ivme değerlerinin ve frekans içeriklerinin değişik özellikler göstermesi yerel zemin koşullarının oldukça farklılıklara sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Böylece yerel zemin koşullarının neden olduğu farklı büyütme özelliklerinin, özellikle yüksek katlı ve deprem yönetmeliği öncesi inşa edilen binalarda gözlenen hasarlara neden olduğu düşünülmektedir. Bu konuda ayrıntılı yerel çalışmaların sürdürülmesi gerekmektedir.

3. Betonarme binalarda gözlemlenen yapısal hasarlar

Çanakkale-Gökçeada depremi sonrası Çanakkale Merkez'de vatandaşlardan gelen talep üzerine AFAD' ın yaptığı afet hasarı belirleme çalışmaları sonucunda ağır hasarlı olarak belirlenen betonarme binalarda oluşan hasar tipleri ve olası nedenleri incelenmiştir. Afet etkisi belirleme çalışması; afet sonrası hasarın yoğun olduğu bölgelerin ve bu bölgelerde bulunan acil yıkımı gereken binaların tespiti, acil yardım ve geçici iskân yardımı yapılacak afetzedelerin belirlenmesi ve kesin hasar tespit çalışmaları için gerekli bilgilerin sağlanmasıdır. Meydana gelen bir afetin genel hayata etkililiği veya etkisizliği bu çalışma sonuçlarına göre değerlendirilir. Çanakkale Merkez' de ağır hasarlı olarak AFAD tarafından belirlenen binaların tamamına yakını 30-40 yaş arası 4 ila 7 katlı betonarme karkas yapılardır. İncelenen binaların hiçbirinde toptan veya kısmi göçme tipi ağır hasara rastlanmamıştır. Taşıyıcı betonarme yapı elemanlarında da herhangi bir göçme tipi hasar tespit edilememiş olup, özellikle kirişlerde kesme ve eğilme çatlaklarına sıklıkla rastlanmıştır (Şekil 4, 5 ve 6). Bu çatlaklar eğilme donatısının akma aşamasına ulaştığını veya ulaşmak üzere olduğunu göstermektedir. Bu tür hasarlı kirişlerin eğilmede taşıma güçlerine ulaşmak üzere olduğu söylenebilir. Diğer bir ifadeyle, yüklemenin devam etmesi durumunda, kirişlerde daha geniş çatlaklar ve beton kesitte ayrılmalar meydana gelebilecektir. Şekil 4' deki hasar tipi, kesme kuvvetleri etkisiyle ortaya çıkan daha gevrek ve ani gelişen türden olup can güvenliği bakımından daha risklidir.



Şekil 4. Kiriş kesme çatlağı



Şekil 5. Kapı üstü kirişi eğilme çatlağı



Şekil 6. Pencere üstü kiriş hasarı

İncelenen binalarda az sayıda kolonda ise korozyon etkili çatlaklar görülmüştür (Şekil 7). Bazı taşıyıcı yapı elemanlarında özellikle yetersiz beton örtü tabakası (pas payı) nedeniyle donatılarda korozyon gözlenmiştir. Çanakkale' nin deniz kenarında olmasından dolayı da klor iyonlarının önemli bir etki oluşturduğu söylenebilir.



Şekil 7. Kolon hasarları

Yapısal olmayan dolgu duvarlarında ise genellikle derin sıva çatlakları, dolgu duvarlarında düzlem içi çapraz kesme çatlakları olduğu, düzlem dışı stabilitelerinin bozulmadığı, betonarme çerçeve sistemlerinden ayrışmadığı, çatlakların ise kiriş-duvar ve kolon-duvar birleşim yerlerinde oluştuğu gözlenmiştir (Şekil 8). Bunun başlıca nedeni, daha rijit olan taşıyıcı kiriş ve kolonların duvarlara oranla daha az yerdeğiştirme yapmalarıdır.



Şekil 8. Kiriş-duvar birleşim bölgesindeki ayrılmalar

Bu hasarların dışında, binaların dış duvarlarında ve balkon döşemelerinde gözlemlenen hasarlar da bulunmaktadır.



Şekil 9. Binalardaki balkon hasarları

İncelenen binalardaki düşük beton kalitesi, taşıyıcı betonarme elemanlarda yapısal hasara neden olan etkenlerden biridir. 30 ila 40 yaşındaki bu binaların hemen hepsi geleneksel sistemle, büyük bir kısmı beton konusunda deneyimsiz kişiler tarafından, beton bileşenleri üzerinde deneysel çalışmalar yapılmadan, çevresel etkiler dikkate alınmadan, karışım hesapları ve deneme üretimleri yapılıp test edilmeden yerinde hacim usulü ile üretilmiş betonlarla inşa edilmiştir. Betonarme yapı elemanları üzerinde yapılan incelemelerde uygun granülometreye sahip agrega kullanılmadığı, yer yer segregasyon olduğu betonun iyi sıkıştırılmadığı gözlenmiştir. Elle yerinde dökülen betonlarda beton kalitesindeki değişkenlik riski yüksektir, hatta kabul edilmez ölçülerdedir. Bu nedenle depreme dayanım riskinin düşük olduğu binalar kesinlikle değişken ve düşük kaliteli beton kullanılan binalardır.

4. Sonuçlar

24 Mayıs 2014 depreminde Çanakkale Merkez'de küçük bir alan üzerinde yerel zemin davranışlarının oldukça farklı özellikler gösterdiği ve bunun sonucu olarak Çanakkale Merkez' de farklı şiddetlerde depremin hissedildiği anlaşılmıştır. Çanakkale Merkez ve ilçelerde kuvvetli yer hareketi kayıtçıların sayılarının arttırılması, yerel zemin özelliklerinin detaylı araştırılması ve mikro-bölgelendirme çalışmalarının yapılmasının acilen gerektiği anlaşılmaktadır. Böylece detaylı özelliklerini bildiğimiz zemin üzerinde depreme dayanıklı olarak yapılacak binanın nasıl tasarlanması gerektiği net olarak söylenebilecektir. Ayrıca, şehirde mevcut olan nüfus artışına uygun olarak güvenli yerleşim alanlarının tespiti konusunda kentsel dönüşümün desteklenmesi ve önemsenmesi gerekmektedir. Genel olarak Sarıçay deltası üzerine kurulu Çanakkale ili idari merkez binaları, işyerleri ve eski Çanakkale yerleşim alanları yüksek sismik risk tehlikesi altındadır. Standart zemin etütlerinde öncelikle zeminin ilk 30-m' deki statik ve dinamik davranışı dikkate alınır. Ancak Sarıçay deltasının yanal dağılımı oldukça geniş bir alanı kaplamaktadır. Bu nedenle delta içindeki çökellerin kalınlığının 30-m' den daha derine ulaşma olasılığı yüksektir. Yapılacak jeofizik ve jeoteknik etütlerde bu konunun dikkate alınması ve en az 50-m' ye ulaşan detaylı çözümlerin yapılması sismik risk analizlerinin daha anlamlı olmasını ve dolayısı ile depremlerde can ve mal kayıplarının azaltılmasını sağlayacaktır. Çoğunlukla vatandaşlardan gelen ihbar ve istekler sonucunda depremden sonraki ilk 15 günde AFAD tarafından 300'den fazla binada yapılan afet etkisi belirleme çalışması sonucunda Çanakkale Merkez'de depremin genel hayata etkili olmadığı sonucuna varılmıştır. Yaklaşık olarak, AFAD tarafından incelenen her 20 binadan biri ağır hasarlı olarak belirlenmiş ve yapıların boşaltılması yoluna gidilmiştir. Çanakkale Merkez' de öncelikle; projeleri 1998 yılından önce hazırlanmış ve AFAD tarafından hasar gördüğü belirlenen okullar, askeri ve özel yatakhaneler, hükümet konakları, hastane ve sağlık tesisleri gibi önemli yapıların hasar seviyelerine bakılmaksızın güçlendirilerek yönetmeliklerin öngördüğü performans seviyelerini sağladıklarının gösterilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

[1] Saltogianni, N., Gianniou, M., Taymaz, T., Yolsal-Çevikbilen, S., Stiros, S., Fault slip source models for the 2014 Mw 6.9 Samothraki-Gökçeada earthquake (North Aegean Trough) combining geodetic and seismological observations. Journal of Geophysical Research: Solid Earth, 120, doi:10.1002/2015JB012052, 2015.

[2] http://www.emsc-csem.org/#2

[3] Barka A.A. ve Kadinsky-Cade, K., Strike-Slip Fault Geometry in Turkey and Its Influence on Earthquake Activity. Tectonics, 7, 663-684, 1988.

[4] Şaroğlu, F., Emre, O., Kuşçu, I., Map of active faults in Turkey, General Directorate of Turkish Mineral Research and Exploration Institute, Ankara, Turkey, 1992.

[5] Akol, B., Çanakkale ve çevresinin deprem riskinin incelenmesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.

[6] http://udim.koeri.boun.edu.tr

[7] http://kyh.deprem.gov.tr/ftpt.htm, AFAD-Ön rapor, 2014.

KENTSEL PLANLAMADA ÇOK KANALLI YÜZEY DALGALARI ANALİZİ (MASW) YÖNTEMİ VE UYGULAMASI

MULTI-CHANNEL ANALYSIS OF SURFACE WAVES (MASW) METHOD AND ITS APPLICATION TO CITY PLANNING

Züheyr KAMACI [a] ve Zehra BIYIK [b]
[a] Süleyman Demirel Üniversitesi,Mühendislik Fak.Jeofizik Müh.Böl., Isparta, Türkiye, zuheyrkamaci@sdu.edu.tr
[b] Yeni Bayındır Mühendislik-Jeoteknik Ltd.Şti.,Ankara, Türkiye, zhra_byk@hotmail.com

Özet

Bu çalışmada, Rayleigh tipi yüzey dalgalarının dispersif özelliğinden yararlanarak zemin özellikleri incelenmiştir. Bilindiği üzere jeofizikte yüzey dalgalarının enerjisi diğer sismik dalgaların enerjisine nazaran daha güçlü ve sinyal/gürültü (S/G) oranı daha yüksektir. Buradan hareketle, yüzey dalgalarının çok-kanallı analiz yöntemi(MASW) Ankara-Keçiören'de bir arazi örneğinde uygulanarak; ters çözüm yöntemiyle zeminin hız yapısı, V_S30 kayma dalga hızı, dinamik-esneklik özellikleri, zemin hakim titreşim peryodu ve zemin büyütmesi belirlenmiş ve yorumlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Sismik, yüzey dalgaları, zemin parametreleri

Abstract

In this study, soil properties were evaluated using the dispersive character of the suface waves. As its known, suface waves energies and their S/N ratios are greater than the other seismic waves. From this, MASW method was applied to an area in the Ankara-Keçiören for understanding the ground velocity distribution, dynamic and elastic parameters, Fundamentals soil frequency and soil amplification features.

Keywords: Seismic, surface waves, soil parameters

1. Giriş

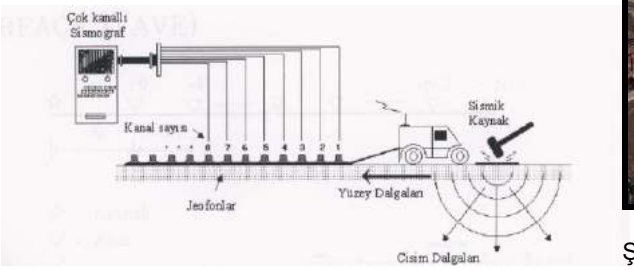
Zeminde sismik dalgaların yayılma özellikleri ile zeminlerin elastik özellikleri jeoteknik mühendisliği açısından çok önemlidir. Alışılmış halde sığ tabakaların yapısal durumları ortaya konulurken sismik cisim dalgaların kaydı sırasında gürültü olarak nitelendirilen yüzey dalgaları da kayıtta görülebilir. Bu durumda yüzey dalgaları frekans bağımlı özellikleri nedeniyle sığ yeraltı tabakalarının elastik özelliklerini belirlemek için kullanılabilir[1,2]. Buradan hareketle yüzey dalgalarının dispersif özelliklerinden yararlanılarak düzlem dalga analizinde S kayma dalgası hızı profillerinin elde edilmesinde yararlanılır. Geleneksel sismik kırılma yönteminde karşılaşılan ve hız terslenmesi olarak tanımlanan yüksek hızlı bir tabakanın altında düşük hızlı tabakanın bulunması, hedeflenen derinliğe ulaşılamaması ve sondaj tekniklerinde zaman ve maliyetin fazla olması nedeniyle çok-kanallı yüzey dalgası analiz (MASW) yöntemi, S-dalgası hız profillerinin belirlenmesinde alternatif bir yöntem olarak geliştirilmiştir[3, 4]. MASW yöntemi bir defada birden fazla jeofon ile kayıt alma avantajını sağlamaktadır. Bu yöntem yüzey dalgalarının spektral analizinde karşılaşılan sorunları gideren hızlı ve güvenilir bir yöntem olarak ortaya çıkmıştır. Yüzey dalgalarının çok-kanallı analizinde, temel mod içindeki Rayleigh dalgalarının cisim dalgalarından ve diğer mod içindeki yüzey dalgalarından ayrılmasını sağlayan çok-kanallı bir jeofon dizilimi kullanılır[3]. Arazide bu yöntemin uygulanabilirliği ve sonucun doğruluğu ,sismik kaynak, yakın açılım, jeofon aralığı ve jeofon frekansı gibi parametrelere bağımlı olduğunu unutmamak gerekir.
Bu çalışmada, yukarıda sözü edilen bütün parametreler göz önünde bulundurularak kentsel planlamaya yönelik bir arazi uygulama örneği yapılmış ve yorumlanmıştır.

2. Çok-kanallı yüzey dalgası analiz yöntemi

MASW yöntemi, takalı yerküre modeli için Rayleigh dalgasında hakim etkisi olan S-dalga hızına dayanır[4]. Dönüşmüş faz hızları ile derinliğe bağlı bir boyutlu (1B) S-dalga hızı fonksiyonunu tanımlayan S-dalga hızı profilleri elde edilir. Bu yöntemle gürültüyü etkili bir şekilde kontrol altında tutmak ve dolayısıyla S/G oranını arttırmak mümkün olmaktadır. MASW yönteminde amaç sismikte uygulanan optik kuralları yer içine uyarlamak, kayaçların ve ortamın V_P, V_S hız farklılıklarını belirlemek ve yeraltı topografyasını ortaya çıkarmaktır. Tabii ki bütün bunları yaparken hedef; ekonomik sonuçlar, endüstriyel uygulamalar, ulusal ekonomiye katkı, yapı statiği ve dinamiğine doğru parametre üretme ve mikro-makro bölgeleme çalışmalarını gerçekleştirmektir. Yüzey dalgası analiz yöntemleri, zarar vermez, etkili ve düşük maliyetli olması nedeniyle tercih edilmektedir. Ancak aktif kaynaklı yüzey dalgaları yöntemlerinden MASW yöntemi diğer yöntemlere göre üstünlükleri; ölçü alım zamanı ve iş gücünün azlığı, gürültü etkisinin düşük oluşu ve dispersiyon yani sismik hızın frekansla değişimi eğrisinin daha güvenilir seçilmesidir[5]. MASW yönteminde denemeler sonucunda genelde kullanılan 14,5 Hz'lik düşey jeofonlardır. İlgilenilen faz Rayleigh olup hesaplanan parametre yeryüzünden ilk 30

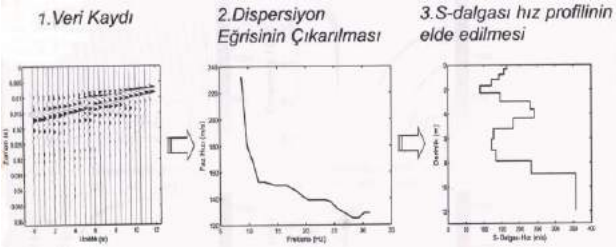
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

metreye ait V_S 'tir. Aktif kaynaklı çalışmalarda, kaynakla aynı doğrultu üzerinde yerleştirilmiş alıcılardan yani jeofonlardan oluşan doğrusal dizilimler tercih edilmektedir (Şekil 1).



Şekil 1: Çok-Kanallı yüzey dalgası veri toplama düzeneği[1]

Görüldüğü gibi sismik kırılma yönteminde kullanılan aynı standart kayıtçılar ve jeofonlar kullanılmaktadır. MASW yöntemi üç temel adımdan oluşur.(Şekil 2).



Şekil 2: MASW analizi ve işlem aşamaları.

1-Çok-kanallı verilerin toplanması
2-Temel "mod" dispersiyon eğrisinin çıkarılması
3-1Boyutlu(1B) S-dalgası hız profilinin elde edilmesidir.

S-dalgası hızlarını tahmin etmek için kullanılan dispersiyon eğrilerinin ters çözüm, düz çözüm ve optimizasyon işlemleri iki temel algoritmada gerçekleştirilir. Veri toplamada offset yani kaynak uzaklığı veya yakın uzaklık; araştırma derinliğine bağlı ve doğrudan dispersiyon eğrisi frekans bandını etkilemektedir. Jeofon aralığı; zemin ve kaya ortamında kaynak gücüne ve araştırma derinliğine bağlıdır. Ancak kayıt alınmadan önce arazide gürültü analizi mutlaka yapılmalıdır. Kayıt parametrelerine gelince; örnekleme aralığı 1 ms olup kayıt uzunluğu ortamın jeolojisine bağlı olarak, örneğin 100-150 metre derinlikli alüvyon için 2 saniye uygun olabilir. Kayıtçının kanal sayısı en az 12 kanallı olmalıdır. Arazide kayıt için kullanılan jeofon frekansı, araştırma derinliği ile ilgili olarak bir çok çalışmada denenerek 14 Hz.'in, 4,5 Hz'e göre daha etkin olduğu kanısına varılmıştır.

3. Arazi uygulama örneği

Mikrobölgeleme ve parsel bazında zemin etütlerinde dünya standardına paralel olarak 30 metre derinliğe kadar olan zemin birimlerinin sınıflamasının öncelikle Jeofizik mühendisliği çalışmalarından sismik kayma dalgası hızıyla yapılması gerektiğini hiçbir zaman göz ardı edilmemesi gerekir[6]. Arazi uygulama örneğine gelince;



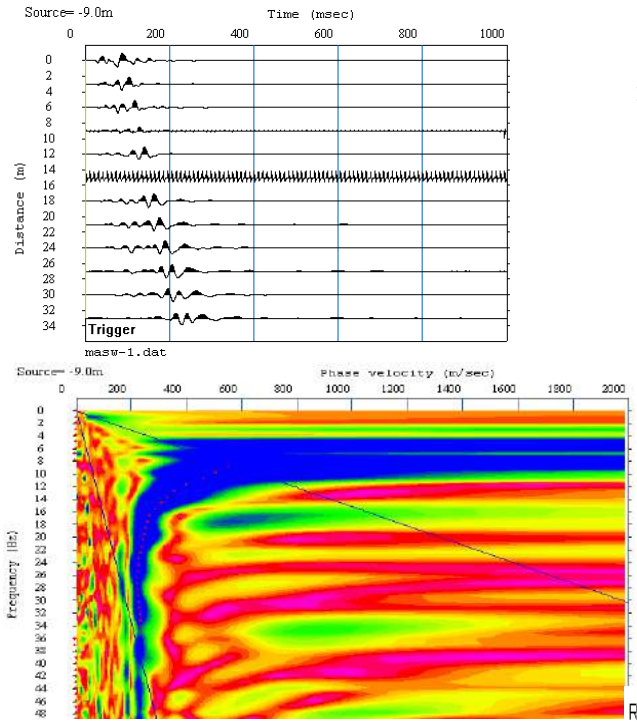
Şekil 3 . İnceleme alanına ait uydu görüntüsü

Jeofizik MASW çalışması Ankara-Keçiören ilçesinde bir sahada sondaj çalışmaların dışında birbirine dik 2 adet (Şekil 3) 42 m açılımlı,3 m jeofon aralıklı ve 9 m offset aralığıyla yapılmıştır[7]. İnceleme alanında 12 kanallı Seistronix Ras-24 2012 model mühendislik sismografı kullanılarak yüzey dalgası (Rayleigh) hızı ölçümleri yapılarak 15 m derinlikten sağlıklı bilgi alınmaya çalışılmıştır. Sismik kaynak 9 kg ağırlığında balyoz kullanılmış ve jeofon frekansı 4,5 Hz'liktir. Örnekleme aralığı 0,5 ms ve kayıt uzunluğu 1 sn. olarak alınmıştır. Alınan bu ölçüler sonrasında veriler " Surfseis v.2.0" adlı program kullanılarak 1 boyutlu (1B) olarak değerlendirilmiştir. Sonuçta MASW ölçüleri ile dispersiyon eğrilerinin ters çözümünden yararlanarak ortalama Vs hızı saptanmıştır (Şekil 3). Çalışma sahasının genelinde Alüvyon(Qal) biriminde yaklaşık 30 metre derinlik için ortalama kayma dalga hızı değeri (Vs30) ; 409 m/s ile 494 m/s arasında değer olduğu belirlenmiştir. İnceleme alanına ait Vs30 değerleri kullanılarak uluslararası standartlardaki "TS EN 1998-1" (eurocode 8-Çizelge 1) ve zemin sınıflamasına göre yapılan tanımlamalar çizelge 3'te verilmiştir. Bu çalışmada uygulanan MASW çalışmaları sonucunda ; birbirine dik yönde olan serimde elde edilen hızlardan iki tabakalı bir ortamda ilk 30 metre derinlik için ortalama kayma dalgası hızının değerine göre zemin sınıflamasının C grubuna girdiği ve gruptaki zeminlerin; sıkı ya da orta sıkı kum, çakıl veya sert kilden ibaret olduğu saptanmıştır.

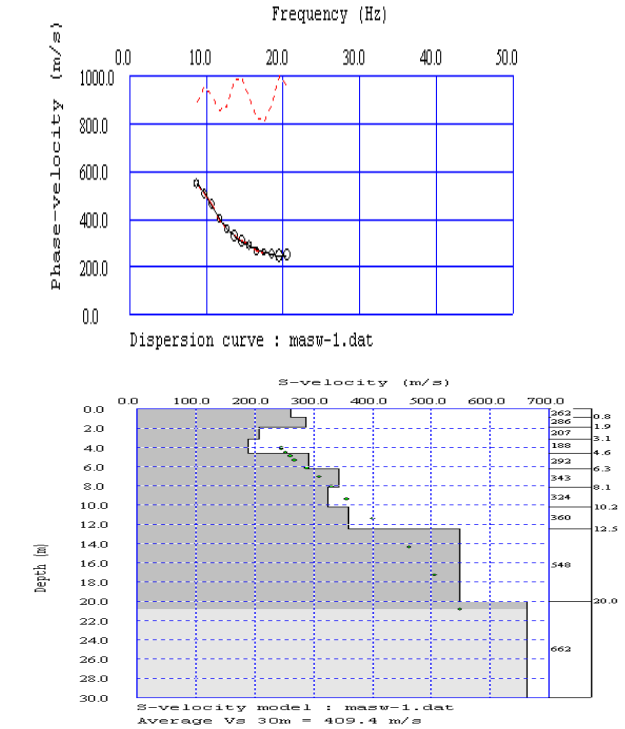
Zemin büyütmesi oranı kayma dalga hızı değeri ile boyutsuz olarak hesaplanmış[8] ve hesaplanan bu değerler göreceli olarak çizelge 4'te verilmiştir. Zemin hakim titreşim peryodu ise hesaplanarak [9] çizelge 4'te verilmiştir. Çizelgeden de görüleceği üzere zemin hakim titreşim peryot değerleri 0,36-0,48 saniye arasında değişmektedir[13]. Buradan spektrum karateristik peryot değerleri $T_A = T_0 / 1,5$ ve $T_B = T_0$ x1,5 saniye formülleri ile hesaplanmiış[10] ve değerleri çizelge 3'te verilmiştir. Bu peryot değerlerine göre MASW-1 profil altının Z4 zemin sınıfına ve MASW-2 profil altının ise Z3 zemin sınıfına ait olduğu saptanmıştır. Buradan haraketle, inceleme alanındaki yapılacak yapıların, yapı öz peryotları ve yapı peryodu güçlendirme uç değerleri, hesaplanan zemin hakim titreşim peryotlarına göre seçilmeli ve olası bir deprem sonucunda yatay deprem yüklerinin oturacağı salınım durumunda zemin ile yapının yarı-uyuşma (rezonansa) geçmesinin engellenmesi gerekmektedir. Spektral zemin büyütmesi ise 1,58-1,86 aralığında olması çizelge 2'de verilen ölçütlere[11] göre spektral büyütme değerlerinin değişimleri çalışma alanının tamamı " A,

düşük tehlike düzeyi “ sınıfına girdiği açıkça görülmektedir.

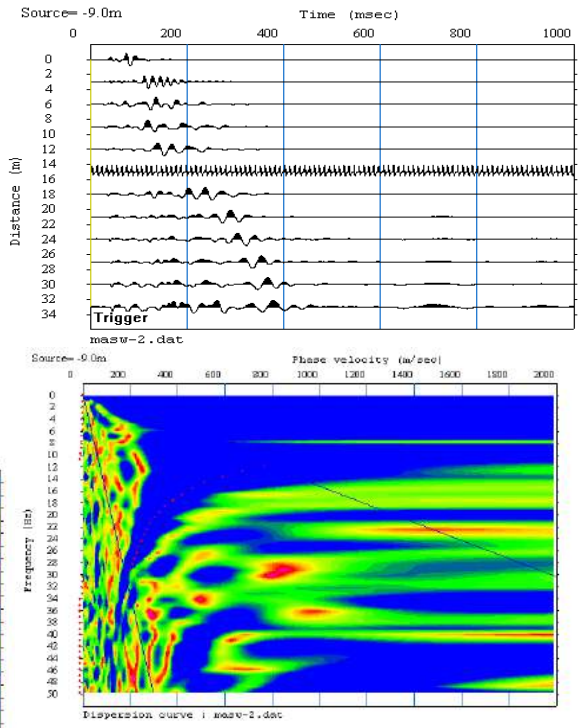
MASW-1



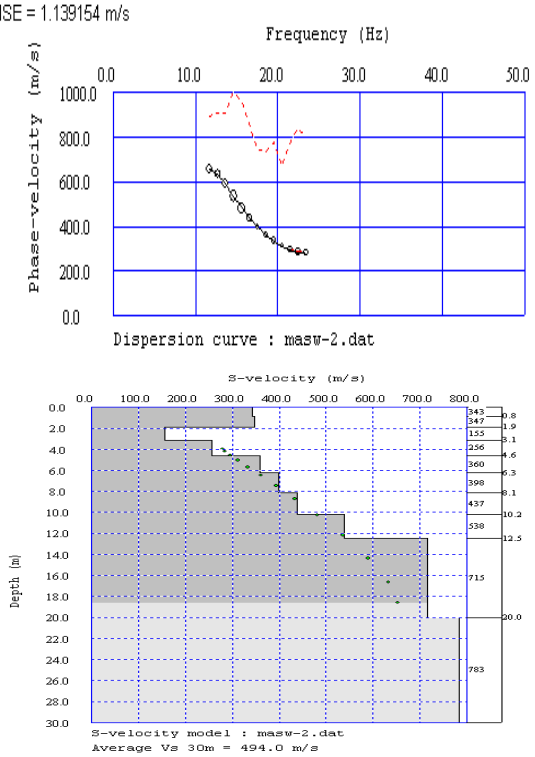
RMSE = 3.578277 m/s



MASW -2



RMSE = 1.139154 m/s



Şekil 4.MASW 1 ve MASW 2’ sonuçları.

Çizelge 1.TS EN 1998-1 (Eurocode 8) hükümlerine göre zemin sınıflaması[12].

Zemin Sınıfı	**Tanım**	**Özellikler**
A	Kaya ya da diğer kaya benzeri formasyonlar	Vs>800
B	Çok Sıkı Kum Çakıl ya da Çok Sert Killer	360<Vs<=800
C	**Sıkı ya da Orta Sıkı Kum, Çakıl veya Sert Kil**	**180<Vs<=360**
D	Gevşek'ten Orta Sıkı'ya kadar Kohezyonsuz Zemin veya Yumuşak'tan Sert'e kadar Kohezyonlu Zemin	Vs<180
Vs : 30 m Derinlikteki ortalama kayma dalga hızı – Vs_{30} (m/sn)		

Çizelge 2. (a) Yer hakim titreşim periyotlarına göre mikrobölgeleme ölçütleri (b) Spektral büyütmelere göre mikrobölgeleme ölçütleri [11]

(a)		(b)	
Zemin hakim titreşim periyodu aralığı	**Ölçüt tanımı**	**Spektral Büyütme**	**Tehlike Düzeyi**
0.10 – 0.30 sn	A	0.0 – 2.5	A (Düşük)
0.30 – 0.50 sn	B	2.5 – 4.0	B (Orta)
0.50 – 0.70 sn	C	4.0 – 6.5	C (Yüksek)
0.70 – 1.00 sn	D		

Çizelge 3. MASW yönteminden elde edilen çalışma alanına ait zemin parametreleri ve sınıflaması

SERİM NO	Vs30 (m/s)	Zemin Grubu TS EN1998-1 Euro code 8	To (s)	TA (s)	TB (s)	Yerel Zemin Sınıfı	Ak Spektral Zemin Büyütmesi	Mikrobölgeleme Tehlike Düzeyi	Jeolojik Birim
MASW-1	409	B	0,48	0,32	0,72	Z4 Gevşek-Yumuşak	1,86	A (Düşük)	Qal
MASW-2	494	B	0,36	0,24	0,54	Z3 Orta Sıkı-Bozuşmuş	1,58	A (Düşük)	Qal

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

4. Sonuçlar

Bu çalışmada yapılan MASW uygulaması sonucunda her iki serimde elde edilen hızlardan zeminin iki takadan oluştuğu değerlendirmesi yapılmıştır. Burada elde edile V_S30 hızlarına göre zemin sınıflamasının "C" grubuna girdiği, zeminin yapısının sıkı ya da orta-sıkı kum , çakıl veya sert kilden ibaret olduğunu söylemek mümkündür. Zemin hakim titreşim peryotlarına bakarak yeraltının zemin sınıfının Z4 ve Z3 olduğu belirlenmiştir. Spektral zemin büyütmeye göre de çalışma alanının tümü A, düşük tehlike düzeyi sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Ancak zemin ile ilgili özellikleri daha ayrıntılı ortaya çıkarmak için bu çalışma yanında geleneksel sismik kırılma yöntemi ve çeşitli jeolojik arazi–laboratuvar çalışmalara da yer vermek gerektiğini unutmamak gerekir.

Kaynaklar

[1] Park,C.B., Miller,R.D., and Xia,J., Imaging dispersion curves of surface waves on multi-channel record. The Society of Exploration Geophysicsts, Expanded Abstracts,pp.1377-1380,1998.

[2] Xia,J.,Miller,R.D., and Park,C.B., Advantages of calculating shear-wave velocity from surface with higher modes. The Society of Exploration Geophysicsts, Exppanded Abstracts,pp.1295-1299,2000.

[3] Park,C.B., Miller,R.D., and Xia,J., Multi-channel analysis of surface waves(MASW). Gephysics,64,800-808,1999a.

[4] Çaylak,Ç., ve Sarı,C., Çok-kanallı yüzey dalgası kullanılarak yüzeye-yakın yapıların araştırılması.Yerbilimleri,29(2), 65-75. 2008.

[5] Bekler,T., Çok kanallı yüzey dalgası analizleri ve arazi ölçüm parametreleri.TMMOB JFMO Kurs notları,2013.

[6] Keçeli,D.A., Neden Jeofizik Mühendisliği etütleri zemin etütlerinde zorunlu olmalı. Jeofizik 18, 15-28,2013.

[7] Görmen,G., ve Bıyık,Z., Ankara ili Keçiören ilçesi 90939 Ada da bir parsele ait zemin etüt raporu.Yeni Bayındır Mühendislik Jeoteknik Ltd.Şti.Ankara,2014.

[8] Midorikawa,S., Prediction of Isoseismal map in the Kanto Plain due to Hypothetical Earthquake,Journal of Structural Eng.,33B,43-48.,1987.

[9] Kanai,K., Engineering Seismology. University of Tokyo,251,JJapan,1983.

[10] Ercan,Ö.A., Yapılaşma Jeofiziği.JFMO Eğitim yayınları no:17,Ankara,2011.

[11] Ansal,A., Laue,J.,Buchheister,J., Erdik,M., Springman, S.M.,Studer,J., Köksal,D., Site characterizastion and site amplification for a seismic microzonation study in Turkey, 11th International Conference on Soil Dynamics and Earthquake Engineering and 3rd Earthquake Geotechnical Engineering, San Francisco,7-9.Jan.2004.

[12] TS EN 1998-1. Desing of Structure for Earthquake Resistance,Part1:General Rules.

[13] Özçep,F., " Zemin Jeofizik Analiz",Microsoft Excel Programı İ.Ü.Müh.Fak.Jeofizik Müh.Böl.İstanbul.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

TÜRKİYE'DE KÖR FAYLARIN NEDEN OLDUĞU ÖRTÜLÜ DEPREM TEHLİKESİ

HIDDEN EARTHQUAKE HAZARD CAUSED BY BLIND FAULTS IN TURKEY

Murat UTKUCU[a] ve Emrah BUDAKOĞLU[b]
[a] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: mutkucu@sakarya.edu.tr
[b] Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, E-posta: ebudakoglu@sakarya.edu.tr

Özet

Dünya'nın her yerinden örnekleriyle kör faylar, eğer diriyseler, sıklıkla büyük ve yıkıcı depremlerin gizli kaynaklarıdırlar. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı tektonik ortamlarında kör faylar üzerinde meydana gelmiş iki yıkıcı deprem, 27 Haziran 1998 Adana (Mw=6.2) ve 23 Ekim 2011 Van (Mw=7.1) depremleri, kör fayların Türkiye'de önemli bir deprem tehlikesine yol açtığını göstermek için araştırılmıştır. Neden olabilecekleri afetin azaltımı için üstlerini örten jeolojik yapıların yorumlanması ve derin jeofizik görüntüleme yollarıyla tanımlanmalarının Türkiye için hayati olduğu önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kör faylar, 27 Haziran 1998 Adana depremi, 23 Ekim 2011 Van Depremi, Deprem Afet Azaltımı

Abstract

Blind faults, if they are active, are usually hidden source of large and destructive earthquakes with examples throughout the globe. In the present study two destructive earthquakes, the 27 June 1998 Adana (Mw=6.2) and the 23 October 2011 Van (Mw=7.1) earthquakes, occurred along the blind faults in different tectonic environments of Turkey are investigated to show that the blind faults pose significant earthquake hazard in Turkey. In order to mitigate the disaster they might cause it is suggested that their identifications through interpretation of the geological structures covering them and deep geophysical imaging are vital for Turkey.

Keywords: Blind faults, the 27 June 1998 Adana earthquake, the 23 October 2011 Van earthquake, Earthquake Dissaster Mitigation

1. Giriş

Deprem tehlikesinin belirlenmesi çalışmalarının ilk aşamasını faylar ve uzanımlarının haritalanması oluşturmaktadır. Önemli diri faylara yakınlık ve bu fayların üretebilecekleri en büyük deprem büyüklüğü deprem tehlikesinin hesaplanmasında belirleyicidir. Bununla birlikte fayların haritalanması her zaman kolay bir iş değildir. Bazen yer yüzeyinde uzanımları belli belirsizdir ve haritalanmaları önemli bir arazi tecrübesi gerektir. Bazen de fay yüzeye ulaşmamış ve çökel katmaları ile örtülmüş olabilir ki bu tür faylar "kör fay (blind fault)" veya "gömülü fay (burried fault)" olarak adlandırılır. Özellikle kabuksal sıkışmanın gözlendiği ortamlarda bindirme türü faylar ile ilgili örnekleri [1,2,3] literatürde meşhur olmasına rağmen doğrultu atımlı faylar için de örnekleri [4,5,6] literatürde yer almaktadır. Kör fayların varlıkları bazen üstlerini örten çökel yapılarının yorumlanması ve jeofizik görüntüleme çalışmaları ile belirlenirken bazen de ürettikleri yıkıcı depremlerle anlaşılır. Bunun en güzel örnekleri 17 Ocak 1994 Northridge (Mw=6.7, Amerika) ve 26 Aralık 2003 Bam (Mw=6.6, İran) depremleridir.

Yakın geçmişte kör fayların ürettiği yıkıcı depremlerin iki örneği Türkiye'de de yaşanmıştır. Bu çalışmada bu depremlerin kör faylar üzerinde meydana gelip gelmediği ya da kırılmalarının yüzeye ulaşıp ulaşmadığı uzak alan deprem dalga şekillerinin modellenmesi yöntemleri [7,8] ile araştırılmış ve Türkiye için deprem tehlikesi açısından önemleri gündeme getirilmiştir.

2. Bulgular

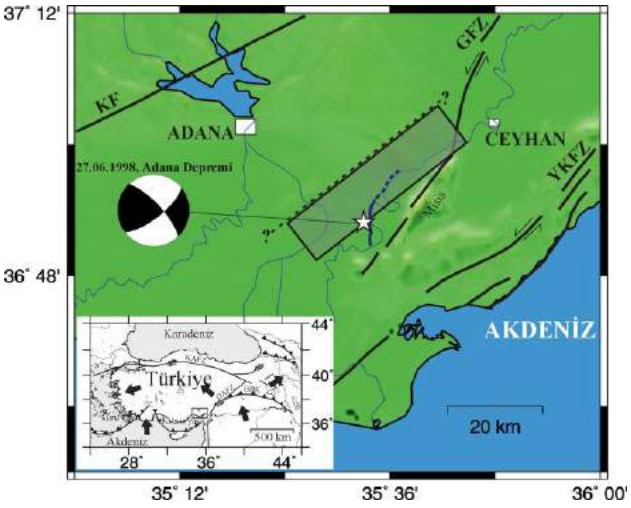
2.1. 27 Haziran 1998 Adana Depremi (Mw=6.2) dalga şekli modellemesi

27 Haziran 1998 tarihinde Türkiye'nin yoğun nüfuslu ve sanayileşmiş yörelerinden biri olan Adana havzasında orta büyüklükte (Mw=6.2) bir deprem meydana gelmiş ve deprem episantrına 30-35 km uzaklıkta olan Adana şehri ve Ceyhan ilçesinde 145 can kaybı ve 1000'nin üzerinde yaralanmaya ve ağır maddi hasara neden olmuştur (Şekil 1) [9,10]. Depremin meydana geldiği bölgenin doğusunda Arap levhası Anadolu levhası ile çarpışırken bu çarpışma rejimi batıda göreceli olarak bir dalma-batma rejimine dönüşmektedir [11]. Bu iki tektonik rejimin etkin olduğu bölgeler arasındaki geçiş bölgesinde ise tektonik rejim iki büyük doğrultu atımlı fay, Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ) ve Ölü Deniz Fay Zonu (ÖDFZ), ile kontrol edilmektedir. Adana havzası içinde uzanan Ecemiş, Göksu, Yumurtalık-Karataş ve Kozan fayları DAFZ'nin bir kolunun Adana havzası'ndaki devamı olarak düşünülmektedir (Şekil 1). Depremin fay düzlemi çözümleri sol yanal doğrultu atımlı faylanma önermektedir. 1998 Adana depreminin Misis dağının KB kenarını sınırlayarak Goksu Fay Zonu (GFZ) yakınında meydana gelmesinden bu fayca üretildiği ileri sürülmektedir.

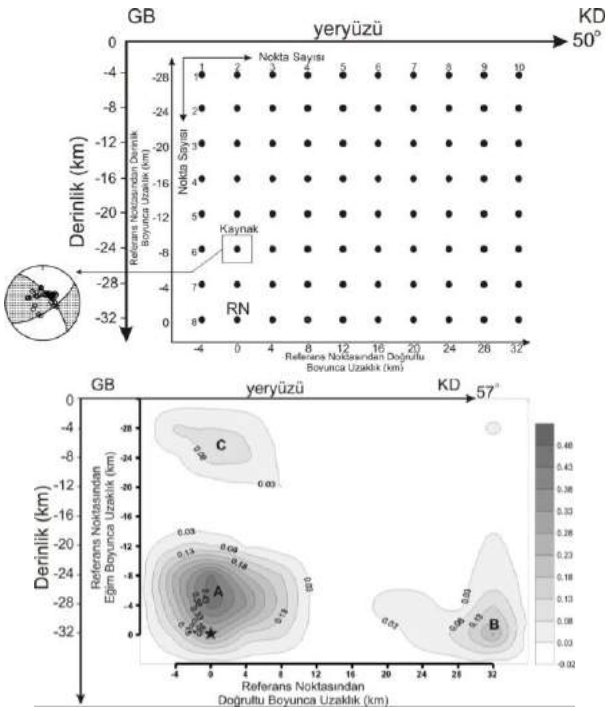
1998 Adana depreminin hesaplanan odak derinliği (32 km) kıtasal kabukta meydana gelen bir deprem için oldukça fazladır [10]. Derinlikleri 17-36 km arasında değişen artçı

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

depremler, çok sayıda artçı deprem meydana gelmesi de eklendiğinde alt kabuk içinde bir sismojenik zonun varlığını ve deprem için derinde kalmış bir kırılma sonucuna ulaşılmaktadır. Bu çalışmada da yapılan gerek nokta-kaynak gerekse sonlu-fay uzak-alan deprem dalga şekli modellemeleri 1998 Adana depreminin derinde ve yüzeye ulaşmamış bir kırılma sonucu geliştiğini önermektedir [12] (Şekil 2). Kırılma yaklaşık K57ºD doğrultulu ve GD' ya 70º eğimli bir düzlem üzerinde 20 km'den derinde gerçekleşmiştir.



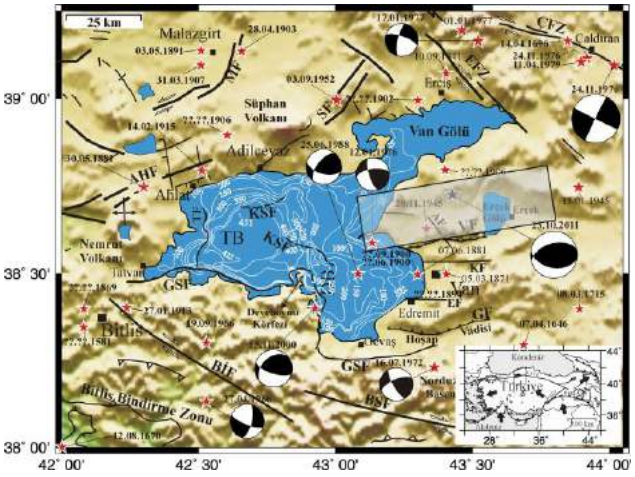
Şekil 1. 27 Haziran 1998 Adana depremi (Mw=6.2) episantrı (beyaz yıldız), odak mekanizma çözümü ve kaynak bölgesinde haritalanmış faylar. Dikdörtgen depremin kaynağı olarak çalışmada önerilen ve Adana havzası derin çökelleri altında kalmış kör fayı temsil etmektedir. GFZ: Göksu Fay Zonu, KF:Kozan Fayı, YKFZ: Yumurtalık-Karataş Fay Zonu.



Şekil 2. 27 Haziran 1998 Adana depremi için bulunan kaynak modelleri [12]. (Üstte) Nokta Kaynak modellemesi sonuçları. Kaynak (sismik moment 2.24×10^{18} Nm) 24 km derinde ve referans noktası (RF) olarak alınan odağın 8 km yukarısında çıkmıştır. (Altta) Sonlu-fay modellemesi sonucu elde edilen kayma dağılım modeli. En büyük kayma bölgesi (A) odağın üzerinde merkezlenmiştir.

2.2. 23 Ekim 2011 Van Depremi (M_W=7.1)

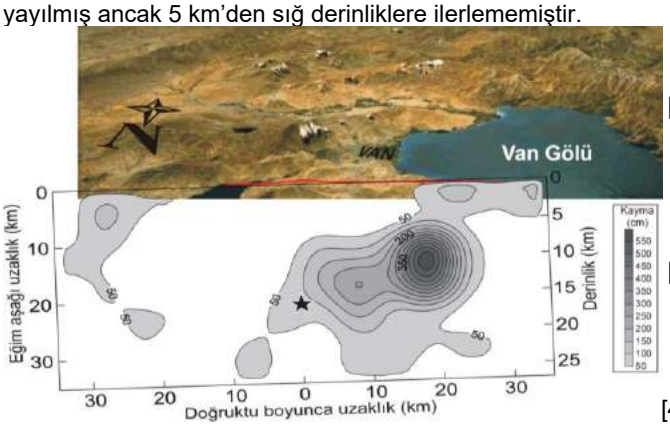
Bu deprem, 23 Ekim 2011 tarihinde Van Fayı üzerinde uluslararası zamana göre 10:41:21'de (yerel zamanla 13:41:21'de) ve 38:73ºK-43:43ºD dış merkezli olarak meydana gelmiştir (Şekil 3) [13,14]. Dış merkez Van şehir merkezinin yaklaşık 25 km KD'suna düşmektedir. Can kayıpları ve yıkım Van şehir merkezi ile Erciş ilçe merkezleri ile bu merkezler arasındaki kırsal yerleşimlerde meydana gelmiş olup en büyük can kaybı ve yıkım Erciş ilçe merkezinde gerçekleşmiştir ([13,14,15]. Deprem, 604 kişinin ölümüne, 2608 kişinin yaralanmasına ve binlerce kişinin de evsiz kalmasına neden olmuştur.



Şekil 3. 23 Ekim 2011 Van depremi (Mw=7.1) (siyah yıldız) kaynak bölgesi civarı sismotektonik haritası. Dikdörtgen depremin kırılma düzlemi yüzey izdüşümünü göstermektedir.

2011 Van depremi için çeşitli sismoloji enstitü ve kuruluşlarınca bulunan kaynak mekanizma çözümleri deprem için ters faylanma mekanizması önermekte [16] ve depremden sonra varlığı anlaşılıp haritalanan Van fayının arazide gözlenen karakteri ile tam bir uyum sergilemektedir [17,18]. Deprem Van Fayının doğudaki yarısı boyunca devamsız gözlenen ve yüzey kırığı olarak nitelendirilebilecek ancak belirgin olmayan bazı yüzey deformasyonlarına neden olmuştur. Bu yüzey deformasyonları boyunca 10-30 cm arasında düşey yer değiştirmeler ölçülmüş olup bir iki noktada sol yanal yer değiştirmeler de rapor edilmiştir [17]. Gerek fayın o zamanki güncel diri fay haritalarında yer almaması gerekse yüzeyde belirgin yüzey kırıkları gözlenmemesi Van Fayının kör bir fay olduğunu ve kırılmanın derinde kaldığını önermektedir [17]. Deprem Van Gölü'nün Van Fayı tavan bloğu üzerinde kalan sahil şeridinde 10-30 cm yükselmeye neden olmuştur [17].

2011 Van depremi için uzak alan deprem dalga şekillerinden bulunan sonlu-fay kırılma modeli Şekil 4'de verilmiştir [19]. Modele göre kırılma odaktan itibaren 30 km boyunca tek taraflı olarak GB'ya ve eğim yukarı yayılmış ancak 5 km'den sığ derinliklere ilerlememiştir.



Şekil 4. 23 Ekim 2011 Van depremi için bulunan sonlu-fay modeli [19]. Kırılma, faylanmanın 5 km'den derinde kaldığına dikkat ediniz.

3. Tartışma

1998 Adana depremi episantrı GFZ' nun 9-10 km batısında yer aldığından kaynak fay GD eğimli olmalıdır. Ayrıca GFZ' nun haritadaki uzanımı ile dalga şekli modellemesiyle çalışmada elde edilen fay düzlemi doğrultusu arasında 15-20^{o} bir doğrultu farkı vardır. Bu gözlemler 1998 Adana depremi kırılmasının GFZ' nin yüzeydeki izi üzerinde değil de bu fayın yüzeye ulaşmamış ve Adana havzasının kalın çökelleri altında kalmış, kör bir fay olan kolu üzerinde olduğunu önermektedir (Şekil 2) . Kırılma modellerinin, kaymanın çoğunlukla 15 km'nin altındaki derinliklerde gerçekleştiğini göstermesi ve artçı deprem dağılımı 1998 Adana depremi kaynak bölgesinde sismik olarak aktif bir alt kabuğu önermektedir.

2011 Van depremi için bulunan kırılma modeli (Şekil 4), belirgin yüzey kırığı gelişmemesi gözlemi ile uyumlu olup faylanmanın kör faylanma olduğunu destekler niteliktedir. Van Gölü sahil şeridinde depremden sonra gözlenen yükselme GB sığ kaymanın olmaması durumunda modelden daha uyumlu hesaplanabilmiştir [19]. Yani, 2011 Van depreminin fayı yüzeye ulaşmamaktadır, yani kör bir faydır.

Gerek 1998 Adana (Mw=6.2) gerekse 23 Ekim 2011 Van (Mw=7.1) depremlerini üreten faylar bu depremlerin oluştukları zamandaki diri fay haritalarında yer almamaktaydı. Bu çalışmada 1998 Adana depremini ürettiği önerilen fay halen de güncel haritalarda yer almamaktadır. Ayrıca, Van Gölü doğusunda 2011 Van depremini üreten Van Fayına paralel uzanan ve bu fayla derinde birleşen bir seri fayın varlığının öne sürülmesi [20] kör fayların Türkiye için oluşturduğu deprem tehlikesinin ciddiyetini gündeme getirmektedir. Diğer bir sonuç olarak da, kör fayların derindeki bitimleri ile yer yüzeyi arasındaki jeolojik yapılar ve geometrilerinden derindeki fayların varlığını ortaya koyacak uzman yer bilimcilere olan ihtiyacı ortaya koyduğu gibi derin jeofizik görüntüleme çalışmalarının önemini de ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

[1] Thomas H. Heaton; John F. Hall; David J. Wald; Marvin W. Halling. Response of High-Rise and Base-Isolated Buildings to a Hypothetical Mw 7.0 Blind Thrust Earthquake Science, New Series, Vol. 267, No. 5195, pp. 206-211, 1995.

[2] Pino, N. A., B. Palombo, G. Ventura, B. Perniola, and G. Ferrari, Waveform modeling of historical seismograms of the 1930 Irpinia earthquake provides insight on ''blind'' faulting in Southern Apennines (Italy), J. Geophys. Res., 113, B05303, doi:10.1029/2007JB005211, 2008.

[3] Belabbès, S., Meghraoui, M., Çakir, Z., Bouhadad, Z., InSAR analysis of a blind thrust rupture and related active folding: the 1999 Ain Temouchent earthquake (Mw 5.7, Algeria) case study J Seismol. DOI 10.1007/s10950-008-9135-x, 2008.

[4] Funning, G. J., B. Parsons, T. J. Wright, J. A. Jackson, and E. J. Fielding, Surface displacements and source parameters of the 2003 Bam (Iran) earthquake from Envisat advanced synthetic aperture radar imagery, J. Geophys. Res., 110, B09406, doi:10.1029/2004JB003338, 2005.

[5] Biggs, J., Bergman, E., Emmerson, B., Funning, G.J., Jackson, J., Parsons, B. and Wright, T.J., Fault identification for buried strike-slip earthquakes using InSAR: The 1994 and 2004 Al Hoceima, Morocco earthquakes eophys. J. Int.166, 1347–1362 doi: 10.1111/j.1365-246X.2006.03071.x, 2006.

[6] Kim, W., Choi, H. and Noh, M., The 20 January 2007 Odaesan, Korea, Earthquake Sequence: Reactivation of a Buried Strike-Slip Fault? Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 100, No. 3, pp. 1120–1137, June 2010, doi: 10.1785/0120090069, 2010.

[7] Hartzell, S.H. and Heaton, T.T., Inversion of strong-ground motion and teleseismic wave form data for the fault rupture history of the 1979 Imperial Valley, California, earthquake, Bull. seism. Soc. Am. 73, 1553 –1583, 1983.

[8] Kikuchi, M. and Kanamori, H., Inversion of complex body waves-III, Bull. seism. Soc. Am., 81, 2335-2350, 1991.

[9] Wenk,T., Lacave C. And Peter, K., The Adana-Ceyhan Earthquake of June 27, 1998, Report on the Reconnaissance Mission from July 6 - 12, 1998 of the Swiss Society of Earthquake Engineering and Structural Dynamics (SGEB), 47p, 1998.

[10] Aktar, M., Ergin, M., Özalaybey, S., Tapırdamaz, C., Yörük, A. and Biçmen, F., A lower-crustal event in the northeastern Mediterranean: The 1998 Adana earthquake (MW=6.2) and its aftershocks, Geophys. Res. Lett., 27, 2361-2364, 2000.

[11] Ergin, M., Kilikya bölgesinin güncel sismisitesi ve sismotektoniği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, 312 sayf., 1999.

[12] Budakoğlu ve Utkucu., 27 Haziran 1998 Adana (Mw=6.2) Depreminin Uzak Alan Kayıtlarından Kırılma Özelliklerinin İncelenmesi, 19. Aktif Tektonik Araştırma Grubu Çalıştayı (ATAG-19), Sakarya, Türkiye, 7-9 Eylül, 50-51, 2015.

[13] AFAD; Van depremi (23 Ekim 2011) raporu. T.C.Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi

Başkanlığı,Deprem Dairesi Başkanlığı, Ankara, 100 pp., 2011.
[14] Erdik, M., Kamer, Y., Demircioğlu, M. and Şeşetyan, Karin., 23 October 2011 Van (Turkey) Earthquake, Nat Hazards, 64:651–665 DOI 10.1007/s11069-012-0263-9, 2012.
[15] Çelebi E, Çağlar N, Özocak A, Aktaş M, Kutanis M, Mert N, Özcan Z, Kırtel O., 23 Ekim 2011 Van–Erciş depremi değerlendirme raporu. Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Sakarya, 58 pp., 2011.
[16] Source Mechanism of the October 23, 2011 Van (Turkey) Earthquake (Mw=7.1) and Aftershocks and its Tectonic Implications, T. Serkan Irmak, Bülent Doğan, Ahmet Karakaş, Earth, Planets and Space, 64 (11), 991-1003, 2012.
[17] Emre Ö, Duman TY, Özalp S, Elmacı H., 23 Ekim 2011 Van depremi saha gözlemleri ve kaynak faya ilişkin ön değerlendirmeler. MTA Jeoloji Etütler Dairesi, Ankara, 22 pp., 2011.
[18] Akyüz S, Zabcı C, Sançar T., 23 Ekim 2011 Van depremi hakkında ön rapor. İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, Kasım 2011, 19 pp., 2011.
[19] Utkucu, M., 23 October 2011 Van, Eastern Anatolia, earthquake (MW 7.1) and seismotectonics of Lake Van Area, Journal of Seismology, 17, 783-805, doi 10.1007/s10950-012-9354-z, 2013.
[20] Jeoloji Mühendisleri Odası (JMO)., Van (Tabanlı-Edremit) depremleri raporu. Jeoloji Mühendisleri Odası Raporu, Ankara. 52 pp., 2011.

DEPREMİ ÖNCEDEN BELİRLEME PROJESİ

A PROJECT FOR PREDICTION OF AN EARTHQUAKE

Özden IŞIK[1], Oğuz GÜNDOĞDU[1], Turgut UZEL[2],Engin GÜLAL[3], Ahmet Y. ÜRÜŞAN, Fuat AGALDAY[1], Uğur KAYNAK[1], Arif İŞYAR[2], Kamil EREN[2], Gazanfer ERBAY[4] ve Berk ÜSTÜNDAĞ[5]

[1]Doğa Hareketleri Araştırma Derneği (DOHAD) Yön. Kur., [2]İstanbul Kültür Üniversitesi, Geomatik Uygulama ve Araştırma Merkezi (GEOMER), [3]Yıldız Teknik Üniversitesi, Harita Mühendisliği, [4]Karabük AFAD Müdürü, [5]İstanbul Teknik Üniversitesi Bilgisayar ve Bilişim Fakültesi

Özet

Depremlerin oluşumunun dünya genelinde ve ülkemizde belirli bir düzeni vardır. Levha tektoniği ile açıklanan bu düzen birçok gözlemle kanıtlanmıştır. Manto dediğimiz yer katmanının üzerindeki kabuk birçok levhadan oluşmakta ve bu levhalar hareket halindedir. İşte bu hareketler sırasında levha kenarlarında ve levha içlerinde enerji birikmekte ve kabuk mukavemetinin yenildiği anda enerji açığa çıkmakta ve depremler oluşmaktadır. Türkiye ve çevresinin sismotektonik özelliklerine bakıldığında, yıkıcı deprem tehdidi hemen hemen %80 dolayındadır. Bu sismotektonik yapıyı oluşturan, iki ana fay sistemidir. Bunlardan birincisi: Kuzey Anadolu Fay Zonu (KAFZ), ikincisi ise Doğu Anadolu Fay Zonu (DAFZ)dur. Bütün tektonik gelişmeler bu iki fay zonunun denetimi altındadır. KAFZ, 17 Ağustos 1999 Kocaeli- Gölcük Depremi (Mw7.6) Marmara Fazının aktivitesini başlatmıştır. Bu da doğudan batıya bakıldığında sırasıyla Gemlik, Bursa, Erdek, Çanakkale bölgelerindeki ikinci derece kollar ve levha içi depremler, KAFZ'ın etkisi altındadır. 17 Ağustos 1999 Gölcük Depremi, Erzincan 1939 Depreminden (MS=8) sonra yüzyılın ikinci büyük depremidir, etkileri ve faylanma özellikleri açısından"kent depremi" niteliğindedir. Deprem öncesinde yer altındaki kayaçların fiziksel değişimleri, yer üstünde farklı özelliklerde gözlemlenir ve duyargalarla algılanır. Bunlar arasından kayaçlarda oluşan gerilmelerden meydana gelen elektrostatik alan, self potansiyel, manyetik alan değişimi, yerin elektrik direnci (rezistivite), yer yamulmaları (GPS) ölçümleri, yeraltı radon ve metan gazı çıkışı, iyonosfer üzerinde meydana gelen değişimler, atmosferik değişimler, kuyulardaki değişimler ve hayvanlardaki davranış değişimleri vb. parametreler depremi önceden belirlemede yol gösterici olarak literatürdeyer almıştır.Deprem afetinde temel amaç, önceden zararı en aza indirgemektir, "Depremlerin Önceden Belirlenmesi" de bu teknolojiden birisidir.Bu amaçla İstanbul Kalkınma Ajansı, Afetlere Hazırlık Mali Destek, programından, birisi 2013 yılında "Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Ağı Kurulumu" diğeri de 2014 yılında "Deprem Öncü İşaretleri İzleme ve Değerlendirme Merkezi Kurulumu" projeleri alınmıştır.

Anahtar kelimeler: Depremi Önceden Belirleme, Sismoloji, Sismotektonik, Afet Zararları, Risk.

Abstract

The occurrence of earthquakes in the world and in our country there is a specific order.This arrangement has proven many observations explained by plate tectonics.It also places on the mantle, crust layer composed of several plates and these plates are moving. Here the sheet edge during this movement and energy is accumulated in sheet and peel strength of the energy lost in the moment of being exposed and earthquakes occur. When we look at the environment of Turkey and seismotectonic characteristics, it is almost 80% due to the threat of devastating earthquake. This seismotectonics structure forming the two main fault systems. The first is the North Anatolian Fault (NAF), the second East Anatolian Fault Zone (EAFZ) stop. All developments were under the control of these two tectonic fault zones. NAF, 17 August 1999 Kocaeli-Golcuk earthquake (Mw7.6) has initiated the activity of Marmara phase. This is when viewed from east to west, respectively, Gemlik, Bursa, Erdek, second-degree domestic arms and sheet earthquake in Canakkale, is under the influence of NAFZ. August 17, 1999 Gölcük earthquake, the 1939 Erzincan earthquake (MS= 8) is the second largest earthquake century, effects and faulting properties in terms of" urban earthquake" is nature Physical changes of under ground rocks before an earthquake, observed above ground and is detected by sensors with different characteristics. Of these electrostatic field that consists of stresses in rocks, self potential, magnetic field changes the electrical resistance of the earth (resistivity), where the strainthey (GPS) measurements, underground radon and methane gas output, changes occurring on he ionosphere, atmospheric changes, shifts and in well changes in animal behavior and so on parameters earthquake took place in the literatureas a guide in predicting. The main objective of the earthquake disaster in advance to minimize the damage, "Prediction of Earthquakes" is also one of this technology. For this purpose, Istanbul Development Agency, Preparedness Disaster Financial Assistance from the program, one in 2013,"Earthquake Leading Signs Monitoring Stations Network Setup" and the other in 2014. "Earthquake Leading Signs Monitoring and Evaluation Center Setup" projectare taken.

Keywords: Settingpre - Earthquake, Seismology, Seismotectonic, Disaster, Risk.

1. Giriş

Afetlerle ilgili mücadelede temel amaç, zararı en aza indirgemektir. Bu mücadelede öncelikle can kayıplarının azaltılması hedeflenir. Afet türlerine genel olarak

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

bakıldığında ise deprem etkileri bakımından birinci sırada yer alır. Bunun nedeni saniyelerle ifade edilen bir süre içinde, insanoğlunun ürettiği her şeyi yok edebilmesidir. Dünya ölçeğinde Türkiye, yıkıcı depremlere en fazla uğrayan ülkelerden biridir. Bunun nedeni sismotektonik yapısı ve bu tehlikeye uyum sağlamayan, yasalara uymayan, denetimsiz kentleşmedir. Bu durum ise yaşanabilecek yıkıcı büyüklükteki bir depremde can kayıplarının daha da artmasına neden olacaktır. Kentsel riskler tüm afet yönetim çalışmalarının yanı sıra depremi önceden belirleme konusunda yapılan çalışmaları da önemli kılmaktadır.Afet Yönetiminin temel amacı, afete uğrayan insanları kurtarmak ve en kısa sürede normal yaşam koşullarını sağlamaktır. Bu amacı gerçekleştirmenin olmazsa olmaz koşulları; gerekli bilgi ve deneyim, planlama ve eşgüdümdür.Ülkemizde çağdaş anlamda "Afet Yönetimi'nin tartışılmasına 1992 Erzincan ve 1995 Dinar Depremlerinden sonra başlanmıştır. 1992 Erzincan ve 1995 Dinar Depremleri ile17 Ağustos 1999 Gölcük ve 12 Kasım 1999 Düzce Depremleri dışmerkezleri, faylanma özellikleri ve etkileri açısından "Kent Depremleri" niteliğindedir [6].İstanbul İline yaklaşık 40-90km. dolayında uzak olmasına karşın, İstanbul İlinde, Gölcük Depreminde meydana gelen ağır hasarın% 5 i, orta hasarın %20 si ve hafif hasarın % 16 sı oluşmuştur. Doğu Anadolu'nun deprem tarihine ve tektonik yapısına bakıldığında ciddi bir tehlikenin olduğu görülmekte ve hızlı plansız kentleşme riski arttırmaktadır.Afet yönetim odaklı bakıldığında, afetle ilgili temel kavramların anlaşılması önceliklidir. Bu kavramların anlaşılması kurum ve kuruluşlar arasındaki ortak terminolojinin oluşturulmasının da önkoşuludur.

1.1. Afetle İlgili Temel Kavramlar

Afet: Toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olay Müdahalede kaynağın yetersiz kalma durumu olarak ifade edilebilir [7].
Afet Yönetimi: Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afet sonucunu doğuran olaylara zamanında,hızlı ve etkili olarak müdahale edilmesi ve afetten etkilenen topluluklar için daha güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturulabilmesi için toplumca yapılması gereken topyekûn bir mücadele süreci.Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması amacıyla, afet öncesi, sırası ve sonrasında alınması gereken önlemler ve yapılması gereken çalışmaların planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi,desteklenmesi ve etkin olarak uygulanabilmesi için toplumun tüm kurum ve kuruluşlarıyla, imkan ve kaynaklarının belirlenen stratejik hedefler ve öncelikler doğrultusunda kullanılmasını gerektiren, çok yönlü, çok disiplinli ve çok aktörlü, dinamik ve karmaşık bir yönetim sürecidir, çalışmaların başarısı büyük ölçüde, bir sonraki evredeki çalışmaların başarısını etkilediği için bu döngü iç içe geçmiş zincir halkaları veya daire ile gösterilmekte, bununla baş edebilme, afetlerin etkisini kısa sürede gidererek iyileştirme kapasitesi [3].

Afet Yönetiminin temel amacı, afete uğrayan insanları ve diğer canlıları kurtarmak ve en kısa sürede normal yaşam koşullarını sağlamaktır. Bu amacı gerçekleştirmenin olmazsa olmaz koşulları; gerekli bilgi ve deneyim, planlama ve eşgüdümdür. Afet yönetimi sistemi; birbirinden ayrı ama birbirini tamamlayan iki yönetim sisteminden oluşur.

a) Risk Yönetimi = zarar azaltma + hazırlık
b) Acil Durum (Kriz) Yönetimi.
Kökenleri ve gelişim hızları ne olursa olsun, tüm afet olayları ile ilgili faaliyetler, aşağıdaki dört ana aşamaya ayrılmaktadır:
1. Zarar azaltma,
2. Hazırlıklı olma,
3. Olaya müdahale,
4. İyileştirme.
Bu aşamalardan ilk ikisi afetler olmadan önce, diğer ikisi ise afet anı ve sonrasında yapılan faaliyetleri kapsamaktadır. Afet Yönetim süreci bir döngüyü belirtmektedir, zarar azaltma ve hazırlık aşaması ile başlayan bu döngü, afetten sonra müdahale, iyileştirme ve yeniden inşa ile devam etmektedir. Tehlike belirleme, afet önlem, zarar azaltma, güçlendirme, iyileştirme, hazırlık, eğitim, erken uyarı, destek, acil afet gibi olgular bu döngü içinde yerini bulmalıdır. Bu aşamalarda yapılması gereken faaliyetler, birbirlerinden bağımsız olmayıp, iç içe girmiş, birbirlerini takip etme zorunluluğu olan ve bir önceki aşamada yapılan çalışmaların etkinliği, bir sonraki aşamadaki çalışmaların başarı ve verimliliğini büyük ölçüde etkileyen ve süreklilik göstermesi gereken faaliyetlerdir.
Birbirine karıştırılan diğer iki kavram olan **tehlike ve risk** kavramları da afet yönetiminin zarar azaltma safhasında ortaklaştırılması gereken kavramlardır.

Tehlike, olası bir tehdidi, can ve mal kayıplarına neden olmanın yanı sıra sosyoekonomik düzen ve etkinliklere zarar verme potansiyeli olan her şeydir.

Risk, ise yapılara, yerleşime, sanayiye, insanların güvenliğine olabilecek etkileri ifade edecek bir olgu olarak değerlendirilmelidir. Bir örnek verecek olursak, Marmara içinde belirlenen faylar ve onların kinematik ve dinamik özellikleri ve depremlerin gerçekleşme olasılıkları tehlikeyi ifade etmektedir. Marmara bölgesindeki yerleşim, yapılaşma, sanayi, nüfus yoğunluğunun özellikleri ve zemin yapısı riski oluşturmaktadır. Marmara Bölgesinde hiçbir yerleşim ve yapılaşma olmasaydı, tehlike olmasına karşın, risk olmayacaktı.

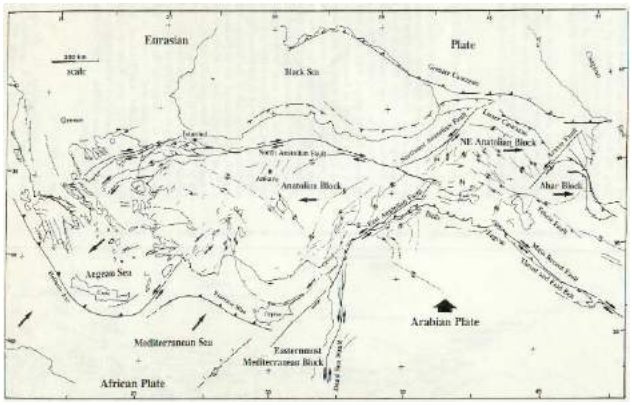
Sismik risk ise bir bölgedeki belirli büyüklükteki bir depremin gerçekleşme olasılığıdır.

2. Türkiye ve Çevresinin Tektoniği

Türkiye ve çevresinin genel tektoniğini Arap ve Afrika Levhalarının, Avrasya Levhasına doğru hareketleri oluşturmaktadır. Bu kuvvetlerin etkisi dışında önemli bir tektonik olgu beklenmemelidir. Türkiye'nin güneyinde bulunan Afrika ve Arap Levhaları, kuzeye doğru hareket ederek Anadolu bloğunu sıkıştırmaktadır. Arap Levhasının sıkıştırma hızı daha fazladır. Kuzeyde ise Avrasya olarak isimlendirilen Avrupa-Asya Levhası vardır ve hareketi yavaştır, bu durumda Anadolu Bloğu batıya doğru hareket etmek zorunda kalmakta ve bunun sonucunda Kuzey Anadolu Fay Zonu ve Doğu Anadolu Fay Zonu oluşmaktadır. Bu iki ana fay zonunun dışında Ege Bölgesi, açılma rejimine uygun olarak ve Doğu Anadolu Bölgesi, sıkışma rejiminden dolayı yıkıcı nitelikte depremlerle karşılaşmaktadır. Egenin yükselmesinde Girit – Rodos Dalma Batma Zonunun da önemli etkisi vardır (Şekil 1).

Levhaların sıkışması sonucu, levha - içi (intra - plate) depremlerde oluşabilmektedir, 1938 Kırşehir (Ms=6.8),ve

1976 Çaldıran (Ms=7.1) ve 1953 Yenice-Gönen (Ms = 7.4)depremleri bu tür depremlere örnektir [6]. Son yıllarda GPS (Global Positioning System, Küresel Konum Belirleme Sistemi) teknolojisindeki gelişmelere paralel olarak, levhaların yer değiştirme hızlarının ölçülmesi, Türkiye ve yakın çevresini etkileyen gerilme kuvvetlerinin yönü,büyüklüğünü veri temelinde belirlenmiştir (Şekil 2).

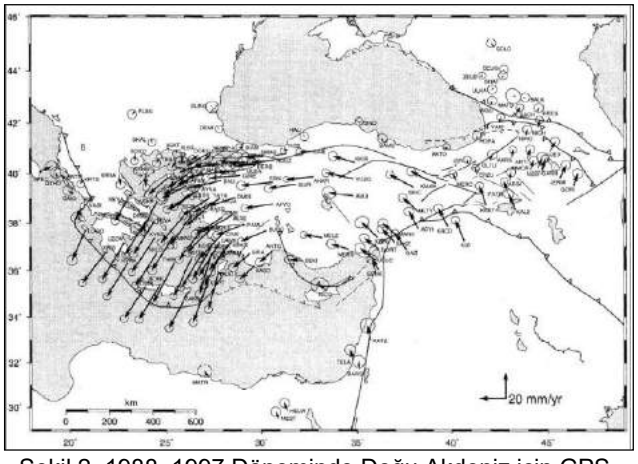


Şekil 1. Türkiye çevresinin sismotektonik haritası [5]

Batıya doğru ve özellikle güney batıya doğru vektörlerin hızlarının arttığı, Marmara denizinde 2-2.5cm. Ege Denizi'nde özellikle Girit'in kuzeyinde 3,5- 4cm. dolaylarına çıkmaktadır bu da Girit dalma-batma zonunun yakın bir gelecekte büyük depremler üreteceği anlamına gelmektedir.

3. Depremlerin Önceden Belirlenmesi

Özellikle erken uyarı, depremi önceden belirleme ve deprem tahmini birbirine karıştırılabilen kavramlardır. Özellikle Gölcük Depreminden sonra bu tür araştırmalar çoğalmıştır. Depremi önceden belirleme çalışmaları içinde bazı terimler birbirine karıştırılmaktadır. Bu sakıncaları önlemek için kavramları tekrar gözden geçirmek yararlı olacaktır.



Şekil 2. 1988–1997 Döneminde Doğu Akdeniz için GPS Hızları [8]

Erken Uyarı (Early Warning): Gelmekte olan tehlike veya tehdidin kaynağı, yeri, zamanı, şiddeti veya büyüklüğü, olasılığı,muhtemel etkileri belirlenerek, resmî kurum ve kuruluşlar tarafından yapılan duyurular. Erken uyarının afete hazırlık çalışmaları içinde çok önemli bir yeri vardır. Amaç, mümkün olduğu kadar çok sayıda insana hızla ulaşarak onları tehlikelere karşı, zamanında ve gerektiği gibi davranmalarına imkân tanıyacak şekilde haberdar etmek, can kayıpları ve yaralanmalar ile ekonomik kayıpları azaltabilmektir.

Depremi Önceden Belirleme (Deprem Öndeyi) (Earthquake Prediction) Gelecekte olabilecek bir depremin yeri, zamanı ve büyüklüğünün bilimsel olarak kabul gören çok disiplinli yaklaşım ve yöntemler kullanılarak büyük bir doğrulukla belirlenmesine yönelik çalışma.

Deprem Tahmini (Earthquake Forecasting) Belirli bir bölgede, belirli büyüklükteki bir depremin öngörülen belirli bir zaman içerisinde meydana gelme olasılığının bilimsel olarak kabul gören yaklaşım ve yöntemlerle tahmin edilmesi süreci [3].

Depremlerin önceden belirlenme çalışmasının temel amacı; depremin nerede, ne zaman, kaç büyüklükte olacağının kabul edilebilir aralıkta, bilimsel olarak saptanmasıdır. Depremlerin önceden belirlenmesi çalışmasının temel amacı; depremin nerede, ne zaman, kaç büyüklükte olacağının kabul edilebilir aralıkta, bilimsel olarak saptanmasıdır. Depremi önceden belirleme ve tahmin çalışmalarının tarihçesine baktığımızda; özellikle 1960'lı yıllarda başta Japonya, Rusya, Amerika Birleşik Devletleri ve Çin olmak üzere pek çok ülkede çeşitli araştırmalar yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmalarda;

- Yerin manyetik alanı
- Elektrik alanı
- Elektromanyetik alan
- Sıcaklık ve atmosferik basınç
- Gravite
- Sismik hızlar (Vp, Vs)
- Depremsellik, mikro deprem etkinliği
- Yeraltı su seviyesi
- Radon gazı
- Kaplıca su kaynaklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri
- Bitki ve hayvanların davranışlarındaki, anormallikler gözlenmiştir.

Başarılı olarak belirlenen depremlerin başında,1975 yılında, Çin'de 7,3 büyüklüğünde meydana gelen Haicheng Depremi gelmektedir. Haicheng Depremi'nden önce bölgedeki öncü değişimler dikkatli bir şekilde izlenmiş, analizler yapılmış ve bölgede bulunan halk depremden önce uyarılarak önlemler alınması sağlanmıştır. Yüz binlerce kişinin hayatı kurtarılmıştır, 1975 yılında meydana gelen bu depremden yaklaşık bir buçuk yıl sonra 1976 yılında 7.8 büyüklüğünde meydana gelen Tangshan Depremi'nde bazı öncüler gözlense bile Haicheng Depremi'ndeki gibi bir öndeyi ve uyarı yapılamamış bu da depremin önceden belirlenmesi konusuna olan iyimserliğin azalmasına neden olmuştur. Bu konuda yapılan çalışmaların azalmasına karşın, araştırmalar devam etmiştir. Amerika Birleşik Devletleri'nde ise Kaliforniya eyaletinde San Andreas Fayı'nın Parkfield bölümünde 1857, 1881, 1901, 1922, 1934 ve 1966 yıllarında meydana gelen depremlerin incelenmesi, tekrarlama aralıklarının düzenli olmasından dolayı karakteristik özellik gösterdiklerinin ortaya koyulması ile bir önceden belirleme başlatılmış ve 1985 ile 1993 yılları arasında bir deprem meydana geleceği belirtilmiştir. Beklenen deprem 1993 yılına kadar meydana gelmemiş hatta tekrarlama aralığını

on yıl kadar aşarak 2004 yılında meydana gelmiştir. Ancak bu depremin beklenen deprem olup olmadığı ile ilgili bilim adamlarının farklı görüşleri mevcuttur [4].
Depremi önceden belirleme konusunda Ülkemizde de önemli çalışmalar yapılmıştır. Bunun ilk örneği, birçok üniversite ve kurumun alet donanımları ile insan kaynaklarının yanı sıra Alman ve daha sonra Japon araştırmacıların katılımıyla yapılan "Depremlerin Önceden Belirlenmesi, Zararlarının Azaltılması Türk-Alman Ortak Projesi" dir. Bu araştırma, 1984 yılında başlatılmıştır. 17 Ağustos 1999 İzmit Depremi'nden önce bu proje kapsamında kurulan istasyonlarda çeşitli anomaliler gözlenmiştir. Ayrıca bu projeden başka ülkemizde özellikle son yıllarda dar kapsamlıda olsa çeşitli üniversiteler ve kurumlarda kısa süreli çalışmalar yapılmıştır.

4. Depremin Önceden Belirlenmesi İlgili Avrupa Etik Kuralları (European Code of Ethics Concerning Earthquake Prediction)

Depremin önceden tahmini ile ilgili bilgiler, bilim ve toplum arasındaki ilişkileri düzenleyen sağlıklı etik kurallarına uygun olarak sunulmazsa, toplum üzerinde dramatik etkiler yaratabilir. Yanlış tahmin paniğe yol açabilir ve halkta bilim adamları ile kamu yetkililerine karşı güvensizlik yaratarak sosyal, psikolojik, politik, ekonomik vb. sakıncalı sonuçlara neden olabilir.

Deprem tahmini üzerinde çalışan bilim adamlarının profesyonel davranışlarının temel ilkesi dürüstlük olmalıdır. Bilim adamlarının topluma, kamu yetkililerine, kuruluşlarına, meslektaşlarına ve medyaya karşı sorumluluklarının bilincinde olarak tarafsız davranmaları ve sahip oldukları bilgiyi insanlığın yararına kullanmaları gerekir. Bir bilim adamı, yürüttüğü araştırmalar sonucunda bir depremi önceden tahmin etme noktasına gelirse, aşağıdaki işlemleri özenle yerine getirmelidir: Depremi tahmin etmesine yol a açan bilimsel verilerin ve yöntemlerin geçerliliğini diğer bilim adamlarına danışarak doğrulamalı ve bağlı bulunduğu veya bünyesinde çalıştığı bilimsel ve teknik kuruluşların üst yöneticilerini yaptığı çalışmalar hakkında bilgilendirmelidir.

Bilim adamı, yaptığı tahminleri çalıştığı ülke yetkililerinin dikkatine sunmakla görevlidir. Bunun hangi yollarla yapılacağı önceden belirlenmelidir. Bilim adamı, depremle ilgili tahminleri hakkında medyaya veya topluma rastgele bilgi vermemelidir. Yalnızca, kendisine bu konuda yetki verilmiş veya kendisinin kamu yetkililerince bu amaçla görevlendirilmiş olması durumunda, kamu yetkililerince uygun görülen yolları kullanarak, toplumu bilgilendirmelidir. Eğer gerek ve olanak varsa, deprem tahmini alanında her ülkede bir Ulusal Değerlendirme Komitesi kurulması önerilir. Avrupa Danışma Komitesi, Uluslararası Jeodezi ve Jeofizik Birliği (IUGG) ile diğer uzmanlaşmış bilimsel Avrupa kuruluşlarına danışılarak, Avrupa Sismoloji Komitesi (ESC) tarafından önerilen en fazla on beş bilim adamından oluşacaktır.

Avrupa Danışma Komitesi'nin gerektiğinde başvurabileceği bir danışmanlar listesi oluşturulacaktır. Avrupa Danışma Komitesi'nin yazmanlığı, Açık Anlaşma (Open Partial Agreement) yazmanlığı tarafından üstlenilecek ve anlaşma danışmanlarınca, Avrupa Sismoloji Komisyonu ile işbirliği yapılarak desteklenecektir. Avrupa Danışma Komitesi üyelerinin görev süresi altı yıl olacak ve bu süre uzatılamayacaktır. Üyelerin yarısı her üç yılda bir yenilenecektir [12].

5. Nilüfer Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Projesi

17.08.1999 İzmit depreminden sonra İstanbul Teknik Üniversitesi'nde (İTÜ) "Elektrostatik Kayaç Gerginlik İzleme Yöntemi ile Deprem Tahmin Sistemi" projesi yürütülmeye başlanmıştır. Projede yapılan çalışmanın amacı elektriksel ölçüm yöntemleri ile bölgesel kayaç gerginliklerine ilişkin veri toplanması ve toplanan verilere ait örüntülerin değerlendirilerek olası depremler ile ilgili anomalilerin belirlenmesidir. Doğa Hareketleri Araştırma Derneği, kısa adı DOHAD olan dernek, başta deprem olmak üzere doğal afetlerin tahmini konusunda tümüyle gönüllü ve maddi karşılık beklemeden çalışan bir sivil toplum örgütüdür. Dernek 17 Ağustos depreminden sonra Nisan 2002' de kurulmuştur. Olası depremi tahmin etmek için Nilüfer ilçesinden geçen fay segmentinin her iki tarafına çok disiplinli ölçümler içeren 20 adet "Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları" Nilüfer Belediyesinin işbirliği ile kurulmuştur yapılan çalışmaların amacı, olası bir depremde oluşabilecek can kayıplarını ve diğer afet zararlarını en aza indirgenmesidir [1].

Dünyada oluşan büyük depremlerden sonra deprem bölgesinde yapılan araştırmalarda, deprem oluşmadan önce doğada çoğunluğu canlılar oluşturmak üzere pekçok normal dışı olay gözlendiği bilinmektedir.Bursa 1855 yılında meydana gelen yıkıcı 2 büyük depremin ardından 160 yıl geçmiştir, bu süre içinde enerji birikmiş ve önümüzdeki yıllar içinde Bursa ve çevresini tehdit eder hale gelmiştir. Olası depremi tahmin etmek için Nilüfer İlçesinden geçtiği düşünülen fay segmentinin her iki tarafına, çok disiplinli ölçümler içeren 20 adet "Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları" Nilüfer Belediyesinin işbirliği ile kurulmuştur. Bu Projedeki amaç, olası bir depremin zararlarının en aza indirilmesidir.



Şekil 3. Nilüfer İlçesinde Kurulan İstasyonların yerleri

Nilüfer Belediyesi Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonlarının kurulumuna01/12/2007 tarihinde başlanmış ve 2015 yılında sayıları 20 ye ulaşmıştır (Şekil 5, Tablo 2). Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonlarında depremi önceden belirlemek amacıyla birçok parametre ölçülmekte ve verilerin internet üzerinden yayınımı sağlanması için kullanılan bir çalışma odası vardır. Fethiye İstasyonun dıştan ve içten görünümü şekil 4 ve 5 de verilmiştir.

Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonlarında depremi önceden belirlemek amacıyla birçok parametre ölçülmektedir, bunlardan birisi 17.08.1999 İzmit depreminden sonra İstanbul Teknik Üniversitesi'nde (İTÜ) "Elektrostatik Kayaç Gerginlik İzleme Yöntemi ile Deprem Tahmin Sistemi" projesi yürütülmeye başlanmıştır. Projede

yapılan çalışmanın amacı elektriksel ölçüm yöntemleri ile bölgesel kayaç gerginliklerine ilişkin veri toplanması ve toplanan verilere ait örüntülerin değerlendirilerek olası depremler ile ilgili anomalilerin belirlenmesi olmuştur. Burada kullanılan cihaz Berk Üstündağ ve Lütfü Canyaran'ın buluşu olan Statik Elektrik Alan Yük Ölçüm Probudur (Şekil 6). Büyük depremlerden önce mikro kırılmaların olduğu bilinmektedir, bunlarda mikro depremler üretmektedirler. Öncül belirtilerde önemli yeri olan bu olguları kaydetmek için büyütmesi yüksek olan sismometreler kullanılmıştır (Şekil 7).



Şekil 4. Fethiye İlçe Kriz Merkezi Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonu Nilüfer Bursa



Şekil 5. Nilüfer Fethiye İlçe Kriz Merkezi Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonun Çalışma Odası



Şekil 6. Statik Elektrik Alan Yük Ölçüm Probu

6. Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Ağ Kurulumu Ve Değerlendirme Merkezi Kurulumu

Öncelikle can kayıplarını yok etmeye yönelik risk azaltma çalışmaları kapsamında ele alınması gereken, depremin önceden belirlenmesi çalışmasıdır. Ülkemizde bu yöndeki çalışma süreci içinde günümüzde en çarpıcı çalışma olarak karşımıza çıkan, İstanbul Kalkınma Ajansının, mali destek programı çerçevesinde hazırlanan yürütücülüğünü Doğa Hareketleri Araştırma Derneği, ortaklığını Kültür Üniversitesi ve Yıldız Teknik Üniversitesi ve katılan belediyelerin desteği ile gerçekleştirilen projelerdir. Birincisi; *Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Ağı Kurulumu 2013*, ikincisi; *Deprem Öncü İşaretleri İzleme ve Değerlendirme Merkezi Kurulumu 2014* adlı bu projeler depremin önceden belirlenmesinde çok parametreli izlemeye dayanmaktadır. Deprem öncü işaretleri veri toplama ve değerlendirme sisteminin kurulması ve toplanan veriler üzerinde çeşitli algoritmalarla kullanılan programların geliştirilmesi ile deprem zararlarının en aza indirgenmesi amacını taşımaktadır. Kurulan istasyonlarla depremlerin çok disiplinli ve sistematik mühendislik araştırmalarıyla izlenmesini sağlayacak bir yöntem oluşturulmaktadır. Projelerde, Türkiye'de afet yönetim yapılanması içinde konunun yeri ve önemi gösteren; Avrupa Etik Kuralları çerçevesinde değerlendirilebilme yetisine sahip bir yapılanma oluşturulması gereğine de dikkat çekilmektedir. Aşağıda İstasyon ağı (Şekil 8), bazı Deprem Öncü İşaretleri İstasyonları (Şekil 9, Şekil 10), veri iletiminde uydu teknolojisi (Şekil 11) ve Beylikdüzü'nde inşası tamamlanan Veri Toplama ve Değerlendirme Merkezi'ne ait resimler görülmektedir (Şekil 12).



Şekil 7. Sismik Çukur ve Pilye ve Sismometre



Şekil 8. Marmara Bölgesi Deprem Öncü İşaretleri İzleme İstasyonları Ağı



Şekil 9.Beylikdüzü – Yakuplu istasyonu



Şekil 10. Kumburgaz istasyonu



Şekil 11. Veri İletiminde Uydu teknolojisi kullanılmaktadır



Şekil 12. Beylikdüzü'nde İnşası Tamamlanan Deprem Öncü İstasyonları Veri Toplama ve Değerlendirme Merkezi

7. Değerlendirmeler

- Ülkemizde tehlikeli bölgelerdeki fayların kinematik ve dinamik özellikler yeterli düzeyde araştırılmamıştır, bundan dolayı riskleri belirlemede belirsizlikler bulunmaktadır. Tarihsel depremlerin tekrarlanma dönemlerini belirlemek için jeolojik, jeofizik arkeolojik ve arşiv çalışmaları yapılmalıdır.
- Yaşam kalitesini arttırmak deprem ve diğer afetlere dayanıklı kentsel dönüşüm çalışmalarından başka çözüm yolu yoktur. Bu bağlamda, tasarım depremlerinin belirlenmesi son derece önemlidir.
- Depremlerin önceden belirlenmesi zarar azaltma çalışmalarından birisidir, her ne kadar olur veya olmazı genellikle konudan anlamayanlar tarafından tartışılıyorsa da bilimde olmaz yoktur, açıklanıp açıklanamayan vardır, araştırmacıların işi de bilinmeyenleri açıklamaktır.
- Afet yönetimi planlarının içine, yetki ve sorumlulukları belirlenerek, meslek odaları ve sivil toplum örgütleri alınmalıdır Halkın afetlerle mücadele etmesini sağlamak amacıyla okullardan başlayarak akredite edilmiş eğitim çalışmaları yapılmalıdır.
- Depremin önceden belirlenmesi ile ilgili Avrupa etik kuralları gereğince Ülkemizdeki yapılanması AFAD tarafından bir an önce oluşturulmalıdır.
- Depremlerin önceden belirlenmesi ve afetlere karşı dayanıklı yapıların üretilmesi için birçok disiplinin eşgüdüm içinde çalışması zorunludur.

Kaynaklar

[1] Agalday, F., Işık Ö., Gündoğdu O.,2015 "Bursa ve Çevresinde Deprem Tehlikesi ve Nilüfer Belediyesi Depremi Önceden Belirleme Projesi"

[2] Uluslararası Nilüfer Kent Sempozyumu bildiri sunumu, Odryses'ten Nilüfer'e, Bildiriler Kitabı, Nilüfer Belediyesi Yayınları 2016 basımda.

[3] Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, 2014. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Kasım – 2014.

[4] Aksade, Y. G., 2014 "Deprem Kestirimi Konusunda Türkiye ve Dünyadaki Durum", Uzmanlık Tezi Kasım 2014, T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Başkanlığı Kasım 2014, Ankara.

[5] Barka, A., (1992). 'The North Anatolian FaultZone' Anneles Tectonica, Special Usue Suplytovol. 1 p.164 - 195.

[6] Gündoğdu, O., 1996. "Türkiye'de yıkıcı Depremlere Karşı Alınması Gereken Önlemler ve İstanbul Örneği" Erzincan ve Dinar Depremleri Işığında Türkiye'nin Deprem Sorunlarına Çözüm Arayışları, TÜBİTAK Deprem Sempozyumu, Derleyen Tuğrul Tankut, 15-16 Şubat 1996, Ankara

[7] Işık, Ö., Aydınlıoğlu H. M., Koç, S., Gündoğdu, O., Korkmaz, H., Ay. 2012. Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri Okmeydanı Tıp Dergisi 28 (Ek sayı2):82-123.

[8] McClusky S.,Balassanian S., Barka A., Demir C., Gergiev I., Hamburger M., Kahle H., Kastens K., Kekelidse G., King R., Kotzev V., Lenk O., Mahmoud S., Mishin A., Nadaria M., Ouzounus A., Paradisissis D., Peter Y., Prilepin M., Reilinger R., Sanlı I., Seeger H., Teableb A., Toksöz N., Veis G., 2000. 'GPS Constraints on Crustal Movements and Deformations for Plate Dynamics,' J. Geophy. Res. 105, 5695–5720.

[9] ODTÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Tektonik Araştırma Laboratuarı, "Marmara Bölgesinin Sismotektonik Haritası"

[10] Özmen, B., 2000, 'İzmit Körfezi Depremi'nin Hasar Durumu', TDV., Yayınları, İstanbul.

[11] Soysal, H., Sipahioğlu, S., Kolçak, D., Altınok, Y., (1981). 'Türkiye ve Çevresinin Tarihsel Deprem Kataloğu' TÜBİTAK, proje no. TBAK 341 TÜBİTAK yay. no.563, seri 34, Ankara.

[12] udk.tubitak.gov.tr

SİSMİK AKTİVİTELERE BAĞLI OLARAK YERALTISUYU DEĞİŞİMLERİ: ESKİPAZAR (KARABÜK) ÖRNEĞİ

GROUNDWATER CHANGES DUE TO SEISMIC ACTIVITY: A CASE STUDY FROM ESKİPAZAR (KARABÜK)

Tülay EKEMEN KESKİN[a] ve Bahadır SUBAŞI[b]
[a]Karabük Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü KARABÜK, E-posta: tulayekemen@karabuk.edu.tr
[b]Karabük Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü KARABÜK, E-posta: bahadir-subasi@hotmail.com

Özet

Karabük ili Eskipazar İlçesinde bulunan ve Kuzey Anadolu Fay Zonu'na yaklaşık 5 km mesafede bulunan Akkaya Hamamı Kaynağı'nın farklı parametrelerinde 2007-2009 ve 2014-2016 yılları arasında meydana gelen küçük magnitüdlü depremler ile ilişkili olarak değişmeler gözlenmiştir. 2007-2009 yılları arasında Eskipazar çevresinde meydana gelen, büyüklüğü 2.8-3.2 arasında değişen üç farklı sismik aktiviteler öncesinde kaynağın sıcaklığında 0.4-1 ^{o}C aralığında artış gözlenmiştir. Akkaya Hamamı Kaynağına en yakın noktada meydana gelen 28.09.2007 tarihindeki ilk sismik aktivite ile ilişkili olarak, debi artışı ve buna paralel olarak muhtemelen başka suların karışmasına bağlı olarak EC (elektriksel iletkenlik), TDS (toplam çözünmüş madde miktarı), Ca (kalsiyum), HCO_3 (bikarbonat) Al (alüminyum), Mn (mangan), Fe (demir) değerlerinde azalmalar ve trityum değerinde ise artış saptanmıştır. Ayrıca diğer sismik aktivitelere oranla daha sığ derinlikte meydana gelen 23.04.2008 tarihindeki, sismik aktivite birkaç gün öncesinde, Akkaya Hamamı Kaynağı'nda 1 ^{o}C'lik sıcaklık artışı, debi ve trityum değerlerinde ise azalmalar gözlenmiştir. 2014-2016 yılları arasında, 02.05.2015 tarihinde meydana gelen depremlerin en büyüğü olan, bölgedeki diğer sıcak ve mineralli sular ile aynı doğrultu üzerinde meydana gelen ve Eskipazar ve Karabük halkı tarafından hissedilen sismik aktivite ile ilişkili olarak EC, TDS, Ca ve HCO_3 değerlerinde azalışlar saptanmıştır. Akkaya Hamamı Kaynağında farklı parametrelerinde farklı oranlarda meydana gelen bu değişimlerin, deprem öncesi bölgesel stres artışı ve deprem sonrası bölgesel stres azalması ile ilişkili olarak mikro çatlak oluşumları, permeabilite ve akım yolu değişimleri, farklı kökenli suların karışım oranlarının değişmesi vb. sebeplerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Sismik aktiviteler öncesinde, eşzamanlı ve/veya sonrasında farklı parametrelerinde değişimler gösteren Akkaya Hamamı Kaynağı'nın sürekli gözlem altında tutulmasının depremin önceden tahmin edilmesi çalışmalarında yararlı olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Jeotermal sular, deprem tahmini, Eskipazar

Abstract

Between the periods of 2007-2009 and 2014-2016, certain changes were observed relation to small magnitude earthquakes that occurred in the investigation area in Akkaya Hamamı Spring located in the Eskipazar (Karabük) and at approximately distances 5 km to the NAFZ. A temperature increase of 0.4-1^{o}C was observed in spring before three different seismic activities that took place around Eskipazar within a magnitude range of 2.8-3.2 between the period of 2007-2009. With respect to the first seismic activity that took place in the closest point to the springs on 28.09.2007, probably due to mixing of other water and increase in the discharge, determined some decrease in EC (electrical conductivity), TDS (total dissolved solid), Ca (calcium), HCO_3 (bicarbonate), Al (aluminium), Mn (manganese), Fe (iron) and some increase in tritium values. In additional a few days before the seismic activity that occurred on 23.04.2008 at shallower points compared to the other earthquakes, there emerged a temperature increase of 1ºC in the Akkaya Hamamı Spring and decrease in the discharge, and tritium. With respect to the largest of the earthquakes that occurred on 02.05.2015**,** between the period 2014-2016, occurred on the same direction with other hot and mineral water in region first seismic and felt by the people of Eskipazar and Karabük determined some decrease in EC, TDS, Ca, HCO_3 values. Such changes that took place at different parameters on the Akkaya Hamamı Spring are considered to be resulting from microfracturing, changes in permeability and flow path changes, changes of mixture ratio of the different origin water, etc. in relation to increase the regional stress on pre-earthquake and decrease the regional stress on after-earthquake. It is belived that continuous observision of Akkaya Hamamı Spring showing changes prior to, simultaneously and/or after the seismic activities is to be useful in studies of earthquakes prediction.headings should look like. The authors are expected to follow these instructions. Beside it gives well looking papers, it also gives uniform outlook for the proceedings.

Keywords: Geothermal water, prediction of earthquake, Eskipazar

1. Giriş

Sismik etkinliğin yoğun olduğu alanlarda jeotermal suların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin izlenmesi, depremi tetikleyen mekanizmaların aydınlatılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır [1-3]. Farklı magnitüde sahip depremlerin meydana gelmesi ile aktivitenin meydana geldiği bölgelerde bulunan suların fiziksel, kimyasal ve izotopik bileşimlerinde depremin büyüklüğüne,odak noktasına, kaynaklara olan uzaklığına, suların kimyasal ve fiziksel özelliğine, beslenme alanlarına, bölgenin jeolojisine, sıcaklık ve basınç değişimlerine, kayaçların kırık-çatlaklılığı, geçirimliliği vb. şartlara bağlı olarak farklı oran

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

ve özellikte değişmeler görülebilmektedir. Sularda meydana gelen değişmeler birçok araştırıcıya ilham vermiş ve bu kapsamda birçok araştırmacı depremin önceden tahmin edilmesi konusunda çalışmalar yapılmışlardır. Yapılan çalışmaların derlenmesi sonucunda sismik aktivite öncesinde, aktivite ile eşlenik olarak ve aktivite sonrasında sularda, bulanıklılık, koku, renk, basınç, debi, sıcaklık, pH, Eh, kalsiyum (Ca),,sülfat (SO_4), klorür (Cl), oksijen-18 (^{18}O), döteryum (^{2}H), trityum (^{3}H), karbon-13 (^{13}C), karbondioksit (CO_2), radon (Rn), helyum (He), hidrojen (H_2), nitrojen (N_2), metan (CH_4) değerlerinde değişimlerin olduğu saptanmıştır [3, 4-32].

Yeraltısularının düzenli ve sürekli olarak gözlenmesi, ölçüm ve analizlerin yapılması, depremin önceden tahmin edilmesinde kullanılabilecek oldukça önemli parametrelerden biri olduğu yapılan çalışmalardan anlaşılmaktadır. Sıcak ve mineralli su kaynakları genellikle derin ve uzun dolaşımlı olmaları nedeniyle bu konudaki çalışmalarda oldukça fazla tercih edilmektedir. Bu çalışmalara katkı koyabilmek amacıyla proje süreleri içerisinde, Akkaya Hamamı Kaynağı'nın fiziksel, kimyasal ve izotopik özellikleri çeşitli periyotlarda gözlenmiş ve gözlenmeye devam edilmektedir.

2. Jeoloji

Batı Karadeniz bölgesinde yer alan Eskipazar, Karabük İlinin yaklaşık 35 km güneybatısında yeralmakta olup, Türkiye'nin en önemli fay zonundan biri olan Kuzey Anadolu Fay Zonu'na yaklaşık 10 km mesafede bulunmaktadır (Şekil 1, Şekil 2).

Çalışmalarda [33-38]'un jeoloji çalışmaları (bazı yerleri revize edilerek) esas alınmış ve inceleme alanın 1/100.000 ölçekli jeoloji haritası oluşturulmuştur (Şekil 2). Çalışma alanı, Batı Pontidler ile Orta Sakarya'nın Kuzey Anadolu Fayı (KAF) boyunca bir araya geldiği bölgede yer almaktadır. Çoğunlukla çalışma alanındaki sıcak ve mineralli suların beslenim ve boşalımını sağlayan ve oldukça geniş yayılıma sahip olan Abant Formasyon, bloklu konglomera, kumtaşı, silttaşı, marn, pelajik kireçtaşı gibi kırıntılı ve karbonat türü kayaçlar içermektedir. Formasyonun olistostromlar kesimlerindeki blokların bir kısmı, platform türü kireçtaşlarını temsil etmektedir. Ayrıca birimde, rekristalize kireçtaşı, mermer, granit, gabro, amfibolit, serpantinit, volkanik ve metamorfik kayaç blokları da gözlenmektedir [32-38].

3. Materyal ve method

Akkaya Hamamı Kaynağında 2007-2009 ve 2014-2016 yılları arasında yerinde debi, EC, pH, TDS ve sıcaklık ölçümleri yapılmış ve ayrıca kimysal ve izotopik amaçlı olarak su örnekleri alınmıştır. Kış ayları hariç, sismik aktivite zamanlarında yoğunlaşarak 5-30 günlük periyotlarla ölçüm ve analizler yapılmıştır. Alınan su örneklerinin major anyon ve katyon analizi Hacettepe ve Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarında, iz element analizleri Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Su Kimyası Laboratuvarında, trityum analizleri ise Hacettepe Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Çevresel İzotop Laboratuvarında yaptırılmıştır. Kaynağın çıkış kanallarının çok dağınık olması nedeniyle debi ölçümü, küçük kanalların toplanmasıyla tahmini olarak yapılmıştır.

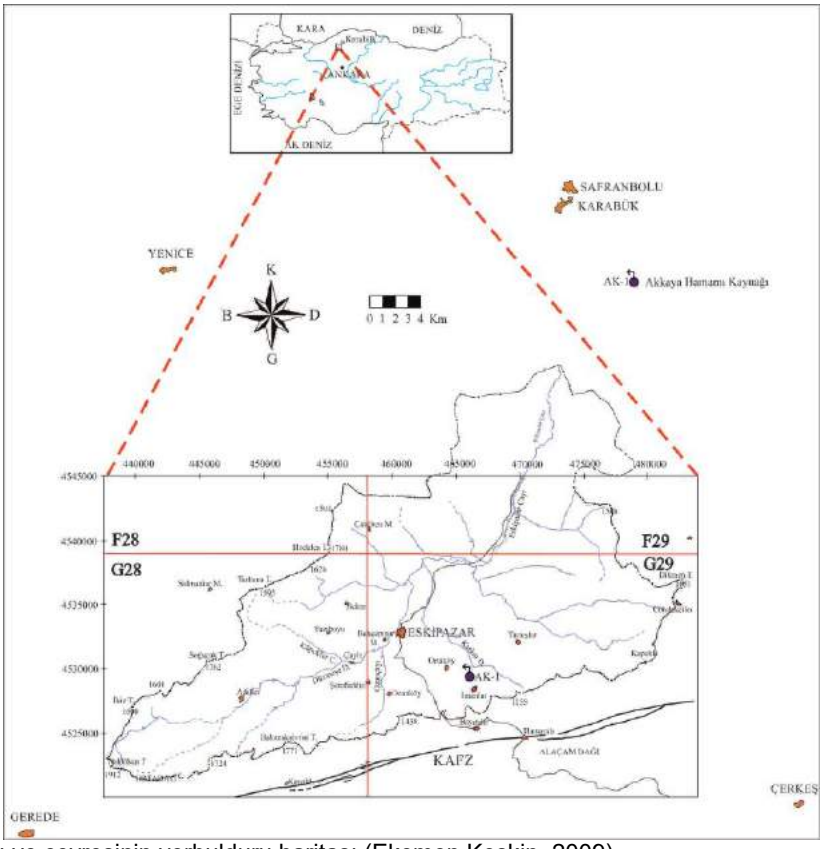
4. Hidrojeoloji

Akkaya Hamamı Kaynağının (Şekil 2) arazi ölçüm değerleri Çizelge 2'de verilmiştir. Bu jeotermal su Abant Formasyonundan beslenen ve travertenlerden boşalan bir kaynak olup, halen traverten çökeltmeye devam etmektedir. Kaynak travertenlerin kırığı boyunca (Şekil 3) 5 adet havuz oluşturacak bir şekilde boşalmaktadır. Havuzlardan 1 adedi kuru, 1 adedi sızıntı şeklinde, 3 adedi ise aktiftir (1 tanesi küçük boyuttadır). Bu sular basınçlı olarak yeryüzüne çıkmakta, çıktığı anda atmosfer basıncı ile dengeye ulaşmaya çalışmakta ve bünyesinde bulunan CO_2'nin bir kısmını kaybetmektedir. Böylece çözücülük etkisini kaybederek traverten oluşumuna neden olmaktadır. Kaynaktan ölçüm ve analiz için su örneklerinin alımı, direkt su çıkış deliğine ulaşılabilen, mevsimsel ve günlük değişimlerden etkilenmeyen ve sıcaklığının daha iyi ölçülebildiği orta havuzdan yapılmıştır (Şekil 3).

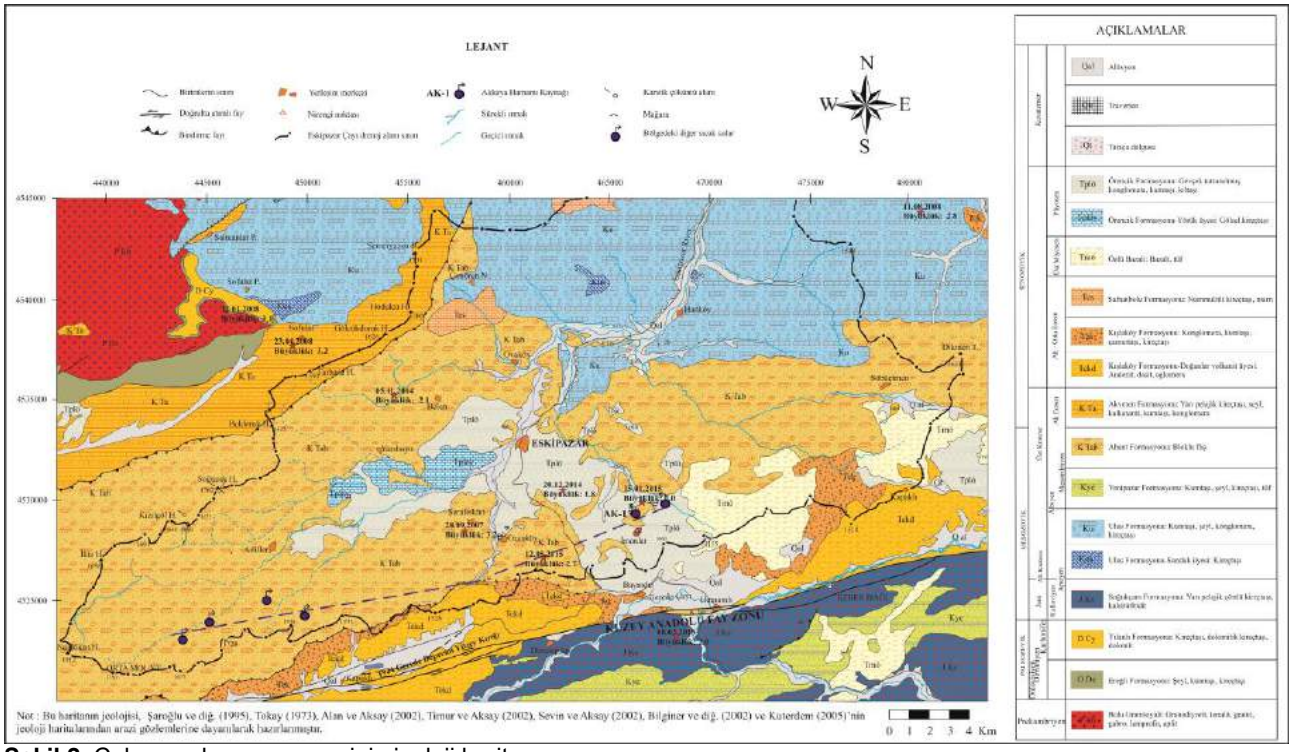
2007-2009 yılları arasında kaynağın EC değerleri 3910-4370 µS/cm arasında, pH değeri 6.54-7.04 arasında, sıcaklık değerleri ise 32.3-35.0 ^{o}C arasında değişmektedir. 2014-2016 yılları arasında ise; EC değerleri 4736-4926 µS/cm arasında, pH değeri 6.35-6.60 arasında, sıcaklık değerleri 31.15-33.77 ^{o}C arasında değişmektedir (Çizelge 1). 2007-2009 yılları ile 2014-2016 yıları arasındaki özellikle EC değerlerindeki farklılıklar kaynağın bu yıllar arasındaki muhtemelen özellikle sismik aktiviteler vb. faktörlere bağlı olarak permeabilite ve akım yollarının değişmesi, çözünmüş maddece daha zengin suların karışım oranlarının artması veya çözünmüş maddece daha fakir suların karışım oranlarının azalması gibi nedenlere bağlı olarak ve meydana gelen bu değişimlerin devam etmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. 2007-2009 yılları arasında orta havuzun üzerindeki küçük sızıntı kanalının şu an akmamasının sebebinin ise bu kanalın çökelen traverten nedeniyle kapanmasından kaynaklı olacağı düşünülmektedir.

5. İzotop Hidrojeolojisi

Trityum izotopu, radyoaktif bozunmaya uğramakta ve bu yönüyle yeraltısularının yaşlarının (yeraltında dolanım süresi) saptanmasında kullanılabilmektedir. Akkaya Hamamı Kaynağının kalitatif olarak yaşının saptanabilmesi ve sismik aktivitelere bağlı olarak izotopik değişimlerin belirlenebilmesi için trityum analizi yaptırılmıştır (Çizelge 2). Kaynağın yaşı analiz sonuçları yardımıyla [39]'un önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşımla (Çizelge 3) tayin edilmeye çalışılmıştır. 2007-2009 yılları arasında Akakaya Hamamı Kaynağı'nın trityum değerleri çoğunlukla 0-0.73 TU arasında, 2014-2016 yılları arasında ise 0-0.41 TU arasında değişmekte olup, 0.8 TU'dan küçük grubuna girmekte, dolayısıyla Yarımodern-1952'den önce beslenmiş yorumuna gidilebilmektedir. Bu durumda bu kaynak ortalama 50 yıldan daha yaşlı bir sudur.



Şekil 1. Çalışma alanı ve çevresinin yerbulduru haritası (Ekemen Keskin, 2009)



Şekil 2. Çalışma alanı ve çevresinin jeoloji haritası

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Çizelge 1. Akkaya Hamamı Kaynağının 2007-2009 ve 2014-2016 yılları arasındaki arazi ölçüm değerleri

Kaynak Adı	Yükseklik (m)	Boylam	Enlem	Tarih	EC (µS/cm)	TDS (mg/l)	pH	Sıcaklık (°C)	Debi (lls)	Eh
Akkaya Hamamı Kaynağı	941	0466310	4529311	27.07.2007	4370	2360	6.64	34.1	~1.5	(-)
"	"	"	"	20.08.2007	4140	2240	6.73	34.2	~1.5	(-)
"	"	"	"	01.09.2007	4180	2240	6.96	34	~1.5	(-)
"	"	"	"	11.09.2007	4210	2260	6.68	34	~1.5	(-)
"	"	"	"	21.09.2007	4190	2260	6.83	34.5	(-)	(-)
(Deprem-28.09.2007)	"	"	"	01.10.2007	3910	2100	6.65	34,6	~1.75	(-)
"	"	"	"	06.10.2007	4220	2280	6.81	34	~1.5	(-)
"	"	"	"	16.10.2007	4310	2310	6.89	33.8	~1.5	(-)
"	"	"	"	01.11.2007	4210	2260	6.96	32.5	~1.5	(-)
"	"	"	"	24.11.2007	4280	2300	7.04	32.3	~1.5	(-)
"	"	"	"	18.12.2007	4330	2330	6.75	32.5	~1.5	(-)
"	"	"	"	03.04.2008	4190	2260	6.54	33.1	~1.5	(-)
"	"	"	"	20.04.2008	4190	2260	6.65	34.1	~1.2	(-)
(Deprem-23.04.2008)	"	"	"	25.04.2008	4160	2250	6.81	34.1	(-)	(-)
"	"	"	"	29.04.2008	4160	2240	6.82	34.1	(-)	(-)
"	"	"	"	09.05.2008	4150	2230	6.78	34.2	(-)	(-)
"	"	"	"	16.05.2008	4130	2220	6.73	34.2	(-)	(-)
"	"	"	"	26.05.2008	4150	2260	6.97	34.3	(-)	(-)
"	"	"	"	11.06.2008	4120	2230	6.95	34.3	(-)	(-)
"	"	"	"	23.07.2008	4170	2230	6.63	34.5	(-)	(-)
"	"	"	"	07.08.2008	4190	2250	6.79	34.9	~1.5	(-)
(Deprem-11.08.2008)	"	"	"	14.08.2008	4160	2250	6.65	35	~1.5	(-)
"	"	"	"	14.11.2008	4100	2200	6.65	34.8	(-)	(-)
"	"	"	"	06.12.2008	4150	2240	6.72	34.6	~1.5	(-)
"	"	"	"	15.10.2014	4836	3168	6.35	32.46	~1.5	-373
"	"	"	"	25.10.2014	4853	3158	6.43	32.10	~1.5	-375
"	"	"	"	20.11.2014	4920	3197	6.50	31.15	~1.5	-387
"	"	"	"	13.12.2014	4910	3192	6.47	31.32	~1.5	-353
Deprem-20.12.2014	"	"	"	19.12.2014	4899	3186	6.47	31.33	~1.5	-337
Deprem-15.01.2015	"	"	"	28.01.2015	4920	3198	6.5	31.36	~1.5	-315
Deprem-08.02.2015	"	"	"	16.02.2014	4902	3187	6.52	31.90	~1.5	-354
"	"	"	"	04.03.2015	4860	3160	6.54	31.91	~1.5	-362
"	"	"	"	14.04.2015	4850	3153	6.54	31.90	~1.5	-375
Deprem-02.05.2015	"	"	"	02.05.2015	4926	3201	6.56	32.37	~1.5	-461
"	"	"	"	08.05.2015	4828	3138	6.57	32.56	~1.5	-395
"	"	"	"	14.05.2015	4905	3189	6.42	32.57	~1.5	-360
"	"	"	"	25.06.2015	4906	3188	6.49	33.05	~1.5	-416
"	"	"	"	28.09.2015	4887	3176	6.41	33.77	~1.5	-554
"	"	"	"	31.10.2015	4902	3183	6.60	32.9	~1.5	-356

6. Tektonik Aktivite ile İlişkili Değişimler

Bu projenin temeli 2007-2009 yılları arasında yapılmış hidrojeolojik amaçlı bir çalışma kapsamında atılmış ve bu çalışma sırasında, kaynağın birkaç sismik aktivite öncesinde vermiş olduğu tepkiler nedeniyle 2014-2016 yılları arasında da devam ettirilmiştir. Kaynaktaki tüm ölçüm ve analizler çıkış deliğine ulaşılabilen dolayısıyla zamansal değişimlerden etkilenmeyecek olan orta havuzunda yapılmıştır. Bu ve önceki proje süresi içerisinde Boğaziçi Üniversitesi Kandilli Rasathanesi ve Deprem Araştırma Enstitüsü'nden alınan verilere göre 2007-2009 yılları arasında çalışma alanı içerisinde farklı noktalarda 4 adet küçük ölçekli deprem meydana gelmiştir. Sismik aktivite yerleri Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu sismik aktivitelerden birincisi Akkaya Hamamı Kaynağına en yakın noktada, 28.09.2007 tarihinde meydana gelmiş olup

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*



Şekil 3. Akkaya Hamamı Kaynağı çıkışları (3. ve 4. sırakiler ölçümlerin yapıldığı orta havuzdur)

Çizelge 2. Akkaya Hamamı Kaynağının 2007-2009 ve 2014-2016 yılları arasındaki trityum analizi sonuçlar

Kaynak Adı	Yükseklik (m)	Tarih	Trityum (TU)
Akkaya Hamamı Kaynağı	940	27.07.2007	0.30 ± 0.26
(28.09.2007)	"	01.10.2007	1.33 ± 0.26
"	"	16.10.2007	0.73 ± 0.25
"	"	20.04.2008	-0.34 ± 0.24
(23.04.2008)	"	25.04.2008	-0.13 ± 0.26
"	"	15.10.2014	0.01 ± 0.41
"	"	25.10.2014	-0.72 ± 0.38
"	"	20.11.2014	-1.42 ± 0.36
"	"	13.12.2014	-0.43 ± 0.36
(20.12.2014)	"	19.12.2014	-0.81 ± 0.37
(15.01.2015)	"	28.01.2015	-0.77 ± 0.38
(08.02.2015)	"	16.02.2014	0.41 ± 0.40
"	"	04.03.2015	-0.32 ± 0.36
"	"	14.04.2015	0.38 ± 0.35
(02.05.2015)	"	02.05.2015	-0.03 ± 0.37
"	"	08.05.2015	-0.35 ± 0.34
"	"	14.05.2015	-0.12 ± 0.35
"	"	25.06.2015	-0.06 ± 0.20

Not: Trityum için sayı önündeki – işareti ise saptama sınırı altında bir değer olduğunu göstermekte ve 0 olarak kabul edilebilmektedir.

Çizelge 3. Clark ve Fritz (1997) [39]'ın önerdiği kıtasal bölgeler için geçerli olan kalitatif yaklaşım

<0.8 TU	Yarımodern-1952'den önce beslenmiş
0.8 -~4 TU	Yarımodern ve şimdiki beslenimin karışımı
5 -15 TU	Modern (<5-10yıl)
>30 TU	1960 veya 1970'li yıllardaki beslenim bileşenleri önemli miktarda bulunuyor
>50 TU	1960'lı yılların beslenimi baskın

büyüklüğü 3.2'dir (Şekil 2, Çizelge 4). Üçüncü sismik aktivite ise 23.04.2008 tarihinde, 3.2 büyüklüğünde meydana gelmiş olup, bu deprem diğer depremlere nazaran daha sığ olduğu için Eskipazar halkı tarafından hissedilmiştir (Ekemen Keskin, 2009).

2014-2016 yılları arasında ise 5 adet küçük ölçekli deprem meydana gelmiştir. Bu dönem içerisinde meydana gelen dördüncü deprem 02.05.2015 tarihinde, 2.7 büyüklüğünde ve bölgede bulunan diğer sıcak ve minerralli sular ile aynı doğrultu üzerinde bulunan olasılı kırık-çatlak ve/veya fay zonu üzerinde (Ekemen Keskin, 2009) meydana gelmiştir (Şekil 2). Kış mevsimlerinde oluşan depremlerin öncesinde veya sonrasında yoğun kış şartlarından dolayı herhangi bir ölçüm yapılamamıştır.

Proje dönemleri arasında yerinde ölçüm sonuçları Çizelge 1'de, izotop analiz sonuçları Çizelge 2'de, kimyasal analizi sonuçları Çizelge 5'te, iz element analizi sonuçları ise Çizelge 6'da verilmiştir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Çizelge 4. Çalışma alanı içerisinde 2007-2009 ve 2014-2016 yılları arasında meydana gelen depremler

Tarih	Enlem (K)	Boylam (D)	Derinlik (Km)	Büyüklük	Yer
28.09.2007	40.9058	32.4972	5.0	3.2	Eskipazar (Karabük)
12.01.2008	41.0023	32.3647	4.7	3.1	Eskipazar (Karabük)
23.04.2008	40.9883	32.3967	2.3	3.2	Eskipazar (Karabük)
11.08.2008	41.0502	32.7685	5.4	2.8	Ovacık (Karabük)
20.12.2014	40.9252	32.5563	5.0	1.8	Ortaköy-Eskipazar (Karabük)
15.01.2015	40.9200	32.6045	1.0	2.0	Bayındır-Eskipazar (Karabük)
08.02.2015	40.8598	32.6245	8.1	2.0	Kuzören-Eskipazar (Karabük)
02.05.2015	40.8947	32.5445	4.5	2.7	Ozanköy-Eskipazar (Karabük)
05.11.2015	40.9668	32.4572	5.0	2.1	Yurecık-Eskıpazar (Karabuk)

Çizelgelere bakıldığında 2007-2009 yılları arasında meydana gelmiş küçük ölçekteki depremlerin, biri ve/veya birkaçında birkaç gün öncesinden itibaren Akkaya Hamamı Kaynağı'nın debi, sıcaklık, EC, TDS, Ca, HCO_3, trityum, Al, Mn, Fe değerlerinde değişimler görülmektedir. 2014-2016 yılları arasında meydana gelmiş küçük ölçekteki depremlerden diğerlerine oranla büyüklüğü daha fazla olan ve bölgedeki diğer sıcak ve mineralli sular ile aynı doğrultuda bulunan, dolayısıyla olasılı kırık-çatlak ve/veya fay zonu üzerinde meydana gelen dördüncü depremden sonra kaynağın, EC, TDS, Ca, HCO_3 ve Al değerlerinde azalma görülmektedir.

Bazı parametrelerdeki değişimler depremden birkaç gün sonra eski değerlerine dönerken bazılarında deprem sonrasında da devam etmiştir. 2007-2009 yılları arasında meydana gelen depremlerle ilişkili olarak kaynağın en çok parametresindeki değişim kaynağa en yakın bölgede meydana gelen 28.09.2007 tarihindeki depremde meydana gelmiştir. Sıcaklıktaki en belirgin değişim ise diğerlerine göre daha sığ derinlikte oluşan 23.04.2008 tarihindeki depremde meydana gelmiştir. Sıcaklıktaki artışların bölgedeki sismik aktivite öncesi sıkışma gerilmesi, stres birikimi ve sismik hareketlenmelerin sonucu meydana geldiği düşünülmektedir. Proje çalışmaları içerisinde, 28.09.2007 tarihindeki ilk depremde Akkaya Hamamı Kaynağı'ndaki sıcaklık artışı 0.5-0.6 ^oC olmuş, deprem yaklaşık 15 gün öncesi sıcaklık 34 ^oC iken depremin 7 gün öncesinde 34.5 ^oC'ye yükselmiş, depremden birkaç gün sonra ise eski sıcaklığı olan 34 ^oC değerine geri dönmüştür (Şekil 4). İlerleyen dönemlerde büyük olasılıkla mevsimsel etki (kış mevsimi) nedeniyle sıcaklıkta azalmalar gözlenmiştir (Çizelge 4). Aynı deprem dönemlerinde kaynağın debisinde büyük ihtimalle daha sığ dolaşımlı başka suların karışması nedeniyle bir miktar artış gözlenmiştir (Şekil 5). Bu, bir miktar debi artışıyla birlikte kaynağın EC, TDS, Ca ve HCO_3 değerlerinde azalmalar kendini göstermiştir. Bu değişimlerin, çözünmüş madde miktarı daha düşük olan başka suların karışımından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yine aynı depremle ilişkili olarak, deprem 15 gün öncesinde EC değeri 4210 µS/cm iken deprem 7 gün öncesinde 4190 µS/cm, ve deprem hemen sonrasında 3910 µS/cm değerlerine düşmüştür. Deprem sonrasında ise 4220 µS/cm değerine geri yükselmiştir. TDS, Ca ve HCO_3 miktarında da benzer değişler gözlenmiştir (Şekil 6, Şekil 7).

Aynı depremde bazı iz element içeriklerinde de değişmeler saptanmıştır. Al ve Mn değerleri deprem öncesinde sırasıyla 505 ppb, 44 ppb iken deprem sonrasında saptama sınırı altına düşmüştür. Fe içeriği ise 412 ppb'den 20 ppb'ye düşmüştür (Çizelge 6). Aynı depreminden sonra muhtemelen başka daha sığ dolaşımlı suların karışımıyla ilişkili olarak kaynağın trityum değerinde de değişme kendini göstermiştir. Trityum değeri Temmuz 2007 döneminde 0.3 TU iken deprem döneminde 1.33 TU'ya yükselmiş ve 2007 Ekim ortasında ise 0.73 TU'ya inmiştir (Çizelge 2, Şekil 8).

2007-2009 yılları arasında çalışma alanında diğerlerine nazaran daha sığ derinlikte meydana gelen ve Eskipazar halkı tarafından hissedilen 23.04.2008 tarihindeki depremde Akkaya Hamamı Kaynağı'ndaki sıcaklık artışı daha belirgin bir şekilde oluşmuş deprem öncesinde 33.1 ^oC iken deprem dönemindeki tarihlerde (deprem 3 gün öncesi ve deprem 2 gün sonrası) 34.1 ^oC yükselmiştir. İlerleyen dönmelerde sıcaklık bu sıcaklıkta devam etmiştir. Yine bu depremde kaynağın debisinde ilk depremde meydana gelen artışın aksine azalma meydana gelmiş ve Şekil 9'da görüldüğü gibi orta havuzdaki kaynak çıkış noktaları kurumuştur. Deprem sonrasında ise debi artarak eski düzeyine erişmiştir. Bu debi azalışının muhtemelen stres birikimi ve sismik aktiviteler ile ilişkili olarak mikro çatlak oluşumları, permeabilite değişimleri, yerel gözenek artış yada azalışları ve bunlarla ilişkili olabilecek kısa süreli olarak kaynak beslenme alanı içerisinde akım yolu değişimi vb. sebeplerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Aynı depremde, kaynağın trityum değerinde yine ilk depremin aksine azalma meydana gelmiş ve saptama sınırının altına düşmüştür (Çizelge 2, Şekil 8).

2014-2016 yılları arasında meydana gelen depremlerden diğerlerine oranla daha büyük olan, diğer sıcak ve mineralli sular ile aynı doğrultu üzerinde meydana gelen ve Eskipazar ve hatta Karabük halkı tarafından hissedilen 02.05.2015 tarihinde meydana gelen dördüncü depremde, deprem öncesinden ziyade deprem sonrasında değişimler meydana gelmiştir. Deprem gününde 4926 µS/cm olan EC değeri depremden birkaç gün sonra 4828 µS/cm değerine düşmüş ve daha sonra tekrar yavaş yavaş eski değerine dönmeye başlamıştır. TDS değeri de benzer şekilde değişime uğramıştır (Çizelge 1, Şekil 10). Deprem gününde 19.70 mek/l olan Ca değeri depremden birkaç gün sonra 16.99 mek/l değerine düşmüş ve daha sonra

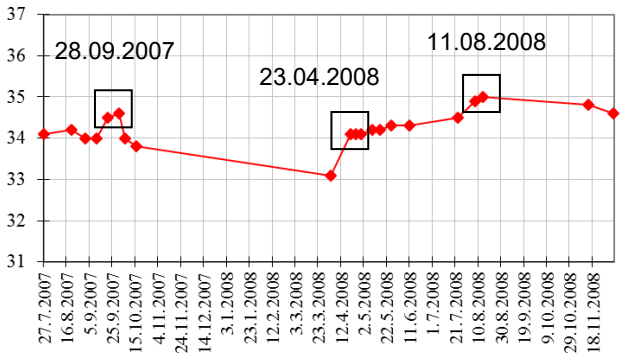
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

tekrar yavaş yavaş eski değerine dönmeye başlamıştır. HCO_3 değeri de benzer şekilde değişime uğramıştır (Çizelge 5, Şekil 11). Bu değerlerdeki değişimlerin stres değişimiyle birlikte, akım yollarının değişimi ve çözünmüş madde miktarı farklı suların karışım oranlarının değişmesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Kış döneminde meydana gelen depremlerde herhangi bir ölçüm yapılamamıştır.

Çizelge 5. Akkaya Hamamı Kaynağının 2007-2009 ve 2014-2016 yılları arasındaki kimyasal analiz sonuçları

Kaynak Adı	Tarih	EC (µS/cm)	Katyonlar (meq/l)					Anyonlar (meq/l)					Sertlik (FS)
			Li^+	Na^+	K^+	Mg^{++}	Ca^{++}	CO_3^{--}	HCO_3^-	F^-	Cl^-	SO_4^{--}	
AK-1	27.07.2007	4370	0.24	31.52	2.25	9.76	12.03	0.00	46.00	0.17	5.66	0.23	106
"	20.08.2007	4140	0.23	30.86	2.25	9.60	12.00	0.00	46.00	0.17	5.66	0.21	107
"	01.09.2007	4180	0.22	30.32	2.21	9.34	13.53	0.00	43.40	0.21	5.53	0.20	114
"	21.09.2007	4190	0.22	30.67	2.20	9.34	10.43	0.00	40.60	0.15	5.48	0.19	99
(28.09.2007)	01.10.2007	3910	0.22	29.05	2.05	9.19	10.64	0.00	40.50	0.15	5.39	0.19	99
"	06.10.2007	4220	0.22	30.53	2.19	9.43	13.59	0.00	43.40	0.15	5.50	0.18	115
"	16.10.2007	4310	0.22	29.46	2.13	9.02	13.12	0.00	43.10	0.18	5.38	0.20	111
"	24.11.2007	4280	0.24	32.25	2.26	9.86	14.12	0.00	43.90	0.19	5.63	0.18	120
"	18.12.2007	4330	0.23	31.58	2.32	9.64	14.02	0.00	43.80	0.19	5.53	0.19	118
"	03.04.2008	4190	0.22	30.70	2.18	9.44	13.94	0.00	44.30	0.18	5.44	0.19	117
"	20.04.2008	4190	0.22	30.00	2.12	9.13	13.50	0.00	44.70	0.16	5.27	0.19	113
(23.04.2008)	25.04.2008	4160	0.22	29.88	2.11	9.08	13.26	0.00	44.60	0.16	5.21	0.18	112
"	23.07.2008	4170	0.14	30.72	2.12	8.55	13.12	0.00	43.80	0.25	6.00	0.33	108
(11.08.2008)	14.08.2008	4160	0.14	29.34	2.06	8.48	12.97	0.00	44.00	0.28	5.74	0.33	107
"	15.10.2014	4836	0.17	33.97	2.58	12.56	18.22	0.00	57.56	0.22	5.11	0.26	154
"	25.10.2014	4853	0.16	31.58	2.37	11.33	17.64	0.00	55.24	0.22	5.12	0.30	145
"	20.11.2014	4920	0.16	32.38	2.44	11.51	17.69	0.00	55.24	0.24	5.35	0.29	146
"	13.12.2014	4910	0.16	32.00	2.42	11.68	18.04	0.00	53.33	0.26	5.19	0.27	149
(20.12.2014)	19.12.2014	4899	0.16	33.08	2.42	11.85	18.25	0.00	56.19	0.25	5.39	0.29	151
(15.01.2015)	28.01.2015	4920	0.16	32.03	2.46	11.96	18.72	0.00	57.00	0.18	4.92	0.31	153
(08.02.2015)	16.02.2014	4902	0.16	32.27	2.47	11.96	18.70	0.00	57.00	0.18	4.98	0.29	153
"	04.03.2015	4860	0.17	34.53	2.63	12.72	19.62	0.00	56.00	0.23	5.12	0.31	162
"	14.04.2015	4850	0.17	33.63	2.67	12.51	19.44	0.00	57.00	0.23	5.12	0.31	160
(02.05.2015)	02.05.2015	4926	0.17	33.94	2.62	12.64	19.70	0.00	57.00	0.23	5.15	0.29	162
"	08.05.2015	4828	0.16	32.20	2.52	12.09	16.99	0.00	52.43	0.23	5.23	0.31	145
"	14.05.2015	4905	0.17	32.82	2.40	11.37	18.07	0.00	54.37	0.23	5.23	0.32	147
"	25.06.2015	4906	0.16	33.02	2.56	12.35	18.88	0.00	55.67	0.24	5.19	0.30	156
"	28.09.2015	4887	0.15	32.90	2.43	9.97	17.68	0.00	55.24	0.27	5.30	0.32	138
"	31.10.2015	4902	0.14	34.65	2.00	10.36	18.63	0.00	54.81	0.24	5.10	0.30	145

Not: (-) işareti, ilgili değerin ölçümünün yapılmadığını ifade etmektedir.



Şekil 4. Akkaya Hamamı Kaynağı'nda 2007-2009 yılları arasında ölçülen sıcaklık değerleri

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*

Çizelge 6. Akkaya Hamamı Kaynağının 2007-2009 ve 2014-2016 yılları arasındaki iz element konsantrasyonları (ppb)

Spring No	Date	^{11}B	^{27}Al	^{29}Si	^{47}Ti	^{51}V	^{52}Cr	^{55}Mn	$^{54-57}$Fe	^{59}Co	^{60}Ni	^{63}Cu
AK-1	27.07.2007	12770	505	28330	11.1	0.90	5.88	44	412	0.20	<0.001	30.4
"	01.10.2007	11490	<0.001	22110	<0.001	1.67	8.05	<DL	20	1.20	<0.001	<0.001
"	16.10.2007	11940	<0.001	24800	<0.001	1.74	9.13	<DL	63	1.17	3.4	<0.001
"	20.04.2008	(-)	190	5652	6.4	1.40	45.37	25	199	1.79	9.4	<0.001
"	25.04.2008	(-)	189	5621	7.6	1.27	40.21	26	252	1.94	10.5	<0.001
"	15.10.2014	16140	1065	(-)	10.8	366.3	16.2	26.7	38	0.7	30.4	<0.001
"	25.10.2014	14200	627.4	(-)	2.6	88.7	12.2	22.1	62.8	0.3	<0.001	<0.001
"	20.11.2014	13910	249.7	(-)	3.0	35.5	12.0	22.7	94.7	0.3	<0.001	<0.001
"	13.12.2014	12730	231.5	(-)	<0.001	10.7	3.2	6.6	350.5	0.3	0.8	<0.001
"	19.12.2014	13330	249.9	(-)	<0.001	12.1	2.8	9.6	373.0	0.3	1.0	<0.001
"	28.01.2015	13520	852	(-)	<0.001	15.6	15.7	22.1	551	0.7	5.6	<0.001
"	16.02.2014	13420	553.5	(-)	<0.001	15.5	16.5	22.1	548.5	0.7	9.1	<0.001
"	04.03.2015	(-)	1978	(-)	<0.001	47.1	7.18	21.6	29.6	0.7	8.3	<0.001
"	14.04.2015	(-)	1344	(-)	<0.001	18.7	6.0	23.6	12.8	0.9	6.4	<0.001
"	02.05.2015	(-)	1070	(-)	<0.001	15.4	3.0	23.8	3.2	0.9	9.5	<0.001
"	08.05.2015	(-)	861	(-)	<0.001	15.5	1.2	26.3	<0.001	1.1	2.8	<0.001
"	14.05.2015	(-)	874	(-)	<0.001	17.0	<0.001	25.7	<0.001	0.9	2.1	<0.001
"	25.06.2015	(-)	1704	(-)	<0.001	17.4	17.2	28.6	<0.001	0.9	15.9	<0.001

Not: (-) işareti, ilgili değerin ölçümünün yapılmadığını ifade etmektedir.

Çizelge 6. Devam ediyor

Spring No	Date	^{66}Zn	^{69}Ga	^{72}Ge	^{75}As	^{81}Br	^{82}Se	^{85}Rb	^{88}Sr	^{89}Y	^{95}Mo	^{111}Cd
AK-1	27.07.2007	52.8	27.60	5.54	292.7	493.1	1.02	257.1	4253	0.70	(-)	<0.001
"	01.10.2007	<0.001	45.10	5.90	278.1	512.0	31.9	254.1	4889	0.02	(-)	<0.001
"	16.10.2007	<0.001	42.10	5.81	308.0	559.3	31.5	257.0	4935	0.03	(-)	0.08
"	20.04.2008	<0.001	68.56	6.79	305.4	561.8	2.7	259.3	2017	580.6	(-)	0.1
"	25.04.2008	<0.001	70.71	7.61	314.4	574.2	1.9	261.4	2007	594.3	(-)	0.3
"	15.10.2014	42.5	44.0	13.8	571.6	(-)	3.3	249.6	4540	0.3	11.2	0.4
"	25.10.2014	37.6	24.6	6.9	358.4	(-)	<0.001	238.9	4201	0.4	13.4	0.03
"	20.11.2014	12.5	24.8	6.0	342.1	(-)	2.4	240.6	4262	0.1	12.4	0.02
"	13.12.2014	<0.001	34.0	5.4	300	(-)	4.5	270.8	3385	0.05	12.1	<0.001
"	19.12.2014	<0.001	33.3	5.7	317.9	(-)	3.7	277.3	3402	0.07	12.3	<0.001
"	28.01.2015	<0.001	50.0	5.6	339	(-)	2.0	280	4766	0.3	12.1	0.04
"	16.02.2014	<0.001	51.1	5.3	340.7	(-)	4.5	278.8	4763	0.2	12.2	<0.001
"	04.03.2015	173.4	53.0	6.5	411	(-)	1,4	334.4	5895	0.5	16.2	0.2
"	14.04.2015	<0.001	57.5	5.6	404	(-)	5.8	338.8	5935	0.3	15.6	<0.001
"	02.05.2015	<0.001	53.7	4.7	432	(-)	10.3	326.6	5855	0.2	12.8	<0.001
"	08.05.2015	<0.001	60.4	6.0	410	(-)	8.0	338.4	6006	0.09	4.1	<0.001
"	14.05.2015	<0.001	57.6	4.8	417	(-)	<0.001	337.3	5942	0.1	3.2	<0.001
"	25.06.2015	<0.001	62.0	5.6	452	(-)	4.8	344.9	6210	0.5	2.9	<0.001

Not: (-) işareti, ilgili değerin ölçümünün yapılmadığını ifade etmektedir.

7. Sonuçlar ve Tartışmalar

2007-2009 ve 2014-2016 yılları arasında çalışma alanında meydana gelen sismik aktivitelerin biri ve/veya birkaçında, birkaç gün öncesinden itibaren veya sonrasında, Akkaya Hamamı Kaynağı'nın bazı parametrelerinde değişimler gözlenmiştir. Bazı parametrelerdeki değişimler depremden birkaç gün sonra eski değerlerine dönerken bazılarında deprem sonrasında da devam etmiştir. 2007-2009 yılları arasında meydana gelen sismik aktivitelerden en çok parametredeki değişim kaynağa en yakın bölgede meydana gelen depremde saptanmıştır. 28.09.2007 tarihindeki bu deprem döneminde muhtemelen başka suların karışması nedeniyle kaynağın debisinde bir miktar artış gözlenmiş ve bu debi artışıyla birlikte kaynağın EC, TDS, Ca, HCO_3, Al, Fe, Mn değerlerinde azalmalar saptanmıştır. Bu azalmaların çözünmüş madde miktarı daha düşük olan başka suların karışımından

kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yine muhtemelen başka suların karışımından dolayı kaynağın trityum değerinde artış kendini göstermiştir. 23.04.2008 tarihindeki en sığ derinlikte meydana gelen sismik aktivitenin birkaç gün öncesinde kaynağın debisinde, stres birikimi ve sismik aktiviteler ile ilişkili olarak mikro çatlak oluşumları, permeabilite değişimleri, yerel gözenek artış yada azalışları ve bunlarla ilişkili olabilecek kısa süreli olarak akım yolu değişimi vb. sebeplerden kaynaklandığı düşünülen hissedilebilir derecede bir azalma meydana gelmiştir. Bu azalmayla ilişkili olarak trityum değerinde de bir miktar azalma saptanmıştır. 2014-2016 yılları arasında meydana gelen sismik akitivitelerden sadece bölgede bulunan diğer sıcak ve mineralli sular ile aynı hat üzerinde bulunan olasılı kırık-çatlak ve/veya fay zonu üzerinde meydana gelen ve Eskipazar ve Karabük halkı tarafından hissedilen depremde değişimler saptanmıştır. Bu depremle ilişkili olarak kaynağın EC, TDS, Ca ve HCO_3 değerlerinde azalmalar gözlenmiş ve depremden daha sonra değerler yavaş yavaş eski hallerine geri dönmüştür. Bu değişimlerin permeabilite, akım yolu ve karışım oranı değişimleri vb'den kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Yapılan bu çalışma sonucunda, Akkaya Hamamı Kaynağında sismik aktiviteler ile ilişkili olarak meydana gelen değişimlerin düzensiz olduğu, aynı kaynakta aynı parametrelerin farklı aktivitelerde farklı davrandığı, parametrelerdeki değişimlerin deprem odak noktası, derinliği, büyüklüğü vb değerlere direkt olarak bağlı olduğu anlaşılmaktadır.

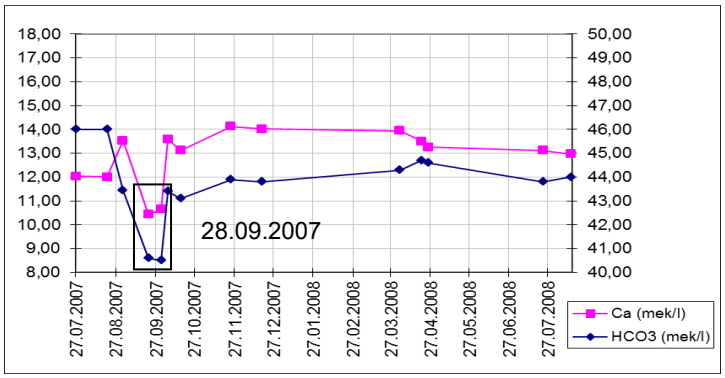
Çizelge 6. Devam ediyor

Spring No	Date	^{118}Sn	^{121}Sb	^{127}I	^{133}Cs	^{137}Ba	^{181}Ta	^{195}Pt	^{197}Au	^{208}Pb	^{232}Th	^{238}U
AK-1	27.07.2007	1.76	<0.001	85.3	25.2	841.1	5.4	<0.001	31.6	4.6	0.03	<0.001
"	01.10.2007	<0.001	<0.001	126.3	33.0	741.9	1.6	<0.001	1.90	3.1	<0.001	<0.001
"	16.10.2007	0.31	<0.001	125.0	36.6	876.0	1.5	0.08	13.9	3.5	<0.001	<0.001
"	20.04.2008	<0.001	0.66	132.2	29.6	1001	3.2	0.2	11.2	7.7	<0.001	<0.001
"	25.04.2008	<0.001	0.52	196.8	30.2	997.7	3.9	0.07	11.0	7.5	<0.001	<0.001
"	15.10.2014	<0.001	18.0	(-)	33.0	2356	9.4	0.01	0.3	44.3	0.136	<0.001
"	25.10.2014	<0.001	2.6	(-)	32.1	1227	12.5	<0.001	0.7	25.4	0.038	0.013
"	20.11.2014	<0.001	2.4	(-)	32.2	1248	27.6	<0.001	0.05	16.6	0.014	<0.001
"	13.12.2014	<0.001	4.3	(-)	31.9	985.8	20.8	<0.001	0.4	17.2	<0.001	<0.001
"	19.12.2014	<0.001	4.4	(-)	32.5	980.2	25.0	<0.001	0.4	18.5	<0.001	<0.001
"	28.01.2015	<0.001	6.6	(-)	32.6	1579	33.9	<0.001	0.4	10.6	0.03	<0.001
"	16.02.2014	<0.001	6.7	(-)	32.2	1569	41.6	<0.001	0.5	12.7	<0.001	<0.001
"	04.03.2015	<0.001	11.5	(-)	57.5	3015	32.1	<0.001	<0.001	105.6	<0.001	<0.001
"	14.04.2015	<0.001	12.1	(-)	63.0	3259	49.2	<0.001	<0.001	103.9	<0.001	<0.001
"	02.05.2015	<0.001	11.8	(-)	58.1	3056	37.8	<0.001	<0.001	63.0	<0.001	<0.001
"	08.05.2015	<0.001	12.5	(-)	58.6	3182	35.4	<0.001	<0.001	72.1	<0.001	<0.001
"	14.05.2015	<0.001	13.2	(-)	61.6	3300	33.9	<0.001	<0.001	53.2	<0.001	0,018
"	25.06.2015	<0.001	13.8	(-)	59.1	3269	19.3	<0.001	3.1	30.4	<0.001	<0.001

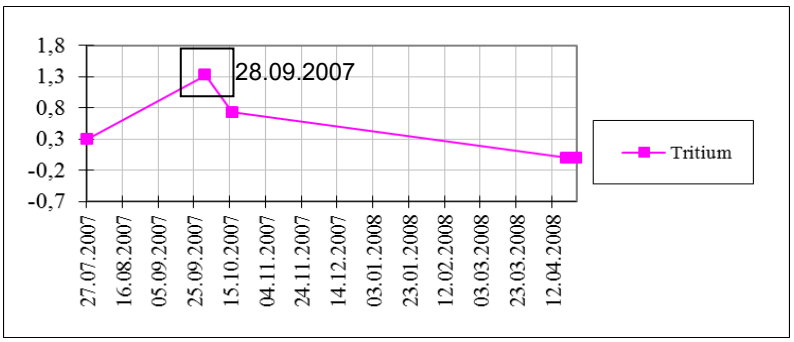
Not: (-) işareti, ilgili değerin ölçümünün yapılmadığını ifade etmektedir.



Şekil 5. Akkaya Hamamı Kaynağı'nın (orta kaynak) 28.09.2007 depreminden önceki doğal akışı (sol) ve 28.09.2007 deprem dönemindeki bir miktar debi artışı (sağ)



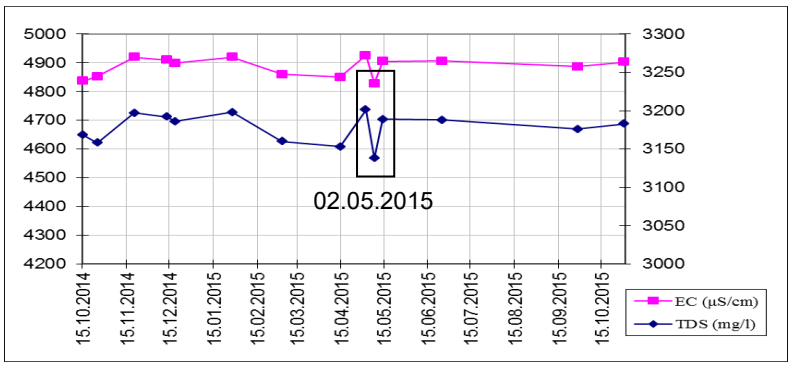
Şekil 7. Akkaya Hamamı Kaynağı'nda 2007-2009 yılları arasında analiz edilen Ca ve HCO_3 değerleri (kutucuk 28.09.2007 tarihinde meydana gelen depremde, kaynaktaki Ca ve HCO_3 azalışını göstermektedir)



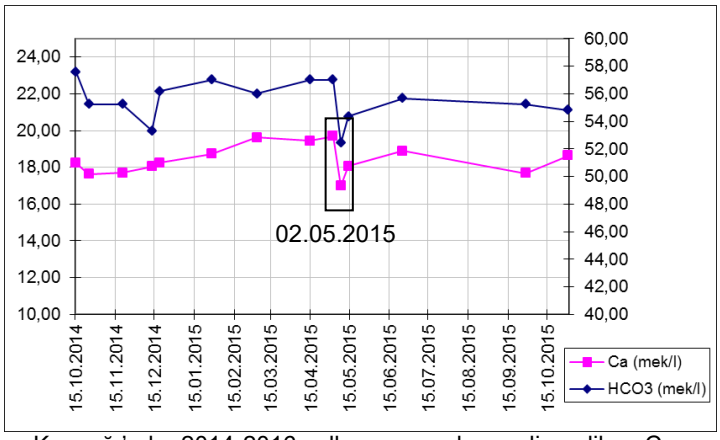
Şekil 8. Akkaya Hamamı Kaynağı'nda 2007-2009 yılları arasında analiz edilen trityum değerleri (kutucuk 28.09.2007 tarihinde meydana gelen depremde, kaynaktaki trityum artışını göstermektedir)



Şekil 9. Akkaya Hamamı Kaynağı'nın (orta kaynak) doğal hali (sol), 23.04.2008 depreminden öncesinde (20.04.2008) debi azalışı (orta) ve 23.04.2008 depreminden sonraki akışları (sağ)



Şekil 10. Akkaya Hamamı Kaynağı'nda 2014-2016 yılları arasında ölçülen EC ve TDS değerleri (kutucuk 28.09.2007 tarihinde meydana gelen depremde, kaynaktaki EC ve TDS azalışını göstermektedir)



Şekil 11. Akkaya Hamamı Kaynağı'nda 2014-2016 yılları arasında analiz edilen Ca ve HCO_3 değerleri (kutucuk 28.09.2007 tarihinde meydana gelen depremde, kaynaktaki Ca ve HCO_3 azalışını göstermektedir)

8. Teşekkürler

Bu çalışma, 2007-2009 yılları arasında Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı (CÜBAP) tarafından M-331 numaralı Bireysel Araştırma Projesi olarak, 2014-2016 yılları arasında ise Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından KBÜ-BAP-14/1-DS-032 numaralı Bireysel Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Kaynaklar

[1] Thomas, D. Geochemical precursors to seismic activity. *Pure Applied Geophysics* 126, no. 2-4: 241-266,1988.

[2] Toutain, J.P., and J.C. Baubron. Gas geochemistry and seismotectonics: A review. *Tectonophysics* 304, no. 1-2: 1-27,1999

[3] Süer, S., N. Güleç, H. Mutlu, C. Çifter, M. Sayın, and D.R. Hilton. Sismik etkinliklerin izlenmesinde hidrojeokimyasal asal ve izotopik parametreler: Kuzey Anadolu Fay Zonu. *II. Ulusal Hidrolojide İzotop Teknikleri Sempozyumu, 11-23.* İzmir-Turkey.2005

[4] Vorhis, R. C. Hydrologic effects of the earthquake of March 27, 1964, outside Alaska. *U.S. Geological Survey Professional Paper* 544, C: 54 p.,1967

[5] Todd, D.K. *Groundwater Hydrology*. 2nd ed. New York: John Wiley and Sons, 1980

[6] Hauksson, E. Radon content of groundwater as an earthquake precursor: Evaluation of worldwide data and physical basis. *Journal of Geophysical Research* 86, no. B10: 9397-9410, 1981

[7] Teng, T.L. and L.F. Sun. Research on groundwater radon as a fluid phase precursor to earthquakes. *Journal of Geophysical Research* 91, no. B12: 12305-12313, 1986

[8] Sano, Y. N. Takahata, G. Igarashi, N. Koizumi, and N.C. Sturchio. Helium degassing related to the Kobe earthquake, *Chemical Geology* 150, no. 1-2: 171-179, 1998

[9] Wakita, H., Y. Nakamura, and Y. Sano. Short-term and intermediate-term geochemical precursors. *Pure and Applied Geophysics* 126, no.2-4: 267-278, 1988

[10] Sato, T., H. Wakita, K. Notsu, and G. Igarashi. Anomalous hot spring water changes: Possible precursors of the 1989 volcanic eruption off the east coast of the Izu Peninsula. *Geochemical Journal* 26, no. 2: 73-83, 1992

[11] Sugisaki, R., T. Ito, K. Nagamine, and I. Kawabe. Gas geochemical changes at mineral springs associated with the 1995 southern Hyogo earthquake (M = 7.2), Japan. *Earth and Planetary Science Letters* 139, no.1-2: 239-249, 1996

[12] Wakita, H., Geochemical challenge to earthquake. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 93, no.9: 3781-3786. 1996 [16] Biagi, P. F., A. Ermini, S.P. Kingsley, Y.M. Khatkevich, and E.I. Gordeev. Possible precursors in groundwater ions and gases content in Kamchatka (Russia). *Phys Chem. Earth* (A) 25, no. 3: 295-305, 2000

[13] Hilton, D.R. The helium and carbon isotope systematics of a continental geothermal system: Results from monitoring studies at Long Valley Caldera (California, U.S.A.). Chemical Geology 127, no. 4: 269-295, 1996

[14] Güleç, N., D.R. Hilton, G.A.M De Leeuw, H. Mutlu, S. Süer, and C. Çifter. Isotope composition of geothermal fluids along the North Anotolian Fault Zone: Spatial and Temporal variations in relation to sismic activites. *Proceedings World Geothermal Congress 2005*, 1-11. Antalya, Turkey, no: 0842, 2005

[15] Nishizawa, S., G. Igarashi, and Y. Sano. Radon, Cl and SO_4 anomalies in hot spring water associated with the 1995 earthquake swarm off the east coast of the Izu Peninsula, Central Japan. *Applied Geochemistry* 13, no. 1: 89-94, 1998

[16] Biagi, P. F., A. Ermini, S.P. Kingsley, Y.M. Khatkevich, and E.I. Gordeev. Possible precursors in groundwater ions and gases content in Kamchatka

(Russia). *Phys Chem. Earth* (A) 25, no. 3: 295-305**,** 2000

[17] Şimşek, Ş., and N. Yıldırım. Geothermal activity at 17 August and 12 November 1999 Eastern Marmara Earthquake Region, Turkey. *IGA Meeting,1-9.* Antalya-Turkey, 2000

[18] Virk, H.S., V. Walia, and N. Kumar. Helium/radon precursory anomalies of Chamoli earthquake, Garhwal Himalaya, India. *Journal of Geodynamics* 31, no. 2: 210-210, 2001

[19] Aiuppa, A.M. Ditta, R. Favara, C. Federico, S. Gurrieri, and M. Valenza. Geochemical monitoring of groundwater composition at Vesuvius. *EGS XXVII General Assembly, Nice,* 21-26 April, 2002

[20] Balderer, W., F. Leuenberger, F. Suner, T. Yalçın, and W. Stichler. Effects of the Cinarcik-Izmit August 17, 1999 earthquake on the composition of thermal and mineral waters as revealed by chemical and isotope investigations. *Geoffsica Internacional* 41, no. 4: 385-391, 2002

[21] Federico, C., A. Aiuppa, R. Favara, S. Gurrieri, and M. Valenza. Geochemical monitoring of groundwaters (1998-2001) at Vesuvius volcano (Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 133, no. 1-4: 81-104, 2004

[22] Planinić, J., V. Radolić, and B. Vuković. Radon as an earthquake precursor. *Nuclear Unstruments and Methods in Physics Research* A, 530, no. 3: 568-574, 2004

[23] Claesson, L., A. Skelton, C. Graham, C. Dietl, M. Mörth, P. Torssander, and I. Kockum. Hydrogeochemical changes before and after a major earthquake. *Geological Society of America* 32, no.8: 641-644, 2004

[24] Hartmann, J., and J.K. Levy. Hydrogeological and gasgeochemical earthqauke precursors- A review for Application. *Natural Hazards* 34, no. 3: 279-304, 2005

[25] Song, S. R., W.Y. Ku, Y.L. Chen, C.M. Liu, H.F. Chen, P.S. Chan, Y.G. Chen, T.F. Yang, C.H. Chen, T.K. Liu, and M. Lee. Hydrogeochemical anomalies in the springs of the Chiayi Area in West-central Taiwan as possible precursors to earthquakes. *Pure Applied Geophysics* 163, no. 4: 675-691, 2006

[26] Kuo, T., K. Fan, H. Kuochen, Y. Han, H. Chu, and Y. Lee. Anomalous decrease in groundwater radon before the Taiwan M 6.8 Chengkung earthquake. *Journal of Environmental Radioactivity* 88, no. 1: 101-106, 2006

[27] Slejko, F., R. Petrini, G.B. Carulli, F. Italiano, and M. Ditta. Preliminary geochemical and isotopic data on springs along the Fella-Sava fault zone (NE Italy). *Bollettino Geofisica Teorica e Applicata* 48, no. 4: 423-434, 2007

[28] Skelton, A., L. Claesson, G. Chakrapani, C. Mahanta, J. Routh, M. Mörth, and P. Khanna. Coupling between seismic activity and hydrogeochemistry at the Shillong Plateau, Northeastern India. *Pure and Applied Geophysisc* 165, no. 1: 45-61, 2008

[29] Einarsson, P., P. Theodórsson, A.R. Hjartardóttir, and G.I. Guðjónsson. Radon changes associated with the earthquake sequence in June 2000 in the South Iceland Seicmic Zone. *Pure and Applied Geophysics* 165, no. 1:165, 63-74, 2008

[30] Inan, S., T. Akgül, C. Seyis, R. Saatçılar, S. Baykut, S. Ergintav, and Baş M. Geochemical monitoring in the Marmara region (NW Turkey): A search for precursors of seismic activity. *Journal of Geophysical Research* 113, no. B3: 1-15, 2008

[31] Ekemen Keskin T. Eskipazar (Karabük) ve Yakın civarının hidrojeoloji incelemesi, Cumhuriyet Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Komisyon Başkanlığı (ZCÜBAP) Proje No: M-331, 166 s, 2009

[32] Keskin T.E. Groundwater changes in relation to seismic activity: a case study from Eskipazar (Karabuk, Turkey). Hydrogeology Journal 18: 1205–1218, 2010

[33] Şaroğlu, F., E. Herece, M. Sarıaslan, and Ö. Emre. Yeniçağa-Eskipazar-Gerede arasının jeolojisi ve Kuzey Anadolu Fayı'nın genel özellikleri. *MTA Report,* no. 9873, 1995

[34] Tokay, M. Kuzey Anadolu Fay Zonunun Gerede ile Ilgaz arasındaki kısmında jeolojik gözlemler. *Kuzey Anadolu Fayı ve Deprem Kuşağı Simpozyumu*, *Bulletin of MTA Institude*, 12-29. Ankara-Turkey, 1973

[35] Alan, I., and A. Aksay. 1/100.000 Ölcekli Türkiye Jeoloji Haritalari Zonguldak F28 paftası. Geological Research Department, MTA (General Directorate of Mineral Research & Exploration), Ankara-Turkey. no. 29, 2002

[36] Timur, E., and A. Aksay. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Zonguldak-F29 Paftası. Geological Research Department, MTA (General Directorate of Mineral Research & Exploration), Ankara-Turkey. no. 30, 2002

[37] Sevin, M., and A. Aksay. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Bolu-G28 Paftası. Geological Research Department, MTA (General Directorate of Mineral Research & Exploration), Ankara-Turkey. no. 35, 2002

[38] Bilginer, E., Ş. Pehlivan, and A. Aksay. 1/100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları Bolu-G29 Paftası. *MTA (General Directorate of Mineral Research & Exploration)* Geological Research Department, no. 36, 2002

[39] Clarck, I. D., and P. Fritz. *Environmental Isotopes in Hydrogeology*. New York: Lewis Publishers,1997

KUZEY EGE DENİZİ DEPREMLERİNİN KUVVETLİ YER HAREKETİ ANALİZİ

STRONG GROUND MOTION ANALYSIS OF THE NORTHERN AEGEAN SEA EARTHQUAKES

Merve KORKAKÇI[a], Murat ERDURAN[a] ve Yusuf Arif KUTLU[a]
[a] Ç.O.M.Ü. Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye, E-posta: merduran@comu.edu.tr

Özet

Kuvvetli yer hareketi analizinde genellikle pik değerlerinin incelenmesine ve frekans içeriklerine odaklanılır. Bu çalışmada kuzey ege denizinde olmuş 6 farklı orta-büyüklükte (5.0<M<6.5) depremin kuvvetli yer hareketi karakteristikleri incelenmiştir. Depremler bölgede işletilen 13 ivmeölçer istasyonunda kaydedilmiştir. Dış merkez uzaklıkları 16-188 km arasında değişmektedir. Çanakkale ili ve çevresi; Saroz-Gaziköy kırığı, Etili kırığı, Çan-Biga kırığı, Sarıköy kırığı ve Yenice-Gönen kırığının meydana getirdiği depremler nedeniyle depremsellik bakımından aktif bir bölgede yer almaktadır. Bu nedenle, mevcut kuvvetli yer hareketi kayıtları bölgenin sismik riskini değerlendirmek için önemlidir. 13 kuvvetli yer hareketi İstasyonunun konumlandırıldığı yerlerdeki yerel zemin koşullarının deprem dalga biçimleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. En büyük pik genlikleri Çanakkale ilindeki istasyonlarda belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kuvveti yer hareketi, ivme, yerel zemin koşulları, pik genliği

Abstract

We generally focus on analysis of peak values and frequency contents in strong ground motion analysis. In this study, we analyze the strong ground motion characteristics of six different middle earthquakes (5.0<M<6.5) occured on the northen Aegean sea. The earthquakes were recorded at 13 accelerometric stations deployed in the region. Because of several faults (i.e. Saroz-Gaziköy, Etili, Çan-Biga, Sarıköy and Yenice-Gönen faults) in the region, Çanakkale city and its surrounding is characterized as a first-degree earthquake zone. Therefore strong ground motion records are important to evaluate seismic risk of the region. The effects of local site conditions on the earthquake waveforms have been investigated at 13 strong ground motion stations. Maksimum peak amplitudes was detected in Çanakkale stations.

Keywords: Strong ground motion, acceleromotion, local site conditions, peak amplitude

1. Giriş

Kaynaktan her yöne küresel olarak yayılan deprem dalgaları yeryüzüne yaklaştıkça yerel zemin koşullarındaki farklılaşmalar nedeni ile önemli değişikliklere uğrarlar. Bu durum yeryüzünde yakın bölgeler arasında hasar derecelerinde önemli farklılıklara neden olmaktadır [1]. Depremin yeryüzü üzerinde bir noktadaki etkisinin değerlendirilmesi, o noktadaki yer hareketi ivmesinin kaydedilmesi ile saptanır. Depremlerin oluşturduğu yer sarsıntılarına ait bilgileri elde etmeden, tehlikeleri gerçekçi bir şekilde değerlendirmek veya uygun sismik tasarım yöntemleri geliştirmek mümkün değildir [2]. Yapısal hasarların tespiti, yer hareketinin karakteristiği ve yerel zemin özelliklerinin birlikte değerlendirilmesi ile mümkündür. Olası bir deprem anında, deprem kaynağından yayılan sismik dalgaların periyodu ile zemin ve üzerindeki yapının titreşim periyodlarının aynı olması, yapının hasar almasına neden olabilir. Zeminler, kuvvetli yer hareketine maruz kaldıklarında doğrusal olmayan davranışlar gösterirler. Zeminlerin bu davranışı, kuvvetli yer hareketi kayıtları ile incelenebilir. Zemin büyütmesi, zeminin sağlamlığı ile ters orantılıdır.

Alüvyon bir zeminde ilerleyen bir sismik dalganın genliği, zemin gevşekliği ile doğru orantılı olarak büyür. Yerel zemin özellikleri, deprem hasarlarının ve etkilerinin azaltılmasında en önemli etkenlerden biridir. Deprem kaynağından aynı uzaklıkta ancak farklı zemin özelliklerine sahip bölgeler, deprem hareketine farklı tepki gösterebilir. Bu nedenle zeminlerin dinamik davranışlarını analiz etmek için birçok yöntem geliştirilmiştir [Örnk: [3-4]).

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan depremlerin kaynak parametreleri.

No	Tarih	Zaman (GMT)	Enlem - Boylam	Mag.	Derinlik (km)
1	06.12.2014	01:45:06	38.90 - 26.27	5.1 (M_w)	22.48
2	08.01.2013	14:16:07	39.66 - 25.59	6.2 (M_L)	26.83
3	13.01.2013	08:55:14	39.67 - 25.58	5.0 (M_L)	24.87
4	24.05.2014	09:25:00	40.21 - 27.31	6.5 (M_w)	25.02
5	30.07.2013	05:33:07	40.30 - 25.79	5.3 (M_L)	20.01
6	24.05.2014	09:31:18	40.40 - 26.30	5.3 (M_w)	6.98

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Çizelge 2. İstasyon bilgileri, depremlere ait yatay bileşen (D-B) maksimum pik ivme değerleri ve episantır uzaklıkları.

İstasyon Kodu	Enlem-Boylam Mevki	1 Pik Yer İvme (cm/s^2) / Repi (km)	2 Pik Yer İvme (cm/s^2) / Repi (km)	3 Pik Yer İvme (cm/s^2) / Repi (km)	4 Pik Yer İvme (cm/s^2) / Repi (km)	5 Pik Yer İvme (cm/s^2) / Repi (km)	6 Pik Yer İvme (cm/s^2) / Repi (km)
1701	40.14 - 26.40 MERKEZ	4.26 / 138	18.78 / 87	-	121.26 / 93	7.59 / 55	3.47 / 29
1703	40.23 - 27.26 BİGA	0.71 / 170	10.82 / 156	-	30.04 / 166	2.84 / 125	-
1704	39.77 - 26.35 EZİNE	7.41 / 97	-	-	27.49 / 101	2.46 / 76	1.10 / 69
1707	39.93 - 27.26 YENİCE	2.67 / 142	-	-	49.37 / 169	3.44 / 132	0.57 / 96
1708	39.84 - 26.05 BOZCAADA	-	17.54 / 45	1.93 / 44	31.48 / 76	4.38 / 56	1.14 / 65
1710	40.42 - 26.67 GELİBOLU	2.02 / 172	22.98 / 125	1.52 / 124	94.40 / 118	6.98 / 75	2.35 / 31
1711	40.19 - 25.91 GOKCEADA	-	-	-	176.60 / 51	74.43 / 16	3.31 / 41
1712	40.40 - 27.30 KARABİGA	1.84 / 188	-	-	47.70 / 170	1.94 / 129	0.63 / 84
1713	40.16 - 26.41 MERKEZ_2	2.33 / 140	-	-	97.47 / 94	5.84 / 55	7.32 / 27
1714	40.11 - 26.42- KEPEZ	4.13 / 135	-	-	51.12 / 95	-	1.65 / 33
1715	40.36 - 26.69 LAPSEKİ	2.23 / 166	-	-	-	-	
1716	39.60 - 26.41 AYVACIK	10.12 / 78	-	-	56.33 / 116	-	7.56 / 89
1717	40.18 - 26.36 ECEABAT	2.93 / 142	-	-	-	-	

Depreme karşı mühendislik tasarımında en önemli dinamik parametreyi yer hareketinin ivmesi teşkil eder. Yer hareketinin ivme değeri; deprem tehlike ve riskini belirlemede en önemli unsurlardan biridir. Deprem esnasında kaydedilen yer hareketinin ivme kayıtları önemli mühendislik bilgileri içerir. Bu kayıtlar; yer hareketinin genliğini, frekans içeriğini ve süresini gibi özellikle büyük mühendislik yapılarını etkileyen ve hareketin şiddetini temsil eden birçok parametreyi ihtiva ederler. Yer hareketinin genliğini belirlemede en yaygın ölçü; en büyük yer ivmesi veya yatay ivme pik değeri kullanılmaktadır. Yer hareketinin yatay bileşenleri, yapılar üzerinde genellikle düşey ivmeden daha etkilidir. Yapılar, düşey ivmelerin ve yerçekimi ivmesinin yarattığı basınç gerilmelerine karşı yeterli dayanım gösterebildiği halde, yatay ivmelerin oluşturduğu kesme ve çekme kuvvetlerine karşı daha az dayanım gösterir. Yatay ivmeler, atalet kuvvetleri ile olan doğal ilişkilerinden dolayı, genellikle yer hareketini tanımlamada sıkça kullanılır.

Bu çalışmada, çizelge 1'deki 6 faklı depremin farklı azimutlarda kaydedilen kuvvetli yer hareketi kayıtlarının zaman ve frekans bağımlı değişimleri, yerel zemin koşulları göz önüne alınarak incelenmiştir.

2. Veri

Çalışmada büyüklükleri 5.0 ile 6.5 arasında değişen 6 farklı deprem kullanılmıştır(Çizelge 1). T.C. Başbakanlık AFAD Yönetim Başkanlığı-Türkiye Kuvvetli Yer Hareketi Gözlem Ağı (http://kyh.deprem.gov.tr/ftpt.htm) tarafından Çanakkale ve civarında işletilen 13 kuvvetli yer hareketi istasyonlarına ait üç bileşen ivme kayıtları kullanılmıştır.

08.01.2013-24.05.2014 tarihleri arasında meydana gelen sığ odak derinliğine sahip depremlere ve kayıt edildikleri istasyonlara ait bilgiler Çizelge 2' de ayrıntılı olarak verilmiştir. Toplam 47 kuvvetli yer hareketi verisi analizde etkin olarak kullanılmıştır. Verilerin örnekleme aralığı 0.01s dir. Maksimum pik yer ivmeler (D-B bileşen) 0.57 cm/s^2 ile 176.60 cm/s^2 arasında değişim göstermektedir. Pik yer ivme değerleri arasındaki farklıların nedenleri; depremlerin farklı büyüklükte olması ve farklı uzaklıklarda (16-188km) yer alan kayıtçılar tarafından kaydedilmiş olmasıdır.
Bu çalışmada, istasyonların yerleştirildikleri yerel zeminler hakkında kapsamlı jeofizik ve jeolojik bilgiler mevcut değildir.

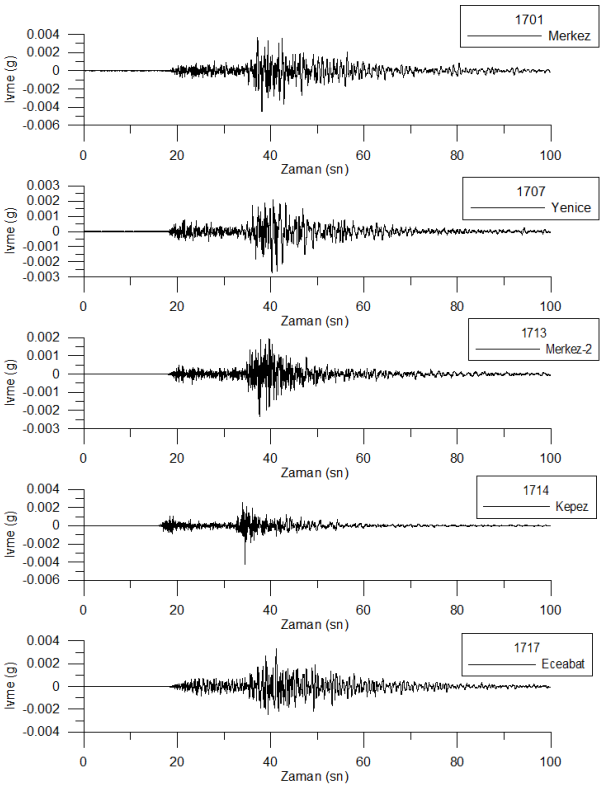
3. Yöntem

Bir bölgede depreme dayanıklı yapılar tasarlamak isteyen mühendisler, yapıların ekonomik ömrü boyunca karşılaşabileceği en kuvvetli yer hareketinin ne olacağının bilinmesini istemektedirler. İvme kaydının frekans içeriğini göstermek için Fourier genlik spektrumu elde edilir. Fourier spektrumu; hakim sismik dalgaların hangi frekans bileşenlerini içerdiğini, hangi bileşenin genliğinin daha büyük olduğunu ve yapılara etkisinin kestirilmesinde yararlı olabilmektedir [5]. Hakim periyod; Fourier genlik spektrumunda maksimum değere karşılık gelen titreşimin periyodu olarak tanımlanır [2]. Ancak dalganın bu özelliği kaydedildiği zemin özellikleri ile doğrudan ilgilidir. Yer hareketinin kısa periyod içeriği mesafe ile hızlı bir şekilde

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*

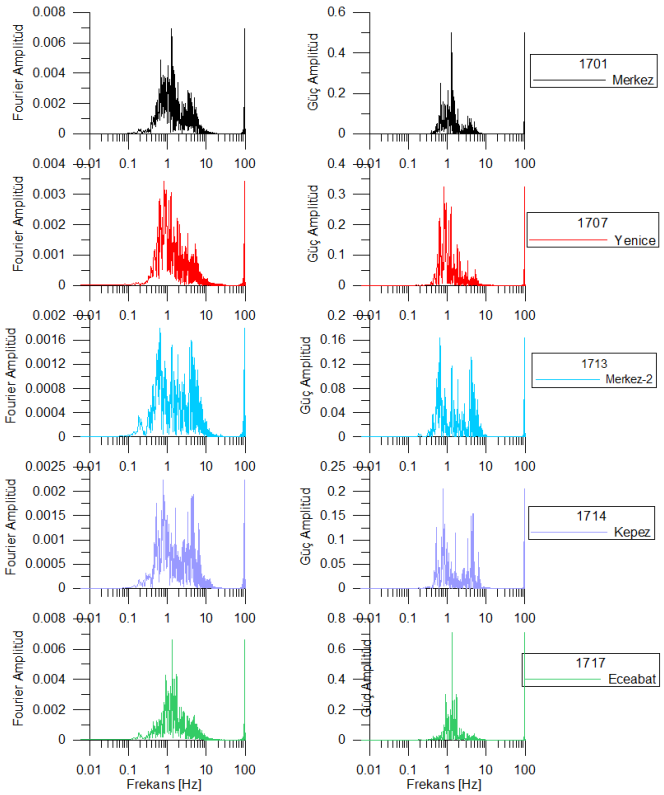
sönümlenirken, uzun periyodlu içeriği uzak mesafeleri kat edebilir.

Ayrıca hakim periyodun genliği sert zeminlerde düşerken, genç çökellerin hakim olduğu yumuşak zeminlerde kalınlığı ve kapladığı alanın genişliğine bağlı olarak artmaktadır.

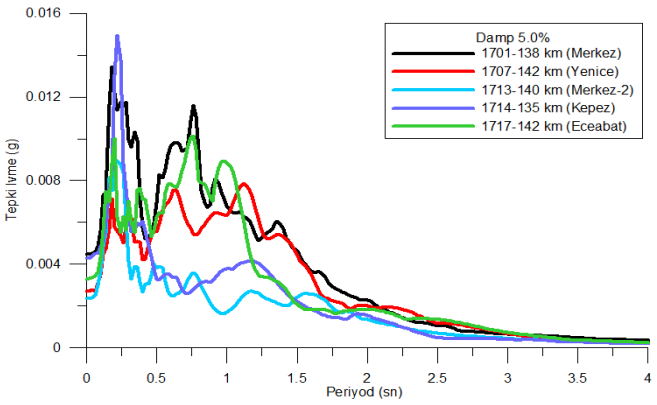


Şekil 1. Çizelge 1'deki numaralı depremin zaman-pik ivme değişimleri.

Tepki spektrumları, zaman ortamında yapılara gelebilecek hasarlar ile ilişkilidir. Başka bir değişle bir deprem dalgasının, tek kütle sistemi ile ifade edilen yapıların maruz kalacağı en büyük etkiyi ifade etmektedir. Yapıların tasarımında tepkinin zamana göre değişiminden çok, ivme tepkisinin en büyük değeri önem kazanmaktadır. Maksimum değer tepki spektrumundan elde edilmektedir.
İvme tepki spektrumu, yapılara etkiyen kuvveti, yani zeminden yapıya deprem etkisini göstermektedir. Mühendislik yapısının doğal periyoduyla sönüm oranına göre, ivme tepki spektrumundan okunan maksimum tepki değeri, yapıya etkiyen mutlak ivme değeri olup, bununla yapının kütlesi çarpılırsa sarsıntı esnasında yapıda oluşan maksimum kesme kuvveti elde edilir.

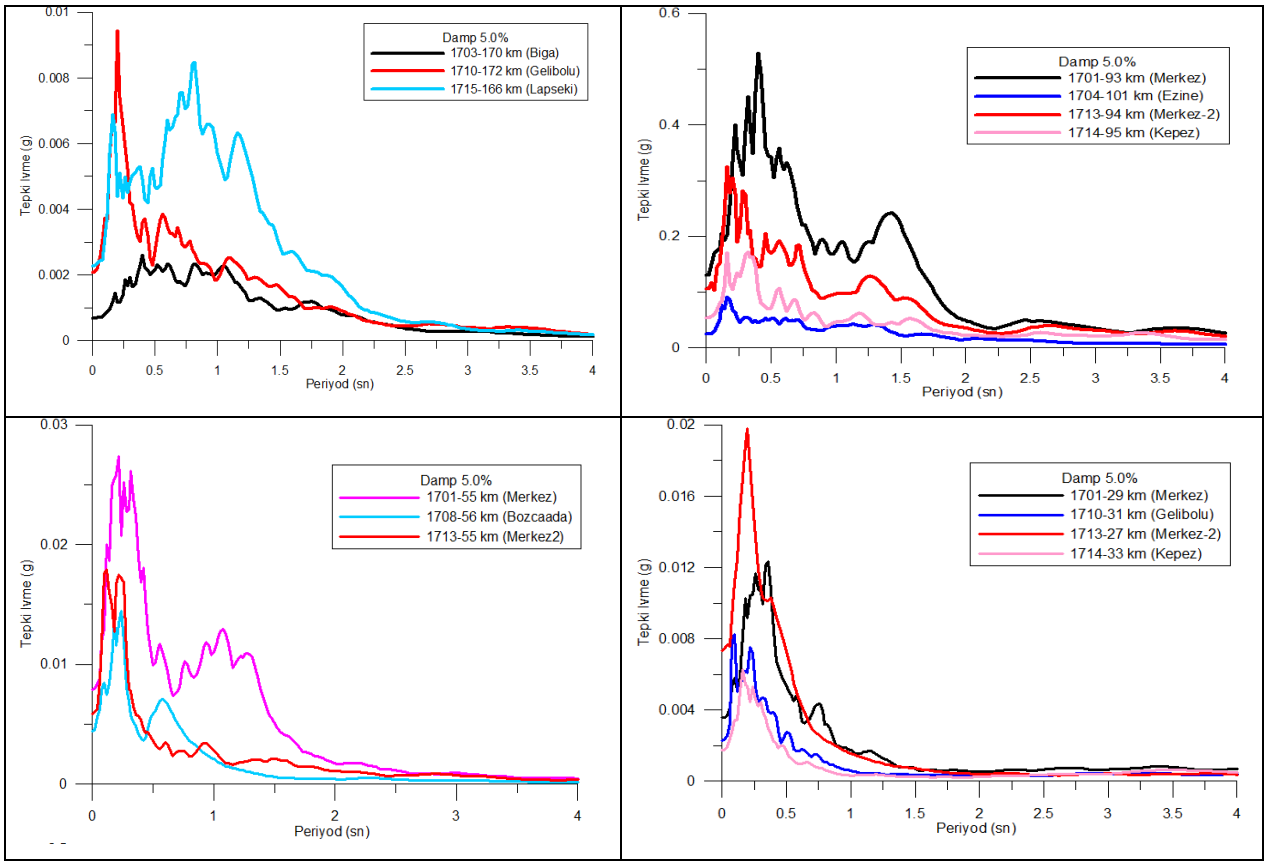


Şekil 2. Farklı istasyonların Fourier ve Güç spektrumları.



Şekil 3. %5 sönümlü depreme ait tepki ivme-periyot değişimi

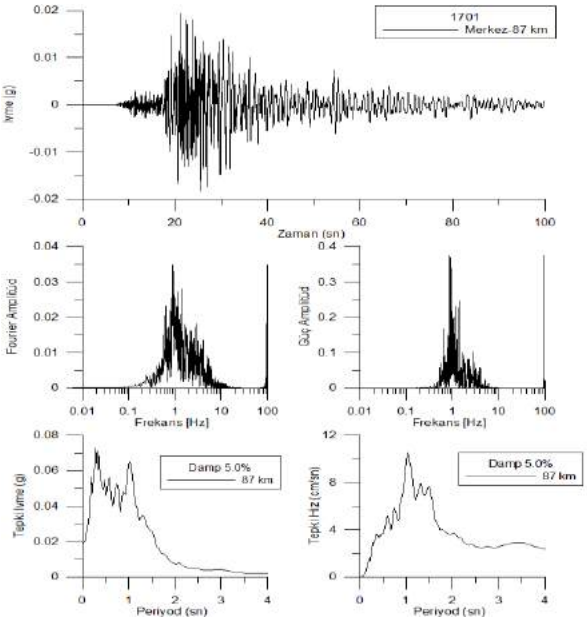
Çizelge 1'deki diğer depremlere ait tepki spektrumlarının frekansla değişimleri ise şekil 4' de gösterilmiştir.



Şekil 4. Çizelge 1'deki 1 nolu(sol-üst), 4 nolu(sağ-üst), 5 nolu(sol-alt) ve 6 nolu(sağ-alt) depremlere ait % 5 sönümlü ivme kaydı tepki spektrumları.

ASCII formatında temin edilen kuvvetli yer hareketi verileri SeismoSignal yazılımı [7] kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz aşamaları sırasıyla; giriş verisinin düzenlenmesi, zaman ekseni düzeltmesi, süzgeçleme, Fourier spektrumu eldesi, Tepki Spektrumu analizi ve yer hareketi parametrelerinin tespitinden oluşmaktadır. Her bir depreme ait Çanakkale merkez olmak üzere elde edilen bulgulardan örnekler verilecektir. Veriler değerlendirilirken dış merkez uzaklıkları yakın olanlar kendi aralarında gruplandırılmıştır.

Örneğin; dışmerkez uzaklıkları 138-142 km arasında değişen 5 adet kuvvetli hareket kayıtçısına ait dalga şekillerinin zaman ortamı değişimleri Şekil 1' de verilmiştir. Spektral ortamdaki durumları ise Şekil 2 ve 3' de sunulmuştur. Aynı depreme ait tepki spektrumlarının periyot bağımlı değişimleri Şekil 3' de verilmiştir. Spektrumlarda zemin hakim titreşim periyodu belirgin pikler vermektedir. Çizelge 1'deki 2 numaralı depremin kuvvetli yer hareketi kayıtına ait zaman ve frekans ortamı analizleri (ivme ve hız) Şekil 5' de verilmiştir.



Şekil 5. Çizelge 1'deki 2 numaralı depreme ait ivme ve hız kayıtlarının analizleri. Altta: İvme (sol-kolon) ve hız (sağ-kolon) spektrumları.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

4. Sonuçlar

Bütün depremler için zemin hakim titreşim periyodları, Fourier genlik spektrumlarında belirgin-hakim pikler olarak kendini göstermektedir. Çanakkale genelinde zemin hakim periyotlarının 0.2 s ile 0.4 s arasında değiştiği görülmüştür. İstasyon lokasyonlarında hesaplanan maksimum amplitüd ve frekans değerleri jeolojik olarak yerel zemin koşulları ile uyumludur. Ayrıca hakim periyodlardaki farklılıklar, Çanakkale il merkezindeki yerel zemin koşullarının değiştiğini göstermektedir. İstasyonların altını temsil eden zeminler yenilenmiş NEHRP zemin sınıflanmasına göre; aşınmış yumuşak kaya özelliği gösteren C1 sınıfını yada orta sıkı zeminleri karşılık gelmektedir(Gök, 2011). İl ve ilçe düzeyinde dikkate alındığında ise, C1, C2 ve az da olsa B sınıfına karşılık gelen zeminler yer almaktadır.

Kaynaklar

[1] Yalçınkaya, E., BYTNET (Bursa-Yalova-Türkiye İvme Ölçer Ağı) istasyonlarında yerel zemin etkilerinin incelenmesi, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 7, 75-85, 2005.

[2] Kramer, S.L., Geoteknik Deprem Mühendisliği, Çeviren: Kamil Kayabalı, Gazi Kitapevi, 2003.

[3] Yalçınkaya, E., 1 Mayıs 2003 Bingöl depremi (Mw=6.4) kuvvetli hareket kayıtlarının incelenmesi, Hacettepe Üniversitesi Yerbilimleri, 28, 99-108, 2003.

[4] Elçin Gök, E., Keçecioğlu, M., Çeken, U., Polat, O., İZMİRNET istasyonlarında standart spectral oran yöntemi kullanılark zemin transfer fonksiyonlarının hesaplanması, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 14, 1-11, 2012.

[5] Ercan, A. , Kıran (Afet) Bölgelerinde Yer Araştırma Yöntemleri Bilgiler ve Kurallar, Kardeşler Grup Matbaacılık, İstanbul, 2001.

[6] Gök E. Investigation of Earthquake Hazard ve Seismic Site Characteristic in the Examples of Bursa ve Izmir, Doktora Tezi (ingilizce), Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, s.170, 2011.

[7] Seismosoft., 2014., ‘’SeismoSignal V.5.0.’’ (http://www.seismosoft.com/en/seismosignal.aspx)

DEPREMLERDEN 1-B KABUK HIZ YAPISI

1-D CRUSTAL VELOCITY STRUCTURE FROM EARTHQUAKES

Çağlar ÖZLER[a] ve Orhan POLAT[b]

[a] Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Böl., Sismoloji ABD, İzmir, Türkiye, E-posta: caglar.ozer@deu.edu.tr

[b] Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeofizik Mühendisliği Böl., Sismoloji ABD, İzmir, Türkiye, E-posta: orhan.polat@deu.edu.tr

Özet

Deprem konumlarının doğru ve hassas olarak belirlenmesi bölgenin sismolojik ve sismotektonik karakterini anlamada önemi büyüktür. Farklı hız yapıları ile konumlandırılan depremlerde ciddi saçılımlar ve dağılmalar gözlenmektedir. Bu sebeple bölgeyi temsil eden doğru bir hız yapısı ile deprem konumlandırmanın önemi büyüktür. Bu çalışma kapsamında farklı hız yapıları ile depremler konumlandırılmış ve farklılıklar irdelenmiştir. Özellikle düşük RMS değerine sahip bölgeye uygun hız yapıları kullanıldığında sismisitenin tektonik birimler ile uyumunda ciddi artışlar gözlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Deprem konumu, bir boyutlu hız yapısı

Abstract

To understand the seismological and seismotectonic character of the region as accurately and precisely; determination of earthquake location is so important. We observed serious earthquake location errors with different velocity structures. Therefore; it's so important to use correct velocity structure for location process. Scope of this study; earthquakes were located with different velocity structures and differences of location were examined. Particularly; when we used appropriate velocity structures which have low RMS value, significant increase was observed between tectonic units and seismicity harmony.

Keywords: Earthquake location, one dimensional velocity structure

1. Giriş

Sismolojinin en temel işlemlerinin biri deprem konumlandırması ve odak parametrelerinin belirlenmesidir. Bu işlemin amacı deprem odağını (enlem, boylam, derinlik) ve oluş zamanını doğru şekilde belirleyebilmektir. Deprem konum parametrelerin doğru hesaplanabilmesi için en önemli aşama; yeraltındaki 1-boyutlu hız yapısının iyi bilinmesi gerekir. Bir boyutlu hız yapısı biliniyorsa; deprem konumunu elde ettikten sonra seyahat zamanlarını doğru bir şekilde hesaplanabilir.

Deprem konumları belirlenirken elimizde sadece istasyon koordinatları ve depremlerin istasyonlara geliş zamanı bilgisi vardır. Bilinmeyenler ise depremin oluş yeri (enlem, boylam, derinlik) ve zamanıdır. Bu bilinmeyenleri elde edebilmek için eş zamanlı ve yinelemeli çözüme ihtiyaç vardır.

Bu çalışma kapsamında İzmirNET [1] tarafından 2008-2012 yılları arasında kayıt edilen magnitüdü 4 den büyük 10 deprem seçilmiştir. Bu depremler kullanılarak SEISAN [2]paket programı ile deprem faz okumaları yapılmıştır. Daha sonra Hypo71 [3] programı ile ilksel konumlar elde edilmiştir. Çalışma alanı için farklı hız yapıları kullanılarak VELEST [4] programı ile çeşitli hız denemeleri yapılmıştır. Deprem konumlarındaki etkisini gösterebilmek amacıyla düşük hız, yüksek hız ve en düşük RMS değerine sahip hız modelleri kullanılmış ve değişimler incelenmiştir.

Bir boyutlu hız yapısı çalışmalarının belirlenmesi birçok çalışmaya altlık teşkil etmektedir. Özellikle deprem konumlarının doğru olarak belirlenmesinde en önemli kısasların başında; bir boyutlu hız yapısı ve iyi dağılımlı bir istasyon ağı gelmektedir. Yapılan tüm sismolojik çalışmaların temelini oluşturan deprem konumlandırılması bu açıdan çok önemlidir.

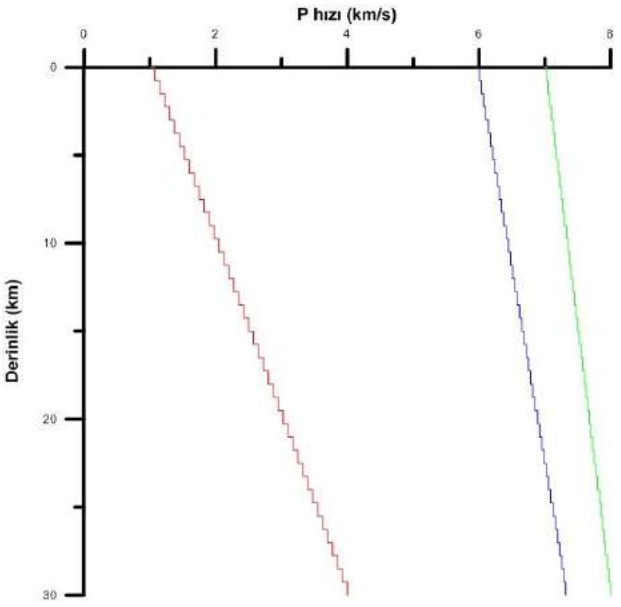
2. Deprem konumu - 1 Boyutlu Hız yapısı

Bir boyutlu hız yapısı; deprem odak parametrelerinin belirlenmesinde (boylam, enlem, derinlik, depremin oluş zamanı) en önemli unsurdur. Bir boyutlu hız yapısı belirlenirken belirli kalite ölçütlerine göre deprem seçimi yapılır. Bu ölçütlerin başında GAP < 200 ve bir depremin en az 10 P ve 5 S faz okuması olması yeterli olarak düşünülebilinir. Ters çözüme başlayabilmek için yeraltını temsil edebileceği düşünülen ilksel bir model belirlenir. Ters çözüm sonucunda elde edilecek model bu ilksel model ile yakından ilişkilidir. İlksel model belirlenirken bölgede daha önce yapılmış bir boyutlu hız yapısı çalışmalarından faydalanılabilinir ya da bölgedeki jeofizik çalışmalardan ve jeolojik bilgilerden yararlanılarak bir ilksel model belirlenir. Ters çözüm sonrası elde edilen modelde yakın hız katmanları birleştirilerek yeniden ters çözüme ilksel model olarak girilir ve böylece modelin iyileşmesi sağlanır. Elde edilen final 1 boyutlu kesit ise bölgenin yapısına en uygun hız yapısı olarak kabul edilir.

Eğer bölgeyi temsil eden bir hız modelimiz varsa; günümüzde bu hız yapısına göre deprem konumlandırma işlemleri yapan birçok algoritma bulunmaktadır. Bu çalışmada bu programlar arasından Hypo71 [3] kullanılmıştır. Bu çalışmada şekil 1' de görüldüğü üzere 3 farklı hız modeli kullanılmıştır. Kırmızı renk ile gösterilen ve hızı 1-4 km/sn arasında değişen model düşük hız modelidir. Hızı 7-8 km/sn arasında değişen yeşil renk ile gösterilen modelimiz yüksek hız modelidir. Ortadaki mavi ile gösterilen ve hızı 6-6.6 km/sn arasında değişen model ise RMS hesaplamalarında düşük hata oranı değerleri türeten ideal modelimizdir. Bu üç modelde 40 katmandan oluşan ve 0-30 km arasında değişen bir ortamı

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

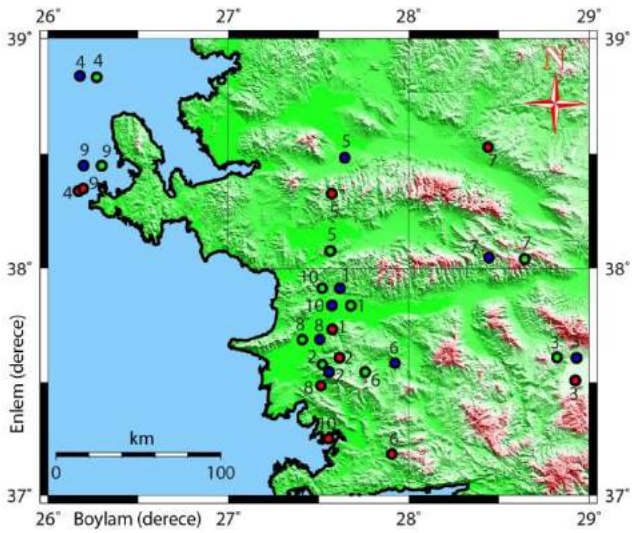
simgelemektedir. Bu çalışmada şekil 1' de gösterilen modeller VELEST [4] programında ilksel model olarak kullanılmıştır. Daha sonra yakın hız katmanları birleştirilmiş ve optimum hız modelleri oluşturulmuştur. Özellikle çalışma alanının hız yapısının yüksek hız yapısına yakın bir model olması sebebiyle; düşük hız modelinde yüksek RMS değerleri gözlenmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı için farklı yüksek zıtlık içeren ilksel hız modelleri.

3.Sonuç

Bu çalışma kapsamında 3 farklı hız modeli ile yapılan deprem konum farklılıkları şekil 2' de irdelenmiştir. Görüldüğü üzere düşük ve yüksek hız modelleri ile konumlandırılan depremlerin tektonik uyumu ideal hız modeli ile konumlandırılanlar ile karşılaştırıldığında saçılmalar gözlenmektedir.



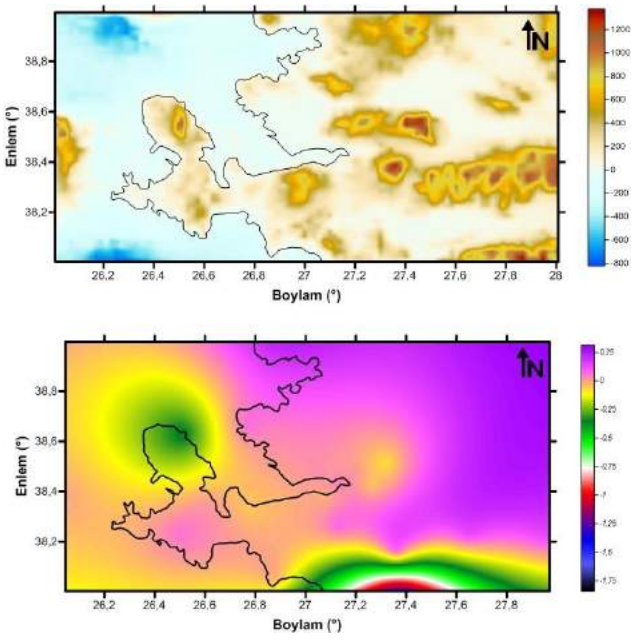
Şekil 2. Farklı hız modellerine göre konumlandırılan depremler.

Bu kısaslar neticesinde elimizde kalan depremler ile doğru bir hız yapısı kullanılarak çözüme gidildiğinde deprem konumlarında değişimler görüleceği kesindir.

Özellikle İzmirNET istasyon dağılımın zayıf kaldığı çalışma alanının doğusundaki 7 numaralı depremde yüksek ve düşük hız modeli ile konumlandırılan depremler arasında yaklaşık 50 km' ye varan değişimler gözlenmiştir.

Bu çalışmalara ek olarak 2008-2012 yılları arasında İzmirNET [1] tarafından kayıt edilen 705 deprem verisi kullanılarak istasyon gecikmeleri hesaplanmış ve şekil 3' de haritalanmıştır. Şeklin üst kısmında topoğrafik bilgiler [7] alt kısmında ise istasyon gecikmeleri bulunmaktadır. İstasyon gecikmeleri; bölgedeki jeolojik birimler ile yakından ilişkilidir. Örneğin gecikme zamanı negatif değerler; P-dalgasının erken gelmesine sebep olan yüksek hızlı bir yapının varlığından kaynaklanmaktadır. Pozitif değerler ise istasyon altında düşük hız zonunu işaret etmektedir. Buda bölgedeki gevşek birimler ile ilişkilidir.

Çalışma alanımızın doğusundaki negatif değerler istasyon dağılımının çalışma alanının doğusunda kötü olması sebebiyle muhtemel hatalardır. İzmir' in doğusunda körfezin iç kesiminde görülen ve haritada sarı renk ile gösterilen pozitif gecikmeler bölgedeki alüvyonal birimler ile ilişkilidir. Bu gevşek birimler istasyonlara gelen deprem dalgalarında bir gecikme olmasına neden olmuştur. Karaburun civarında denize doğru yönlenen değerler ise bölgedeki gevşek/kompakt geçişi pozitif/negatif değerler aracılığıyla ortaya koymuştur.



Şekil 3. İzmirNET istasyon gecikmeleri.

İleriki çalışmalarda; Ege bölgesi için İzmirNET [1] tarafından kayıt edilen depremler yeni üretilen hız yapısı ile konumlandırılacak ve eski konumlarına göre değişimleri araştırılacaktır.

4.Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan deprem verileri AFAD İzmirNET ivmeölçer istasyonları tarafından kayıt edilen istasyonlar kullanılmıştır [1,5]. Hazırlanan haritalar GMT (Generic Mapping Tool) [6] ile çizilmiştir. Deprem faz okumaları SEISAN [2] programı ile yapılmıştır. 1 boyutlu hız yapısı çalışmalarında VELEST [4] algoritması kullanılmıştır.

Kaynaklar

[1] Polat, O., Ceken, U., Uran, T., Gok, E., Yilmaz, N., Beyhan, M., Koc, N., Arslan, B., Yilmaz, D. ve Utku, M. 2009, IzmirNet: A Strong-Motion Network in Metropolitan Izmir, Western Anatolia, Turkey, Seism. Res. Lett. 80:5, 831-838.

[2] Havskov ve Ottemoller, SeisAn Earthquake analysis software, Seis. Res. Lett., 70, 1999. http://www.seismosoc.org/publications/SRL/SRL_70/srl_70-5_es.html.

[3] Lee, W.H.K. ve Lahr, J.C. 1975. HYPO71 (REVISED): A computer program for determining hypocenter, magnitude, and first motion pattern of local earthquakes. Open File Report 75-311, 64 p.

[4] Kissling, E., Ellsworth, W.L., Eberhart-Phillips, D. ve Kradolfer, U. 1994. Initial reference models in local earthquake tomography. J. Geophys. Res., 99(19), 635-646.

[5] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı.

[6] Wessel, P. ve Smith, W.H.F. 1995, New version of the Generic Mapping Tools (GMT), EOS Transactions 76, p329.

[7] Smith, W. H. F., ve D. T. Sandwell, Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings, Science, v. 277, p. 1957-1962, 26 Sept., 1997.

KENT PLANLAMASINDA MİKROBÖLGELEME HARİTALARI

MICROZONATION MAPS FOR URBAN PLANNING

Ayça ÇELİKBİLEK[a] ve Gökhan SAPMAZ[b]
[a] İstanbul Medeniyet Üniversitesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İstanbul, Türkiye,
E-posta: ayca.celikbilek@medeniyet.edu.tr
[b] Jeoloji Mühendisi, İstanbul, Türkiye, E-posta: gokhansapmaz@hotmail.com

Özet

Geleceğe yönelik öngörümler doğrultusunda kentleri tasarlamak olarak tanımlanabilen kent planlama, son 50 yıl içerisinde kentsel alanların büyük afetlere maruz kalması ile büyük değişime uğramıştır. Afet dirençli kentler oluşturmada en önemli unsurun planlama aşaması ile önceden önlem almak ve zararları azaltmak olduğu kabul edilmektedir. Ülkemizde oldukça geç dönemlerde ve büyük kayıplardan sonra başlayan afet duyarlı planlama yaklaşımları büyük ölçüde 1999 depremi sonrasında gerçekleşmiştir. Böylelikle afet tehlikelerinin eşik sentezleri aracılığıyla planlamaya aktarıldığı dönemden jeolojik, jeoteknik raporların ve mikrobölgeleme çalışmalarının zorunlu olduğu döneme doğru bir geçiş yaşanmıştır. Yapılan yasal düzenlemelerle her ölçekteki planlama faaliyetine esas olmak üzere çeşitli formatlarda yerbilimsel etütlerin yapılması zorunlu tutulmuştur. Birçok farklı analiz içeren bu raporların planlamaya girdi oluşturan çıktıları ise; yerleşimleri yerleşime uygun alanlar, önlemli alanlar, jeoteknik etüt gerektiren alanlar ve yerleşime uygun olmayan alanlar olarak dört sınıfa ayıran yerleşime uygunluk haritalarıdır. Yapılan ampirik çalışmalar, günümüzde mikrobölgeleme çalışmaları yapılsa da arazi düzenlemelerinin özellikle taşımaların ve verilen imar haklarının sınırlanmasının zor olması nedeniyle meskun alanlarda verilen plan kararları aşamasında zayıf kalındığını göstermektedir. Bu çalışma, Türkiye'nin megakenti İstanbul üzerinden kent planlaması ile verilen kararların ve mevcut yerleşim dokusunun mikrobölgeleme çalışmaları ile oluşturulan yerleşime uygunluk haritaları ile uyumluluğunu inceleme amacındadır.

Anahtar kelimeler: Mikrobölgeleme, kent planlama, afet duyarlı planlama, risk yönetimi, yerleşime uygunluk

Abstract

Urban planning that can be defined as designing the cities according to the foresights for the future has undergone major changes with exposure of urban areas to major disasters for last 50 years. It is agreed that the most important factor of making disaster resilient city is taking precautions and damage reduction with planning process. In Turkey, disaster sensitive planning approach which started quite late and after the great losses has largely taken place right after the major earthquake occuring in 1999. Thus, the transition from period of transferring disaster hazards to the planning through the synthesis of theresholds to period that geological, geotechnical and microzonation reports are compulsory has been experienced. Making geological surveys in various forms in order to be basis for planning activities in every scale has been obliged by the laws. The outputs of these different analyzes filled reports providing inputs for planning are the site suitability maps which classify settlements in four categories: appropriate areas for settlement, areas for preventive actions, areas require detailed geotechnical survey and inappropriate areas for settlement. Empirical studies show that although microzonation studies have been currently undertaken, plan decisions based on residential areas are quite poor due to the challenges of restricting the development rights, regulating and discharging of those areas. This study aims to examine conformity of planning decisions and existing urban patterns with the site suitability maps produced by microzonation studies in the İstanbul, megacity of Turkey.

Keywords: Microzoning, urban planning, disaster risk sensitive land use planning, risk management, suitability maps for site

1. Giriş

Birçok farklı tanımı yapılan planlama, temelde toplumların belirli özelliklerini tarihsel süreç içinde ele alarak geleceğe yönelik projeksiyonlar yapmak ve bu projeksiyonlar doğrultusunda ekonomik ve toplumsal amaçları sağlamak üzere mekanı geleceğe yönelik tasarlamaktır. Dönemsel olarak ekonomik, toplumsal ve siyasal yapıda yaşanan değişmeler, planlama faaliyetlerini ve hedeflerini de etkilemiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde ekonomik ve siyasi hedeflerin zaman zaman bazı toplumsal ve çevresel değerlerin önüne geçtiği görülmektedir. Kimi zaman ekonomik gelişme için bu değerleri göz ardı eden plan kararlarının verilmesi, kimi zaman ise; hızlı büyüme ile birlikte yaşanan plansız gelişmeler bunların en açık örnekleridir. Ancak kısa vadede çözüm olarak düşünülen bu tür gelişmeler, hem kentsel alanların etüt edilmemesi sonucu ağır kayıplı doğal afetlere hem de kentsel çevrelerin taşıma kapasitelerinin belirlenmemiş ve gerekli önlemlerin alınmamış olması nedeniyle insan kaynaklı afetlere neden olarak maddi, manevi ve ekolojik kayıplara neden olmuştur. Afetlerde yaşanan tüm kayıpların %95'inden fazlası gelişmekte olan ülkelerde yaşanmıştır[1]

Gerek dünya çapında yaşanan afetler gerekse Türkiye genelinde yaşanan afetler ve sonralarında yaşanan kayıplar, kentlerin ***afet dirençli***, planlamanın da sürdürülebilir ve çevreye duyarlı hale getirilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Dünya genelinde her ülkede gelişmişlik düzeyine bağlı olarak farklı hızda ilerleyen ***afet duyarlı planlama*** yaklaşımı, Türkiye'de ağırlıklı olarak 1999 depremi sonrasında hız kazanmıştır. Önceleri eşik

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

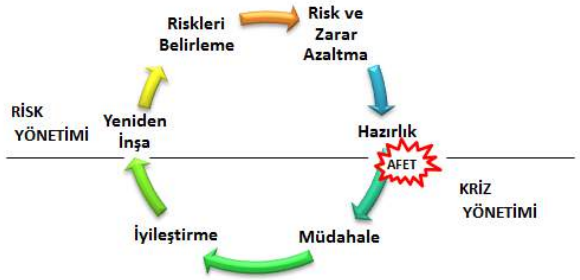
sentezlerinin doğal sınırlayıcılar başlığı ile ilişkili olarak, jeomorfolojik, topografik ve jeolojik eşikler altında incelenen yerbilimsel veriler, yapılan yasal düzenlemeler ile jeolojik-jeoteknik raporlar ve mikrobölgeleme çalışmaları ile incelenmeye başlanmıştır.

Mikrobölgeleme çalışmaları farklı deprem tehlike potansiyeline sahip alanların belirlenerek şehir planlama ve arazi kullanım yönetiminin hizmetine sunulmasıdır. Bu çalışmanın temel amacı, mikrobölgeleme haritaları ile şehir planlama arasındaki ilişkinin önemini vurgulamak ve kuramsal olarak belirlenen bu ilişkinin pratikte ne boyutta sağlandığını irdelemektir. Bu kapsamda, afet duyarlı planlama yaklaşımının açıklanmasının ardından literatürde mikrobölgeleme konusundaki tartışmalara değinilecektir. Kuramsal altyapı sağlandıktan sonra, Türkiye'de afet duyarlı planlama konusundaki yasal mevzuat üzerinden şehir planlama ve mikrobölgeleme haritaları arasındaki ilişki pratiği İstanbul örneği ile incelenecektir.

2. Afet Duyarlı Planlama

Bir doğa olayının "afet" olarak nitelendirilebilmesi için ekonomik ve/veya sosyal kayıplar doğurması ve normal yaşam ve insan faaliyetlerini sekteye uğratması gerekmektedir [2]. Deprem, sel, heyelan gibi zarar verme potansiyeline sahip bu olaylar *tehlike* olarak adlandırılırken, tehlike durumunda gerçekleşecek olumsuz sonuçların toplamı ise *risk* olarak adlandırılmaktadır. Tüm bu tanımlamalardan da anlaşılabileceği gibi, tehlikelerin önceden belirlenmesi sonucu alınacak önlemlerle afet riskini azaltmak mümkündür.

Ülkemizde uzun yıllar afet sonrası yaraların sarılması şeklinde yürütülen çalışmalar, yaşanan büyük kayıplar sonrasında uzmanları afet öncesinde önlemler almaya yöneltmiştir. Böylece kriz yönetimi anlayışından afet yönetimi anlayışına doğru bir değişim yaşanmıştır.



Şekil 1. Afet yönetimi evreleri

Afet yönetimi, ülke, bölge, kent ölçeklerinde ve yerel ölçekte risk tür ve düzeylerini tespit etme, azaltma ve bu alanda planlama çalışmaları yürütme faaliyetleridir [3]. Hem afetler sonucu kayba uğrayan fiziksel, ekonomik ve sosyal çevreleri oluşturması hem de verdiği kararlarla risk oranını belirlemesi açısından planlama, afet yönetim sürecinin başarıyla yönetilmesi için gereken en önemli ögelerden biridir.

Özellikle afet tehlikesi açısından hassas bir coğrafyada bulunan ülkelerde, kentsel alanlarda afet tehlikelerinin önlenmesi, risklerin azaltılması için en akılcı ve etkin yöntemin planlama çalışmalarının afete duyarlı ve risk yönetimini de içerir hale getirilmesi olduğu kabul edilmektedir. Afet duyarlı bir planlama, her tür ve ölçekte tehlike ve risklerin belirlenmesi için yerbilimsel verilerin üretilmesi, planlama aşamasında bu etütleri kullanarak ve farklı kademelerin ölçeklerine uygun olarak, üst ölçek planlarda yerleşime açılabilecek alanların belirlenmesi, bölgeleme çalışmalarının yapılması, daha alt ölçeklerde ise; yerleşme, yapılaşma ve yoğunluk kararlarının belirlenmesi ve bina uygulama aşamasında mimari ölçekle birleşerek, zemine uygun özellikte, riski önlemek ya da azaltmak için en uygun malzeme türü ve inşa şeklinin seçilmesi ile gerçekleşecektir.

Diğer bir deyişle kentleşme sürecinde yerbilimsel verilere temelde üç farklı amaç için, üç farklı meslek grubu tarafından ihtiyaç duyulmaktadır. Şehir plancıları kentleşme için uygun yerleşim alanlarının belirlenmesi, bu alanlara uygun arazi kullanım türleri ve yapı düzenlerinin belirlenmesi için imar planlarına esas jeolojik ve jeoteknik etütlerden yararlanırken, mimarlar uygun yapı ve malzeme türlerinin belirlenmesinde, inşaat mühendisleri ise; zeminin taşıma gücünün belirlenmesinde jeolojik ve jeoteknik etütlere ihtiyaç duymaktadır.

Afet duyarlı planlama üst ölçeklerde jeolojik yapıya uygun yer seçiminden en alt ölçeklerde bina tasarımlarına kadar her bir plan ölçeğinde risk oranını önemli derecede etkileyen kararlar üretmektedir. Örneğin;

Yapı Düzeni Kararları; doğru yapı nizamları, bahçe mesafeleri, yol genişlikleri ve zemin yapısıyla uyumlu kat yükseklikleri

Ulaşım/Altyapı Kararları; dar ve çıkmaz sokaklardan kaçınma, alternatif yol ağları tasarımı, fay hatlarını kesmeyen yol ağları

Arazi Kullanım Kararları; jeolojik yapıya uygun yer seçimi, uygun nüfus yoğunluğu, acil durumlarda toplanmak için yeterli açık alan tasarımı, mevcut riskli alanlar için önlem alan plan kararları üretimi, riskli alanların, kıyı ve dolgu alanlarının yapılaşmaya açılmaması

Özellkle teknolojide yaşanan gelişmelerle günümüzde zemin yapısına göre çeşitli güçlendirmeler yapılmakta, gerek temel teknikleri gerekse yapı malzemeleri ile ileri derecede mühendislik çözümleri sunulmaktadır. Ancak bu gelişmeler ne yazık ki, her türlü jeolojik yapıda istenilen türde yapılaşma sağlanabileceği gibi bir algı oluşturmuştur. Bu durum, afet ile mücadelede süreci başa götürmüş, jeolojik yapının, planlama süreçlerinin önemsenmediği, rant odaklı gelişim anlayışı ile kentlerin talan edildiği bir durum oluşmasına neden olmuştur.

3. Türkiye' de Afet Yönetimi

İmar planına esas jeolojik etüt çalışmaları 1944 yılında yayınlanan 4623 sayılı "Yer Sarsıntılarından Evvel ve Sonra Alınacak Tedbirler Hakkında Kanun" ile başlamıştır. Ancak bu dönemden itibaren uzun bir süre planlamaya dair kuralların belirlendiği imar kanunlarında jeolojik etütlerin nasıl yapılacağına ve planlamaya nasıl entegre edileceğine dair bilgi bulunmamakta, gerek 1956 yılında çıkarılan 6785 sayılı imar kanunu gerekse 1985 yılında çıkarılan 3194 sayılı imar kanunu jeolojik etütlerden kapsamlı olarak bahsetmemektedir[4]. Bu süreçte afet ve planlama ilişkisi İller Bankası Genel Müdürlüğü tarafından yapılan ve yerleşime uygun olmayan alanların Afet İşleri Genel Müdürlüğü'ne incelettirildiği imar planına esas olmak üzere hazırlanan gözlemsel jeolojik etütlerle sağlanmıştır.

Her dokuz ayda bir hasar yapıcı deprem, yılda ortalama 25 önemli su baskını ve 50 heyelan olayı meydana ülkemizde afet yönetimi ile ilgili yasal ve yapısal değişmeler ancak 1999 depremi ile çok büyük kayıplar verildikten sonra gelişmeye başlamıştır[5].

1975 yılında çıkarılan "Afet Bölgelerinde Yapılacak Yapılar Hakkında Yönetmelik" ile daha önce afet yaşamış ve afet bölgesi olduğu kararname ile belirlenmiş alanlarda ve yapılaşmaya uygun olmayan alanlarda bina ve konut yapılamayacağı ve mevcut olanların da onarılamayacağı belirtilmiştir.

Ülkemizde özellikle 1999 depremi sonrasında gelişmeye başlayan afet yönetimi çalışmaları yasal düzenlemelerle zorunlu hale getirilmiş, yayınlanan genelge ve yönetmeliklerle etüt raporlarının içerikleri ve bu çalışmalardan sorumlu olan meslek grupları açıkça belirtilmiştir. Özellikle 1999 yılında yayınlanan "3030 sayılı Kanun Kapsamı Dışında Kalan Belediyeler Tip İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik"in 34. Maddesi ile yapı ruhsatı başvurularında statik projeye ek olarak jeoloji ve jeofizik mühendisleri tarafından hazırlanacak jeolojik etüt raporu ve zemin etüt raporu zorunlu tutulmuştur.

Planlama çalışmalarında her ne kadar önceki dönemlerde topografik yapı, jeolojik yapı, yasal ve doğal koruma alanları, su kaynakları ve koruma kuşakları gibi analizler aracılığıyla toplanan yerbilimsel veriler, afet riskli alanların kentsel eşik olarak belirlendiği eşik sentezlerine aktarılarak planlar oluşturulmuşsa da Türkiye'de afet odaklı çalışmalar çoğu zaman alt ölçeklerde yapılan jeolojik etütlerle sağlanmıştır. Bu yaklaşım 2004 yılında düzenlenen *Deprem Şûrası*'nda imar planlarına esas teşkil edecek etüt raporlarının güncellenmesi gerektiği anlayışı ile kırılmış ve yapı ölçeğindeki etütlerden, zorunlu olarak her ölçekte plan kararlarının üretilmesi için bütünsellik içerisinde hazırlanan jeolojik, jeolojik-jeoteknik mikrobölgeleme çalışmalarının yapılmasına doğru bir gelişim göstermiştir. Şûra sonrası Afet İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan "Yerbilimsel Verilerin Planlamaya Entegrasyonu El Kitabı" her ölçekteki plan çalışmasına altlık oluşturacak yerbilimsel veriler, bunların ele alınış şekilleri ve planlamayla entegrasyonu konusunda bir taslak oluşturmuştur.

Bu kapsamda, plana esas jeolojik etüt, jeolojik-jeoteknik etüt ve mikrobölgeleme raporlarının geliştirilmesi amacıyla bu raporların esaslarını, formatlarını ve eklerini ayrıntılı şekilde belirleyen "Jeolojik, Jeolojik- Jeoteknik ve Mikrobölgeleme Etüt Genelgesi"' yayınlanmıştır. Yayınlanan genelge ile daha önce hazırlanan el kitabındaki plan kademelenmesi geliştirilmiş (Çizelge 1), rapor türlerini belirlemede önemli bir unsur olan nüfus değeri azaltılmış ve daha önce yapılan tüm etütlerin de genelge ile verilen formata uygun hale getirilmesi şartı konulmuştur.

Çizelge 1. Plan Kademelerine Göre Hazırlanması Gereken Etüt Formatları

Plan Kademeleri ve Ölçek		**Etüt Türleri ve Uygulanacak Format**			
Plan	**Ölçek**	**1., 2. ve 3. Deprem Bölgeleri ve Nüfus ≥ 30,000 Olan Yerleşim Birimleri (A)**	**Uygulanacak Format (A)**	**Diğer Yerleşim Birimleri(4. ve 5. Deprem bölgeleri ile 1.,2. ve 3. Deprem Bölgeleri ve Nüfus <30.000 de dahil) (B)**	**Uygulanacak Format (B)**
ÜST ÖLÇEKLİ PLANLAR					
BÖLGE PLANI	1/100.000 - 1/250.000	Arazi Kullanımına Esas Jeolojik Etüt	Format-1	Arazi Kullanımına Esas Jeolojik Etüt	Format-1
METROPOLİTEN İMAR PLANI	1/50.000- 1/100.000				
İL ÇEVRE DÜZENİ PLANI (İl Bütünü)	1/100.000				
ÇEVRE DÜZENİ PLANI(birden fazlahavza bazında)	1/100.000				
ÇEVRE DÜZENİ PLANI	1/25.000 -				
İMAR PLANLARI					
NAZIM İMAR PLANI (Büyükşehir Belediyelerince hazırlanacak)	1/25.000	Mikrobölgeleme Etüdü	Format-4	Arazi Kullanımına Esas Jeolojik Etüt	Format -1
NAZIM İMAR PLANI	1/5.000	Mikrobölgeleme Etüdü	Format -4	Jeolojik- Jeoteknik Etüt	Format -3
				Mikrobölgeleme Etüdü	Format -4
UYGULAMA İMAR PLANI	1/1.000	Mikrobölgeleme Etüdü	Format -4	Jeolojik- Jeoteknik Etüt	Format -3
				Mikrobölgeleme Etüdü	Format-4
MEVZİ İMAR PLANI	1/5.000 1/1.000	Mikrobölgeleme Etüdü (1/5000 için)	Format -4	Jeolojik Etüt	Format -2
		Jeolojik-Jeoteknik Etüt	Format -3	Jeolojik-Jeoteknik Etüt	Format -3
KÖY YERLEŞME PLANI	1/5.000 1/1.000	Jeolojik-Jeoteknik Etüt (Nüfusa bakılmaksızın	Format -3	Jeolojik Etüt	Format -2
				Jeolojik- Jeoteknik Etüt	Format -3

Genelge ile belirlenen plan kademesi-yerbilimsel etüt ilişkisine göre; 1/25.000 ölçekli nazım imar planlarından uygulama imar planlarına kadar olan ölçekte 1., 2. ve 3. derece deprem bölgeleri ve nüfusu 30.000'in üzerinde olan yerleşim birimlerinde imar planlarına esas olacak etüt türü mikrobölgeleme etütleridir. 4. ve 5. derece deprem bölgelerinde ve nüfusu 30.000'in altında olan yerleşimlerde ise; aynı ölçekli planlarda jeolojik-jeoteknik etüt ya da mikrobölgeleme etütleri yapılması gerekmektedir.

4. Mikrobölgeleme Etütleri

Mikrobölgeleme, bir bölgede olası deprem hasarlarını azaltmak üzere düzenli arazi kullanımını amaçlayan bir tekniktir. Arazilerin plan kararları içerisinde düzenli ve doğru kullanımını gerçekleştirmek üzere mikrobölgeleme, deprem etkisi karşısında jeolojik, jeofizik ve jeoteknik etkenleri inceleyerek ekonomik, sosyal ve politik açıdan uyumlu ve kullanılabilir bölgelerin oluşturulması için kullanılmaktadır [6].

Mikrobölgeleme sismik tehlike ve risk değerlendirmesinde en kabul görmüş araçlardan biridir ve kaynak ve saha koşullarını içine alarak zemin hareketi özelliklerini inceleyen bölgeleme olarak tanımlanmaktadır. Sismik mikrobölgeleme çalışmalarında büyütme ya da yer hareketi düzeyi, sıvılaşma, yamaç stabilitesi, su baskınları ve yüzeysel faylanma gibi konular incelenmektedir.

Mikrobölgeleme çalışmaları genellikle üç aşamada gerçekleşmektedir [7]:

Birinci Aşama - Genel Bölgeleme : Tarihsel kaynaklardan, hazırlanmış raporlardan, çeşitli veritabanlarından elde edilen temel bilgilerin derlenmesi ve yorumlanması aşamasıdır. Bu aşamada bölgeleme çalışmaları 1/1.000.000 ile 1/50.000 ölçek aralığında yapılmaktadır.

İkinci Aşama – Ayrıntılı Bölgeleme : Birinci aşamada yapılan çalışmalara ek olarak hava fotoğrafları, saha çalışmaları, jeoteknik ölçümler eklenmesi ile oluşturulan bölgeleme aşamasıdır. Bu aşamada bölgeleme çalışmaları 1/100.000 ile 1/10.000 ölçekleri arasında yapılmaktadır.

Üçüncü Aşama – Daha Ayrıntılı Bölgeleme : Tehlike potansiyelinin yüksek görülmesi nedeni ile çok ayrıntılı bölgeleme seviyesine itiyaç duyulması durumunda ayrıntılı, saha bazlı, spesifik ve genellikle yüksek maliyetli ek çalışmalar gerektiren bölgeleme çalışmalarıdır. Bu aşamada bölgeleme 1/25.000 ile 1/5.000 ölçekleri arasında yapılmaktadır.

Deprem zararları temelde üç grup faktöre bağlıdır: deprem kaynağı ve yolu, yerel jeolojik ve jeoteknik alan koşulları, yapısal tasarım ve yapı özellikleri. Riski azaltmaya yönelik yapılacak en önemli çalışma; planlama aracılığıyla tüm bu koşulları göze alan bir plan yaklaşımı geliştirmektir. Bir uygulamalı araştırma alanı olan sismik bölgeleme, bilgilerin sürekli revize edilerek iyileştirme yapılmasına gereksinim duymaktadır. Sismik mikrobölgeleme deprem zararlarını azaltmanın ilk aşamasıdır ve jeoloji, sismoloji ve jeoteknik mühendisliklerinin büyük katkılarına ihtiyaç duyan disiplinlerarası bir yaklaşım gerektirmektedir.

Temel amacı insan yapımı çevrelerdeki zararı minimize etmek olan sismik mikrobölgeleme çalışmalarının arkasındaki esas nokta arazi kullanımı ve planlaması için seçilen mikrobölgeleme parametrelerinin değişimidir. Bu nedenle, seçilen mikrobölgeleme parametrelerinin ve oluşturulan haritaların yerbilimciler kadar kamu görevlilerinin ve şehir placılarının da anlayabilmesi ve yorumlayabilmesi oldukça önemlidir. Farklı bölgeler, şehir plancılarının nüfus ve yapı yoğunluklarını ve özellikle de yapı özelliklerini belirlemelerinde rehberlik sağlayacak şekilde ayrılmalıdır. Bu bölgeler arasındaki geçişler keskin değildir.

Mikrobölgeleme çalışmaları, planlama çalışmalarına altlık oluşturan, yerleşime açılması düşünülen alanlarda ve meskun alanlarda tüm afet risklerinin belirlendiği, güvenli arazi kullanımı ve bölgeleme kararlarının verilmesinde, kentsel dönüşüm ve zarar azaltma planlaması çalışmaları için stratejik amaçlar, hedefler ve önceliklerin belirlenmesine girdi sağlayan çok disiplinli çalışmalardır. Bu çalışmalar, afet tehlikesi ve riskinin yerel ölçeklerde belirlenmesi çalışmaları olarak da tanımlanabilirler [8]. Bu çalışmalarda jeolojik ve jeoteknik bilgilerin rolü özellikle kentsel altyapının, tehlikeli enerji alanlarının planlanması için tehlikelerin tanımlanması, kontrol edilmesi ve önlenmesi açısından mikrobölgelemede çok önemlidir. Özellikle okul, hastane gibi kamu yapıları ve trafo, iletişim merkezi, doğalgaz hatları gibi altyapı tesisleri mutlaka mikrobölgeleme çalışmaları sonucunda oluşturulacak yerleşime uygunluk haritaları göz önüne alınarak planlanmalıdır.

4.1. Yerleşime Uygunluk Haritaları

Yerleşime uygunluk değerlendirmeleri, mikrobölgeleme çalışması dahilinde hazırlanmış olan ham veri haritaları (jeoloji, eğim, yeraltı suyu haritaları vb.), ara ürün haritaları (yerel zemin sınıfları vb.) ve final tehlike haritalarının (sıvılaşma, zemin büyütmesi vb) tamamının değerlendirilip, mühendislik yorumları da katılarak yerleşime uygunluk değerlendirmesi yapılması sonucu oluşturulan final haritalardır [8].

Yerleşime uygunluk değerlendirmesi ile arazi Uygun Alanlar(UA), Önlemli Alanlar(ÖA), Ayrıntılı Jeoteknik Etüt Gerektiren Alanlar(AJE) ve Uygun Olmayan Alanlar(UOA) olarak dört gruba ayrılmaktadır:

Uygun Alanlar(UA); çalışma alanı içinde **deprem koşulları hariç** hiçbir doğal afet tehlike potansiyeli taşımayan, yerleşime uygunluğu etkileyecek hiçbir mühendislik problemi olmayan, yani hiçbir önlem alınmadan yapılaşılabilecek alanlardır.

Önlemli Alanlar(ÖA); çalışma alanı içerisindeki deprem, kütle hareketi ve yüksek eğim, su baskını, çığ, mühendislik problemleri ve diğer tehlikeler açısından tehlikeli alanlar olarak belirlenmiş ve kendi içlerinde sorunlar ve önlemleri açısından alt başlıklara ayrılmış alanlardır. Yerleşime uygunluğu etkileyen bu alanlarda önlem gerektiren özellikler, nedenleri ve alınması gereken önlemler ayrıca belirtilmelidir. Önlemli alan olarak belirlenen alanlar, yapılaşmanın yapılamayacağı anlamına gelmemekte, belirli önlemler alınarak yapılanması gereken alanlar olarak belirlenmektedir.

Ayrıntılı Jeoteknik Etüt Gerektiren Alanlar(AJE); yapılan jeolojik etütler sonucunda, jeoteknik çalışmalar (sondaj, laboratuvar deneyleri, tehlike analizleri, vb.) yapılmadan yerleşime uygunluk değerlendirilmesinin sağlıklı olarak yapılamayacağı ve bu konuda daha

kapsamlı çalışma yapılması gerektiği öngörülen alanlardır. Bu alanlarda ileride yapılacak etütlerde hangi konular ve sorunlar üzerinde durulması gerektiği raporda belirtilmelidir.

Uygun Olmayan Alanlar(UOA); çalışma alanındaki afet tehlikeleri, jeolojik sorunlar, yasal mevzuat gibi nedenler ya da teknik, ekonomik nedenlerle önlem alınması uygun bulunmamış, yapılaşmaya açılmamış alanlardır.

Yerleşime uygunluk değerlendirmeleri planlara esas teşkil etmek üzere yapılmaktadır. Bu çalışmalar ile belirlenen alanlar ve alınması gerekli önlemler, jeolojik-jeoteknik etütler ışığında yapılan planlara ve plan notlarına da işlenmelidir.

5. İstanbul Mikrobölgeleme Haritalarının Değerlendirilmesi

İstanbul'da nazım imar planı çalışmaları ile birlikte yürütülen kent jeolojisi çalışmaları esasen 1994 yılında başlamıştır. Ancak zamanla jeolojik çalışmaların tek başına kentsel risk azaltımında yeterli olmadığı görülerek kenti tehdit eden doğa ve insan kaynaklı tehlikelere karşı kentsel riskleri belirlemek, belirlenen bu riskleri ortadan kaldıracak plan kararları üretmek ve riskleri azaltmaya yönelik yol haritaları oluşturmak için mikrobölgeleme çalışmaları yapılması gereği doğmuştur. Bu bağlamda "İstanbul Mikrobölgeleme Projeleri" Avrupa ve Anadolu yakalarının güney kısımlarını kapsayacak şekilde, yaklaşık 700km^2'lik alan için hazırlanmıştır. Bu bağlamda Avrupa yakası güneyi mikrobölgeleme çalışmaları 2007 yılında, Anadolu yakası güneyi mikrobölgeleme çalışmaları ise 2009 yılında tamamlanmıştır.

İstanbul Mikrobölgeleme Çalışması kapsamında yüzey zemin hareketi, sıvılaşma, kütle hareketleri, su baskınları, deprem tehlikesi ve çeşitli mühendislik sorunları analizleri yapılarak imar planına esas teşkil edecek olan 1/2.000 ölçekli "Yerleşime Uygunluk Haritaları" hazırlanmıştır.

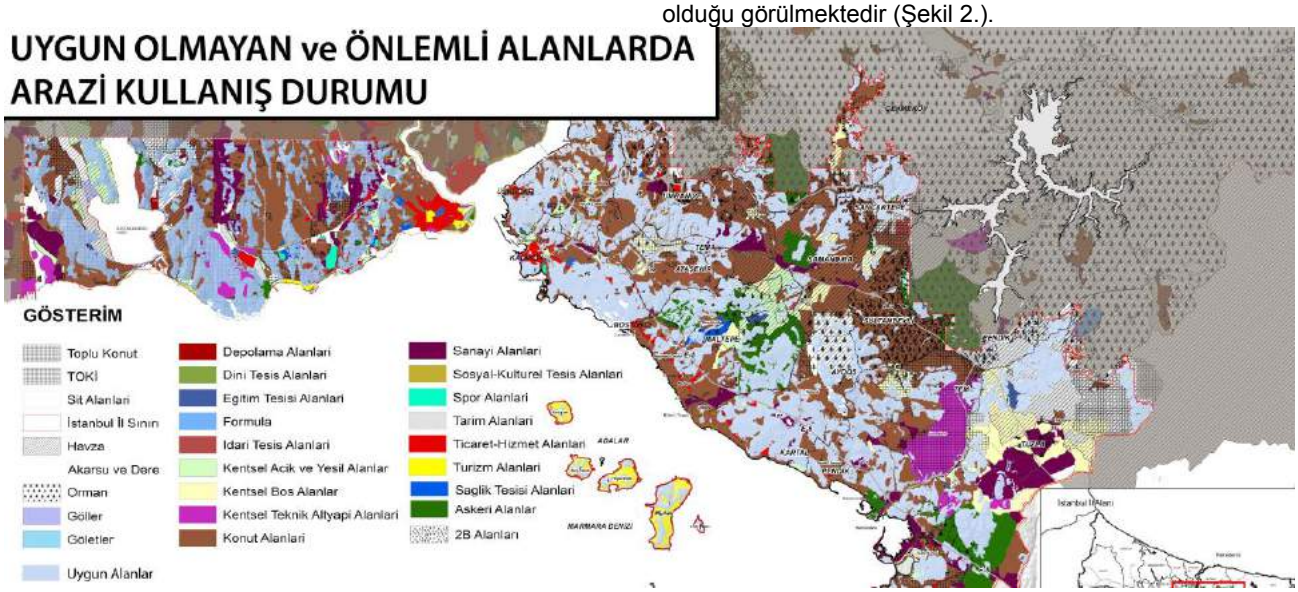
Nihai ürün olarak hazırlanan her bir yerleşime uygunluk haritası, çalışma alanını belirlenen parametreler açısından inceleyerek Uygun Alanlar(UA), Önlemli Alanlar(ÖA) ve Uygun Olmayan Alanlar(UOA) olmak üzere üç gruba ayırmıştır. Önlemli alan olarak belirlenen alanlar ise; her bir parametre için ayrılarak, 6 grupta incelenmiştir.

Çizelge 2. İstanbul Mikrobölgeleme Alanı Uygunluk Dağılımları

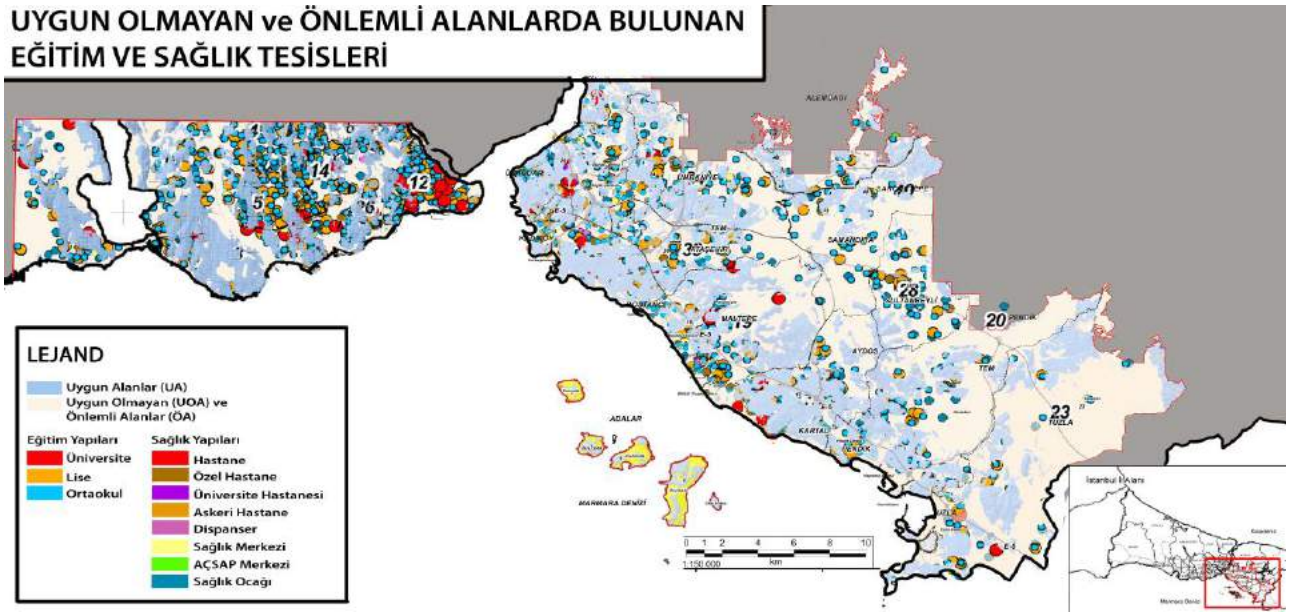
% Dağılım	Avrupa Yakası	Anadolu Yakası
Uygun Alanlar(UA)	39.64	39.14
Önlemli Alanlar (ÖA)	58.94	60.30
Uygun Olmayan Alanlar(UOA)	1.42	0.56

Yapılan mikrobölgeleme çalışmaları ile her riskli alan için alınması gereken önlemler de rapor içerisinde belirtilmiştir. Ancak, yapılan ayrıntılı etütlere rağmen, mikrobölgeleme çalışması ile planlama ilişkisi incelendiğinde pratikte oldukça büyük sıkıntılar olduğu görülmektedir. İstanbul'da 2009 yılında tamamlanan mikrobölgeleme haritaları ile mevcut arazi kullanım dokusu çakıştırıldığında, mikrobölgeleme çalışmaları ile uygun olmayan alan olarak belirlenen bazı alanların konut,eğitim ve sanayi kullanım alanları içerisinde kaldığı görülmektedir. Oysa ki özellikle sanayi alanlarında yapılan yanlış yer seçimleri, 1999 depreminde Sakarya örneğinde olduğu gibi, yapılan yatırımların bir afet durumunda yok olmasına neden olacaktır.

Benzer şekilde, mikrobölgeleme çalışması sonucu oluşturulan yerleşime uygunluk haritalarındaki önlemli alan olarak belirlenen alanların da hemen hemen tamamı mevcut durumda yapılaşmış alan olarak görülmektedir. Önlemli alanlar, hiç yapılaşılamayacak alanlar değil, alınması gereken önlem türüne göre daha ayrıntılı etütler yapılarak belirli önlemler alınması ile yapılaşacak alanlardır. Ancak, mikrobölgeleme çalışmalarının 2009 yılında tamamlandığı ve yapı ruhsat alımı için jeolojik etüt yapımının da 1999 yılında zorunlu kılındığı göz önüne alındığında, önlemli alanlarda 1999 yılı öncesinde yapılaşmış alanların büyük çoğunluğunun tehlike altında olduğu görülmektedir (Şekil 2.).



Şekil 2. Uygun olmayan ve önlemli alanlarda mevcut arazi kullanış durumu



Şekil 3. Uygun olmayan ve önlemli alanlarda bulunan eğitim ve sağlık tesisleri

Daha önce de belirtildiği gibi, mikrobölgeleme çalışmaları arazi kullanış planlamasını yönlendirmek üzere hazırlanmaktadır. Özellikle yer seçimi büyük önem taşıyan, kalabalıkların toplanacağı, hayati önem taşıyan kamu binaları ve altyapı tesisleri konumlandırılırken mikrobölgeleme çalışmaları ile oluşturulan uygunluk haritalarına göre yer seçimi yapılmalıdır. İstanbul' da uygun olmayan ve önlemli alanlardaki eğitim ve sağlık tesislerinin çokluğu olası bir afet durumunda oluşacak kaosu açıkça ortaya koymaktadır (Şekil 3.). Yurtdışı örnekleri incelendiğinde özellikle okul,hastane gibi kamu binalarının ve tehlike taşıyan altyapı tesislerinin mümkün olduğunca hiçbir risk taşımayan alanlarda konumlandırılması prensibinin hakim olduğu görülmektedir. İstanbul'un yapılaşma oranı düşünüldüğünde böyle bir yaklaşım için geç kalınmış olsa da, yönetmelikler öncesinde yapılan kamu ve altyapı tesislerinin taşınması ya da acil bakımı gerekliliği söz konusudur.

6. Değerlendirme ve Oneriler

Mikrobölgeleme çalışmaları, afet duyarlı planlama sürecinde tasarıma yön veren güçlü bir araçtır. Afet riskini azaltmada en etkin yöntem üst ölçeklerden itibaren önlem alarak, öncelikli olarak doğru yer seçimi kararları üretebilmektir. Bu nedenle mikrobölgeleme öncelikli olarak yapı tasarımı ile değil, arazi kullanımı ve şehir planlaması ile ilgilidir. Ancak, ülkemizde özellikle 1999 depremi sonrasında geliştirilmeye başlanan mikrobölgeleme çalışmalarının uygulamada planlama sistemi ile başarılı bir ilişki kurabildiğini söylemek zordur. %92'si deprem bölgesi olan Türkiye'de mikrobölgeleme çalışmaları sonucu üretilen yerleşime uygunluk haritalarının deprem riski gözetilmeksizin hazırlanıyor oluşu bu sorunun en büyüklerindendir. Mikrobölgeleme çalışmalarında plan kademelenmeleri için önerilen etüt türü nüfus etkenine göre belirlenmektedir. Bu durum özellikle kırsal alanlarda kurulan sanayi bölgeleri gibi gelişmelerin mikrobölgeleme alan sınırları dışında kalmasına neden olmaktadır. İstanbul örneğinde de mikrobölgeleme alanı her iki yakanın da güneyi ile sınırlanmış, bu nedenle birçok konut, ticaret ve sanayi alanı çalışma dışarısında kalmıştır. Ancak planlama bütünsel kararlar üreten, ve idari sınırların tamamı içerisinde gerçekleştirilen bir faaliyettir. Dolayısıyla verilen her kararın sağlıklı olabilmesi için tüm alanların etüt edilmesi daha yararlı olacaktır. Ülke genelinde yapılan mikrobölgeleme çalışmaları ağırlıklı olarak yeni yerleşim alanlarına yöneliktir. Ancak, İstanbul örneğinde de görüldüğü gibi özellikle büyük şehirlerde riskli alanlar üzerinde bu çalışmalar öncesinde yapılmış büyük bir yapı stoğu bulunmaktadır. Afet dirençli kentler yaratmak için kentin bütünü üzerinden, mevcut alanları da içeren stratejiler geliştirmek gerekmektedir. Bu nedenle planlama gerekirse riskli alanların yıkılması, taşınması, yenilenmesi gibi ciddi kararları, onarım ve güçlendirmeleri de içeren kararlar üretebilmeli, afet riski taşıyan dönüşüm alanları bina yaşlarından önce bu risklere göre belirlenmelidir.

Kaynaklar

[1] TURKOĞLU, H. (2014). Afet Dirençli Şehir Planlama ve Yapılaşma. İstanbul.
[2] UZUNÇIBUK, L. (2009). Doğal Afetlerin Kentsel ve Bölgesel Planlamada Yeri. Jeodezi, Jeoinformasyon ve Arazi Yönetimi Dergisi, 2(101), 18-27.
[3] AFAD.Er.Tar. 12.02.2015, Afet ve Acil Durum YönetimiBaşkanlığı:https://www.afad.gov.tr/Dokuman/TR/24092012162638.pdf
[4] CSB. Zemin Etüdü Mevzuatı. Er.Tar. 11.20.2015, from ÇŞB:http://www.csb.gov.tr/iller/dosyalar/dosya/il_web menu11722.pdf
[5] TMMOB Jeoloji Mühendisleri. (2007). Neden Kentleşme ve Jeoloji. Haber Bülteni,3, 45-46.
[6] SHERIF, M. (1982). Introductory Statement of 3 th International Earthquake Microzonation Proceedings. Seattle.
[7] ÖZÇEP, F., KARABULUT, S., ALPASLAN, N., CEYHAN, U., & GÜNDOĞDU, O. (n.d.). Deprem Zararlarının Azaltılması İçin Kent/Bölge Planlama Sürecinde Mikrobölgeleme Çalışmaları İlkeleri.
[8] Afet İşleri Genel Müdürlüğü. (2006). Yerbilimsel Verilerin Planlamaya Entegrasyonu 2. Aşama Raporu

ADAPTİNG CHARLES CORREA'S SHELTER DESİGN TO A POST-DİSASTER UNİT DESİGN İN TURKEY

Meriç Altıntaş[a] and Fatih Yazıcıoğlu[b]

[a] Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology, Environmental Control and Construction Technologies MSc Programme, Istanbul, Turkey, meric.altintas@hotmail.com

[b] Istanbul Technical University Faculty of Architecture, Istanbul, Turkey, fyazicioglu@gmail.com

Abstract

Istanbul, throughout its history, was subject to both natural and man-made disasters and is accepted to be under risk for such a catastrophe any time. Disasters may result in both life and possession losses, and generally leave numerous of people homeless. Though, the exact time & place of a possible disaster cannot be specified, the city is accepted to be under risk anytime, for this reason it's crucial to be prepared during pre-disaster period. This paper aims to develop an approach towards post-disaster shelter design by encouraging architectural analysis, user requirement surveys and relevant design proposals to be completed during pre-disaster period to minimize the chaos and trauma of any unfortunate damages. Extraordinary conditions of the after disaster stages should be considered as well as the ordinary demands of an adequate shelter, because the time required for permanent dwellings to be completed is unpredictable depending on the damage and current circumstances, therefore the "temporary" shelters' occupancy interval is unknown. Although, main concern is continuation of human life and protection from environmental/physical impacts, given the psychological damage on disaster victims, sociologic aspects of such temporary mass housings need to be recognized as well. At this stage, Charles Correa's urban pattern and shape grammar is examined and used as a guidance to finalize the design proposal enabling human contact and interaction as any settlement should.

Keywords: disaster, post-disaster, temporary, shelter, urban pattern

1. Introduction

1.1. Definition of Disaster

Disaster is an unforeseen and rapid catastrophic event that causes a breakdown or a negative impact on the social mechanism.[1] The disruption in the society generally results in the interruption of normal functioning of the society and may have varying sub-damages in human life, community resources, economy and environment.

Disasters may have both human/technological or nature related origins and commonly, societies that are vulnerable would have the maximum damage from it. Often, disasters create losses that a community cannot cope with on its own due to the shock and chaos created by the incident, and the vulnerability of the society. Developing countries can be stated as the most suffering countries from such disasters due to the lack of pre-disaster and post-disaster cautions.

1.2. Types of Disasters

Disaster can be split up in two categories according to their origins;

1.2.1. Natural Disasters

A natural disaster is caused by the natural course of the earth and its physical changes. The sub-titles of the natural disasters can be listed as; geophysical, hydrological, climatological and biological hazards. Although, these natural phenomenons can be expected as normal and a consequence of earth's orderly functioning; the rapid growth in population and increase in unplanned settlements make communities prone to such possible natural hazards, and increase their vulnerability.

There are many types of natural hazards such as; earthquakes, landslides, volcanic eruption, floods, hurricanes, tornadoes, blizzards, tsunamis and cyclones.[2] These natural hazards are scattered all around the world, so geographical location is actually one of the decisive factors in predicting the natural hazard or hazards that threaten a community most. Communities should forecast such natural disasters ahead, and be prepared for it during pre-disaster period.

Turkey is one of those countries with disasters at its background and is prone to natural disasters due to its geographical location and geological aspects like earthquakes, floods, droughts, landslides, avalanches and rock falls. Past experiences of Turkey indicates that a post-disaster precautions are a must because after the disaster,

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

there is no time to study, design, plan and produce. The moment the disaster strikes, rescue and recovery processes need to start. Apart from deaths and collapses, disasters may leave thousands of people homeless. The authorities need a quick and accurate respond to this problem, and the most common solution is the use of temporary post-disaster shelters. The pre-disaster stages should be well spent evaluating and studying the past experiences in order to reduce post-disaster problems. A standardization in temporary shelters is required to compensate the easy and quick production need. Thus, it is also crucial in the shelters' adaptation for different climate and location conditions in different parts of Turkey. Depending on the previous experiences, it is hard to control and manage the progression of permanent dwelling constructions, so temporary dwellings should be well prepared for long term usage as well.

As numerical values indicate Turkey is unfortunately familiar with many disaster types, especially with earthquakes. After each disaster, the country is shaken up with shock and trying to heal wounds at the same time. Knowing that Turkey still is not completely prepared for such disasters, this paper aims to examine and further develop a temporary post-disaster shelter unit design.

Table 1. Natural Disaster Experiences of Turkey

Disaster	Date	Deaths	Injuries	Homeless	Affected population	Total Loss Million $
Earthquake (Erzincan)	1992, March 13	653	3,850	95,000	250,000	750
Snowslide (S. Anatolia)	1992, 14 incidents	328	53	11,600	30,000	25
Snowslide (E.&S. Anatolia)	1993, 31 incidents	135	95	1,100	300	10
Mudslide (Isparta)	1995, July 13	74	46	2,000	10,000	65
Earthquake (Dinar)	1995, October 1	94	240	40,000	120,000	100
Flood (İzmir)	1995, November 4	63	117	6,500	300,000	1,000
Earthquake (Çorum-Amasya)	1996, August 14	0	6	9,000	17,000	30
Flood (W. Blacksea)	1998, May 21	10	47	40,000	1,200,000	1,000
Earthquake (Ceyhan-Adana)	1998, June 27	145	1,600	88,000	1,500,000	500
Earthquake (İzmit Bay)	1999, August 17	17,480	43,953	675,000	15,000,000	13,000
Earthquake (Düzce)	1999, November 12	763	4,948	35,000	600,000	750
TOTAL		19,745	54,955	1,078,200	1,003,000	17,230

Source: JICA Report. 2004. [3]

1.2.2. Man-made (Anthropogenic) Disasters

Anthropogenic hazards are those comprised directly or indirectly by human. As natural hazards do, man-made hazards can have negative effect on human life, economy and ecological system. Indeed, some natural hazards can also be categorized as human-related hazards due to the unconscious actions of human, or vice versa, some natural hazards may trigger technological or industrial accidents and cause human or technology related disasters. Compared to natural hazards, man-made hazards may be easy to control and foresee, however conflicting interests of governments and powerful people generally result in neglection to such evidences.

The abrupt increase in human population generates unplanned urbanisation and settlements, as well as unrestrained consumption of earth's resources with rising carbon emission, and that eventually affects the earth's balance adversely. Such human caused factors also trigger climate change and result in improbable natural disasters. Anthropogenic disasters may be much more predictable than natural originated disasters however, their casualties are severe as any other nature-born disaster. Wars, deportations, terrorisms, civil conflicts, ethnic cleansing and industrial hazards may cause huge numbers of people to move, leaving their homelands and houses behind to settle in a much safer environment.

As recent experiences on human triggered disasters indicate, huge populations are affected by such disasters and the primary concern of such incidents is shelter. People are being removed from their homes and forced to move away from the range of disaster, which generally implies leaving the country. The act of the victims can be seen as voluntary, however the triggering factor is an outsider which makes the act unwilling. Threat towards existence and health forces a mass movement towards less threatened areas with a different language and culture. The main problem here is the unexpected movement of a population without any income and property at present. The act is rapid and motivated by the thought of survival. Therefore, the primary concern is the physical safety and covering, however the trauma generated by the incident and victims' journay cannot be neglected.

Anthropogenic disasters may also result in both life and possession losses. They damage the country's economic stability thus, obstruct its ability to recover and develop. The damage is on both the country that is going through the disaster and also on the countries that are helping and accepting civilian masses for disaster relief. The immediate action is to regulate a region to settle huge numbers of people, and arranging the temporary shelters they are going to settle in. The managerial accuracy and feasibility of these decisions are crucial and should be planned beforehand. Although the permanent solution is the reconstruction of the housing units, this process might take months even years. Therefore, temporary post-disaster shelters are preffered as a quick solution to satisfy the needs of the victims during reconstruction periods. The design of a temporary post-disaster shelter is expected to be appropriate for the region's climatic conditions, the physiologic and psychologic needs of the victims, suitable for long-term use and if possible re-use, convenient in conserving social relationships, cost efficient and easy to produce. Due to geographical and locational aspects, Turkey is prone to mass movements from its neighbouring countries. Over the years, Turkey has been a point of destination for for its own deported citizens and masses from different countries who seek for asylum. A current Syrian refugee crisis is affecting the whole world but mostly the neighbouring countries. Today, the total number of registered Syrian refugees is known to be 4,393,831.[4] As the statistics indicate, Turkey is a key escape route for victims.

Table.2 Registered Syrian Refugee Numbers

Country	Number of Refugees	Percentage
Turkey	2,291,000	52,14%
Lebanon	1,070,189	24,36%
Jordan	632,762	14,40%
Iraq	244,527	5,57%
Egypt	127,681	2,91%

Source: UNHCR, Government of Turkey.

An outstanding past experience related with migration is Gulf War in 1991. " *American officials and representatives of international relief organizations estimate that at least 5 million people from more than 30 countries have been temporarily or permanently displaced by the crisis in the Persian Gulf*." [5]

Table 3. Mass Migration Statistics of Turkey

Time Interval	Country	Approx. Number of People
1922-1938	Greece	384,000
1979	Persia	1,000,000
Until 1989	Bulgaria	800,000
1988	North Iraq	51,542
1991	Gulf War	467,489
1992-1998	Bosnia Herzogevina	20,000
1999	Kosovo	17,746
2001	Macedonia	10,500

Source: Republic of Turkey, Ministry of Interior Directorate General of Migration Management [6]

Whether it is a nature originated or human triggered disaster, disasters leave communities with a urgent demand for shelter. Considering the damage created on existing settlements, huge numbers of people need a roof to protect themselves from outer agents. These outer agents generally identified as environmental conditions of the area, thus post-disaster shelters are commonly designed according to physical requirements of the disaster victims. However, the shock and trauma caused by the disaster is generally neglected. Looking back on the unfortunate experiences we gained as a country, it takes a lot of time to shake up ourselves from the incidents' shock and start building lives again. Thus, building new permanent settlements for victims require time. What this paper aims to focus on is that time interval in which, temporary dwellings are developed serving both physical and psychological needs of the victims. It is not possible to heal the wounds by only building walls and roofs for people, what they need is to readaptation and rehabilitation to the community and this can be achieved by acknowledging the humane needs and resurrection of social life.

According to the JICA report that is featured in İstanbul Metropolitan Municipality AKOM website, a prediction for a possible earthquake damages and results in İstanbul are as follows;

(the numbers indicate the revised version of the report in 2009)

- 2.500 - 10.000 collapsed/severely damaged buildings,
- 13.000 - 34.000 severely damaged buildings,
- 80.000 - 150.000 moderate damaged buildings,
- 10.000 - 30.000 deaths,
- 10.000 - 30.000 serious injuries,
- 20.000-60.000 medical treatments,
- 50.000-140.000 slight injuries,
- 26 Milliard TL structural damage induced losses,
- 80 - 100 Milliard TL total losses,
- ~500.000 households in need of emergency shelter.

Source: Istanbul Metropolitan Municipality, Disaster Coordination Center [7]

In the framework of this study, temporary shelter units for post-disaster uses were examined and criticized. The research presented in this paper was built upon previous studies about the temporary post-disaster shelter designs (Şener & Altun, 2009). This paper aims to study the needs of a post-disaster temporary shelter unit and propose a temporary shelter design unit and settlement of such units by developing a generic urban grammar. The needs of a post-disaster temporary shelter unit are developed via research about past experiences, current examples of such dwellings and user requirements under extreme conditions. Collecting data from these three phases, a finalized design criteria is created and used as a checklist.

2. Method

The method adopted for this research consists of 3 steps. First step is to set the main design objectives that are going to be used for proposed shelter design. To accomplish this step, past disaster experiences of Turkey were analyzed and a detailed precedents study has been realized about the existing post disaster shelters. Literature reviews and case studies were being kept broad as possible to cover any type of temporary, moveable, adaptable shelters as well. The last stage was about identification of user requirements, thus social structure of Turkey was analyzed in accordance with the locational limitations. Second step is to elimination and simplification of the data collected throughout first step in order to generate a precise evaluation criteria for proposed shelter design. Based on case studies and source reviews, compare and constrast analyses were held to identify common problems and solutions. Third step is the design stage where firstly, singular unit design had been conducted and after, urban pattern was created through diagramming and layout plan studies in accordance with Charles Correa's grammar adaptation.

3. Results

3.1. Listing Main Design Objectives

In order to list and generate main goals and objectives for a proposed temporary shelter design; past experiences related with natural disasters, current examples for such temporary solutions and user requirements under extreme conditions were needed to be examined and priorized.

a.Past experiences

2011 Van Earthquake Statistics - Experiences

Official numbers for Van earthquake disasters (considering both October and November earthquakes) detected 644 deaths, 1.966 injuries, 252 survivors from the wrecks, 48.689 collapsed/highly damaged buildings, 22.483 moderate damaged and 73.058 slightly damaged buildings according to the data gathered from Republic of Turkey, Prime Ministry Disaster & Emergency Management Authority report. Total number of 186.636 buildings were investigated and %77 of them were classified as damaged. %74 of collapsed/severely damaged buildings, %81 of moderate damaged buildings and % 80 of slightly damaged buildings were residential.

Observations of the region where the earthquake struck indicates that reinforced concrete structures with 4 to 8 storeys were widely common in the area. Whereas, in rural areas, 1 or 2 storied masonry structures with mud brick,

stone and briquette were widely common and they were mostly constructed without any standards by natives.

After the earthquake, 8.544 tents were sent to the region within 24 hours and this number constitutes %15 of the total. Due to the climatic conditions, tent cities were closed down in 2012 January & February and disaster victims were transferred to the container cities of Van centre and Erciş. 35 container cities were built for earthquake victims in the region, hosting 175.070 people with 29.486 units. The temporary shelter units were identical, consisting of 2 bedrooms, kitchen and bathroom within a 21m^2 area. According to the report, in Van centre 6 people were sharing a container whereas in Erciş the number was 5.

Total number of 17.489 residential buildings were built after the earthquake disaster and the construction was finished in 2012 November, exactly one year after the disaster. [10] However, according to the 2013, September 26 dated news on BBC Turkish, some victims of 2011 Van earthquake were still living in container cities. Only 4 out of 31 container cities were left, and the governorship of Van and AFAD (Prime Ministry Disaster & Emergency Management Authority) were trying to extract victims from those container cities in order to shut them down. To do so, the electricity of those container cities was cut out and this caused a strike among victims. [11]

According to the 2014, May 10 dated news from Radikal newspaper is that there are still 70 victim families living in containers, almost 3 years after the disaster. It is stated that "They are the weakest families of Van, still living in 21sqm." (translated by the author). Spokesperson for the victims in container cities, Ali Ahi says that income statues of the victims were determined and publicized couple of times, nonetheless this problem is being overlooked and still there are thousands of people living in damaged buildings. He also states that the victims' physiologic and psychologic conditions were deteriorating day by day, due to the service cut outs and increasing pressure to leave the container cities. [12]

Turkish Red Crescent teams were first to reach the region and evaluate the tent needs of the victims, so the demand was met by the existing stocks. However, what the authorities missed out was the fact that due to the shock and fear of the disaster, even people with no damage on their buildings refused to go back to their houses and decided on staying in tents. This caused deficiency in stocks and disputes among the victims. Social solidarity of the public was cracked and victims felt desolated by the government.

Another issue faced during redevelopment of the human lives was the notion of living in a different environment with strangers. Only a small portion of families were able to live next to their own relatives, thus the rest was worried about living next to someone they are not familiar with which affected their social and psychological status. The victims were also worried that the donatives were not shared equally among the survivors, the fear of not being able to satisfy their needs also damaged the social solidarity.

Although, tent stocks were almost enough to support homelessness after the disaster, the same cannot be said about the container stocks. Containers were being made upon demand and their completion required time, therefore the transferring of the victims from tents to containers took time. [13]

b.Current examples

Research work on current examples of container cities and temporary shelters have been analyzed and evaluated, in relation to their use of materials, structural systems, production and construction technology, form, diversity and spatial settlement. Common problems were listed and defined in order to create a checklist for temporary design shelter proposal.

Evaluation Criteria

- Packaging, portability and storage
- Lightweightness
- Flexibility in design
- Structure-ground connection type
- Cost/Affordability
- Fire resistance
- Climate compatibility
- Sustainability
- Possibility of re-use
- Ability to superimpose
- To understand the application instructions during installation
- The quality of the people working at the installation stage

(Yalaz, 2012)

c. Design criterias

Temporary shelter phenomenon in post-disaster is crucial because it forms an adaptation step for victims towards their normal lives. Temporary shelters are generally questioned for their social, ecological and cost related issues. Therefore, these titles were taken into account and further developed in order to generate the design objectives of the proposal. User requirements is a broad concept which is crucial in every architectural problem. Architectural applications are expected to solve problems based on cost, location, climate, environment, society and culture. Generally, an architectural product cannot be efficient enough in solving each and every theme equally therefore, optimization and priorization are necessary. Besides, this paper examines a post-disaster scenario which limits some resources as well as allowing to rule out or postpone some user requirements. That's why, it has to

be cleared out that user requirements of the temporary post-disaster shelter unit in this paper is not applicable for a standard architectural product, it is executed for extreme conditions.

In generating main design criterias for a singular unit design in relation to performance and user requirements, definition of adequate shelter was one of the key resources. Adequate shelter design parameters were examined as well as other sources to develop a solution oriented performance requirement directory draft.

Adequate shelter

"… more than a roof over one's head, it means

- adequate privacy,
- adequate space,
- physical accessibility,
- adequate security of tenure,
- structural stability and durability,
- adequate lighting, heating and ventilation,
- adequate basic infrastructure such as water, sanitation, and waste management facilities,
- suitable environmental quality and health factors and
- adequate and accessible location with regard to work and basic facilities,

all of which should be available at an affordable cost." [14]

3.2. Determination and priorization of performance and user requirements

Performance based design approach is used in detail design of the singular units. However, some performance requirements can be contradictory of each other, thus optimization and priorization of those requirements was needed. The ranking of the performance and user requirements were conducted by relevant research work and the personal judgement of the author. Therefore, the ranking does present a personal view.

Performance Requirements

- Space requirement of different household numbers
- Interior climatic comfort
- Thermal performance
- Water tightness and moisture performance of external envelope
- Visual and acoustical comfort
- Psychological-sociological post-disaster effects
- Social relations and connections in accordance with urban pattern
- Sustainability
- Ease of production and construction
- Ability to re-use
- Eligibility to assembly and disassembly
- Stability and durability

3.3. Design Proposal and Creating Urban Pattern

In the context of temporary shelters' spatial organization and their settlement on a land, Charles Correa's urban grammar approach is used as a resource. Though, Correa is mostly known for his low-income houses, the urban pattern of his works were analyzed and applied to the proposal in order to build and maintain a social connection between dwellers.

4. The Project Design

4.1. Singular Unit Design

The initial step in temporary post-disaster shelter design is resolving the number of differentiating module types. To do so; statistic values for households numbers of Turkey were examined. It was an important step in creating diversity between modules and also limiting the number of variations scientifically. As a result, three different types were concluded to respond different user needs/household numbers.In design process, the transportation limits were also taken into account, thus the basic module was created according to agreed dimensions; length interval 6 to 9m, height 3m and width 3m. Depending on the number of inhabitants, the dimensions of the shelter unit was altered via bonding method applied on site. However, the basic module was designed not to exceed these dimensions due to transportation limitations.

The three shelter units were designed for a family of 2, 4 and 5 people. Although there is a wider range of household numbers than three, the diversity of modules was constrained to simplify the production and construct a design system. Different modules enable different responds towards different household needs, both qualitative and quantitative.

Table 4. Household Statistics

Total number of households (Thousand)		19.482
Average size of households		3.8
Size of household	Number of household (Thousand)	Proportion (%)
1	2.291	11.8
2	3.582	18.4
3	3.848	19.8
4	4.370	22.4
5+	5.391	27.7

Source: TUİK, 2011 data. Turkish Statistical Institute

In design process, area requirement studies in correlation with user requirements and daily activities were completed to minimize the space requirements as much as possible. Some activities were overlapped to reduce the use of space and keep the unit more compact.



Figure 1. Three different module types

The proposal aims to respond and adapt different households by enlarging its dimensions, however this causes a loss on land use. As the project offers a more comfortable temporary shelter to live in for more crowded families, it should not expand on the limited assembly area. Therefore the modules were designed enabling superimposition. The smallest module, designed for a family of 2, has a total area of 22,36 sqm. In this module, the living area and bedroom spaces are overlapped to serve different purposes during day time and night time. The place is designed to cover both sleeping and daily activities of the inhabitants, thus kitchen counter is also placed in this area to not to minimize spaces via separating inner walls. The detached spaces and limited rooms is not needed for a family of 2. The second module, designed for a family of 4, has a total area of 30,16 sqm. In this module, there are two spaces separated by an inner wall in order to specialize one space as a constant room. The other space remains as a multi-purpose living room as in the 2-people module, fulfilling both day time/night time activities and housing kitchen counter. The module of 2 people family and 4 people family have a mutual courtyard of 18 sqm, their entrance to the modules are provided from this courtyard. The last module, designed for a family of 5, consists of two separated rooms and a one multi-purpose living room. It has a total area of 39,16 sqm and a courtyard of 18 sqm. Each module has its own individual sanitary facilities and since the modules are designed to enable superimposition, their toilet facilities are located in the center of the modular cluster. The toilet facilities of the modules on the second floor are also located on the same vertical axis to provide easiness in plumbing. On the second floor, there are two modules of 4 people family, so one modular cluster is formed of 5 modules in total. The access to second storeys were ensured by a staircase mounted outside.



Figure 2. Clustering modules

The numerical distribution of different module types was resolved as 10% of the modules were for a family of 2, 60% for a family of 4 and 30% for a family of 5 people. In order to simplify the calculations, a decent numerical value like 200 was chosen as the total proposal demand. Based on this number, settlement alternatives were studied according to 10 modules for a family of 2, 30 modules for a family of 4 and 12 modules for a family of 5.



Figure 3. Cluster studies with singular modules

Study of settlement alternatives caused turnarounds in design process, and alterations in singular module types were required to create different settlement patterns. The varying patterns were examined according to their use of common wall, their bonding, exposure towards different directions and extension along the field.

4.2. Charles Correa's Grammar Language and Adaptation

Charles Correa is an Indian architect, planner, activist and theoretician [16] who is well known for his low-income housing designs serving humanitarian needs reluctant of inhabitants' capability to cover them. He designed many projects both in India and abroad, his works are mostly associated with the sensitivity and awareness towards the needs of urban poor. His work can be summarized in main principles such as; incrementality, identity, pluralism, income generation, equity, open to sky space and diseggration. [17] These principals can be seen in one of his most famous works; Belapur Housings.



Figure 4. Belapur Housing by Charles Correa

Belapur Housing is a proposal for mass affordable housing project in New Bombay (Navi Mumbai), which demonstrated how high densities could be achieved with low-rise courtyard homes, built with simple materials at a human scale. Based on clusters of between seven and twelve pairs of houses arranged around communal courtyards, the buildings did not share party walls- allowing each family to extend and adapt their own house independently. This ability for expansion constitutes the basis of incrementality principle. Identity principle is covered by giving units flexibility so that they can be adapted by occupants and modified according to their social, cultural and religious needs. The units of Belapur Housing were constructed in the simplest way possible and they are designed to be built by traditional masons and craftsmen - generating employment for local workers, thus emphasising on local development and encouraging income generation. The varying housing units enable diversity among the urban settlement unlike mass production collective housings, therefore this approach covers the pluralism principle. Presence of varying housing plans repeating each other cover the social spectrum, from high-numbered households to low-numbered families, embracing families with different incomes as well. The equity principle is covered via the slightly varying footprint of each housing unit plan, the variation is little in size (from 45 sqm to 70 sqm), maintaining fairness among the inhabitants and the community.

Lastly, Correa stated that *" Open-to-sky space is also of vital importance in housing where it can make a decisive difference between liveable habitat and claustrophobia – particularly so for the lowest income groups."* He defends the importance of open sky especially in urban poor, both psychologically and economically. The courtyards and terraces are crucial in creating the state of belonging, developing different options for land use and also providing vaying opportunities for income generation for inhabitants.

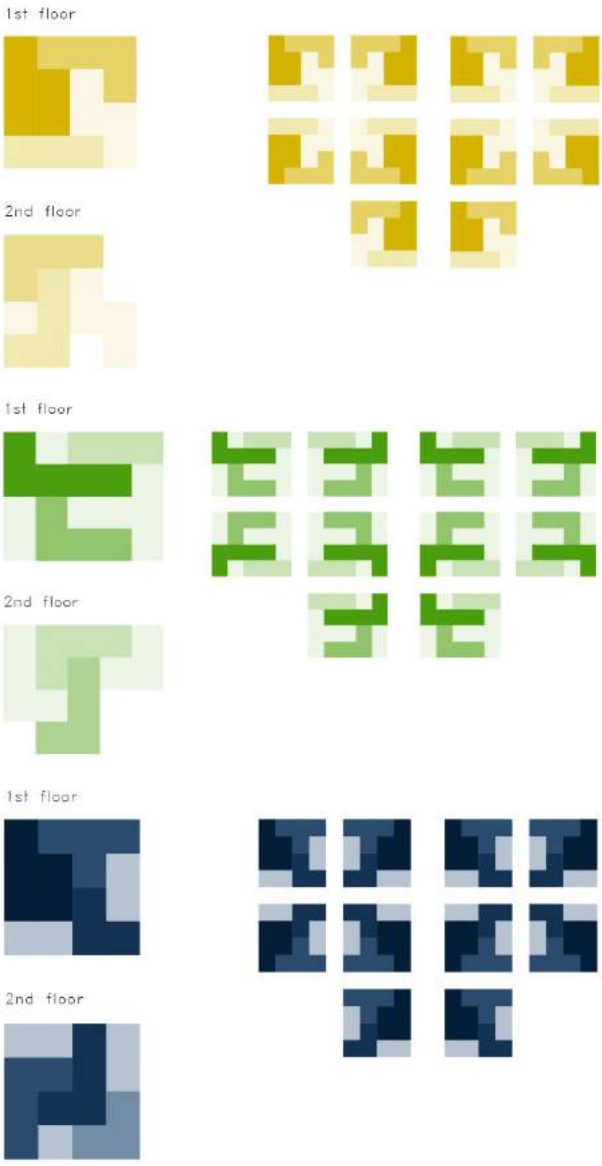


Figure 5. Variations of pattern studies

Unitary designs of modules were conducted simultaneously with the urban settlement of these modules on land. Firstly, the clustering alternatives were examined and three proposals were developed. One building (modular cluster) was made up of 1 module for a family of 2, 3 modules for a family of 4 and 1 module for a family of 5. Through optimizaton studies, the final settlement proposal was put forward. In each settlement proposal, the intention was to apply Correa's principles to a certain extend. The first alternative eliminated due to its expansion on land, one modular cluster was occupying 36 sqm more place than the others because of its modular dispersion. The remained alternatives were identical by means of occupied area however, the number of their party walls and facades facing outside were dissimilar. To obtain the most favourable result, the alternative with more party walls and less extrorse facades were chosen in order to reduce heat loss and cost. After setting up the one modular cluster arrangement, the layout was created via duplication of the cluster around.

5. Discussion and Conclusion

This paper aims to study the needs of a post-disaster temporary shelter unit and propose a temporary shelter design unit and settlement of such units by developing a generic urban grammar. The needs of a post-disaster temporary shelter unit are generated via research about past experiences, current examples of such dwellings and user requirements under extreme conditions. Collecting data from these three phases, a finalized design criteria is created and used as a checklist. In the framework of this study, temporary shelter units for post-disaster uses were examined and criticized.

Serious human migration occurring after the disasters trigger a rapid growth in the construction of temporary container cities for disaster relief. However, how temporary are these 'storage facilities' of people, really? Focusing on today's refugee crisis, it would not be realistic to expect refugee camps to be closed one day. On the contrary, Kilian Kleinschmidt from humanitarian aid suggests that these refugee camps are "the cities of tomorrow". [18] Therefore, this study intents to raise awareness about the urban scale and character of the problem. The temporary housings may no longer be temporary, thus they should be designed for long-term usage in all aspects. Charles Correa's urban grammar for low-income housings are taken as guidelines for creating social connections and self-activating relief system to answer psychological and sociological needs of the victims. If transitory shelters are to become permanent urban texture, then they should be designed considering the urban context and social inter relations.

The study presented a comparison among different past experiences and how the solutions worked or did not work for these incidents. Main design goals of a temporary post-disaster shelter design was examined in order to create a guideline both for designing the proposal and evaluation of the proposal. Past experiences were a crucial source in determination of common problems and solutions for different types of disasters in varying environmental, socio-cultural and economic conditions. Current examples of such disasters; like Syrian refugee camps is an outstanding and up-to-date example for existing response towards fast-growing needs. However, to not to limit the research within disaster subject, precedent scanning and examination was kept within the framework of broader concepts such as; temporariness, mobility and adaptability. These concepts combined with the gains from past experiences enabled the determination to main design objectives via priorization of each and every aspect of a temporary shelter design. An evaluation criteria was formed based upon literature reviews, precedents investigations and relevant case studies.

Modularity, as an architectural concept, has promising uses in generating urban patterns via the possible numerous different attachment types. This study shows that each and every urban pattern has different pros and cons to be investigated, while there are uncountable varying clustering methods and diverse parameters that affect the efficiency of each design.

6. Further Studies

The paper has taken a small step in investigation and exploitation of different pattern design uses in post-disaster shelter demands. Far from suggesting a final answer, the study aims to point out the importance of urban patterns created via container cities and their possible affects on victims' social and psychological recovery. For this reason, this research will continue with further studies in order to deeply investigate the possible use of socially attachable structures among victims' recovery and well-being of society against such destructive disasters.

Bakırköy district of İstanbul is chosen as a pilot area to conduct the hypothetical application of unit design and generation of urban pattern on the chosen region. The table down below presents the appointed shelter areas of Bakırköy in an emergency situation.

In this stage of the research, the future results are expected to address a possible urban pattern application via singular units on a chosen region. The designed urban patterns will be analyzed in accordance with their private, semi-private and public areas generations. Furthermore, diagramming of intersections, overlaps and circulation studies will be held.

Table 5. Bakırköy Sheltering Areas (Tent Areas)

Number	Location	Address	Sqm
1	Osmaniye	Fildamı	8,712
2	Osmaniye	Saturday Bazaar	217,967
3	Yeşilköy	Saturday Bazaar	10,478
4	Şenlikköy (Florya)	Şenlikköy Stadium	7,920
5	Şenlikkköy (Florya)	B.köy Sports Area	7,000
6	Ataköy 9.Kısım	Green Area - Yüzücü Talat Yüzmen Street	8,500
7	Şenlikköy (Florya)	Agricultural Equipment	104,000
TOTAL			364,577

Source: Bakırköy Municipality, Disaster Coordination Center

References

[1] International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies. Access date: 13 November 2015, http://www.ifrc.org

[2] Istanbul Metropolitan Municipality, Disaster Coordination Center, Natural Disasters. Access date: 13 November 2015, http://www.ibb.gov.tr

[3] Country Strategy Report on Natural Disasters. JICA Turkey Office .2004. Ankara.

[4] Syria Regional Refugee Response. Access date: 10 December 2015, http://www.data.unhcr.org

[5] Miller, J. (1991). The World; Displaced in the Gulf War: 5 Million Refugees. *The New York Times.*

[6] Migration History of Turkey. Access date: 11 December 2015, http://www.goc.gov.tr

[7] Istanbul Metropolitan Municipality, Disaster Coordination Center, Disaster and Emergency Plan. Access date: 25 November 2015, http://www.ibb.gov.tr

[8] Şener, S.M., Altun, C.M., 2009. Design Of A Post Disaster Temporary Shelter Unit. A | Z ITU Journal of the Faculty of Architecture, 6, 2, 58-74.

[9] Republic of Turkey, Prime Ministry Disaster & Emergency Management Authority. *2011 Van Earthquake Report (Intervention, Rehabilitation and Socio-economic Assessment)*. Access date: 20 November 2015, http://www.afad.gov.tr

[10] BBC Turkish. (26 September 2013). Van depremzedeleri neden açlık grevinde?. Access date: 17 November 2015, http://www.bbc.com

[11] İnce, E. (10 May 2014). Van'da 70 depremzede aile hala konteynerde: Feyzioğlu doğruları söyledi. Access date: 17 November 2015, *Radikal*, http://www.radikal.com.tr

[12] Karancı, A. N., Kalaycıoğlu, S., Başbuğ B. B., Özden, A. T., Çalışkan, İ., Özakşehir, G. (December 2011). Tabanlı-Van and Edremit-Van Earthquakes Inspection Reports. Access date: 23 November 2015, https://www.academia.edu/1176758/ODTU_VAN_DEPREMLERi_RAPORU

[13] Yalaz, E.T. (2012). Evaluation of post-disaster temporary houses and construction systems built after the disaster. M.Sc.Thesis, Süleyman Demirel University.

[14] What is Adequate Housing?, Global Housing Foundation. Access date: 27 November 2015, http://www.globalhousingfoundation.org

[15] Turkish Statistical Institute. Access date: 20 November 2015, http://www.tuik.gov.tr

[16] Charles Correa Associates. Access date: 15 November 2015, http://www.charlescorrea.net

[17] Thames and Hudson. (1996). *Charles Correa.* Great Britain: Thames and Hudson Ltd, London.

[18] dezeen magazine. (23 November 2015). Refugee camps are the "cities of tomorrow", says humanitarian-aid expert. Access date: 20 December 2015, http://www.dezeen.com

[19] Bakırköy Municipality, Disaster Coordination Center.

LESSONS LEARNED FOR SUSTAINABLE PROTECTION: RELATIONSHIP BETWEEN CULTURAL HERITAGE AND NATURAL DISASTERS

Zeynep Gül Ünal[a] and Meltem Vatan[b]
[a] Yıldız Technical University, Department of Architecture, Istanbul, Turkey, E-mail: zgulunal@gmail.com
[b] Bahcesehir University, Department of Architecture, Istanbul, Turkey, E-mail: meltemvatan@gmail.com

Abstract

Although it is estimated that the frequency of natural disasters is increasing and the area being affected is getting larger in recent years, the main cause of this fact might be explained as enlargement of the settlements towards the disaster prone areas, rather than the increased impact. As a result of rapid increase of world's population new settlements are spreading towards to the high risk areas. Additionally, natural hazards such shattering of the forests as a result of unplanned urbanization, covering up of the rivers; constructing building close to the faults lead to the natural disasters.

Exploring disasters in a way of collecting detailed data of measurements, records, frequency of occurrence etc. and investigating relation between impact-response and cause-result parameters could minimize effect of the disasters. In order to serve as a model it is vital to investigate the current situation and monitor the short and the long term effects of disasters on cultural heritage areas that have been hit by these impacts during the history.

This paper aims to discuss the major disasters such earthquakes happened in the last century within the heritage areas in traditional patterns of Turkey. The causes of damages due to the earthquake in heritage areas, the administrative and governmental decisions taken upon to earthquakes and their affects, and short and long term effects on habitants and on the settlements will be discussed.

Keywords: Disaster, Earthquake, Heritage, Preparedness, Intangible

1. Introduction

Researches point out that natural hazards start to became as disasters increasingly in last decades. Due to the fact that not only in Turkey but also throughout the world; besides geological facts, improper settlement and land use, economic and technical problems in the construction process; loss of consciousness of traditions and natural effects to them, balance between nature and human and replacement of "know" with the "memory loss" for being prepare to natural events/disasters by the "human" have led to this increase.

The most important architectural and natural heritage sites in the world are threaten by natural disasters which drives many organizations to start working on risk reduction in heritage areas[1]. 2005 and 2015 World Conference on Disaster Reduction organized by the UN brought together the experts of heritage and result declaration was subjected to protection of monuments as cultural heritage issue.

The term 'cultural heritage' has changed its content considerably in recent decades. 2003 UNESCO Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage developed normative instruments. According to that cultural heritage does not end at monuments and collections of objects, it also includes traditions or living expressions inherited from our ancestors and passed on to our descendants, such as oral traditions, performing arts, social practices, rituals, festive events, knowledge and practices concerning nature and the universe of the knowledge and skills to produce traditional crafts so called intangible heritage.

Monitoring the frequency and types of hazards, making documentation, study the action - reaction and reason - result relation is important in order to reduce the disaster risks in traditional settlements. It is vital to investigate the condition of settlement and short - long term effects of the hazards particularly in high risk areas exposed to disasters along the history. Based upon this core idea, disasters such earthquakes happened throughout the history in traditional settlements in Turkey – which includes 15 heritage sites in the world heritage list - are discussed in this study. Additionally, not only natural disasters and their affected areas but also intangible heritage is taken out by traces of mythological stories, rituals as intangible heritage part.

Within the scope of this study, primarily it is investigated the past conditions of recently revealed areas that are settlements of the significant civilizations which are accepted as annihilated due to the natural disasters during the history and are known as quiet and low risk settlements nowadays. In order to protect tangible - intangible heritage and reduce possible disaster risks on it, loss of connection between tangible and intangible is investigated, current researches are studied.

7 world heritage sites of 15 totals are located in the high risk zone (Zone1) in Turkey.

[1] In 1987 the UN organized its 96th General Assembly. In this assembly it is declared that last decade including 1990 - 2000 is the "International Decade of Reducing Natural Disasters" which is the most important international progress of that issue. In this meeting it is point out that during the last two decades disasters such earthquake, flood, typhoon, drought etc. happened over the world affected 800 million people and caused 32 billion USD economic losses. The countries with fragile economies such least developed, developing, and land locked and island developing counties are under effect of that. Due to this fact it is point out to the importance of the international cooperation and it is decided to develop national committees for reducing the disaster risk in the countries in high risk during last decade (United Nations A/Res/42/169).

© DAAYS'16, Karabük University, Karabük, Turkey

2. Major Natural Disasters along the History in Anatolia

Along the history natural disasters such earthquakes, floods, eruption of volcanoes were changed the balance of power by destroying the big empires and giving the birth of new civilizations and history was written in various forms since ancient times, particularly in settlements hit by disastrous event that had been fragile and vulnerable to damages, losses and weakness of the defense forces. The economic loss was the main reason of political change as well as the change of the power balance. The powerful empires were attacked the chaotic disastrous area and easily enlarged their territory. Therefore, while the disaster is a catastrophic event for one country it is an opportunity for the other one. Civilization historians interpret to suddenly disappear of the powerful empires owing to the strong natural disaster hit the area.

Anatolia which is known as Minor Asia in the Prehistoric Era had been witnessed to the various natural disasters that primarily are earthquakes. Even though there are not enough documents from the Prehistoric Era, some documents and traces describing the natural disasters had been happened in the Minor Asia. According to the studies of prehistoric historians Minor Asia is the second after the China of suffering from the earthquakes during the history [1].

2.1 The Importance of the Tangible - Intangible Heritage - Natural Events, Legends and Facts in Anatolia

During 7th - 6th B.C. the specialists on the natural studies in Ionia had been attracted by the natural disasters happening in Anatolia and they tried to develop theories explaining seismic events. According to Seneca, archaic scientists believed that four elements are the core of the universe and they try to explain the movement of the earth by the movement of these basic elements. The four elements are water, earth, fire and air which is associated with their features as cold, dry, hot and wet as well [1]. Air is primarily wet and secondarily hot, fire is primarily hot and secondarily dry, earth is primarily dry and secondarily cold and water is primarily cold and secondarily wet.

Many archeological studies done in the heritage sites of Anatolia proved that there were happen so many natural disasters in that geography. Written records and exciting publications give the information of disasters relatively recently happened on the other hand geological and archeological studies give the information of forgotten or unknown natural disasters happened in that area. For instance earthquake, flood, landslide are well known and expecting hazards for the Anatolia but tsunami and volcano eruption even were destroyed important settlements in Anatolia during the antique history today are forgotten and unexpected natural events. Beside, even though it is not look like as a fact the stories and legends in memories of the local people are shown that inhabitants were exploring the natural disasters carefully and according to their experiences they were tried to make preventions against natural events.

2.2 Some Natural Disasters Described in the Anatolian Legends

Poseidon the God of the Earthquake: in ancient period of Anatolia the god of the sea, storm is also connected by the earthquakes as earth shaker. In that area Poseidon's name is originated as earth shaker and soil absorber god, in Homers he is described as earth shaker Enosikhton. Therefore there are oblations' statutes for Poseidon in Anatolia that was suffered from natural disasters. In the Troia battle due to the earthquake the defense power were weakened and Akha soldiers seized the city and they were blessed Poseidon by giving wooden horse statue. It is known that Akha's soldiers were hidden inside of the wooden statue that is made as oblation for Poseidon and seized the weakened city by cheating [1]. Today this wooden horse statue is the symbol identified with the Troia Antique settlement. Beside the oblation to Poseidon the dolphin figure which is also Poseidon's symbol was painted in some structures for preventing the earthquake.

Alkyone Legend: Ovidius, Roman poet described the genesis of the universe in his poem Metamorphosis as "... Ceyx was king of Trakhis he got drowned in the sea. The "kingfisher" cries of his wife Halcyon (Alkyone-Greek) was no end. Gods sympathized with her and made her kingfisher (halcyon). During the incubation time of kingfisher the sea was silent, the weather was calm; that periods of time are called Halcyon days ..." [2]. Today in many near places to Anatolia in the winter solstice when the weather is calm there is a period of seven days which is called "Halcyon days".

Prevention against Natural Events: in the ancient times it was widely used tradition to take oblation and to write cult as prevention against natural events. In the text of a cult it is written "If you repair a demolished house or if you construct new one in another place and when you construct its foundations, you should put those things under it: 1mine (measure of Akhas') cleaned copper, 4 bronze nails, 1 small hammer. He (god) will dig the earth in the center of kurakki, and will put the copper in the dig place; he will fasten nails from four corners and hammer. While he (god) is doing this he says: how the copper is well fixed, does this shrine strong like it. Make it strong and well supported on this dark earth." [3].The tradition of taking oblation to the gods against natural disasters is obviously described in this text. Figure 1, 2 shows the grave stele with the dolphin figure with moving tail devoted to Poseidon. That figure is found out in the Aiazoni Antique settlement which is so far from the sea. The meaning of the figure could be changed in accordance with its location on the building and the culture that created it as well.

2.3 Natural Disasters in Anatolia

According to Karagöz; the ancient writer Athenaeisos, was mentioned the connection between the intensity of the thermal springs and earthquakes in Phrygia and he listed the thermal springs in the region. Thales from Miletos was interrelated the water and earthquake and resembled the world to the ship and was thinking that it is floating in the ocean with a shape of a disc.

Anaksimenos (546 B.C.) contrarily to Thales said that earthquakes happen due to the opposite movements of the lands caused by heavy rains and droughts. According to

Anaksogoras'a (500 – 428 B.C.) earth is hanging on the air calmly with a shape of a disc and earthquakes happen due to the rain which is effecting the earth. His student Archelaos had the different theory; winds and atmosphere penetrate into the land and make pressure which causes the earthquake.
Demokrit from Abdera in North Greece (460 -370 B.C.) explained the earthquake with the formula of pressure of empty box to the water filled box. The student of Demokrit contrarily to his mentor said that air filled earth empty recesses, cavities squeeze with the air from above. Antiphon from Athens (480 – 411 B.C.) explained the earthquake with a fire coming from the deepness of the earth. He believed that fire, air and water are affecting on happening of the earthquake.



Figure 1,2 . Grave stele with the dolphin figure with moving tail devoted to Poseidon (photograph: Z. G. Unal 2010).

2.4 Facts of Natural Disasters in Anatolia during the Ancient Periods

Çatalhöyük Volcano eruption: Beside the geological studies there are many documents and foundings from the archeological sites that prove happening of natural events in Anatolia. For instance Figure 3 shows a mural painting explaining volcano eruption of Hasan Mountain in back and affected residents in front (6200 B.C.) revealed in Çatalhöyük one of the most important settlements of the Neolithic Period (Kargöz, 2005 pg. 8). The volcano lava and ashes of Hasan Mountain were destroyed the biggest part of that settlement. Today eruption of volcano is unexpected event for Anatolia.

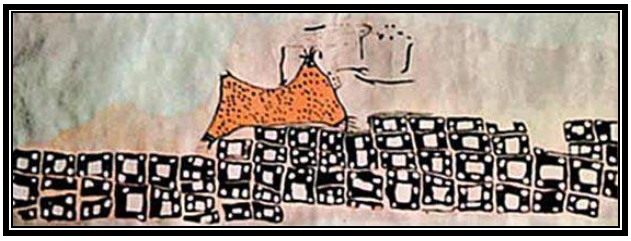


Figure 3. 6200 B.C.- Mural painting in Çatalhöyük describing the eruption of volcano in Hasan Mountain and the affected residents in front [4].

Earthquake and tsunami in Istanbul: In 2005, while Marmaray public transport tunnel digging - taking place in the Ancient Peninsula in Istanbul - was making in Yenikapı region archeological foundlings changed the history of the topography of the place. Sounding of Marmaray project revealed so called Elouthorius-Tehodosius harbor from Byzantine Period which is located in IXth district of Constantinopolis [5, 6].

In the ancient harbor there are found 33 Byzantine sunken ships during the archeological excavations since 2005. Archeologists estimate that the causes of sink were tsunami or strong typhoon. This reveal obviously shows facts that the theory of minor possibility of happening tsunami or typhoon in the Marmara Sea is not real anymore.

In the last decades of 2000 in the Asian Part of the Marmara Sea it is revealed a sinked island which is very important for having idea of happened dramatic natural disasters in that region. There are 9 islands in the Marmara Sea in Istanbul today known as Prince Islands but there are stories tell that those islands were 10. Until quite recently the evidence regarding with that story was a map from Byzantine period of Vordonisi Island (Figure 4). In the middle of 2000 years researches made dives to the area and found out an thousand years island which was sank due to the earthquake. Along with the island it is found out remains of the 9th century monastery described in the written records [7].

All those facts explained in the previous paragraphs pointed out that beside well known and expected natural disasters there are influential natural events that are forgotten along with the history in the ancient areas. In the studies for reducing disasters' risks and protection of cultural heritage it is vital to make a research of the disaster history particularly in the abandoned areas after the disaster.

3. Relation between Cultural Heritage and Disaster

When the natural hazard became a disaster in turn human life, structures and cultural heritage is protecting. This

sequence of importance arises naturally as protection of heritage and its spirit.

Particularly in the countries that have large areas of traditional patterns as Turkey there are many inhabitants in heritage buildings vulnerable to the natural disasters and there is tight connection between protection of human life and heritage. In the areas affected by natural disasters along the history it is vitally important to study on protection of cultural heritage.



Figure 4. Vardonisi Island and remains of Vardonisi Monastery [8].

The initiative process for protecting the tangible heritage is to ensure the protection of those areas by the law which means registration. All kind of works such restoration or repair of registered buildings are depended to the legal permission. However, it is very important to protect not only the heritage area against disasters but also inhabitants and their traditions, life styles for protecting the "spirit of the place – genius loci".

To be able to protect the tradition pattern interrelation of tangible and intangible of the area is inevitable. Protection of the object or structure is not protection of the traditional pattern it is just part of it, if so traditional pattern will be lost shortly. Tradition pattern is generated by the settlement components and spirit of them that are living traditions. Solely, when the traditions and manners are living in the traditional pattern integrated it is possible to say that there is protection of cultural heritage.

3.1 The Phenomenon of Harmony with the Nature in the Traditional Settlements

Since the ancient times in Anatolia harmony with the nature was required for the balance of the universe and four elements as water, earth, fire and air had been accepted as the core of the universe. Hence the harmony with the nature always is very important for the peace of humankind.

Investigation of the architecture of traditional patterns shows that people have chosen their settlements by paying attention to the cycle of natural events and had settled in the areas considered as safe places in the cycle of the universe. The location and construction was with respect to the nature. This is the basic reason of using local materials which are taken from natural sources in traditional techniques.

Used materials are in accordance with climate condition and nature to avoid absorbing the warm of the sun or to have good performance during earthquakes. For instance in Anatolia adobe, timber frame infilled by masonry or masonry were widely used, in mountains caves leaning to the slope construction was made in a harmony with the topography, settling near to the water sources such rivers or sea sides were made carefully and accordingly to the water movement etc. Drain systems, wells and their connection were made for controlling the underground water as well as fountains were using in the inner courts for cooling and controlling the water.

Even though nowadays natural events are investigating scientifically and possible results are well known still construction in the disastrous areas known from the history is continuing.

3.2 Protection of Relation between Tangible and Intangible Heritage in Times of Disaster

Culture, could be defined as a whole of concrete and spiritual values and in accordance with this obviously cultural heritage includes not only tangible but also intangible values. Tangible phenomena and incident could give figurative and a visible fact, just intangible is able to give inherent knowledge [9]. Therefore, during bringing the collective memory of society and their values to the future intangible heritage is integral part of tangible heritage that is the process of protection and sustainability. Within this scope loss of cultural heritage is not only physical loss but also loss of human memory. Although these facts are obvious relation between tangible and intangible is not always easy definable.
Particularly, in the studies on reducing the risks and risk preparedness in disaster prone areas where heritage protection is the subject, this indefinable relation causes difficulties. Consequently, heritage places could be physically protected but the spirit could be lost.

The organic bond between place and earth is resulting with interaction between these as "spirit of the earth". Traditional activities inside and in the environment that shaped it over time have to be protected with the people performing them otherwise earth-place-act cycle will be broken and will lose its meaning and value. Successful disaster risk management is possible by the protection of integration of this cyclic relation.

3.3 Disasters and Problems due to Social Structure's Change in Heritage Areas

Generally as a result of any disaster tendency to the social change appears. The most important reasons of that fact are human losses and essential re-location. This process could be in one way as massive migration or in two ways as replacement of the evacuated local people with the foreign people.

Historic documents show that generally the migration from outside to the disaster area was done by the people from lower social level or the disaster area was invaded in order to construct new systems. Today, migration to the disaster

area immediately after the event like in the past history is making by the lower social level people as opportunity particularly in the field of construction investment, find new job, take advantage from new income rents or thinking of low probability of new disaster in close future.

The change of social structure in the disaster area is a big threat for the protection of cultural heritage. Threats can be listed as massive migration from the area is resulting with the loss of common memory and interruption of traditional structure, the loss of traditions and intangible culture. On the other hand new inhabitants of the old settlement (disaster area) brought their traditions and do not embrace the existing heritage and tend to destroy it in order to construct their cultural heritage.

According to these facts it is obvious that protection of the cultural heritage is inevitably depended to the local people and increasing awareness and consciousness is very important.

4. Conclusions

In disaster prone heritage areas in order to have a holistic and sustainable disaster management it is necessary to protect traditional physical pattern by protecting intangible values together with the human. Instead of "crisis management" focused on protection after the disaster focusing on "risk management" before the disaster is the basis of successful "disaster management". The advices for the protection of cultural heritage in disaster prone areas could be listed as below ones [10, 11, and 12].

i) Before disaster – Preparation Phase

Risk Management in Heritage Areas as a Module of Disaster Management:
In disaster prone areas expectation of unknown but certain disaster has to be kept. The system of Disaster Risk Management in Heritage Areas has to be created which will work coordinated with the National Disaster Management department as its module.

Cultural Heritage Inventory:
This is the basis of documentation works of cultural heritage such as object, structure, traditions etc. It is not possible to protect unknown, it is not possible to know what is lost if it is not registered as well. Even though the documentation of the tangible heritage is successfully made in many countries all over the world, documentation of intangible heritage is quite new and still there is no standard for this process. It is possible to determine the loss of tangible heritage but determining the loss of intangible is difficult. Due to this fact it is very important to develop an inventory system for documenting intangible heritage by association with the tangible.

Protection of the Connection between Tangible-and Intangible Heritage in Post Disaster

In heritage areas hit by the disaster, it is very important to interrelate not only structure/object but also local traditions in order to protect and prevent tangible and intangible heritage relation as a whole.

Information System
All data of historic structures, their environment, cultural properties have to be collected in “Information System for Disaster Mitigation of Cultural Heritage” which will able to work from various physical places. These data have the key importance both before and after disaster during the damage assessment.

Monitoring
It is highly possible to face with problems while reaching to disaster area. Particularly it is hard to access to the areas protecting their traditional transport ways or traditional heritage places such monastery, inn located in the mountain areas etc. This causes delay of emergency response. Because of that reason having satellite views collected in the data base system could be helpful for immediate response after the disaster. The satellite data give possibility for assessing damages and making decision on "Emergency Response - Operations".

Protocols for Using the Site Areas in Case of Emergency
Large open spaces of the heritage sites and/or monuments allow these open spaces to be used for humanitarian aid in response phase.

Generally the use of these areas is making by seizure of the emergency management units and it is resulting with the damage to the monument and its environment. In order to avoid this negative results and having effective humanitarian aid it is important to determine the potential of those places and make a protocol including the instructions during Emergency Action Plan process.

Local NGO's
The first aid is making by the local people in the disaster area after that the out coming help is providing. Particularly the traditional pattern of heritage sites many times makes more difficult access to disaster area. In order to organize disaster preparedness, response, recovery and sustainability of protection in tradition pattern, local organization and periodically exercises have to be planned. So that each inhabitant will know his/her role during disaster which will be helpful for fast, effective and accurate response.

Evaluation of the Existing Condition and Monitoring
Assessing the existing condition of historic structures and classify their potential risk is very important for decision making on intervention priority of those buildings. Additionally monitoring of these buildings periodically is also very important for risk preparedness.

ii) During the Disaster – Response Phase

Damage Assessment
Preferably the international teams of experts should be organized for assessing damage state of historic structures immediately after the disaster. The coordination of teams should be organized in national level.

Traditional Construction Techniques' Map
In order to be helpful to the search and rescue teams during the intervention on debris and to minimize the damages to historic structures preparing a “traditional

construction techniques' map" of each country which is classified according to the seismic zones is very important.

iii) After the Disaster
Recovery and Rehabilitation Phase

Rehabilitation strategies
The success of rehabilitation of traditional patterns is based on holistic approach of structure-tradition-human-environment. Due to this fact instead of repairing the structure making strategic planes for protecting the physical space of traditional pattern and traditions as a whole in order to bring back local people to their daily life will be more effective.

Control the Migration in the Tradition Pattern
Change of the social structure by migration of local people to outside or coming of foreign people to the disaster area is endangered the heritage due to the disaster. Because of that reason it is very important to minimize migration or at least control it.

Intervention Decisions on Historic Structures
Study of damaged historic structure after the disaster is the base of the decision on intervention techniques. Work on these unique structures needs specialists. So that the final decision such repair, reconstruction, retrofitting etc. should be made by t inter disciplinary team of specialists.

Damage Assessment of the Historic Structures
*D*amage assessment of historic structures is the most important work in the disaster area. The diagnosis is based on the obtained data during the damage assessment. Damage assessment should be coordinated immediately after search and rescue teams' works.

Re-evaluation
Heritage areas should be re-evaluated from all points of view after the disaster and new data could be based new protection strategies.

References

[1] Karagöz, Ş., Eskiçağ'da Depremler, Türk Eskiçağ Bilimleri Enstitüsü Yayınları, İstanbul, 3, 12, 61, 2005.
[2] Necatigil, B., Mitologya Sözlüğü, Sel Yayıncılık, 80, İstanbul, 2006.
[3] Naumann, R., Eski Anadolu Mimarlığı, Türk Tarih Kurumu Yayınnları, Istanbul, 66, 1991.
[4] Mellaart, J., Mc Graw H., Çatal Hüyük: a neolitic town in Anatolia, 1967.
[5] Burçak, E., Surların Öte Yanı Zeytinburnu, Zeytinburnu Belediyesi Kültür Yayınları 1, 2003.
[6] Old Ships of Newgate - Yenikapı'nın Eski Gemileri, Ed. Ufuk Kocabaş, Ege Yayınları 2008, İstanbul.
[7] Journeys on the Seas of Byzantium, Helenic Ministry of Culture Publication, 1997.
[8] Meriç, E., Jeoloji ve Arkeoloji, İstanbul ve Yakın Çevresinin 8500 Yıllık Geçmişinden Kesitler, TBMMO Yayınları, İstanbul, 2010.
[9] Hançerlioğlu, O., Felsefe Ansiklopedisi "Kavramlar ve Akımlar", Cilt 6, Remzi Kitabevi, İstanbul, 1979.
[10] Vatan, M., "Seismic Risks on Cultural Heritage: Lessons for Istanbul Learnt From Nepal", Dossier Heritage in Debris: Lessons from Nepal Earthquake, Mimar-İst. Journal, Year 15, Vol. 54, pp: 53-59, 2015
[11] Ünal, Z. G., Bringing Order to Chaos: Managing Seismic Risk for Historic Structures, Conservation Perspectives The Getty Conservation Institute Newsletter, pp:14-15, Spring 2015.
[12] Ünal, Z. G., "Disaster Risk Management in Heritage Sites: Reduction of Grey Zones", Dossier Heritage in Debris: Lessons from Nepal Earthquake, Mimar-İst. Journal, Year 15, Vol. 54, pp: 41-45, 2015.
[13] İncedayı, D., Mimar-ist, Sayı 22, 2006.

KENTLERDEKİ AFET YÖNETİMİNE İLİŞKİN KURUMSAL YAPILANMANIN KENT PLANLAMA SÜRECİ İÇERİSİNDEKİ ETKİSİNİN VE YERİNİN İRDELENMESİ

THE EVALUATION OF EFFECTS AND ROLE OF INSTITUTIONAL STRUCTURE REGARDING DISASTER MANAGEMENT IN URBAN PLANNING PROCESS

H. Evren ERDİN[a], Hayat ZENGİN ÇELİK[b], Nur Sinem ÖZCAN[c] ve M. Burcu SILAYDIN AYDIN[d]

[a, b, c, d] Dokuz Eylül Üniversitesi (DEÜ), Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, İzmir, Türkiye, E-posta: evren.erdin@deu.edu.tr, hayat.zengin@deu.edu.tr, sinem.ozcan@deu.edu.tr, burcu.silaydin@deu.edu.tr

Özet

Ülkemizde son yıllarda yaşanan depremler kent planlama alanında afet risklerine duyarlı stratejik gelişme kararlarının, plan ve tasarım yaklaşımlarının önemini ortaya koymuştur. Bununla birlikte yaşanan deneyimler afet riskleri ile baş edebilmenin afet öncesi, esnası ve sonrası için ancak güçlü ve eşgüdüm içinde çalışan bir kurumsal yapılanma ile mümkün olabileceğini de açıkça göstermiştir. Bu aşamadan itibaren mekansal gelişme kararlarının üretilmesi ve hayata geçirilmesi açısından zaten kent planlama sürecinin temelden bağlı olduğu kurumsal yapılanmanın afet yönetimi kapsamında yeni boyutları ortaya çıkmaya başlamıştır. Ne var ki bu yeni kapsam Türkiye'de genel olarak kurumsal yapıların işleyişi açısından önemli bir problem olarak her zaman gündeme gelen haberleşme, eşgüdümün sağlanması ve işbirliği çalışmaları temelinde var olan arızalı yapı içerisinde yeterli etkinlik düzeyine ulaşamamıştır. Ortaya konan çalışma böyle bir noktadan hareketle, afet yönetimi (risk ve kriz yönetimi) kapsamında Afet Müdahale Planları içerisinde yer alan kurumların görev ve sorumluklarını ve ilgili kurumların yaptığı hazırlık ve çalışmaları kent planlama süreci ile ilişkilendirecek biçimde ele almayı amaçlamaktadır. Bu yolla, kurumların yönetsel yapı ve mevzuat açısından içerisinde yer aldıkları çalışma süreci, iletişim ve koordinasyon açısından yaşadıkları sorunlar ve esas olarak planlamanın veri toplama, analiz, sentez ve tasarım/plan/proje üretimi aşamalarındaki etkinlik düzeyleri ortaya konmaya çalışılacaktır. Yapılan değerlendirme sonucunda da, afet ile ilgili kurumsal yapılanma ve kent planlama sürecine bağlı kurumsal işleyiş arasında eşgüdüm sağlamaya yönelik nasıl bir ilişki olması gerektiği ve söz konusu kurumların kent planlama sürecinin hangi aşamalarında nasıl bir rol ve kimlik ile yer almaları gerektiğine ilişkin öneriler ortaya konulacaktır.

Anahtar kelimeler: Afet Yönetimi, Kent Planlama, Kurumsal Yapılanma, Eşgüdüm

Abstract

In Turkey, earthquakes have recently revealed the importance of strategic development plan decisions containing of disaster risks, plan and design approaches in the urban planning discipline. Besides, the experiences incoming these earthquakes clearly demonstrate that the institutional structure working in a coordinated manner is a primary way to deal with the disaster risks before, during and after any disaster. From this phase on, new dimensions of the institutional structure have emerged in the context of disaster management. This structure is already fundamentally connected to the urban planning in terms of the producing and implementing of spatial development decisions. However, this new institutional structure cannot be adequate with regarding to the communication, coordination and co-operation among institutions that are always on the agenda as an important problem in our country.

From this point of view, this paper aims to evaluate the duties, responsibilities, preparation and studies of related institutions with the disaster management (risk and crisis management) linked to the Turkey's National Disaster Response Plan. The institutions' processes of legislation and administrative structure, the problems including communication and coordination and roles of institutions in the process of data collection, analysis, synthesis and production of design/plan/project in urban planning are introduced. As a result of the evaluation, the institutional structure containing the disaster management and the institutional mechanisms depending on the urban planning processes should be related. Moreover, another result is that how and in which phases the related institutions will take place in the urban planning process.

Keywords: Disaster Management, Urban Planning, Institutional Structure, Coordination

1. Giriş

Kentlerin ve kentli nüfusun deprem, kasırga, hortum, tsunami, sel gibi doğal afetlerden etkilenme biçimi ve düzeyi, coğrafi konum, mekansal özellikler, sektörel desen, gelir düzeyi, altyapı durumu, yapılaşma özellikleri gibi pek çok faktöre göre değişim göstermektedir. Genel bir kıyaslama yapılacak olursa, afetler karşısında kentleri daha dirençli kılan yatırımların yapıldığı gelişmiş ülke kentlerinin daha az risk taşıdığını; gelişmekte olan ülke kentlerinin ise afetlere karşı çok daha kırılgan bir yapıda

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

olduğunu söylemek mümkündür. Ancak ister gelişmiş ister gelişmekte olan bir ülkeye ait olsun kentler, yoğun yapılaşma özelliği sergileyen ve büyük nüfusları barındıran alanlar olmaları nedeniyle doğal afetlerden en çok etkilenen yerlerdir. 2050 yılı itibariyle dünya nüfusunun 9 milyarı aşacağı ve bu nüfusun yaklaşık %70'nin kentsel alanlarda yaşayacağı tahmin edilmektedir [3]. Öngörülen bu artışlar, gelecekte kentsel alanlar ile birlikte risk altında kalacak nüfus büyüklüklerini de gözler önüne sermektedir. Kuşkusuz doğal afetlerin yol açtığı en büyük kayıp, can kaybıdır. IFRC (2015)'e göre 2005-2014 yılları arasında dünyada toplam 3809 adet doğal felaket kayda geçmiştir. 2014 yılı, son on yıla göre dünyada en az doğal afetin yaşandığı yıl olmuş; buna rağmen, 2014'te doğal afetler sonucu 7963 kişi hayatını kaybetmiştir [2].

Bunun dışında doğal afetler ekonomik anlamda da kentsel yapılar ya da ülkeler üzerinde önemli etkiler yaratmaktadırlar. Örneğin 2011 yılındaki Tohoku depremi ve tsunamisi 300 milyar dolar, 2005 Katrina Kasırgası 45 milyar dolar ve Kanada'nın Alberta eyaletinde yaşanan sel olayı 3- 5 milyar dolarlık bir ekonomik hasara yol açmıştır [1]. Doğal afetlerin kentlerde yol açtığı hasarlar, afetin türüne ve şiddetine göre değişim gösterebilmektedir. Depremler, doğrudan binaların yıkılmasına neden olurken, sel felaketleri, yıkıcı etkisi olmasa da binaları kullanılmaz hale getirebilmektedir. Doğal afetler, kentlerin temel hizmetlerinden birini oluşturan altyapı sistemlerini çökertebilmektedir. Afet sırasında ve sonrasında ulaşım hatları kullanılamaz hale gelebilmekte, elektrik ve su kesintileri yaşanabilmekte, gaz hatları kopabilmektedir. Kentlerde yaşanan bu problemler, aynı zamanda kentte yaşayanları psikolojik ve fiziksel hastalıklar temelinde etkileyebilmektedir.

Dolayısıyla Afet çok yönlü içeriği ile ele alınması gereken bir olgudur. Söz konusu geniş kapsamlı içerik ülkesel düzeyde gelişme politikalarından başlayarak daha alt ölçeklerde kentlere yönelik fiziksel planlar, mimari ve tasarım ölçeğindeki çözümlere dek hiyerarşik bir çalışma içeriğinin gerekliliğinin göstergesidir. Diğer yandan söz konusu çok yönlü içerik, afet kapsamında doğrudan mekana yönelik fiziksel planlardan başlayarak afetle ilgili çalışmaların yönetilmesine dek genişleyen bir yelpazede organizasyonel çalışmalara ve sağlıklı bir kurumsal işleyişe olan gereksinimi de aynı şekilde ortaya koymaktadır.

2. Türkiye'de Kentlerdeki Afet Yönetimine İlişkin Kurumsal Yapılanma

Afet yönetimi ile ilgili çalışmaların ve kurumsal yapılanmanın kent planlama bağlamında nasıl bir ilişkisi olduğu ve var olan kurumsal işleyişten nasıl ayrıştığını izleyebilmek üzere bu alanda var olan organizasyon şemasını daha ayrıntılı olarak incelemeye ihtiyaç bulunmaktadır. Ülkemizde doğal afetlerle ilgili görev yapan çok sayıda kurum ve kuruluş mevcuttur. 1959 tarihinde yürürlüğe girmiş olan 7269 sayılı yasa ve ilgili yönetmelik ile düzenlenmiş olan söz konusu kurum ve kuruluşların da dahil olduğu afet yönetim sistemi, merkeziyetçi ve aynı zamanda hiyerarşik bir yapı göstermektedir. Başka bir deyişle, afetler meydana geldiğinde ortaya çıkan zararın büyüklüğüne göre kurum ve kuruluşların müdahale ve sorumlulukları aşağıdan yukarıya doğru yayılmaktadır [5].

Bugün Türkiye'de afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütme görevi Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından yürütülmektedir. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun'da yer aldığı biçimiyle Başkanlık Teşkilatlarına kent planlama ile ilgili aşağıda belirtilen kapsamda görevler verildiği görülmektedir.

Planlama ve Zarar Azaltma Dairesi Başkanlığı'nın; "*a) Ülke düzeyinde uygulanacak afet ve acil durum müdahale, risk yönetimi ve zarar azaltma planlarını yapmak veya yaptırmak, b) Muhtemel afet ve acil durum bölgelerini tespit etmek ve önleyici tedbirleri ilan etmek. c) Zarara uğraması muhtemel yerlerin plan, proje ve imar esaslarını belirlemek. …*",
İyileştirme Dairesi Başkanlığı'nın; " *… c) Afete uğramış yerlerin imar, plan, proje işlemleri ile bu alandaki hukuki işlemlerin yürütülmesinde kamu kurum ve kuruluşları ile koordinasyonu sağlamak, yapılan işlemleri denetlemek. … d) Afetten etkilenen bölgelerde, kamu kurum ve kuruluşları, mahalli idareler, üniversiteler ve sivil toplum kuruluşları ile işbirliği içinde afet sonrası yeniden yapılanma ve iyileştirme planlarını hazırlamak, hazırlanan planları Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulunun onayına sunmak, onaylanan planların uygulanmasını koordine etmek, uygulamaya ilişkin ilerleme raporlarını hazırlamak….*",
Deprem Dairesi Başkanlığı'nın; "*a) Depreme hazırlık, müdahale, deprem riski yönetimi, b) Depremde zarara uğraması muhtemel yerler ile zarara uğramış yerlerin imar, plan ve proje işlemlerinin yürütülmesi, …*" görevleri bulunmaktadır.

Dolayısıyla Kanun'da yer alan görev tanımlamalarına bakıldığında, AFAD'ın afet yönetiminin (risk ve kriz yönetimi) yanı sıra kent planlama alanında da yetki ve sorumlulukla donatılmış bir kurum olduğu görülmektedir. Bununla birlikte oluşan zararın afet sırasındakine nispetle daha sınırlı olduğu afetler sonrasında, Kaymakamlıklar başta olmak üzere, ilçe kurtarma ve yardım komiteleri ilk müdahaleyi yapmakla sorumlu olan kurumlardır. Zararın daha büyük olduğu afetlerde ise, Valilikler başta olmak üzere, il kurtarma ve yardım komiteleri afet bölgesinde devreye girmektedir. Meydana gelen afetlerde, illerin kapasitesini ve potansiyelini aşan durumlar meydana geldiğinde, Başbakanlık'a bağlı Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu toplanmaktadır.

Afet yönetimi konusunda kurumsal yapı incelendiğinde (a) ulusal ve (b) yerel düzeyde iki tip yapılanmanın olduğu görülmektedir:

Ulusal Düzeyde Koordinasyon Birimleri
Afet ve Acil Durum Yüksek Kurulu; Yurt içi ve yurt dışı kaynaklarla, Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu'ndan gelen bilgi ve önerileri değerlendirmekte, konu ile ilgili politik direktif esaslarını belirleyerek gerekli kararları almaktadır. Gerekli görüldüğünde Bakanlar Kurulu Kararı alınması yönünde girişimlerde bulunur.
Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu; Afet ve acil durum hallerinde bilgileri değerlendirir, alınacak önlemleri belirler, uygulanmasını sağlar ve denetler, kurum ve kuruluşlar ile sivil toplum kuruluşları arasındaki koordinasyonu sağlar.
Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi; Büyük ölçekli, doğal, teknolojik ve insan kaynaklı afet ve acil durumlar ile Başbakan tarafından acil durum veya afet

olarak değerlendirilen diğer olay ve durumlarda ulusal düzeyde etkin müdahale ve koordinasyonu sağlamak üzere görev yapmaktadır.

Bakanlıklar Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezleri; Ulusal hizmet gruplarının ana çözüm ortağı bakanlık, kurum ve kuruluşların afet ve acil durum yönetim merkezlerinin bünyesinde ilgili hizmet grubunun yönetilmesi için koordinasyon ekipleri teşkil edilmektedir. Ayrıca afet bölgesine destek olmak üzere hizmet grubu tarafından saha destek ekipleri tasarlanmaktadır.

Yerel Düzeyde Koordinasyon Birimleri

İl Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu; İl Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu, vali/vali yardımcısının başkanlığında il afet ve acil durum müdürü, garnizon komutanı, belediye başkanı, il özel idaresi genel sekreteri ve hizmet grubundan sorumlu il müdürleri ile ihtiyaç duyulan diğer il yöneticilerinden oluşur. Görevleri arasında, il afet müdahale planının incelenmesini, uygun bulunması durumunda kurul kararı ile birlikte Başkanlığa onaya sunulmasını sağlamak, il hizmet grubu operasyon planlarını hazırlatmak ve onaylamak ve hizmet grubu planlarının il afet müdahale planına entegrasyonunu gerçekleştirmek, kritik tesislerin oluşturduğu riskleri önleme çalışmaları yapmak veya yaptırmak, afet ve acil durum hallerinde talimat beklemeksizin il afet ve acil durum yönetim merkezinde toplanmak yer almaktadır.

İl Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi; Ulusal düzeyde müdahale organizasyon şemasında yer alan dört temel servis il düzeyinde de aynı şekilde teşkil edilerek, servisleri sorumlu vali yardımcıları tarafından koordine edilmektedir.

Buna göre ulusal ve yerel düzeydeki koordinasyon birimlerinin ağırlıkla afet yönetiminin belirlediği çerçevede müdahaleleri yapmakla sorumlu yapılar olarak ortaya çıktıkları ve görevleri arasında doğrudan kent planlama ile ilgili çalışmaların yer almadığı izlenmektedir. Ancak bu noktada dikkate alınması gerekli husus müdahale ölçütleri içinde kent planlamanın esasen mekansal düzeyde yürütülecek çalışmalarda zaten belirleyici olan içeriğidir. Nitekim bu içerik afet yönetimi kapsamında yer alan plan türleri içerisinde daha belirgin olarak izlenebilmektedir. Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığı tarafından hazırlanan "Türkiye Afet Müdahale Planı – Aralık 2013" kapsamında, Afet Yönetimi Stratejisi içerisinde yer alan plan türleri **Afet Risk Azaltma Planı, Afet Müdahale Planı ve Afet İyileştirme Planı** olarak tanımlanmaktadır. Afet Müdahale Planı farklı kapsam ve ölçeğe sahip **Ulusal Düzey Hizmet Grubu Planları, İl Afet Müdahale Planı ve Yerel Düzey Hizmet Grubu Operasyon Planlarından** oluşmaktadır. Yine aynı rapor içerisinde müdahale aşamaları hazırlık, müdahale ve ön iyileştirme olmak üzere üç aşamadan oluşmakta ve hazırlık aşaması mevcut kaynakları belirlemek, plan yapmak, organize olmak, kapasite geliştirmek vb gibi değerlendirme aşamalarından oluşmaktadır.

Afet ve Acil Durum Müdahale Hizmetleri Yönetmeliği kapsamında, **Ulusal Düzey Hizmet Grubu Planları, "***ana çözüm ortağı bakanlık, kurum ve kuruluşlar ile destek çözüm ortakları tarafından birlikte hazırlanır ve Ulusal düzey hizmet grubu planlarında müdahale hizmetlerinde ihtiyaç duyulabilecek tüm kaynakların mevcut durumu ülke düzeyinde tespit edilir*" denilmektedir. **İl Afet Müdahale Planı**, "*Valinin başkanlığında il afet ve acil durum müdürlüğü koordinasyonunda bakanlık, kurum ve kuruluşların taşra teşkilatlan ve mahalli idarelerin katılımıyla afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak, hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait görev ve sorumlulukları tanımlamak amacıyla afet öncesi, sırası ve sonrasına ait müdahale planlamasının temel prensiplerini içeren Türkiye Afet Müdahale Planı ile entegre bir şekilde hazırlanır*" ifadesi yer almaktadır. **Yerel Düzey Hizmet Grubu Operasyon Planları** için ise, "*ana çözüm ortağı bakanlık, kurum ve kuruluşların taşra teşkilatı, bağlı ve ilgili birimleri tarafından destek çözüm ortaklarının da katılımıyla hazırlanır ve il kurtarma ve yardım komitesinin görevlerini de yerine getirecek olan il afet ve acil durum koordinasyon kurulu tarafından onaylanarak yürürlüğe girer*" denilmektedir.

Yine aynı yönetmeliğe göre yerel düzeyde afet ve acil durum hazırlık çalışmaları illerde valilerin, ilçelerde ise kaymakamların koordinasyonunda tüm kurum ve kuruluşların desteği ile yapılmaktadır. Ayrıca yönetmelikte;

"… (3) sorumluluk alanlarına göre büyükşehir belediyeleri, belediyeler ve il özel idareleri tarafından afet ve acil durumlar gözönüne alınmak suretiyle yeterli büyüklükte, afet risk değerlendirmesi yapılmış geçici barınma alanları belirlenerek olanaklar dâhilinde bu yerlerin altyapısı hazır hale getirilir. Geçici barınma alanı olarak belirlenen yerler hiçbir şekilde başka amaçla kullanılamaz. Belediyelerce geçici iskân alanı olarak kullanılabilecek mevcut pazaryeri, park, bahçe ve yeşil alanların altyapıları afetlerde kullanılabilir hale dönüştürülür.

(4) Sorumluluk alanlarına göre büyükşehir belediyeleri, belediyeler ve il özel idareleri tarafından afet ve acil durumlar gözönüne alınmak suretiyle ihtiyaç duyulabilecek yapı stoğu envanteri, güncel cadde ve sokak isimleri, toplu kullanım alanları gibi her türlü veri kent bilgi sistemlerine işlenir ve güncel tutulur. Bu veriler Başkanlığın kullanımına açık tutulur.

(5) Seviyelere göre hazırlanan yerel afet ve acil durum senaryoları dikkate alınarak ihtiyaç duyulacak kapasite geliştirme çalışmaları yapılır. …" ifadeleri de yer almaktadır.

Yukarıda ortaya konan açılımlar, afet yönetiminin sağlıklı bir biçimde işletilebilmesinde yerleşmelerin sağlıklı bir mekansal şema ile geliştirilmiş olması temel koşullardan biri olduğu açıkça görülebilmektedir. Nitekim, kentsel planlama kapsamında ele alınan ve yapılaşma koşulları tanımlanan bir çok arazi kullanım türünün ve teknik altyapının da yer yer afet ile ilgili plan tanımlamalarına dahil olduğu izlenmektedir. Bu ilişki kent planlamanın afet yönetimine veri aktarma biçimi temelinde sorgulanması gereken açılımlara sahiptir.

3. Kent Planlama Sürecinde Afet ve Afet Yönetimi

Doğal afetlerin etkilerinin yerleşmelerin mekansal gelişimini yönlendiren kararlarda dikkate alınmasının önemi açıktır. Böyle bir önem hem doğru yer seçimi kararlarının üretilmesi hem de mekansal gelişimin sağlıklı bir içerikte yapılandırılması temelinde iki farklı açıdan ortaya çıkmaktadır. Ülkemiz kentleşme pratiğinin hem yanlış yerseçimi kararları hem de afete duyarlı olmayan planlama yaklaşımları temelinde nasıl büyük yıkımlar ve can kayıpları ortaya çıkarabildiğini 17 Ağustos 1999 Marmara,

12 Kasım 1999 Düzce ve 23 Ekim 2011 Van depremleri göstermiştir. Söz konusu deneyimler, afet sonrası yardım ve yaraları sarma stratejileri kadar, deprem riski taşıyan yerleşmelerde risk faktörlerinin tanımlanmasına ve ortaya çıkabilecek zararların en aza indirilmesine yönelik bilimsel araştırma, tespit ve öngörülere gereksinim bulunduğunu da açıkça ortaya koymuştur. Kaldı ki afet sonrası yaraları sarma çabaları kadar, afet öncesi risklerin azaltılması çalışmalarının önemli olduğu, son süreçte uluslararası afet politikalarının ve kent planlamanın da temel vurgusu halini almıştır.

Kentleri afetler karşısında daha dirençli kılacak çalışmaların neler olması gerektiği üzerine odaklanan gündemin son derece geniş kapsamlı ve disiplinler arası bir içeriği bulunmaktadır. Böyle bir çabanın en temel bileşenlerinden biri, tıpkı kent planlama sürecinde olduğu gibi, "kurumsal yapılanma"dır. Ancak kurumsal yapılanmadaki mevcut sorunlar, afete duyarlı çalışmaların yeterince etkinlik kazanmasına da neden olamamaktadır. Kurumlar arası işbirliği çalışmalarının ve afete duyarlı uygulamaların yeterli düzeyde etkinlik kazanamamasının çok sayıda nedene bağlı olarak açıklanabilmesi mümkündür. Özellikle afet yönetimi sisteminin ve kent planlama sürecinin bağlı olduğu yapılanmaların birbirinden ayrışan içeriği burada önemli bir husus olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu iki işleyiş alanının birbirine veri aktaramaması ve yeterli düzeyde koordine olamaması dikkate alınmak durumundadır. Ülkemizde özellikle 1980'li yıllardan sonra izlenen kentsel toprağı ve inşaat faaliyetlerini ekonomi politikalarının temel bileşeni haline getiren yapılanmanın bunda önemli bir rolü olduğu da açıktır. Zira böyle bir yapılanma içerisinde kentlerin gelişimini yönlendirmede nitelik kaygısı yerini niceliksel sonuçlara bırakmıştır. Bununla ilişkili biçimde sürekli olarak yeniden yapılandırılan mevzuat da bu nedenle beklenen amaca ulaşmayı sağlayamamıştır. Nitekim son dönemde en çok tartışılan yasalardan biri olan 6306 sayılı "Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun" bile kendisinden beklenen biçimde afete duyarlı kentsel çevrelerin ortaya çıkmasının bir aracı olmaktan uzaklaşarak kentteki rant mekanizmaları için olanakları geliştiren bir araç halini almıştır.

Böyle bir ortam, kurumların birlikte çalışarak stratejik hedefler doğrultusunda, sağlıklı gelişimi hedefleyen yeterli bilimsel ve teknik araştırmaya dayalı projeler geliştirmeleri olanağını ortadan kaldırırken, kurumlar arasında zaten her dönemde var olan arızalı ilişkiyi de koordinasyon ve haberleşme düzeyinde daha da sorunlu bir noktaya taşımıştır. Ne var ki afet risklerinin azaltılması çalışmalarının temel kaynağı kurumlar arası işbirliğidir ve bu alanda sağlıklı sonuçlara ulaşabilmek için disiplinler arası bir bilgi akışına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu akış mekansal gelişmeleri yönlendiren plan kararlarının oluşumu açısından gerekli olduğu kadar, afet kapsamındaki tüm çalışmaları ve sürecin bütünlüklü olarak yönetimini de içine almak ve planlama çalışmalarının temel bileşenlerinden biri haline getirmek durumundadır.

Bugün geçerli mevzuat incelendiğinde, planlama çalışmalarına afet temelinde veri aktarmayı sağlayacak bir kapsamın geliştirilmeye çalışılmış olduğu görülmektedir. Kent planlama çalışmalarına ilişkin uygulamaları düzenlemek için 14.06.2014 tarihinde yürürlüğe giren **Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği**'nin "Genel Planlama Esasları" başlığı altında planlar hazırlanırken afet, jeolojik ve doğal verilerin esas olarak alınması gerektiği belirtilmektedir. Bu kapsamda da araştırma ve analiz aşamasında *"Afet ve diğer kentsel risklerin yüksek olduğu yerleşmeler veya yapılı kentsel çevre için, gerekli görülmesi halinde kentsel risk analizleri veya sakınım planlaması çalışmaları yapılır. Afet ve diğer kentsel riskler için yapılmış risk azaltıcı tedbirler planlarda esas alınır"* ifadesine yer verilmektedir. Bunun sonucu olarak da Mekansal Strateji Planı'ndan başlayarak Uygulama İmar Planı'na kadar uzanan farklı kapsam ve plan kademelerindeki afet zararlarının azaltılmasına yönelik tehlike ve risklerin analiz edilerek tanımlanması, afete maruz ve riskli alanların belirlenmesi, afet risklerini azaltıcı tedbirlerin alınması ve önerilerin geliştirilmesi yönünde çalışmalara yer verilmektedir.

Yine **Mekânsal Strateji Planlarına Dair Esaslar** bölümünde 14. Maddenin b) bendinde*, "Afet zararlarının azaltılmasına yönelik olarak tehlike ve risklerin analiz edilerek tanımlanması ve tedbirlerin alınması esastır"* denilmektedir. Bu kapsamda Mekânsal Strateji Planı gösterimleri içerisinde "Afetler Açısından Riskli Alanlar" başlığı altında*, "Doğal Afetler Açısından Riskli Alanlar"* ve *"Yerleşme Açısından Riskli Alanlar*" karar ve gösterimlerine yer verildiği görülmektedir.

Çevre Düzeni Planlarına Dair Esaslar bölümünde 19. Maddenin (1) fıkrası, h) bendinde, *"Afet tehlikelerine ilişkin mevcut raporlar ve jeolojik etütler dikkate alınarak afet risklerini azaltıcı önerilerin dikkate alınması esastır"* ifadesine yer verilmekte ve (2) fıkrası içerisinde, "Afete maruz ve riskli alanlar" a ilişkin olarak kurum ve kuruluşlardan veri elde edilmesi ve bu kapsamda analiz, etüt ve araştırmalar yapılması gerektiği belirtilmektedir. Bu çerçevede Çevre Düzeni Planı gösterimleri içerisinde *"Afet Tehlikeli Alanlar*" başlığı altında, *"Afetler Açısından Riskli Alan*" karar ve gösterimlerine yer verilmektedir.

İmar Planlarına Dair Esaslar bölümünde "İmar Planı İlkeleri" başlıklı 21. Maddenin (9) fıkrasında, *"İnsan sağlığı ve güvenliği üzerinde doğrudan veya dolaylı olumsuz etkileri olan enerji nakil hatları, dere koruma kuşakları, taşkın risk alanları, afete maruz alanlar ve benzeri alanlara ilişkin kurum ve kuruluş görüşleri imar planlarına yansıtılır*" ve (13) fıkrasında, *"İmar planlarında afet ve acil durumlarda ihtiyaç duyulabilecek açık alan, yol ve diğer mekânsal ihtiyaçlar gözetilir"* ifadeleri yer almaktadır. Ayrıca "Eşik Analizi" ile ilgili 22. Madde içerisinde, *"Eşik analizinde; topografik, jeolojik-jeoteknik, hidrojeolojik yapı özellikleri ile arazi kullanımı, tarım ve orman alanları, içme suyu havzaları, sit ve diğer koruma alanları, hassas alanlar, kıyı, altyapı, doğal ve fiziki veriler ile afet tehlikeleri analiz edilerek bir arada değerlendirilir."* denilmektedir. **Nazım İmar Planları** ile ilgili 23. Maddenin (6) fıkrası içerisinde, *"Doğal afet tehlikeleri ve kentsel riskler, varsa risk yönetimi ve sakınım planları"*na ve **Uygulama İmar Planları** ile ilgili 24. Maddenin (10) fıkrasında da, *"Afet tehlikelerinin dikkate alındığı yerleşime uygunluk durumunu belirlemeye yönelik jeolojik etütler"* e ilişkin olarak kurum ve kuruluşlardan veri elde edilmesi ve bu kapsamda analiz, etüt ve araştırmalar yapılması gerektiği belirtilmektedir. Bu kapsamda Nazım İmar Planı gösterimleri içerisinde "Özel Kanunlarla Belirlenen Alan ve Sınırlar" başlığı altında "Riskli Alan Sınırı" ve "Rezerv Yapı Alanı Sınırı", "Afet Tehlikeli Alanlar" başlığı altında "Yapı

Yasaklı Alan", "Afete Maruz Bölge" ve "Taşkına Maruz Alan" karar ve gösterimlerine, Uygulama İmar Planı gösterimleri içerisinde ise "Afet Tehlikeli Alanlar" başlığı altında "Yapı Yasaklı Alan", "Taşkına Maruz Alan" ve "Heyelan Alanı" karar ve gösterimlerine yer verildiği görülmektedir.

Bunların dışında **Koruma Amaçlı İmar Planlarına** Dair Esaslar ile ilgili 27. Madde içerisinde, ***"****Koruma amaçlı imar planlarının hazırlanması aşamasında tespit edilen sorunların çözümü ve tarihi, kültürel, doğal çevrenin yaşanabilir ve sürdürülebilir biçimde korunabilmesi için alana özgü stratejiler ile gerektiğinde tescilli kültür varlıkları ile sit alanları içindeki faaliyetlerin ve yapı stokunun deprem, sel baskını, heyelan, yangın, kaya düşmesi ve benzeri afetlere karşı daha dayanıklı ve güvenli hale getirileceğine ilişkin hedefler, stratejiler ve uygulama esasları belirlenir."* ve **Bütünleşik Kıyı Alanları Planlarına** Dair Esaslar ile ilgili 29. Madde içerisinde ise*, "Afet tehlikeleri (deprem, heyelan, kaya düşmesi, su baskınları, tsunami, vb.)"* ne ilişkin olarak kurum ve kuruluşlardan veri elde edilmesi ve bu kapsamda analiz, etüt ve araştırmalar yapılması gerektiği ifadeleri yer almaktadır.

Afet konusunun, Türkiye kentleşme pratiği içerisinde her zaman çok sayıda yasa ve yönetmeliğe bağlı olarak gelişen bir yapılanma içerisinde ayıklanabilen izlerinde temel vurgunun ağırlıkla yer seçimi kararlarının üretimine yönelik olduğu görülmektedir. Bu bağlamda daha çok zeminle ilgili verilerin toplanması ve kullanımına yönelik bir kapsam maddeler arasında kendine yer bulurken, risk taşıyan alan sınırlarının ve yerleşme sınırlarının tespitine yönelik teknik çalışmaların önem kazandığı görülmektedir. Ayrıca risk azaltma stratejileri temelinde yer seçimi ve alansal verilerin önemine ek olarak plan kararlarının nasıl bir içerikte üretildiği de aynı biçimde önem taşımaktadır. Nitekim bugün artık hemen her ilde karşımıza çıkan afet riski taşıyan alanlarda gerçekleştirilen kentsel dönüşüm projeleri, yeniden yapılandırılan fiziksel çevrenin nitelikleri açısından sorgulanması gereken özellikler taşımaktadır.

Mevzuat açısından var olan yapılanma planlamanın bu yönünü yeterli düzeyde içermezken, üretilen yeni mekansal düzenin afetler karşısındaki kırılganlığını arttırabilecek bir içerik esnekliğini de zaten beraberinde üretmiş bulunmaktadır. Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliğinin "Farklı Nüfus Gruplarında Asgari Sosyal ve Teknik Altyapı Alanlarına İlişkin Standartlar ve Asgari Alan Büyüklükleri" başlıklı Ek-2 Tablosunun "Açıklamalar" ı içerisinde, *"6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun uyarınca yapılacak planlarda, plan kararı ile tayin edilen standartlar ve gösterimler, planda veya ilgili yönetmeliğinde tayin edilmemiş ise gerekli görülmesi halinde bu standartlar uygulanır"* ifadesine yer verilmektedir. Buna göre her durum için değişen standartların ve gösterim dilinin üretilmesi mümkün hale gelebilmekte, farklı sorunları bulunan 6306 sayılı yasa sağladığı hareket kabiliyeti ölçüsünde risk yaratmanın temel bileşeni halini almaktadır. Bugünkü işleyiş içerisinde afet risklerinin jeolojik veriler ve alansal riskler dışında bir planlama ve tasarım problemine dönüşememiş olması ve kentlerin kaderinin bütünüyle dönüşüm yasasının eline teslim edilmesi önemli bir sorundur. Ancak bu sorun planlamanın bağlı olduğu kurumsal işleyişin arızalı içeriği temelinde başka boyutlar da kazanmaktadır. Böylece afet risklerine fiziksel çevrenin üretilmesi temelinde duyarlı olmayan planlama stratejileri birbiri ile birlikte çalışmayan, bilgi üretmeyen bir kurumsal yapılanma içerisinde sadece inşaat piyasası için meşru bir hareket alanı yaratmanın aracı haline dönüşmektedir.

Kent planlama açısından kurumsal yapılanmanın niteliği incelendiğinde tarihsel süreç içerisinde yerel ve merkezi otoriteler arasında her zaman değişen yetki öncelikleri olduğu bilinmektedir. Yerel ve merkezi otoriteler arasında değişen yetki paylaşımında temel dayanağın yerleşmelerin gelişimini sağlıklı yönlendirmekten çok hızlı bir uygulama sürecini mümkün kılmak olması ise, afet vurgusu son dönemde önem kazanmış olsa da beklenen içeriğin ortaya çıkmasını engellemektedir. Böyle bir ortamda afet yönetimine ilişkin ülkesel ya da yerel düzeyde ortaya çıkarılmış olan yapılanmanın beklenen etkinliği oluşturmasını beklemek de olanaksız hale gelmektedir. Zira kent planlama düzeyinde izlenen eşgüdüm ve haberleşme problemi her iki çalışma alanı arasında da aynı şekilde ortaya çıkmakta ve afet yönetimi ile ilgili çalışmalar ve bu kapsamda müdahale planlarının yerleşmeler için farklı ölçek ve içerikte yapılandırılmış imar planları ile uyumlu bir içerik taşıması söz konusu olamamaktadır.

4. Kentsel Düzeyde Afet Yönetimi İçerisinde Yer Alan Kurumların Kent Planlama Süreci Açısından Değerlendirilmesi

Afet öncesi, esnası ve sonrası için temel kabul edilebilir yönlendirici belge "Afet Müdahale Planı"dır ve yukarıda adı geçen tüm yönetsel işleyiş için de ortak bir çalışma zemini yaratan esas çalışma altlığını oluşturması bakımından önem kazanmaktadır. Kentlerin mekansal yapılanmasını hem afete duyarlılık, hem de afetin yönetilebilirliği açısından yapılandıran temel belgeler ise farklı ölçek ve içerikteki imar planlarıdır. Bu sebeple kentsel ölçekte afet yönetimini başarıya götürecek olan yapılanmada afet müdahale planları ile kent planlarının içeriksel uyumu ve dolayısıyla her iki düzeyde de bilgi ve karar üreten kurumsal işleyişin koordinasyonu son derece önemli hale gelmektedir. Bugünkü işleyiş içerisinde tüm mekansal gelişmeleri yönlendiren temel belge olmakla birlikte imar planlarının afet yönetimi kapsamındaki verileri içerecek biçimde yapılandırılamıyor olmaları ise önemli bir sorundur. Böyle bir yapılandırmada planlama sürecinin tüm aşamaları içinde afet vurgusuna ve duyarlılığına gereksiniminin bulunduğu açıktır. Dolayısıyla kent planlama sürecinin farklı aşamaları açısından konu değerlendirildiğinde;

1. Veri ve Bilgi Toplama Aşaması: Bu aşama yerleşmelerin hem yer seçim kararlarını hem de yapılanma biçimlerini belirlemede etkili olacak doğal ve yapılı kentsel çevreye ilişkin fiziksel güncel veri ve bilgilerin araştırılması ve elde edilmesini içeren bir kapsama sahiptir. Bu noktada afetler açısından elde edilen verinin mevzuatta da izlenen biçimde sadece "afet, jeolojik ve doğal veriler" ile sınırlandırılmış olması yeterli değildir. Konunun, mekansal gelişimin farklı boyutları ile ilgili açılımları da dikkate alınmak durumundadır. Bu doğrultuda mevcut teknik altyapının ve yerleşme, yoğunluk ve fiziksel özelliklerinin de afet kapsamındaki içeriğe uygun biçimde düzenlenerek değerlendirilmesine ihtiyacı bulunmaktadır. Kaldı ki, gerek afet müdahale planlarına ve gerekse de kent planlarına

veri aktaran bir bilgi üretme sürecinin de birlikte gerçekleşmesi ve güncel ve sağlıklı bir veri tabanına dayanması gerekmektedir.

2. Analiz ve Sentez Aşaması: Bu aşama elde edilen veri ve bilgilerin birleştirilerek analizlerinin yapıldığı, plan kararlarının oluşturulmasında dikkate alınan ve analizlerin değerlendirildiği sentezin oluşturulduğu bir niteliğe sahiptir. Bu aşama içerisinde afetlerin kapsamı mevzuat içerisinde "Eşik Analizi", "Tehlike Analizi" ve "Risk Analizi" olarak yer almakla birlikte, bu analizlerin yapılabilmesi, yorumlanabilmesi ve afete duyarlı plan kararlarını yönlendirecek biçimde kullanılabilmesi için disiplinler arası ve kurumlar arası işbirliğine ve koordinasyona gereksinim bulunmaktadır. Ayrıca mevzuat içerisinde risk analizlerinin ve sakınım planlaması çalışmalarının gerekliliğini ortaya koyan koşulların ve neler içermesi gerektiğine ilişkin kapsamın da tanımlanmış olması gereklidir.

3. Strateji ve Karar Üretme Aşaması: Bu aşamada afet yönetiminin farklı çalışma evrelerini (Risk Azaltma, Hazırlık, Müdahale, İyileştirme) içeren kapsamda planlama çalışmalarına temel olacak stratejilerin tanımlanmasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kapsamda ulusal, bölgesel, kentsel ve mikro ölçeklerde farklı kırılganlık ve risk düzeyine sahip yerleşmelerin karakteristik özellikleri de dikkate alınarak geliştirilebilecek müdahale seçenekleri ve plan kararlarının oluşturulması gerekmektedir. Kentsel ölçekten başlayarak daha alt ölçekteki çalışmalarda ise, farklı planlama ve tasarım kriterlerinin ve standartların oluşturulması gerekmektedir. Zira afetler tüm kentsel yerleşmeleri etkilemekle birlikte, bu etkilenme durumunun biçimi ve şiddeti maruz kalınan afetin türüne ve yerleşimin mekansal, fiziksel vb özelliklerine göre değişim göstermektedir. Ayrıca kentlerin karşılaşabileceği afet türleri de yine bölgeler arasında farklılaşabilmektedir. Dolayısıyla afete duyarlı plan kararlarının yerel koşullara göre değişen özellikleri bünyesinde barındırması önemlidir. Bu bağlamda afete duyarlı kentsel planlar üretmek için bölgesel farklılıklara göre tanımlanmış kriter ve standartların afetle ilgili kurumlar tarafından ve plancının karar üretme aşamasında kullanabileceği "Afete Duyarlı Kent Planlama ve Tasarım Rehberi" ve "Afete Duyarlı Kentsel Dönüşüm Rehberi" gibi bir rehber niteliğinde üretilmesi gerekmektedir.

Onay yetkisi açısından bakıldığında ise, bugün Türkiye'de kent planlama alanında plan hiyerarşisi içerisinde yer alan Mekansal Strateji Planı, Çevre Düzeni Planı, Nazım İmar Planı, Uygulama İmar Planı gibi planları yapma ve onama yetkisine sahip Devlet Planlama Teşkilatı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Kültür ve Turizm Bakanlığı, Bilim, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Büyükşehir Belediyesi, Belediye, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Başbakanlık Toplu Konut İdaresi Başkanlığı, Başbakanlık Özelleştirme İdaresi Başkanlığı gibi çok sayıda kurumun bulunduğu görülmektedir [6]. Farklı kurumlar tarafından yerine getirilmekte olan planlama faaliyetlerinde zaten plan bütünlüğünün sağlanmasında ortaya çıkan sorunların, afet yönetimini de dikkate alan afete duyarlı kentsel mekanların oluşturulmasında da önemli sorunlara yol açacağı düşünülmelidir. Bu çerçevede kurumsal işleyiş ve kurumlar arası iletişim ve koordinasyon açısından var olan sorunların çözümüne yönelik stratejik çalışmalara ihtiyaç bulunduğu da dikkate alınmalıdır. Bu kapsamda yapılabilecek müdahalelerin niteliğinin kurumlardan gelecek geri dönüş ve bildirimlere gereksinimi bulunmakta olup, afete duyarlı kent planlama yaklaşımlarına doğru geçiş yapılabilmesi için bu yönde bir değerlendirmenin de mutlak surette gerekli olduğu da göz önünde bulundurulmalıdır.

5. Sonuç

Afetlerin doğrudan kentsel mekanı etkilemesi ya da kentsel mekan niteliğinin afete dirençli yerleşimler yaratma konusunda önemli bir faktör olması nedeniyle, afet yönetimi ve kentsel planlama ile ilgili kurumların kesişen yanlarının olduğu açıktır. Bununla birlikte bugün sağlıklı bir afet yönetimi sürecinin işleyebilmesi ve afete duyarlı kentsel planların üretilebilmesi adına anılan kesişimin yeterli bir düzeyde kurulmadığı izlenmektedir. Böyle bir sorunu nedenleyen çok sayıda gerekçeden söz edilebilir. Afet yönetim sistemi ile kent planlama sürecinin işleyişi temelinde kurumsal olarak iki farklı yapılanmanın varlığı burada önemli bir çerçeve yaratmaktadır. İki alan arasında koordinasyon ve bilgi akışında kişisel yaklaşımlar ve yetkinlik, kurumsal ya da mevzuata bağlı sebepler açısından farklı tanımlamalar yapılabilecek olsa da, burada esas olarak ön plana çıkan kentlerin mekansal gelişimini yönlendiren imar planlarının yapılandırılmasındaki işleyiş ve süreçtir. Nitekim veri toplama aşamasından başlayarak her aşamada afete yönelik bir kapsamın özellikle de yeterli duyarlılık ve tanımlamalarla birlikte yeniden yapılandırılması ve bunun işleyişi sürekli ve ülke genelinde etkin kılarak bütünsel bir tavır ortaya koyabilmek adına mevzuatla da karar altına alınması gerekmektedir.

Kaynaklar

[1] Ersoy, Ş., 2013 Afet Raporu "Dünya ve Türkiye", Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi. http://www.yildiz.edu.tr/images/images/2013%20AFET%20RAPORU_v2.pdf, 2013.

[2] International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies (IFRC), World Disasters Report 2015, Focus on local actors, the key to humanitarian effectiveness, 2015.

[3] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), OECD Environmental Outlook to 2050, The Consequences of Inaction. http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en, 2012.

[4] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Türkiye Ulusal Afet Müdahale Planı (TAMP), Ankara, 2013.

[5] Uzunçıbuk, L. (2005). Yerleşim Yerlerinde Afet ve Risk Yönetimi, Kamu Yönetimi ve Siyaset Bilimi Anabilim Dalı, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara Üniversitesi. Doktora Tezi, Ankara, s. 244- 284.

[6] Ünverdi, L., Erdin, H.E., "Plan Yetkisine Sahip Farklı Otoritelerin Planlamaya Etkisi: İzmir Örneği", Peyzaj Mimarlığı IV. Kongresi, Açılımlar, 21-24 Ekim 2010, Selçuk, İzmir, Peyzaj Mimarlığı IV. Kongresi Bildiriler Kitabı, 55-65, 2010.

TÜRKIYE'DEKI MIMARLIK EĞITIMININ AFET ZARARLARININ AZALTILMASINDA ETKİSİNİN İNCELENMESI

INVESTİGATİON OF THE EFFECT OF ARCHİTECTURE EDUCATİON İN TURKEY FOR DİSASTER MİTİGATİON

Fatma Özdoğan[a] ve Deniz Güney[b]
[a] Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: fatmaozdogan@yahoo.com
[b] Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: deguney@yildiz.edu.tr

Özet

Afetler, ekonomik ve sosyal kayıplara yol açan, beklenmeyen ve olağandışı olaylardır. Bir tehlikenin afete dönüşmesinde birçok faktör etkilidir. Artan kentleşme, eğitimsiz teknik personel, niteliksiz yapılaşma gibi etkenler afetlerin toplumlar üzerindeki etkisi artırmakta, bu durum doğru ve dinamik bir afet yönetimi sistemi kurulmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye'de yaygın olarak yaşanan deprem, sel, toprak kayması gibi afetlerde kontrolsüz ve hatalı yapılaşmalar ile hasarlar ve can kayıpları arasında önemli bir ilişki vardır. Afet hasarlarının azaltılması için eğitimli ve deneyimli mimarların tasarladıkları yerleşimler ve yapılara ihtiyaç vardır. Bu niteliklere sahip mimarlar ise ancak lisans evresinde yeterli derecede eğitilenler arasından çıkacaktır. Bu çalışmada, Türkiye'deki mimarlık lisans eğitim süreci incelenecek, afetlerle ilgili lisans düzeyinde verilen dersler nitelik ve niceliksel olarak incelenecektir. Ortaya çıkan veriler, afet yönetiminde öncü ülkelerin mimarlık eğitimi ile karşılaştırılarak analiz edilecektir. Elde edilen verilere dayalı olarak daha iyi bir afet yönetimi ve hasar azaltma stratejisi için yapılması gerekenler irdelenecektir.

Anahtar kelimeler: Mimarlık, Afet yönetimi, Zarar Azaltma, Hasar

Abstract

Natural Disasters are unusual and unexpected events that bring about economic and social loss and affect human activities by destroying or damaging buildings or other structures. There are many factor which transforms a danger to disaster. Dramatically increasing urban settlements, unskilled technical staff, low quality buildings makes consequences of disasters much more destructive to society. Therefore correct and dynamic disaster management system must be established. There is a strong relationship between disasters such as landslides, floods, earthquakes and uncontrolled and excessive urbanism. In order to decrease disaster damages, architects have a big role. Undergraduate education is the most important part to generate required background. In this study, architect education system in Turkey is examined especially courses during undergraduate education are analyzed as qualitative and quantitative point of view. Collected data is analyzed and compared with developed and leading countries in disaster management. According to analysis results proposals will be prepared for better disaster management and mitigation strategy.

Keywords: Architecture, Disaster management, mitigation, damage

1. Giriş

İnsanlar için fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen, etkilenen topluluğun yerel imkân ve kaynaklarını kullanarak baş edemeyeceği doğa veya insan kökenli olayların sonuçlarına afet denilmektedir. Afet yönetimi ise; afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması amacıyla, afet öncesinde, afet sırasında ve afet sonrasında alınması gereken önlemlerin ve yapılması gereken çalışmaların planlanması, yönlendirilmesi, koordine edilmesi, desteklenmesi ve etkin olarak uygulanabilmesi için toplumun tüm kesimlerini kurum ve kuruluşlarıyla faaliyetlere dahil eden, kaynakların belirlenen stratejik hedefler ve öncelikler doğrultusunda kullanılmasını sağlayan çok yönlü, çok disiplinli ve çok aktörlü bir yönetim süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu süreç içerisinde, önleme, risk azaltma, hazırlık, müdahale, iyileştirme ve yeniden inşa gibi ana aşamalara ayrılabilen faaliyetler süreklilik gerektirmektedir. Afet sürecinin bir önceki aşamasında yapılan faaliyetlerin başarısı bir sonraki aşamasında yapılacak faaliyetlerin başarısını etkilemektedir. Bu süreç iç içe geçmiş halkalarla gösterilebilen bir yapıda olup, afet yönetim döngüsü veya zinciri olarak adlandırılmaktadır [1]. Yakın bir tarihe kadar Türkiye'de yalnızca afet sonrası arama kurtarma çalışmaları olarak görülen 'Afet Yönetimi Sistemi', kısa bir süredir dünyadan örnek alarak geliştirilmeye çalışılan bir temel düzeyindedir. Sistemin en önemli kısmı ise eğitimdir. Afet yönetim döngüsünde yer alan tüm paydaşların eğitimleri sistemin etkinliği için hayati önem taşımaktadır.

Afet yönetiminde en önemli aşamalardan biri şehirlerin ve yapıların afet risklerini dikkate alarak tasarlanmasıdır. Bu sayede afet gerçekleşmeden afet riski ortadan kaldırılabilir, minimize edilebilir veya ortaya çıkması durumunda vereceği zararlar en aza indirilebilir. Ancak bu amaca ulaşabilmek için mimarların tasarım aşamasında zarar azaltma tekniklerini kullanabilecekleri alt yapısının olması gerekir. Bu alt yapı ise ilk etapta lisans eğitimi düzeyinde kazandırılabilir.

Mimarlık eğitimi, Türkiye'de ve dünyada benzerlikler göstermesinin yanında önemli farklılıklar da içermektedir. Bu çalışmada Türkiye ile benzer doğal afetlerin yaşandığı İtalya, afet yönetim sisteminin dünyada iki temel örneği olan Amerika ve Japonya'nın mimarlık eğitim içerikleri ve mimarlık yetkinliği alma süreçleri incelenmiştir. Ayrıca eğitim döneminde verilen afet yönetimine yönelik derslerin

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

ülkede ortaya çıkan hasarların azaltılmasında olası etkileri irdelenmiştir.

2. Afet Türleri

Dünyada afet yönetimi sisteminin oluştutulması için öncü çalışmalar yapan Amerika'nın ulusal acil durum yönetim merkezi FEMA (Federal Emergency Management Agency) kaynaklarına göre; afetlerin sınıflandırılması ile ilgili kabul edilen farklı görüşler yer almaktadır [1]. Aynı zamanda bu kabuller tarih boyunca değişmiştir. FEMA'nın afet yönetimi eğitim programlarında kabul ettiği sınıflandırmalardan kapsamlı birkaç örnek aşağıda belirtilmiştir:

Güney Texas Üniversitesi Afet Yönetimi ve Planlaması programı(EADP) kaynaklarına göre; afetler 5 sınıfa ayrılır [2]:

1. Doğal Afetler
2. Çevresel Afetler
3. Biyolojik Afetler
4. Teknolojik Afetler.
5. İnsan Kaynaklı Afetler

Bir diğer sınıflandırma da Tobin, A.G., Montz,E. (1997); farklı bir bakış açısı ile değerlendirilmiştir. Afetleri insan ve maddi kayıp açısından sonuçlarına göre değerlendirir [3]. Buna göre afetler;

- Az kayıp yaşanan afetler
- Orta düzeyde kayıp yaşanan afetler
- Yüksek Düzeyde Kayıp yaşanan afetler

Afetlerin birçok sebebi olduğu ve birbirinden de kaynaklanabilmesinden dolayı, sebeplerine göre değil, sonuçlarına göre değerlendirilmesi gerektiği görüşüne, Tobin ve Montz'u destekler biçimde Quarantelli, E.L. (1998) tarafından da değinilmiştir [4].

Farklı sınıflandırma türleri ve sınıflandırma ölçütlerinden Amerika'da en yaygın kullanılan ve FEMA tarafından da genel eğitimlerde ve dökümanlarda kullanılan sınıflandırma McEntire,D.A. (2015) tarafından yapılan yukarıda belirtilen Güney Texas Üniversitesi'nin kabul ettiği sınıflandırmadır.
Afetlere karşı zarar görebilirlik oranını düşürmek için önemli çalışmalar yapan ve sistemli bir afet yönetimi geliştirmiş olan Japonya; afetleri genel olarak 2 kategoride değerlendirmekte ve her afeti yönetimsel yapı içinde çeşitli görevlilere atamaktadır [5]. Afet yönetimi ana planına göre afetler;

- Doğal afetler
- Kazalara ilişkin afetlerdir.

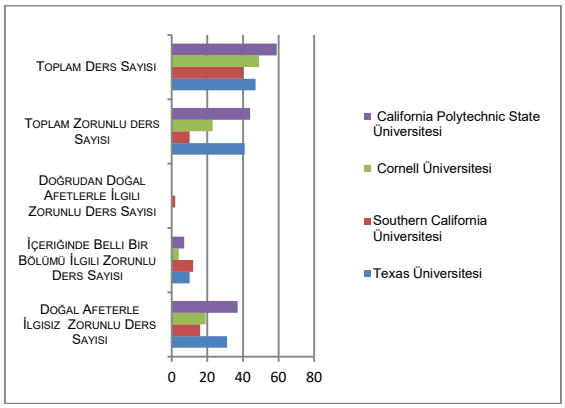
3. Afet Yönetiminde Dünyada Ve Ülkemizdeki Durum:

Ülkelerin afetlere karşı zarar görebilirliği ile sürdürülebilir kalkınma arasında olumlu ya da olumsuz anlamda ilişkiler vardır. Birleşmiş Milletler (BM) Genel Kurulunda (BM 42/169, 1987 sayılı karar ile) kabul edilen uluslararası camiada 1990 ve sonraki on yılda gerçekleştirilecek hedefleri belirleyen 1990-2000 yılının Doğal Afetlerin Azaltılması Uluslararası On yılı (IDNDR) olarak ilan edilmesi, Yokohama Stratejisi ve Daha Güvenli Bir Dünya İçin Eylem Planı (1994), Binyıl Bildirgesi (2000), Afetlerin Azaltılması Uluslararası Stratejisi (ISDR) hazırlanması (2000), Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) tarafından hazırlanan “Afet Riskinin Azaltılması” küresel raporu (2004), Afet Risklerinin Azaltılması Konferansı ve Hyogo Bildirgesi (2005) ve Hyogo Çerçeve Eylem Planının (2005-2015) hazırlanması, Ulusların ve Toplulukların Afetlere Karşı Dirençlerinin Artırılması ile Risk Azaltma Küresel Platformu (2007) yapılması çalışmalarında doğal afetlerin zararlarının azaltılması konusunda önemli adımlar atılmıştır. Hyogo Çerçeve Eylem Planının stratejik hedefleri;
1) Afet risklerinin azaltılmasının sürdürülebilir kalkınma plan ve politikaları ile bütünleştirilmesi,
2) Afetlere karşı bilincin ve duyarlılığın oluşturulması için mevcut kurumların ve mekanizmaların güçlendirilmesi ve kapasitelerinin geliştirilmesi,
3) Afet risklerinin azaltılması yaklaşımlarının acil duruma hazırlık, müdahale ve iyileştirme programlarına sistematik olarak dâhil edilmesi, şeklindedir [6].

Türkiye doğa kaynaklı afetleri sıkça yaşayan bir ülkedir. Afetler neden oldukları can kaybı yanında önemli ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar da meydana getirmektedir. Bu konudaki istatistikler incelendiğinde, doğa kökenli afetlerin her yıl Türkiye gayri safi milli hâsılasının yüzde 3’ü oranında doğrudan ekonomik kayba yol açtığı görülmektedir. Ancak doğrudan ekonomik kayıpların yanında pazar kaybı, üretim kaybı, işsizlik, iş gücü kaybı gibi dolaylı ekonomik kayıplar da göz önünde bulundurulduğunda toplam kayıp yılda gayri safi milli hâsılanın yüzde 4-5’ine yaklaşmaktadır. 1960’ların başından beri “Afet Yönetimi’ni ilgilendiren afet yönetim zincirindeki tüm aşamaları içeren uygulama düzenlemeleri ve yönetmelikleri vardır. Ancak 1999 İzmit Körfezi Depremi tüm bunların yeterli olmadığını en azından etkili şekilde işlemediğini ortaya koymuştur. Geçmiş yıllarda Türkiye’de yaşanan olaylara bakıldığında afetlerle istenilen düzeyde etkin mücadele edilemediği, afet risklerinin azaltılamadığı görülmektedir. Bu mücadelenin istenilen bir etkinlikte yürütülememesinin nedenleri arasında önleme, risk azaltma ve hazırlık çalışmalarına yeterince önem verilmemesi, afet konusunda benzer görevlere sahip birçok kurumun bulunması ve bunlar arasında iyi bir işbirliği ve koordinasyonun sağlanamaması, yetki karmaşalarının yaşanması, sosyo-ekonomik koşulların göz ardı edilmesi gibi faktörlerde sayılabilir. Bu kapsamda AFAD, Yerel Yönetimler, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı gibi kurum ve kuruluşlar her ne kadar yukarda sayılan eksiklier gidermek için bir takım çaba ve çalışmalar yürütmüş ise de istenilen sonuçlar elde edilememiştir [6].

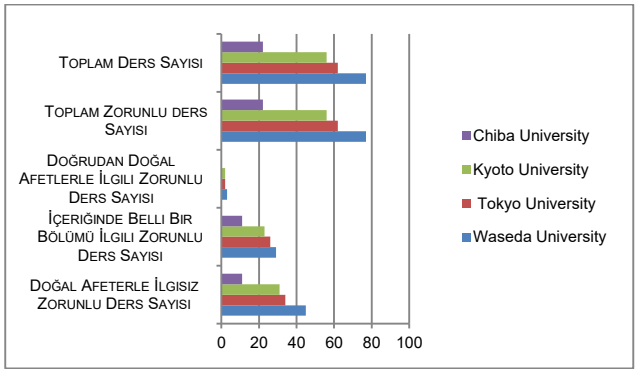
4. Mimarlık Lisans Eğitiminde Doğal Afet Zarar Azaltma İle İlgili Durum:

Amerika Birleşik Devletleri’nde verilen mimarlık lisans programları, okulların benimsediği eğitim sistemine göre farklılık göstermektedir [7]. Mimarlık eğitimi; üniversitelerde Mimarlık Bölümleri (Washington Üniversitesi), Mimarlık Okulları (Güney California Üniversitesi), Tasarım Okulları (Harvard Üniversitesi Tasarım Okulu) Mimarlık Kolejleri (Texas A&M Üniversitesi, Mimarlık Koleji) gibi farklı yapılarda verilmektedir [7]. Amerika'nın farklı mimarlık eğitim sistemlerini temsil eden, ve mimarlık eğitimi açısından ekol olmuş okullardan; Güney California Üniversitesi, Cornell Üniversitesi, California Politeknik Eyalet Üniversitesi ve Texas A&M Üniversitesi mimarlık lisans eğitim içeriği bu bölümde incelenmiş ve doğal afetlerele doğrudan-içeriği ilgili-ilgisiz olarak Şekil 1’de değerlendirilmiştir.



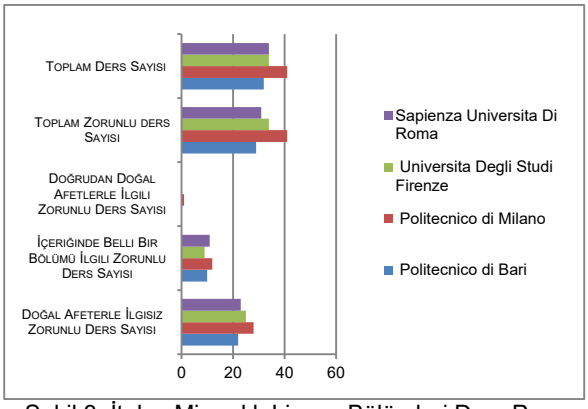
Şekil 1. Amerika Mimarlık Lisans Bölümleri Ders Programı İçerik Değerlendirmesi

Japonya'da afetlere ilgili bilincin eğitime yansımasının en önemli örneği mimarlık eğitimi ders literatüründe görülmekte ve mezuniyet ardından mimarlık yetkisi alma sürecinin detaylı ve zorlu yolu ile görülmektedir. Genel olarak mühendislik fakülteleri bünyesinde yer alan mimarlık bölümleri, tasarım atölye derslerinde ve kentsel ölçekte doğal afetler hakkında bilgili olarak mezun olmaktadırlar. Şekil 2'de gösterildiği gibi derslerin büyük çoğunluğunda doğal afetler işlenmektedir. Mezuniyetin ardından çeşitli derecelerde girilen sınavlar ve buna bağlı yetki artırımı Japonya için konunun önemini göstermekte ve yapılan detaylı çalışmaların sonucunda doğal afet etkilerinin azalması olarak olumlu geri dönüşler alınmaktadır. Japonya'da mimarlık bölümlerinin genellikle mühendislik fakülteleri bünyesinde olmasının bir sonucu olarak ağırlıklı olarak deprem, yangın, yapı analizi gibi dersler sebebiyle doğal afetlerle ilgili dersler fazladır [8].



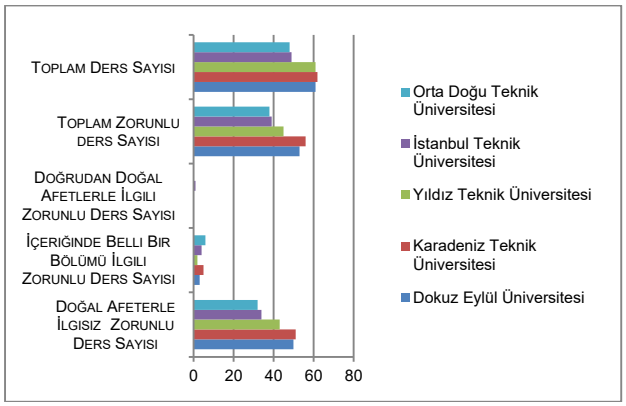
Şekil 2. Japonya Mimarlık Lisans Bölümleri Ders Programı İçerik Değerlendirmesi

İtalya'da Avrupa ülkelerinin tamamında olduğu gibi mimarlık eğitimi süresi 5 yıldır. İtalya'da 3+2 sistemi tartışılmakla birlikte henüz nihailendirilmemiştir. Şekil 3'te belirtilen 4 öncü üniversitede değerlendirme yapılmıştır.



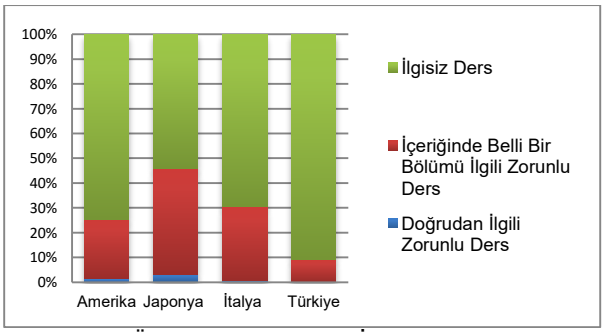
Şekil 3. İtalya Mimarlık Lisans Bölümleri Ders Programı İçerik Değerlendirmesi

Şekil 4'te yer alan Türkiye mimarlık lisans bölümlerinin incelenmesi bölümünde ODTÜ, İTÜ, YTÜ, KTÜ ve DEÜ gibi Türkiye'nin diğer üniversitelere öncülük etmiş üniversiteleri seçilmiş ve bu üniversiteler Türkiye mimarlık lisans eğitimi anlayışını yansıtan temel olarak kabul edilmiştir.



Şekil 4. Türkiye Mimarlık Lisans Bölümleri Ders Programı İçerik Değerlendirmesi

Şekil 5'te belirtilen karşılaştırma tablosuna göre, doğal afet zararlarının azaltılması ile ilgili doğrudan en çok ders 1,75 ortalama ile Japonya'dadır. Türkiye'de yalnızca bir üniversitede doğrudan doğal afet zararlarının azaltılması ile ilgili zorunlu derse rastlanılmıştır. İçeriğinin belli bir bölümü doğal afet zararlarının azaltılması ile ilgili olan ders ortalaması 22,25 ile en yüksek Japonya'da, en düşük 4 ortalama ile Türkiye'dedir.



Şekil 5. Ülkelere Göre Eğitim İçeriği Karşılaştırması

5. Alan Çalışması:

5.1. Mimarlık Lisans Öğrencileri İle Yapılan Anket Çalışması

59 mimarlık lisans öğrencisi ile birlikte yapılan 27 soruluk anket çalışmasında sorular oluşturulurken 3 ana konu esas alınmıştır [8]:

- Kişilerin doğal afetlerle ilgili bireysel ve mesleki yaklaşımının belirlenmesi,
- Lisans eğitiminin değerlendirilmesi,
- Çalışma hayatı ile ilgili öngörülerinin ortaya çıkarılması.

Anket mimarlık 3. ve 4. Sınıf öğrencilerine uygulanmıştır.

5.2. Mimarlık Lisans Mezunları İle Yapılan Anket Çalışması

90 mimarlık lisans mezunu üzerinde yapılan anket çalışmasında; bireysel farkındalık, mesleki farkındalık, mimarlık eğitiminin değerlendirilmesi ve çalışma hayatındaki tecrübelerin tespiti için katılımcılara 22 soru yöneltilmiştir. Katılımcıların mezuniyet yılları; %1.11'lık kısmı Yeni mezun (0-1 yıl), %56.66'sı mezuniyet yılı 2-5 yıl arasında, %30'u 6-10 yıl, %12.22'si de 11 yıl ve üstü'dür. Katılımcıların toplam iş tecrübesi olarak oranı; %2.22'si 0-1 yıllık tecribeli, %60'ı 2-5 yıl, %23.33'ü 6-10 yıl, %14.4'ü ise 11 yıl ve üstü tecribelidir. Katılımcıların %11.1'i kamu kurumlarında, %84.4'ü özel sektörde çalışmaktadır. %3.33 oranında çalışmayan, %1.11 oranında ise emekli katılımcılarla anket yapılmıştır [8]. Sorular, kişinin doğal afetler ve mesleği arasında kurduğu bağ, meslek hayatında doğal afet zararlarının azaltılmasının yeri, bilgi birikiminin kaynağı, okul tecrübeleri ve meslek hayatında doğal afet zararları ile karşılaşma sıklığı gibi konular üzerine yöneltilmiştir.

6. Sonuç Ve Değerlendirme

Yapılan anket çalışmalarında da görülmüştür ki, mimarlık öğrencileri, mimarlık lisans mezunları doğal afetler konusunda bilinçli ancak eğitim içeriğinin yeterli olmadığı, farklı disiplinlerle yapılacak projelerin mimarlık mesleği farkındalığını artıracağı, ilgili yasa ve yönetmeliklerin proje derslerinde öğretilmesinin faydalı olacağı, lisans eğitim içeriğinde doğal afetlere yeterli yer verilmediği konularında hemfikirdir. Mimarlık lisans mezunları mimarlık eğitimi süresinde ve mesleki yeterlilik konusunda eksiklikler olduğunu belirtmişlerdir. Mimarlık lisans mezunları çalıştıkları kurumların doğal afet bölgelerinde de faaliyet gösterdiklerini ve projeler yaptıklarını belirtmiştir ama sonuçlar göstermektedir ki kurumlar konuya yeterli düzeyde önem vermemektedir. Genel olarak son dönemde öğrenci ve meslek profesyonelleri arasında doğal afet bilinci artmaktadır ancak yeterli seviyelere henüz ulaşmamıştır. Örneğin mezun mimarların yarıya yakını doğal afetlerle ilgili eğitim/yüksek lisans/sertifika programı almadığını belirtmiştir. Afet bölgelerinde yapılacak teknik gezilere öğrenciler katılmak istediklerini belirtmiş, öğretim görevlileri de bunun mesleki farkındalığı artıracağı görüşünde olumlu düşünmektedirler Yapılan analizler ve anket çalışmaları açıkça göstermektedir ki, doğal afet zararlarının azaltılmasında Türkiye'de mimarlık eğitiminde radikal yenilikler yapılmalıdır. Ders içerikleri zenginleştirilmeli, özellikle doğal afetlerin mesleki bağını irdeleyen dersler açılmalıdır. Mimari tasarımda değerlendirilebilecek ve doğal afet etkilerini azaltacak ölçütler mimarlık öğrencilerine lisans düzeyinde aktarılmalıdır. İlgili yasa ve yönetmelikler derslerde öğretilmelidir. Tüm bunların mimari proje derslerinde değerlendirilmesi ve projelere yansıması sağlanmalıdır. Mimari proje derslerinden en az bir tanesi farklı bölümlerle birlikte disiplinlerarası bir ögeye dönüştürülmeli, öğrenciler doğal afetlerle ilgili birlikte çalışma, değerlendirme, düşünme ve üretme imkanı bulmalıdır. Afet bölgelerine teknik geziler düzenlenmeli, mimari hatalar yerinde sahada gözlemlenmelidir. bu ziyaretler sonunda çalışmalar sürdürülmeli, öğrenciler konuyla ilgili çalışmalar hazırlamalıdır. Mimarlık eğitim süresi artırılmalı, mesleki yetkinlik konusu yeniden değerlendirilmeli ve dünya standartlarına getirilmelidir.

Eğitimde yapılacak yenilikler kısa sürede etkilerini gösterecek ve Türkiye'de hem afet yönetim sisteminin önemli bir parçasını güçlendirmiş olacak, hem de doğal afet zararlarının, kayıpların en aza indirilmesini sağlayacaktır.

Kaynaklar

[1] FEMA Eğitim notları "Hazard Categories or Taxonomies", https://www.training.fema.gov/HiEdu/docs/hazdem/Session%203%20--%20Hazard%20Taxonomies.doc, 05.Temmuz.2015.

[2] McEntire,D.A., Disaster response and recovery strategies and tactics for resilience, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, 2015.

[3] Tobin, A.G., Montz,E.). Natural Hazards & Disasters Explanation and Integration, The Guilford Press, New York, 1997.

[4] Quarantelli, E.L., What Is A Disaster? Perspectives on the Question, Routledge, New York&London, 1998.

[5] Cabinet Office, Government of Japan, "Disaster Management in Japan", Director General for Disaster Management, Tokyo, Japan, 2014.

[6] Afet Yönetiminde Etkinlik, Özel İhtisas Komisyonu Raporu, T.C. Kalkınma Bakanlığı, Ankara, 2014.

[7] D. Küçük, "Deprem Zararlarının Azaltılmasında Mimarlık Eğitiminin Yeri" Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Bölümü, Gazi Univ., Ankara, Türkiye, 2006.

[8] F. Ozdogan, "Doğal Afet Zararlarının Azaltılmasında Mimarlık Eğitiminin Yeri," Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, Istanbul, Türkiye, 2015.

AFET SONRASI KALICI KONUTLARIN MİMARİ ÖZELLİKLERİNİN İRDELENMESİ: KARABÜK ÖRNEĞİ

EXAMINING ARCHITECTURAL CHARACTERISTICS OF POST-DISASTER PERMANENT HOUSING: KARABÜK EXAMPLE

Yüksel TURCAN[a], Rüveyda YETİŞ[a], A. Bilgehan İYİCAN[a]
[a] Karabük Üniversitesi, Safranbolu Fethi Toker Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Karabük, Türkiye,
E-posta: yturcan@karabuk.edu.tr, ruveydayetis@karabuk.edu.tr, bilgehaniyican@karabuk.edu.tr

Özet

İnsan yaşamının bir parçası olan doğa olaylarının, can ve mal kayıplarına sebep olan türleri olan afetler; Mimarlık Alanını yakından ilgilendiren unsurlar barındırmaktadır. Bu unsurların başında yer alan binaların, afetlerin sıkça meydana geldiği bölgelerde maddi ve manevi hasarları azaltmak amacıyla belirli ölçütler dâhilinde planlanması gerekmektedir. Bu ölçütlerin dikkate alınmadan tasarlandığı yerleşim bölgelerinde kullanıcılar, afet sonrası ikamet ettikleri yerleri terk ederek, yeni bir yapılı çevreye eklemlenirler. Bu bağlamda tasarlanan yeni yerleşim yerlerine uyum sağlama süreci de bu planlama evresinin bir bölümünü oluşturmaktadır. Bu amaçla afet konutları ve bunların inşa edildikleri bölgelerle ilgili bir araştırma yapılmıştır. Bunun için de alan çalışması olarak Karabük merkez ve ilçelerinde yapılan uygulamalar seçilmiştir. Uygulamalardaki genel yerleşim ve mekânsal planlama kararları incelenmiş ve karşılaştırmalı analizleri yapılmıştır. Bu analizler dâhilinde genel anlamda ve Karabük ölçeğinde çalışma ile ilgili sonuç ve önerileri tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: afet, kalıcı konut, konut, yeniden yapılanma

Abstract

Natural events as a part of human life have types (that causes loss of life and property) called disasters contain facts that concern the architectural discipline closely. Buildings that on top of these facts need to be planned with specific standards to reduce the moral and material losses in areas that disasters occur frequently. After the disaster, householders had to leave residential areas that designed without consideration of those facts and gets articulated to new building environments. In this context, newly designed residential areas create an orienting process of planning phase. For this purpose a research have been done about disaster houses and the areas that these houses were built. Therefore as an area of study, buildings in Karabük city center and its districts have been chosen. General allocation of buildings and spatial design decisions have been examined and comparative analyses have been done. Within these analyses, results and suggestions have been discussed in Karabük scale and generally.

Keywords: disaster, permanent housing, housing, reconstruction

1. Giriş

Afet; meydana geldiği bölgede fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel hasarlara neden olan ve günlük yaşam faaliyetlerini olumsuz etkileyen bir kavramdır. Toplumların yerel kaynakları ile baş edemeyeceği bu kavram; doğa olayları nedeniyle veya insan eliyle meydana gelebilmektedir [1]. Doğa olayları nedeniyle oluşan afetler (jeolojik, iklimsel, biyolojik afetler); "yavaş" ve "ani" gelişen afetler olmak üzere iki gruba ayrılır. Şiddetli soğuklar, kuraklık, kıtlık vb. gibi olaylar "yavaş" gelişen doğal afetler; deprem, seller, su taşkınları, toprak kaymaları, kaya düşmeleri, çığ, fırtınalar, hortumlar, volkanlar vb. olaylar da "ani" gelişen doğal afetler olarak nitelendirilir. İnsan kaynaklı afetler ise (sosyal ve teknolojik afetler); nükleer, biyolojik, kimyasal kazalar, taşımacılık kazaları, endüstriyel kazalar, aşırı kalabalıktan meydana gelen kazalar olarak kabul edilir [2]. Dünya üzerinde ülkelerin coğrafi konumları ve jeolojik özellikleri nedeniyle çok çeşitli afetler görülebilmektedir.

Türkiye'de tarih boyunca pek çok büyük doğal afet olmuştur. Afetlerin neden olduğu can ve mal kaybı ile sosyo-ekonomik gelişmemizde önemli duraksamalar meydana gelmiştir [3]. İstatistiklere göre, Türkiye'de sık rastlanan afet türlerini şöyle sıralayabiliriz [4]:

- Depremler (1902-2003 yılları arasında, Türkiye'de 137 adet hasar yapan deprem meydana gelmiştir.)
- Su baskınları (1955-1969 yılları arasında yılda ortalama 80 akarsu tipi su baskını, 1970-2000 yılları arasında yılda ortalama 24 su baskını yaşanmıştır.)
- Heyelanlar, (1958-2000 yılları arasında olmuş veya muhtemel heyelanlardan 4250 yerleşme birimi etkilenmiştir.)
- Kaya düşmeleri, (1958 yılından bu yana 750 kaya düşmesi olayı meydana gelmiştir.)
- Çığ düşmeleri, (1950 yılından bu yana Türkiye'de, yerleşme yerlerini etkileyen, 389 çığ olayı yaşanmıştır.)
- Erozyon, (Türkiye topraklarının % 79,4'ü orta, şiddetli veya çok şiddetli erozyona maruzdur.)
- Orman yangınları (1977-2000 yılları arasında 63,761 orman yangını meydana gelmiştir.)

Bu veriler Türkiye'de meydana gelen depremlerin diğer afet türlerine göre daha fazla hasara neden olduğunu göstermektedir.

Afetler; insanların doğup büyüdüğü, sosyal bağlarının olduğu yapılı çevrelere zarar veren olaylardır. Topluluk halinde yaşayan insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamak için

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

oluşturduğu bu çevrelerde, insanların özel ve ortak yaşama alanı olan; barınma, ticaret, eğitim, sosyal faaliyet birimleri afet nedeniyle yok olmaktadır. Bu sebeple afetin meydana geldiği çevreler gereksinimler bakımından işlevini kaybeder.

Afetler önceden tahmin edilemeyen olaylar olduğundan, ülkeler olası afet senaryoları için önlemler alma yoluna gitmektedir. Afet öncesi ve afet sonrası yapılması gerekenler hakkında kamuoyu bilgilendirilmekte ve devletlerin belirli kurumları afet yönetimi için görevlendirilmektedir. Bu sayede alınan tedbirlerle afetlerin neden olduğu hasarların azaltılması hedeflenmektedir. Afet yönetiminde önlemler alınmasının yanı sıra afet sonrası tahrip olmuş çevrenin yeniden yapılanma süreci de söz konusu planlamaya dâhil olmaktadır. Bu yapılaşma sürecinde ağırlıklı olarak kalıcı afet konutlarının yapılmasına yer verilmektedir.

2. Afet ve Konut

Konut; bir veya birden fazla insanın ikamet ettiği yer, ev, mesken anlamına gelir [5]. İnsanoğlu, temel gereksinimlerinden olan barınma ihtiyacını karşılamak için tarih boyunca çeşitli form ve şekiller geliştirmiştir. İlk çağlarda mağara ve yamaç kenarları korunaklı alan olarak tercih edilmiştir. Zaman geçtikçe insanlar doğada bir takım mekânsal düzenlemeler meydana getirmiştir. Kalıcı konut anlamında bu düzenlemelerin ilkine Anadolu'da Diyarbakır-Çayönü (MÖ. 7000-8000) yerleşmesinde rastlanmıştır. İlerleyen zaman dilimi içinde Mimarlıkta medeniyetlerin oluşumu bakımından önem arz eden 'megaron' adı verilen büyük mekânsal düzenlemeler yapılmıştır. Bu ilerlemelerle birlikte köyler ve kentler kurulmaya başlanmıştır [6]. Bunun devamında konut ve yerleşim yerleri bakımından çeşitli yaklaşımlar ve tipolojiler gelişerek devam etmiştir.

Günümüzde, kentlerimizi şekillendiren konutların, tipolojisine yön veren en önemli unsur; Modern mimarı akımının gerekçeleri olmuştur. Modern Dönemdeki konut tasarımlarında en önemli hedefin, insanların bulundukları ortamlarda hem fiziksel hem de manevi bir uyum içinde yaşamaları olduğu görülmektedir [7]. Bu dönemin öncülerinden Le Corbusier [8] konutu; sıcağa, soğuğa, yağmura, hırsızlara ve patavatsız kimselere karşı barınak olarak tanımlamış; konutun ışık ve güneş alması gerektiğini söylemiştir. Ayrıca yalınlık ilkesini önemseyerek insanın yeme-içme, çalışma, dinlenme gibi temel ihtiyaçlarını yerine getiren, içinde yaşamak için bir makine olduğunu belirtmiştir.

Endüstri devrimi sonrası kentler büyümüş ve hızla göç almaya başlamıştır. Planlama ilkeleri gözetilmeden meydana gelen yapılaşmalar sonucu hizmet ve alt yapı bakımından yetersiz mekânlar oluşmuştur. Kentlerde yoksulluk artmış, beraberinde nitelikli konut ihtiyacı sağlanamamıştır. Bu alanda dünya ülkeleri kamusal bir müdahale ile "sosyal konut" projeleri geliştirmiştir. Türkiye'de ve gelişmekte olan ülkelerde ise sosyal konut anlayışı dar gelirli kesime yönelik konut kredisi verilen "toplu konut" uygulamaları biçiminde gerçekleşmiştir [9].

Toplu konut uygulamaları ülkemizde 1984 yılında kurulan Başbakanlığa bağlı Toplu Konut İdaresi tarafından gerçekleştirilmektedir. En başta alım gücü az olan vatandaşlar için uygun ödeme kaynağı oluşturması hedeflenen kurum, zamanla toplu konut üretimine başlamıştır [9]. Çok sayıda kentte uygulamalar yapılmıştır.

Afetler insanların ikamet ettiği yerlere, (evlerine ve mahallelerine) ya da yaşamını devam ettirebilmesi için geçim kaynağını teşkil ettiği yapılı çevreye zarar veren olaylardır. Afet sonrası konutlarını kaybeden afetzedeler en basit temel ihtiyaçları karşılayamaz hale gelirler. Bu maddi hasar beraberinde getirdiği stres ile psikolojik olarak olumsuz etkilere neden olur. Afet sonrası geçici olarak ikametleri sağlanan kişilere bir süre sonra kalıcı konut imkânı sağlanır. Devlet tarafından belirlenen hak sahibi kimseler kimi zaman hasara uğramış yapılı çevrelerinden uzakta bir yere yerleştirilirken kimi zaman ise aynı çevrede ikametleri sağlanmaktadır.

Türkiye'de meydana gelen afetlerin sıklığına ve büyüklüğüne bağlı olarak, kamu kurum ve kuruluşları tarafından afetzedeler için konut uygulamaları yapılmaktadır.

3. Afet Sonrası Yeniden Yapılanma Süreci

Afet sonrasındaki yeniden yapılanma sürecinde, mimarlık disiplini açısından acil barınma birimlerinin sağlanması önemlidir. Bu ihtiyacının karşılanmasının ardından yeme, içme, dinlenme, ıslak hacim gibi temel birimleri içeren 'geçici konutlar' inşa edilir. Afetzedeler yapımı daha uzun süren ve sürekli ikamet etmek üzere tasarlanan 'kalıcı konutlar' için bir süre bu geçici konutlarda yaşarlar. Kalıcı konut uygulamaları için gerekli kararları afetin boyutu belirler. Toplu konut uygulaması yapılabileceği gibi daha küçük ölçekli uygulamalar da söz konusu olabilir [10]. Afet konutları adı altında yapılan uygulamaların, normal konut tasarımlarıyla benzer ihtiyaçlara karşılık vermesi beklenir. Bunların başında da kültürel ve doğal çevrenin özelliklerinin göz önünde bulundurması ve kısa süre içinde tamamlanması gelmektedir [11].

Afet sonrası yeniden planlama evresi, insan üzerinde oluşturacağı etkiler nedeniyle uzmanlık gerektiren bir alandır. Kişinin yeni bir çevreye uyum sağlama sürecinin zorluğunun yanı sıra uygulamaların gereksinimler bakımından yetersiz kalması hedeflenen sağlıklı fiziksel çevreyi elde edememek anlamına gelmektedir.

Bu çalışmada Karabük İli genelinde bulunan afet sonrası üretilen konutların; bulundukları konum, plan tipolojileri ve yapılaşma koşulları gibi hususlar yukarıda belirtilen kaygılar göz önünde bulundurularak incelenmiştir.

4. Karabük'ün Afet Tarihçesi

Karabük Bölgesi eski çağlardan beri yerleşim yeri olmuştur. Yakın geçmişte kentin gelişimine yön veren iki önemli girişim; 1935 yılında Zonguldak-Ankara demiryolunun tamamlanması ve 1937 yılında Karabük Demir-Çelik fabrikasının temellerinin atılmasıdır. Bu girişimlere bağlı olarak hızla göç almaya başlamış ve pek çok sanayi kentinde olduğu gibi maalesef plansız bir yapılaşma süreci geçirmiştir. Ayrıca kentin coğrafi konumu, jeolojik yapısı ve iklimsel koşulları nedeniyle birçok afet meydana gelmiştir. Afet İşleri Genel Müdürlüğü'nden elde edilen verilere göre Karabük'te en sık afet türleri şöyledir [12];

-Deprem (1944'te Gerede (7,2), 1999'da İzmit (7,4) ve Düzce (7,2) depremleri merkez ve ilçelerde hasara neden olmuştur.)
-Heyelan (Yenice ilçesi Türkiye genelinde heyelandan en çok etkilenen ilçedir.)
-Kaya düşmesi, (Eskipazar ve Merkez ilçeye bağlı yerleşim birimlerinde gözlenmektedir.)
-Su baskını (Yenice, Merkez ve Eskipazar ilçelerinde yoğun olarak yaşanmaktadır.)
Yukarıdaki sıralanan afet türlerinin yanı sıra orman yangını olayına da rastlanmaktadır.

Karabük Batı Karadeniz bölgesinde olması nedeniyle Türkiye'nin önde gelen heyelan alanlarından birisidir. Bu sebeple birçok heyelan gözlenebilmektedir. 1985 ve 1998 yıllarında Karabük, Kastamonu, Zonguldak ve Sinop illerini kapsayan büyük heyelanlar meydana gelmiştir. Bunların sonucunda önemli hasarlar oluşmuştur. Afet İşleri Genel Müdürlüğünce 1950-2000 yılları arasında Karabük ilinde yapılan heyelan etütleri ile toplam 1532 konutun heyelandan etkilendiği kaydedilerek nakil yolu ile korunmaları öngörülmüştür [13].

Yakın geçmişteki depremlerin de heyelanlara neden olduğu çeşitli kaynaklarca belirtilmektedir. Örneğin Hocalar köyündeki heyelanın 1944 Gerede Depremi sırasında meydana geldiği o dönemi yaşayan kişiler tarafından doğrulanmıştır [13]. Heyelanların yanı sıra depremler de bölgede tehlike arz etmektedir. Zira Karabük kenti Kuzey Anadolu Fay hattının yakınında konumlanmaktadır. 1996 yılında yayımlanan Deprem Bölgeleri Haritasına göre, Karabük ilinin yüzölçümünün % 81'i I. Derece, % 19'u II. Derece deprem bölgesinde yer almaktadır. Karabük nüfusunun ise % 93'ü I. Derece, % 7'si II. Derece deprem bölgesinde yaşamaktadır [14].

Bu veriler Karabük ilinde meydana gelen afetler içerinde en çok heyelan ve depremin etkili olduğunu göstermektedir.

5. Karabük'teki Afet Konutları

Bu çalışma kapsamında Karabük'ün Merkez, Eskipazar, Safranbolu, Ovacık, Yenice ilçelerindeki afet konutları incelenmiştir. Karabük İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nden alınan verilerde bu ilçelerde çeşitli nedenlerle, farklı tarihlerde afet konutu uygulamaları olduğu görülmektedir (Şekil 1). Ayrıca bu verilerde Karabük'te yapılan afet konutlarının toplam sayısı 1515 olarak belirtilmektedir [15]. Ancak bu çalışmada 1321 konutun proje bilgilerine ulaşılmış, gözlemler ve sonuçlar bu konutlar üzerinden değerlendirmeye alınmıştır. Çizelge 1.'de Karabük ili genelinde yapılan afet konutlarının ilçelere göre dağılımı verilmiştir.

İncelenen afet konutlarının yapım metodu; ihale ile yapım ve uzun vadeli faizsiz borç vererek, evini yapana yardım usulü ile yapım olmak üzere 2 türlüdür.

Genel olarak kentsel ve kırsal yerleşmelerde, kullanıcıların yaşama alışkanlıklarına ve sosyo-kültürel yapılarına bağlı olarak afet konutu uygulamalarının farklılaştığı gözlemlenmiştir. Buna göre kırsal yerleşmelerde konutlar tek ya da iki katlı müstakil yapılaşmalardan oluşmuştur. Burada iki katlı yapıların zemin katlarında ahır, samanlık, depo vb amaçlarla kullanılabilecek müştemilatlara yer verildiği tespit edilmiştir. Kentsel yerleşmelerde ise konutlar; her katta, iki ya da dört daire bulunan, farklı kat adetlerine sahip apartman tipi yapılaşmalardan ibarettir.

Ayrıca bu çalışmada incelenen afet konutları, plan şemalarına ve kat adetlerine göre farklılıklar gözetilerek tiplere (Tip 1, Tip 2 vb) ayrılmıştır. Elde edilen bu tipler; normal kat planları dikkate alınarak belirlenmiştir.



Şekil 1. Karabük İli'ndeki Afet Konutlarının Konumu

Çizelge 1. İlçelere göre Karabük'te yapılan Afet konutları

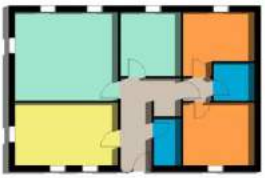
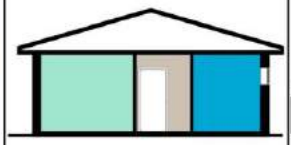
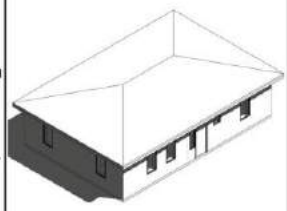
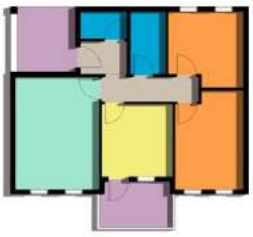
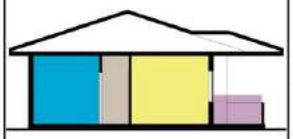
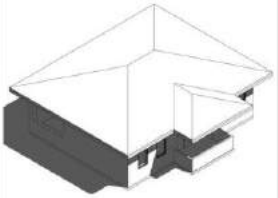
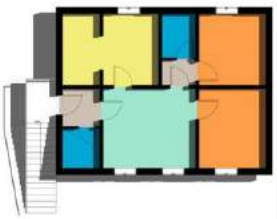
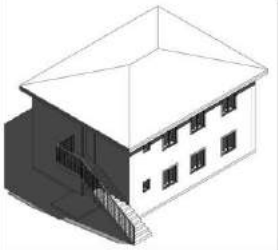
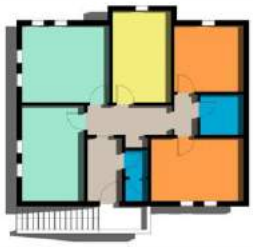
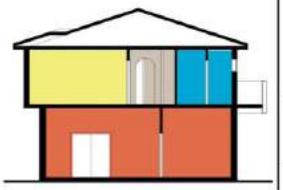
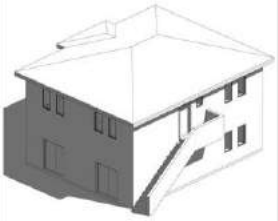
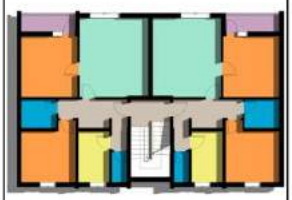
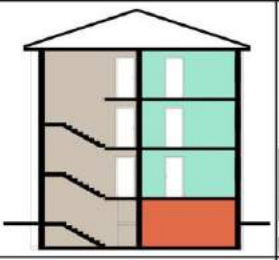
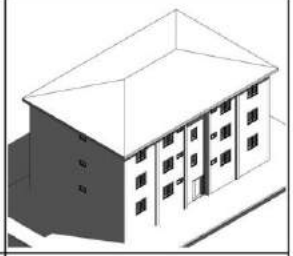
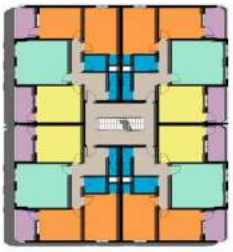
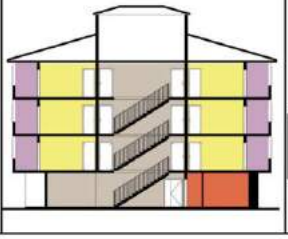
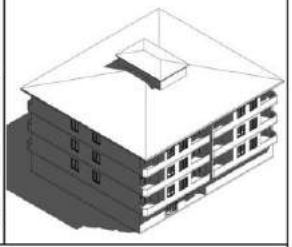
İlçe Adı	Yapılan Konut Sayısı
Eskipazar	14
Karabük Merkez	280
Ovacık	11
Safranbolu	30
Yenice	986
Toplam konut sayısı	1321

Çizelge 2'de tipolojilere ayrılan afet konutlarının plan-kesit düzleminde mekânsal özellikleri ve ilişkileri görülmektedir. Çizelgede Tip 1, Tip 2, Tip 3 ve Tip 4 olarak belirtilen afet konutları kırsal alanlarda yapılmış ve kendi içinde farklılaşan uygulamaları ifade ederken, Tip 5 ve Tip 6 ise kentsel alanlarda yapılmış uygulamaları belirtmektedir.

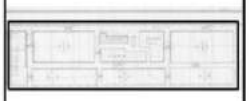
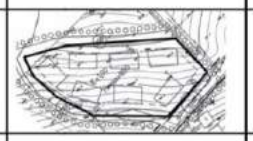
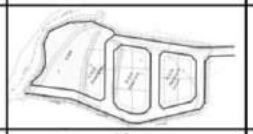
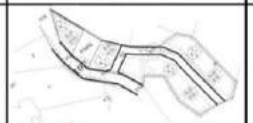
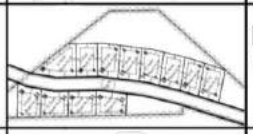
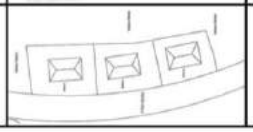
Kırsal alanlardaki tek katlı uygulamalar; Ovacık Yaka Köyü'nde Tip 1 olarak tanımlanırken, Karabük Merkez Kapullu Mahallesi ve Eskipazar Doğancılar Köyü'nde ise Tip 2 plan şeması olarak gösterilmiştir. İki katlı uygulamalar da; Yenice Yeniköy Köyü'nde Tip 3, Eskipazar Bulduk Köyü, Ovacık'ın Doğanlar ve Yaylacılar Köylerinde Tip 4 plan şeması şeklinde ifade edilmiştir.

Kentsel alanlarda, en fazla afet konutu uygulaması Yenice'de olmuştur. Bu uygulamalarda Özal Mahallesi, Satuk Köyü ve Yortan Beldesi'nde toplam 972 adet yapıldığı ve Tip 5'teki plan şemasının farklı metrekarelerde (84, 97 ve 100 m^2) uygulandığı görülmüştür. Bununla birlikte Safranbolu Ovacuma Beldesi'nde Tip 5 şemasında 30 konut; Karabük Merkez Kapullu Mahallesinde Tip 6 plan şemasında 24 konut uygulaması yapıldığı belirlenmiştir.

Çizelge 2. Karabük'teki Tip Afet Konutları

	YERİ VE ADEDİ	KAT PLANI	KESİT	PERSPEKTİF
TİP-1	-Ovacık Yaka Köyü 4 Konut.			
TİP-2	-Karabük Kapullu Mahallesi 72 Konut. -Eskipazar Doğancılar Köyü 9 Konut.			
TİP-3	-Yenice Yeniköy Köyü 14 Konut.			
TİP-4	-Eskipazar Bulduk Köyü 5 Konut. -Ovacık Doğanlar Köyü 3 Konut. -Ovacık Yaylacılar Köyü 4 Konut.			
TİP-5	-Yenice Özal Mahallesi 101 Blok 876 Konut. -Yenice Satuk Köyü 10 Blok 60 Konut. -Yenice Yortan Beldesi 6 Blok 36 Konut. -Safranbolu Ovacuma Beldesi 3 Blok 30 Konut.			
TİP-6	-Karabük Kapullu Mahallesi 2 Blok 24 Konut.			
	SALON- O. ODASI SİRKÜLASYON	MUTFAK BALKON	YATAK ODASI DİĞER	ISLAK HACİM

Çizelge 3. Karabük İli Afetzede Yerleşim Planları ve Konutlarında Yer Alan Veriler

İLÇESİ	KÖY/ MAH.	VAZİYET PLANI	AMAÇ	BLOK ADEDİ	KONUT ADEDİ	KONUT M^2	KAT ADEDİ	Hmax	EMSAL TAKS KAKS ÇEKME MESAFESİ	GÖSTERİM	MÜŞTEMİLAT	MİN İFRAZ
MERKEZ	KAPULLU			2	24	108	4	12.50	Emsal 1.3	Konut Park		
MERKEZ	KAPULLU			72	72	77	1		Çekme Mesafesi 5/A-1/-	Konut Park	%25	
MERKEZ	BULAK			18					TAKS 0.30 KAKS 1.50 Çekme Mesafesi 5/B-5/-	Konut Park		
YENİCE	ÖZAL			101	876	84 97 100	3/4/5			Konut Park		
YENİCE	SATUK			10	60	100	3		Çekme Mesafesi 5/A-3/3	Konut Park Sosyal T. Ticaret		
YENİCE	YORTAN			6	36	100	3	9.50	Emsal 1	Konut		
YENİCE	YENİKÖY			14	14	77.6	2					
ESKİPAZAR	DOĞANCILAR			9	9	77	1	6.50	Emsal 0.30	Konut Park		
ESKİPAZAR	BULDUK		07.05.12 YANGIN	5	5	228	2	6.50	Emsal 0.20	Konut Yeşil A.		
OVACIK	YAKA			4	4	99.6	1		TAKS 0.35 KAKS 0.35 Çekme Mesafesi 5/A-1/3	Konut Park	%20	
OVACIK	YAYLACILAR		09.01.10 YANGIN	4	4	118 228	2	6.50	Emsal 0.60-0.70-0.50	Konut Sosyal T. Teknik B. Yeşil A.		300m^2
OVACIK	DOĞANLAR			3	3	228	2			Konut		
SAFRANBOLU	OVACUMA			3	30	100	5			Konut		

Yapılış amacı bakımından afetzede yerleşim planları incelendiğinde net bilgi olarak Eskipazar Bulduk Köyü ve Ovacık Yaylacılar Köyü'ndeki konutların "yangın" nedeniyle yapıldığı belirtilmektedir (Çizelge 3). Diğer yerleşim bölgelerindeki afet konutları için bununla ilgili herhangi bir bilgiye ulaşılamamıştır.

Afetzede yerleşim planlarında yapılaşma koşulu olarak; kat adedinin 1 ile 5 kat arasında değişim gösterdiği, Hmax yüksekliklerinin verildiği, emsal, TAKS, KAKS ve çekme mesafesi bilgilerini içerdiği görülmüştür.

Afetzede planlarında yer alan gösterimlerin büyük ölçüde konut ve park olarak gerçekleştiği sadece Yenice Satuk Köyü ve Ovacık Yaylacılar Köyü planlarında konut ve park gösterimine ilaveten sosyal, tesis, ticaret ve teknik birim gösterimlerine de yer verildiği tespit edilmiştir. Bu gösterimlerin yanı sıra müştemilat ve ifraz koşullarına ilişkin notlara da rastlanmıştır.

6. Sonuç ve Öneriler

Kişi ile çevresi arasında oluşan aidiyetlik kavramında konut önemli bir yer tutmaktadır. Afetler başta bu özel yaşama alanlarını tahrip ederek toplumları olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle çevremizi oluşturan binaları yapısal anlamda dayanıklı inşa ederek afete karşı önlem alınması bir zorunluluktur. Bundan dolayı afet sonrası meydana gelen hasarlar neticesinde devlet, hızla afetzedelere ikamet edecekleri yaşama birimlerini sağlama politikası izler. Bu süreçte afet konutlarının yer alacağı bölgenin seçimi ve hitap edeceği toplumun sosyo-kültürel yapısını göz önüne alarak tasarlanan mekânların düzenlenmesi önem arz eden konulardır.

Bu çalışmada bunların incelemesi amacıyla tarihinde pek çok afet geçirmiş olan Karabük bölgesi seçilmiştir. Çalışmanın kapsamı; Karabük'te yer alan afet konutlarının tespit edilmesini sağlayan bir envanter listesi olarak değerlendirilebilir. Bu listenin çıkarılması sırasında elde edilen bulgu ve değerlendirmeleri aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür.

Karabük İli'ndeki afet konutlarının geneline bakıldığında yerleşim yerleri açısından kırsal ve kentsel olarak nitelendirilen plan şemalarının uygulandıkları yerler ile kullanıcıların yaşama biçimi bakımından uyumunun arandığı gözlemlenmiştir.

Kırsal alanlarda yapılan tek katlı konut uygulamalarında kullanıcıların yaşam biçimlerini yansıtan uğraşı alanlarına yönelik düzenlemelerin yapılmadığı belirlenmiştir. Alan gezisinde kullanıcıların kendi imkânlarıyla eklenti niteliğindeki bu düzenlemeleri yaptığı gözlemlenmiştir. Kullanıcı ihtiyaçlarının karşılanabilmesine yönelik iyi bir planlamanın yapılabilmesi için tasarım sürecinde bu mekânların da dikkate alınması gerektiği düşünülmektedir.

Afet sonrası yapılan konutların yerleşim planları kararlarında konut gösteriminin yanında yol, otopark ve yeşil alan gibi bilgilerin yer aldığı görülmektedir. Ancak genel olarak sosyal donatı ve diğer birimlerle ilgili kararlara yer verilmediği tespit edilmiştir. Toplu konut üretiminin farklı bir biçimi olan afet konutları yapımının insanın sadece maddi ihtiyaçlarını değil aynı zamanda psiko-sosyal ihtiyaçlarına cevap verecek nitelikte olması gerekmektedir. Bu alanda yapılacak olan yeni planlama çalışmalarında bu ilkelerin de dikkate alınmasının kaliteli bir fiziksel çevre açısından önemli olduğu düşünülmektedir.

Kırsaldan kente, yerleşim yerinin büyüklüğü ve yapılacak olan uygulamaların boyutu arttıkça konut ölçeğinde mekânsal planlama tipolojilerinin standart hale geldiği gözlemlenmiştir. Daha öncede belirtildiği gibi kullanıcı kitlelerinin tercih ve istekleri doğrultunda şekillenen alternatif tipolojilerinin çeşitlenmesinin kullanıcı memnuniyetini arttıracağı ve kentsel çeşitliliğe de katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın yapılabilmesi için gerekli bilgi ve belgeleri edinmemizi sağlayan Karabük İl Afet ve Acil Durum Müdürü Sayın Dr. Gazanfer ERBAY' a katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Kaynaklar

[1] Kadıoğlu, M., Özdamar, E., Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, T.C. İçişleri Bakanlığı Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı , Mart, 302, 2008
[2] Karabük İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü http://www.karabukafad.gov.tr/icerikler/afetbilgi/afetlerden-korunma
[3] Ataman, O., Tabban A., Türkiye'de Yerleşme Alanlarının Doğal Afetler ile İlişkileri, Mimarlık Dergisi, 153: 25, 1977
[4] Ergünay, O., Türkiye'nin Afet Profili, TMMOB Afet Sempozyumu, Aralık, 5-12, Ankara, 2007
[5] Hasol, D., Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, Yem Yayın, 10. Baskı, 277, İstanbul, 2008
[6] Ünsal, B., Mimari Tarihi 1, İDMMA Yayınları, 1973
[7] Vanlı, Ş., Wright İnsana Dönüş, Dost Yayınları, 1960
[8] Corbusier, L. (Charles-Edouard Jeanneret), Bir Mimarlığa Doğru, Çeviren: Serpil Merzi, YKY Yayınları, 8. Baskı, 131,138, İstanbul, 2013
[9] Kunduracı, N.F., Dünyada ve Türkiye'de Sosyal Konut Uygulamaları, Çağdaş Yerel Yönetimler, Temmuz, 22/3: 54,70,71, 2013
[10] Karaduman, N.E., 1999 Doğu Marmara Depremleri Sonrası Üretilen Kalıcı Konutların Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 25-26, 2002
[11] Kaya, S., Marmara Depremi Sonrası Konut Üretimi Organizasyonu ve Kocaeli- Bahçecik Örneği, Yüksek Lisans Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 2001
[12] Afet Bilgi Bankası İllerin Afetselliği https://www.afad.gov.tr/tr/HbIcerikDetay.aspx?ID=23&IcerikID=733
[13] Temiz, A., Karabük İli'nin Heyelan Tehlike ve Riskinin Belirlenmesi Raporu, Deprem Araştırma Dairesi 5606/1:63-80, Karabük Belediye Başkanlığı Basımı
[14] Şengün, H., Temiz, A., Afet Yönetimi ve Karabük, TMMOB Afet Sempozyumu, Aralık, 273, Ankara, 2007
[15] Karabük İlinde 7269 Sayılı Kanuna Göre Yapılan Afet Konutları Hakkında Bilgi Formu ve Karabük İhaleli Afet Konutlarının Teslim Tablosu http://www.karabukafad.gov.tr/icerikler/afet-bilgi/afet-tehlike-haritalari

MİMARLIK EĞİTİMİNDE DOĞAL AFETLERİN GÜNÜMÜZDEKİ DURUMU

THE CURRENT STATUS OF NATURAL DISASTERS IN ARCHITECTURE EDUCATION

Yüksel TURCAN[a], A. Emre DİNÇER[a], İbrahim BEKTAŞ[a]
[a] Karabük Üniversitesi, Safranbolu Fethi Toker Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Karabük, Türkiye,
E-posta: yturcan@karabuk.edu.tr, aedincer@karabuk.edu.tr, ibrahimbektas@karabuk.edu.tr

Özet

Doğal afetlerin ülkemizde yaşattığı felaketler yapı sektöründe yer alan tüm meslek gruplarının eğitsel koşullarının sorgulanmasına neden olmuştur. Mimarlık mesleği de bunların başında yer almıştır. Buna bağlı olarak, mimarlık eğitiminde özellikle depreme duyarlılık konusundaki değişim ihtiyacı ön plana çıkmaktadır. Bilhassa Marmara depreminin sonrasında bu konuda çeşitli araştırmalar yapılmış ve eğitim kurumlarının mevcut durumları ortaya konulmuştur. Ancak bu süreçte son yıllarda, yeni açılan üniversitelerle birlikte, mimarlık bölümlerinin sayısında da ciddi bir artış ve bu bölümlerde önemli ölçüde bir değişim meydana gelmiştir. Bu değişimde, depremle ilgili tartışmalar çerçevesinde, deprem konusundaki farkındalığın öğretim planlarına yansımasının araştırılması daha da önemli hale gelmiştir. Bu çalışmada da bu konuyla ilgili bir durum analizi yapılarak söz konusu analizin sonuçlarına yer verilmektedir.

Anahtar kelimeler: depremler, doğal afetler, mimarlık eğitimi.

Abstract

Disasters, caused by nature in our country, let the educational conditions of all professional groups to be questioned in the construction industry. The profession of architecture has also taken first place among them. For this reason, especially the need of change about sensitivity to earthquake has come to the fore in architectural education. Specifically, after the Marmara earthquake, a lot of research about this subject has been made and the current status of educational institutions has been revealed. However in recent years, with newly established universities, numbers of architecture schools have seriously increased and a significant change has occurred in these schools. In this transition period, in the frame of the discussions concerned with earthquake, research about the reflections of the awareness of earthquake on the curriculums has become more important. In this paper, by making a case study about this subject, its results have been explained.

Keywords: earthquakes, natural disasters, architectural education

1. Giriş

Sel, kuraklık, toprak kayması, erozyon, yangın vb. çeşitli doğal afetler, tüm dünyada olduğu gibi, ülkemizde de olumsuz sonuçlar meydana getirmektedir. Özellikle de bunlar arasında yer alan deprem çok daha farklı bir yere sahiptir. Ülkemizin bulunduğu coğrafi konuma bağlı olarak, bir deprem bölgesi kuşağında yer alması, sahip olduğu sosyo-ekonomik yapıların önemli bir kısmının birinci derece deprem bölgelerinde yer alması ve oluşan depremler sonrasında yaşadığı olumsuz tecrübeler nedeniyle; deprem başlıca gündem konularından biri haline gelmiştir. Fiziksel bir doğa olayı olması sebebiyle deprem en başta inşaat sektörünü etkilemekte ve bu sektörün paydaşlarına sorumluluklar yüklemektedir. Bu süreçteki paydaşlardan biri de, mevcut ve yeni yapılacak yapıların tasarımcıları olarak, mimarlardır. Zira mimarlar tasarım aşamalarında yapının genel kurgusunu oluşturmada (taşıyıcı sistem dâhil) ve genel kuralların belirlenmesinde önemli görevler üstlenmektedir.

Oluşan depremler sonrasında yapılan araştırmalar, sektörün paydaşlarındaki bilgi ve koordinasyon eksikliğine işaret ederek bu eksikliğin giderilmesinde eğitim konusunun önemini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, diğer alanlarda olduğu gibi, mimari alanda da Marmara depremi sonrasında depremle ilgili olarak mimarları bilgilendirmek için çeşitli kongreler, seminerler ve mesleki eğitim kursları düzenlenerek mimarlar desteklenmektedir. Bunlara rağmen bu tür etkinlikler maalesef bu alandaki eksikliği tam anlamıyla gidereememekte ve boşluğu dolduramamaktadır. Bundan dolayı, bu alanda yetişecek olan yeni tasarımcıların eğitimi ayrıca önem kazanmaktadır. 2002 yılındaki Ulusal Deprem Konseyi raporlarında da bu sorun belirtilmekte ve depreme dayanıklı yapı tasarımının uygulanmasında paydaşların yetiştirilmesini sağlayan eğitim kurumlarının yapılandırılması ihtiyacı vurgulanmaktadır [1]. Benzer şekilde; 2004 yılında yapılan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'nın Deprem Şurası Eğitim Komisyonu toplantısında da depreme karşı güvenli bir yapı tasarımında strüktürel yapı (taşıyıcı sistem) davranışı, yönetmelikler ve koşullar hakkında bilgi sahibi ve/veya konuya hâkim olan elemanların yetişmesi gerekliliği ifade edilmektedir [2].

Bu kapsamda, yapılan çalışmada, mimarlık lisans eğitimi süreci ve doğal afetler konusu ele alınmaktadır. Çalışmanın ilk bölümünde öncelikle mimarlık bölümlerindeki eğitim sürecinin genel yapısı tanıtılmakta ve sonrasında doğal afetler ve özellikle depreme dayanıklı yapı tasarımı ile mimarlık eğitimi üzerine yapılan mevcut çalışmalar ve bu çalışmaların sonuçlarına değinilmektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Son bölümde de Türkiye'de sayıları giderek artan devlet ve vakıf üniversitelerindeki mimarlık bölümlerinin öğretim planlarının incelenmesi sonucu ülkemizde doğal afetler ve bunlardan özellikle depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunda bir durum analizi yapılmakta; mevcut koşullar, sonuç ve önerilerle tartışılmaktadır.

2. Mimarlık Alanında Eğitim Süreci

Mimarlık eğitim süreci, genel anlamda ağırlıklı olarak stüdyo (uygulamalı proje) dersleri ve bunları destekleyen teorik (çevre, tarih, sanat, psikoloji, teknik sistemler vb.) ve mesleki uygulama derslerinden oluşmaktadır. Stüdyo dersleri bu destek derslerin bütünleştirildiği uygulamalı bir ortamı tanımlamaktadır. Destekleyici derslerin içerikleri ve koşulları okulların eğitim programlarının amaçları doğrultusunda değişkenlik gösterebilmektedir.

Mimarlık eğitimindeki temel amaç; evrensel koşulları sağlamanın yanında, yerelin yani tasarımcının yaşadığı çevrenin özgün gereksinimlerini de dikkate alarak, buna göre tasarım problemini yorumlamaktır. Ülkemizde 2001 yılında başlatılan Bologna uyum süreci bağlamında Avrupa ve Ulusal Yeterlilikler Çerçevesine göre "Temel Alan Yeterlilikleri" tanımlanmıştır [3]. Böylelikle bir anlamda uluslararası ölçütlerin takibi amaçlanmıştır. Bununla birlikte Bologna sürecinde özgünlük ve farklılıkların görünür hale gelmesi de istenmektedir. Bu açıdan mimari eğitimde yerel ölçekte ülkemizin mevcut koşullarının da dikkate alınması gerekmektedir. Bu anlamda, ülkemizin bir gerçeği olan doğal afetler ve deprem olgusunun öğretim planlarında yer alması ve bu olgunun etkilediği, mimarinin işlevsellik ve estetik ilkeleriyle birlikte vazgeçilmez bir parçası olan sağlamlık ölçütünün ağırlığının gözden geçirilmesi konusu, dikkate alınması gereken en önemli unsurlardan birisidir.

3. İlişkili Çalışmalar

Literatürde, Mimarlık eğitimi ile doğal afetler ve depreme dayanıklı yapı tasarımı konusu üzerine yapılan çalışmalarda da, özellikle 1999 Marmara depreminden sonra büyük bir artış gözlemlenmiş; fakat çalışmaların sayısı yine de yeterli düzeye ulaşmamıştır. Bu konuda yapılan bazı çalışmaların içerikleri, kronolojik sırayla aşağıda özetlenmiştir:

Marmara Depremi sonrasında Mimarlık eğitimi ve depreme dayanıklı yapı tasarımı konusundaki ilk çalışmalardan birini Akıncıtürk yapmıştır [4]. Çalışmasında eğitim konusunu genel bir yaklaşımla değerlendirmiştir. Öncelikli olarak mimarın yapı-deprem güvenliği konusunun sorumlu olduğu ilişkileri (kent planlaması, yer bilimi, tasarım, mühendislik, yapım sistemi, malzeme seçimi, yapı teknisyeni) sıralamış ve bu bağlamda mimarlığın, yapının bütününden sorumlu bir düzen olduğuna işaret etmiştir. Eğitimde mesleki bilgilerin uygulama bilinciyle verilmesini ve bunun için de uygulamaya dönük derslerin ağırlık kazanması gerektiğini belirtmiş ve bu derslerde yapı malzeme bilgisinin önemini de özellikle vurgulamıştır. Ayrıca, depreme dayanıklı yapı tasarım ve bu konuyu destekleyen bilgilerin aktarımının lisans ve yüksek lisans eğitiminde yer almasını önermiştir.

Akbulut [5] mimarlık eğitimi ve deprem konusunda üç aşamalı bir yaklaşım önermiştir. İlk aşama, müfredatta yer alan mesleki teorik/destek derslerin içeriklerinin deprem güvenliği açısından ele alınarak işlenmesi hedefiyle yeniden gözden geçirilmesi ve yenilenmesidir. İkinci aşama, eğitimin ilk yıllarında edinilen bilgilerin pratik bilgiye dönüşümü ve bunların tasarım kavramı veya bileşeni olarak kullanımı için analiz etme yetisi kazandırma amacıyla, depreme dayanıklı tasarım eğitiminin ayrı bir ders kapsamında işlenerek öğretim planlarında yer almasıdır. Son aşama ise bu eğitimin tasarım stüdyolarıyla bütünleştirilmesidir. Bu aşamada Akbulut [5] öğrenci projelerinde, yaratıcılığı koruyarak, öğrencinin depreme dayanıklı tasarım ilkelerini uygulama becerisi düzeyinin izlenmesi gerektiğine atıfta bulunmuştur.

Ayyıldız ve Özbayraktar [6] Türkiye ve KKTC'de bulunan 35 üniversitenin mimarlık bölümlerinde lisans ve yüksek lisans düzeyinde, depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunu ele alan derslerin durumlarını incelemiş ve buradan hareketle bu derslerin öğretim planlarında yeterince yer almamasının eksikliğine dikkat çekmişlerdir (Çizelge 1). Öneri olarak, tasarım stüdyolarında bu konuyla ilgili uygulamalı eğitimin verilmesini ve bu eğitimde disiplinler arası iletişimin kurulması için deprem mühendisleriyle iş birliğini vurgulamışlardır.

Çizelge 1 2005 yılındaki araştırmada depreme dayanıklı yapı tasarımı içerikli derslerin durumu [6].

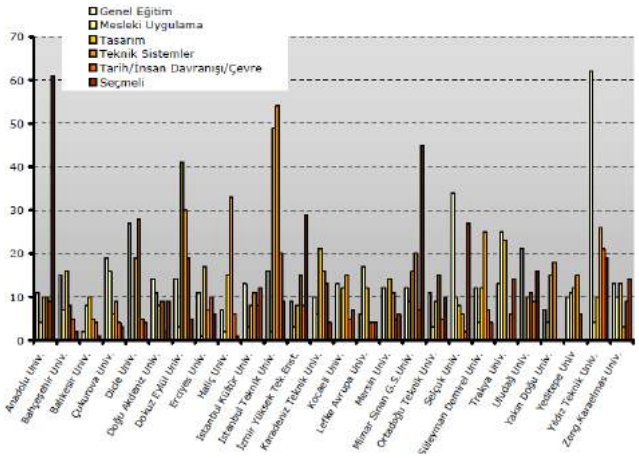
Düzey	Ders Durumu	Üniversite sayısı
Lisans	Zorunlu	2
Lisansüstü	Zorunlu ve Seçmeli	1
Lisans ve Lisansüstü	Seçmeli	1
Lisans	Seçmeli	5
Lisansüstü	Seçmeli	5

Küçük'ün [7] 2006 yılında yaptığı araştırmada ise mimarlık eğitimi veren 38 üniversiteden 16'sında deprem konulu dersin yer almadığı görülmüştür. Ders olarak verilen okullarda da derslerin lisans düzeyinde sadece ikisinde zorunlu olduğu; 11'in de seçmeli olarak verildiği; 14'ün de de lisansüstü düzeyde aktarıldığı belirtilmiştir. Ayrıca depremle yakın ilişki içindeki taşıyıcı sistemle ilgili derslerin programlardaki ağırlıkları konusundaki farklılara değinilmiştir. Araştırmada, derslerin durumlarıyla ilgili olarak, 1999 sonrası değişime dikkat çekilmekle beraber, verilerdeki gibi seçmeli ve yüksek lisans düzeyinde yoğunlaştığı vurgulanmıştır. Bu durumun da öğrencilerin sadece belirli bir kısmına bilgi aktarımının yapılabildiğine işaret ettiği ifade edilmiştir.

Yapılan bir başka çalışmada, Coşgun vd. [8] 2005-2006 Türkiye Mimarlık Okulları (Bölümleri) veri tabanı çalışmasından yararlanarak, o dönemin YÖK'e bağlı 34 mimarlık okulundan bu veri tabanında UNECO ve UIA'nın belirlediği mimarlık eğitimi ölçütlerini cevaplandıran 26 bölümü değerlendirmeye almıştır. Burada okullardan; lisans derslerini bu ölçütlere göre sayısal olarak değerlendirmeleri ve derslerin belirli başlıklarda (genel eğitim, mesleki uygulama, tasarım, teknik sistemler, tarih/psikoloji/çevre ve seçmeli) sınıflamaları talep edilmiştir (bkz. Şekil 1). Bölümlerin kurgusu, programı ve kadrosu; bu ölçütlerden depreme dayanıklı yapı üretimine duyarlılık kazandırılmasıyla ilgili "*bina tasarımı ile ilgili inşaat, strüktürel tasarım ve mühendislik sorunlarının kavranması*" ilkesine katkıları temelinde sorgulanmıştır.

Araştırma sonuçlarında, programlarda ağırlıklı olarak tasarım ve teknik sistemlerle ilgili derslerin yer aldığı ve bu derslerin bu ölçüte katkısının yüzde 50 civarında olduğunu ortaya çıkmıştır. Söz konusu araştırmacılar bu sonucun, duyarlılık açısından, bir deprem ülkesinin şartlarında yeterli olabileceğini; fakat istenen düzeyde uygulamalı eğitimin verilemediğine dikkat çekmişlerdir. Ayrıca, diğer araştırmacılardan farklı olarak, mimarlık okullarında eğitim veren eğitimcilerin de, çeşitli programlarla desteklenerek konunun içinde yer almalarının ve ilgi duymalarının gereğini belirtmişlerdir.

Bostancıoğlu vd. [3] mimarlık eğitiminde taşıyıcı sistemler bilgisinin yerini, bir üniversitenin öğretim planındaki konuya yaklaşımı üzerinden değerlendirmişlerdir. Buradaki deneyimlerden elde edilen sonuçlarla, taşıyıcı sistem bilgisinin aktarımı ve bunun kullanma yetisinin inşaat mühendisliği kapsamında verilen derslerle sınırlandırılmaması ve tüm programa yayılması gerektiğini ve bunların konunun ciddiyetinin kavranması açısından önemli olduğunu ifade etmişlerdir.



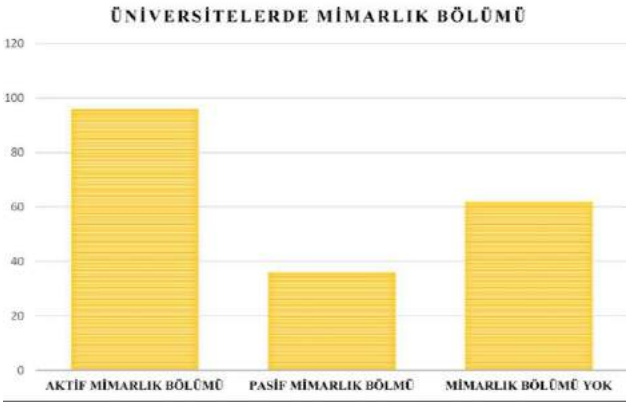
Şekil 1. Mimarlık okullarının ders sınıflandırma tablosu [7].

Akçaer vd. [9] depreme dayanıklı yapı tasarımı eğitimi ve mimarlık konusuna ülkemizden dokuz üniversitenin mimarlık bölümlerinin öğretim planları ile Japonya ve ABD'den seçilen üniversitelerde verilen eğitimlerin bir kıyaslamasını yaparak değinmişlerdir. Birinci derece deprem bölgelerinde yer alan bu ülkelerdeki mimarlık eğitiminde taşıyıcı sistem derslerin fazlalığına dikkat çekilerek ülkemizde bu derslerin öğretim planlarındaki oranların bazı üniversitelerde yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca öğretim elemanı eksikliğini de vurgulamışlardır.

4. Analiz Çalışması

Türkiye'de giderek artan genç nüfusuna bağlı olarak, eğitim-öğretim ihtiyacını karşılamak amacıyla ülke genelinde üniversitelerin sayısında dolayısıyla onlara bağlı fakülte /bölümlerin sayısında ve kontenjanlarında önemli ölçüde bir artış olmuştur. Yapılan bir araştırma ülkemizde 1990 yılında 11 farklı mimarlık okulu (bölümü); 1999'da 22 mühendislik ve mimarlık fakültesi; 2009'da da 41 mimarlık fakültesinin olduğunu göstermiştir [10]. Bugün ise üniversitelerdeki mimarlık bölümlerinin sayısı 127'ye ulaşmıştır. Ayrıca, 1999 yılında yaşanan Kocaeli (Marmara) depreminden sonra geçen yaklaşık on beş yıllık süreçte, değişen ve gelişen evrensel koşullara uyum sağlama amacıyla üniversitelerde eğitim planlarında belirli değişimler meydana gelmiştir. Değişen bu koşullar altında, ülkemizin bir doğal afet gerçeği olan deprem olgusunun, üniversitelerin mimarlık bölümlerindeki konumunun tekrar belirlenmesi ve güncelliğinin sağlanması önem kazanmaktadır. Bu çalışma kapsamında da, bu değişim sürecine bağlı olarak, bölümlerin mevcut öğretim planlarında bu konuyla ilişkili olan derslerin durumlarını içeren bir analiz çalışması yapılmıştır.

Analiz çalışmasında YÖK'e bağlı 184 üniversiteden bünyesinde mimarlık bölümü barındıran ve aktif eğitim faaliyetinde olan 91 okulun öğretim planları incelenmiştir (Şekil 2). Ayrıca KKTC'deki mimarlık bölümü bulunan üniversiteler (beş okul) de bu çalışmaya dâhil edilmiştir. *Burada mimarlık bölümlerinin öğretim planlarına ve ders içeriklerine ilgili üniversitelerin web sayfaları aracılığıyla ulaşılmıştır.*



Şekil 2. Üniversitelerdeki mimarlık bölümlerinin sayısal durumları.

Deprem ve yapı tasarımı ilişkisi, genellikle mimari eğitimde yapı ve taşıyıcı sistem derslerinde belirli konu başlıklarının altında işlenmektedir. Ancak daha etkin bir farkındalığın oluşturulabilmesinde ve yüzeysel bilgi düzeyinin en aza indirgenmesinde bağımsız bir ders kapsamında sistematik bir şekilde işlenmesinin faydalı olacağı düşünülmektedir. Bu düşünce de çalışmanın temelini oluşturmakta ve araştırmada lisans eğitim-öğretim planlarında bu ders veya derslerin durumları incelenmektedir. Araştırmalarda "*Doğal Afet*" ve "*Deprem*" terimleri anahtar kelimeler olarak kullanılmıştır.

Bu açıdan mimarlık bölümlerinin mevcut öğretim planları incelediğinde, 36 okulda bu konunun bağımsız ders kapsamında verildiği belirlenmiştir (Şekil 3). Bu bağımsız derslerin zorunlu ya da seçmeli olma durumları dikkate alındığında ise sadece 4 bölümde maalesef zorunlu ders olarak verildiği sonucu ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu derslerin verildiği dönemlere bakıldığında da derslerin genellikle üçüncü ve dördüncü sınıflardaki dersler kapsamında yer aldığı tespit edilmiştir. Bu sınıflarda da ağırlıklı olarak 6. ve 7. yarıyıllarda verildiği belirlenmiştir. Bunun yanında sadece 1 bölümde 2. sınıf (4. yarıyıl) dersi olarak işlendiği görülmüştür. Diğer taraftan, bazı mimarlık bölümlerinde seçmeli derslerin dönemleri tam olarak belirtilmediğinden tanımlanamamıştır (Çizelge 2).



Şekil 3. Mimarlık bölümlerinde "Afet/Deprem" konulu derslerle ilgili sayısal bilgiler.

Çizelge 2 Depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili derslerin yer aldığı üniversiteler.

Sıra	Üniversite	İlgili ders sayısı		
		Z	S	Dönem
1	İTÜ		1	7. yy
2	MİMAR SINAN UNIV		2	6-7.yy
3	ÖZYEĞİN ÜNİV.		1	7. yy
4	YTÜ		1	5. yy
5	İZMİR EKONOMİ ÜNİV.		1	8.yy
6	İST. KÜLTÜR ÜNİV.		3	-
7	GAZİ ÜNİV.	1		7. yy
8	IYTE		2	5-7.yy
9	DOKUZ EYLÜL ÜNİV.		1	6. yy
10	ÇANKAYA ÜNİV.		1	5. yy
11	FSM ÜNİV.		1	-
12	YAŞAR ÜNİV.	1	1	5-8.yy
13	ULUDAĞ ÜNİV.		2	5-7.yy
14	MALTEPE UNİV.		1	8. yy
15	HALİÇ ÜNIV.		1	6. yy
16	SELÇUK ÜNİV.		1	7. yy
17	GEBZE TEKNİK ÜNİV.	1		5. yy
18	SAKARYA ÜNİV.		3	-
19	ONDOKUZ MAYIS UNIV.		1	5. yy
20	İST. MEDİPOL ÜNİV.		1	-
21	PAMUKKALE ÜNİV.		1	6. yy
22	BALIKESİR ÜNİV.		1	4. yy
23	ULUSLARARASI ANTALYA UNIV.		1	-
24	NİŞANTAŞI UNIV.		1	6. yy
25	TRAKYA ÜNİV.		1	7. yy
26	DÜZCE ÜNİV.		1	-
27	CUMHURİYET ÜNİV.		1	6.yy
28	KARABÜK UNİV.	1		7. yy
29	AVRASYA UNIV.		1	6. yy
30	FIRAT UNIV.		1	8. yy
31	NİĞDE ÜNIV.		1	7. yy
32	KIRKLARELİ ÜNİV.		1	7. yy
33	YAKIN DOĞU UNIV.		1	7. yy
34	BOZOK ÜNİV.		1	-
35	İZMİR ÜNİV.		1	8. yy
36	B. ORHANGAZİ ÜNİV.		1	7. yy

Not: Z=Zorunlu S=Seçmeli YY=Yarıyıl

Birkaç bölüm dışında, tüm mimarlık bölümlerde işlenen bu derslerin içerikleri de incelenmiştir. İnceleme sonucunda ders içeriklerinde belirli başlıklar altında bir sınıflama yapılmıştır. Bunun sonucunda ortaya çıkan ağırlıklı ortak konular (içerikler) aşağıdaki şekilde sıralanmıştır:

- Depremlerin oluşumu ve parametreleri
- Zemin özellikleri, türleri ve yapıyla ilişkisi
- Depremle ilgili yasa, yönetmelik ve mevzuatlar
- Mimari planlama ilkeleri (depreme dayanıklı yapı tasarımı)
- Malzeme ve strüktür (betonarme, çelik ve ahşap yapılar vb.)
- Deprem hasarları ve onarım yöntemleri
- Afete bağlı yerleşim planlamaları
- Deprem sonrası barınma yöntemleri (geçici ve kalıcı konutlar vb.)
- Afet yönetimi
- Depremin psikolojik ve sosyolojik etkileri
- Korunma Bilinci

Bazı mimarlık bölümlerinde (Sakarya, Mimar Sinan, Yaşar, Kültür, Uludağ üniversiteleri ve İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü) bu derslerin sayısının birden fazla olduğu belirlenmiştir. Bunun için derslerin farklılık durumları araştırılmıştır. Buna göre İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü'nde iki farklı seçmeli ders olarak işlenen deprem konusu birinde daha genel bilgileri içerirken; diğerinde taşıyıcı sistem ve malzeme konusuna ağırlık verilmektedir. Sakarya Üniversitesi'nde müfredatta üç ayrı seçmeli ders olarak verilmektedir. Bu derslerden ikisinin ("*Depremle Yaşamak*" ile "*Afet ve Afet Yönetimi*") içeriğine, ulaşılmıştır. Bu derslerin içerikleri benzer olmakla beraber, derslerden birinde diğer afet türlerine de (sel, heyelan, tsunami vb.) yer verilmektedir. Kültür Üniversitesi'nde de üç ayrı ders olarak aktarılan deprem konusu, birinde alan dışı seçmeli ders (genel kültür) olarak verilirken; diğer ikisinde uzmanlaşma konusu olarak ele alınmaktadır. Yani birincisi depreme karşı korunmayla ilgili temel bilgileri içerirken; diğerleri taşıyıcı sistem konusu ve afet sonrası konut yapılarını kapsamaktadır. Uludağ Üniversitesi'nde de önceden açıkladığımız ortak konuları kapsayan bir ders ve bunun dışında deprem-konut ilişkisine ağırlık veren bir ders bulunmaktadır. Yaşar Üniversitesi'nde derslerden biri zorunludur ve bu derste deprem olgusu bina tasarım, yapım, malzeme ve taşıyıcı sistem üzerinden değerlendirilmektedir. Bu okuldaki diğer seçmeli dersin "*Deprem Bölgelerinde Yapılaşma*" içeriğine ise ulaşılamamıştır. Son olarak, Mimar Sinan Üniversitesi'nde, belirli bir ayrım için, derslerle ilgili ayrıntılı bilgi yer almamaktadır.

Zorunlu ya da seçmeli ayrı bir ders olarak, depreme dayanıklı yapı tasarımı konusunun yer almadığı mimarlık bölümlerinde diğer derslerin içeriğinde doğal afetler olduğu konusunda farkındalık durumu da incelenmiştir. Bunun için mimarlık bölümlerinde zorunlu ders olarak verilen, farklı bölümlerde farklı adlandırmalarla karşılaştığımız "*yapı bilgisi*" ve "*taşıyıcı sistem*" derslerinin içerikleri ve haftalık programları incelenmiştir. İncelemelerde bu konunun çok az bölümün ders içeriklerinde (% 33 dolaylarında) yer aldığı sonucu ortaya çıkmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3 Depreme dayanıklı yapı tasarımı ile ilgili derslerinin bulunduğu üniversiteler.

Sıra	Üniversite	Taşıyıcı Sistem	Yapı Bilgisi
1	YENİ YÜZYIL ÜNİV.	1	2
2	GAZİANTEP ÜNIV.	1	-
3	TOBB	-	8
4	BAHÇEŞEHİR ÜNIV.	1	-
5	ÇUKUROVA ÜNİV.	2	-
6	SÜLEYMAN DEMİREL ÜNIV	-	1
7	GEDİZ ÜNİV.	-	1
8	KOCAELİ ÜNİV.	1	-
9	ALANYA HEP ÜNİV.	1	-
10	DOĞU AKDENİZ ÜNİV.	1	-
11	BEYKENT ÜNİV	2	-
12	ERCİYES ÜNIV.	1	-
13	BİLKENT ÜNİV.	1	-
14	ZİRVE UNİV.	1	-
15	OKAN ÜNİV.	1	-
16	YEDİTEPE ÜNİV.	1	-
17	M. KEMAL ÜNİV.	1	-
18	N. KEMAL ÜNİV.	1	-
19	YÜZÜNCÜ YIL ÜİV.	1	-

Bu bölümlerdeki mevcut ders durumu şöyledir: "*Taşıyıcı Sistem*" içerikli dersler altında deprem konusu 17 üniversitenin 13'ünde ders içeriklerinde geçmektedir. Erciyes, Mustafa Kemal, Kocaeli ve Beykent Üniversitesi'nde ise derslerin haftalık programlarında da yer aldığı görülmektedir. Erciyes Üniversitesi'nde "Strüktürel Tasarım"; Mustafa Kemal Üniversitesi'nde "Mimaride Betonarme Pratiği" (seçmeli ders); " Kocaeli Üniversitesi'nde "*Betonarme Yapılar*"; Beykent Üniversitesinde de "*Betonarme ve Çelik Yapılar*" ile "*Taşıyıcı Sistem Tasarımı*" adlı dersler kapsamında bulunmaktadır. "*Yapı Bilgisi*" içerikli derslerde, konunun, "*Taşıyıcı Sistem*" içerikli derslere göre çok daha az yer aldığı görülmektedir. Gediz ve Süleyman Demirel Üniversitelerinin ders içeriğinde deprem yönetmeliği yer almaktadır. TOBB Üniversitesi'nde tüm yapı dersleri için genel bir içerik oluşturulmuş ve burada da deprem yönetmeliğine ilişkin bilgilere yer verilmiştir. Yeni Yüzyıl Üniversitesi'nde iki ayrı ders kapsamında düzenli ve düzensiz yapıların deprem yükleri karşısında davranışının incelendiği belirtilmiştir.

Burada elde edilen bulguların tam olarak sağlıklı bir bilgi vermediğini belirtmek yararlı olacaktır. Ayrıca web sayfaları incelenen okulların yaklaşık %20'lik bir kısmının ders içeriklerine ulaşılamamıştır. Çok azı dışında diğerlerinde de oldukça genel tanımlamalarla ve birkaç cümle ile ders içerikleri ve haftalık programlar özetlenmektedir. Ayrıca bu derslerin kapsadığı konu başlıklarının fazlalığı ve deprem konusunun çok daha özelleşmiş bir konu olarak görülmesi, bir başka deyişle diğer konuların alt başlığı olarak algılanması, nedeniyle bu konuya yer verilmediği düşünülmektedir. Son olarak, ders içeriklerinin paylaşımı, genelde web sayfalarının sürekli güncellenme gereksinimlerinden dolayı oldukça kısa ve genel tutulmaktadır. Buna bağlı olarak bir şeffaflık probleminin varlığından söz edilebilir.

Yukarıda verilen bilgiler ışığında Karabük Üniversitesi Mimarlık Bölümündeki doğal afetlerle ilgili ders durumu ayrıca irdelenecek olursa deprem dışında doğal afetlerin durumlarıyla ilgili konuların ders içeriklerinde yer almadığı görülmektedir. Doğal afetlerden biri olan depreme göre yapı tasarımı ile ilgili lisans düzeyinde bir zorunlu ders yer alırken, kısmen de "Betonarme" adlı derste bahsedilmektedir. Elde edilen bu sonuç veya sonuçlara göre, depremle birlikte diğer doğal afetlerin de yapılacak olan tasarımlarda dikkate alınmasının gerekliliği, dolayısıyla tasarımı gerçekleştirecek olan mimarın ve mimar adayının da bunlarla ilgili asgari bilgi düzeyine sahip olmasının zorunluluk olduğu ortadadır.

5. Sonuçlar

Biçim ve mekânı şekillendirirken estetik ve işlevselliği dikkate alan bir tasarımcı için, ön görülecek her türlü yüklere göre "sağlamlık" ölçütü de vazgeçilmez bir unsurdur. Diğer taraftan depremler de ülkemiz şartlarında bu ölçütü etkileyen en önemli çevresel etmenlerdir. Bu nedenle mimarlık eğitiminde özellikle bu konunun tanımlı bir yerinin olması gereklidir. Ancak, ülkemizdeki mimarlık bölümleri üzerinde yapılan bu araştırmanın sonuçları maalesef bu farkındalığın tam olarak oluşturulamadığını göstermektedir. Aktif mimarlık bölümlerinin %38'sinde bu konu ayrı bir ders olarak verilebilmekte ve birçok bölümde diğer derslerin içeriklerinde tanımlı bir konumu bulunmamaktadır. Bunda da en büyük etkenin üniversitelerdeki kontrolsüz büyüme olduğunu vurgulamak gerekir.

Yapılan bu araştırmanın sonunda elde edilen diğer sonuç ve öneriler ise şu şekilde özetlemek mümkündür:

Ülkemizde yetişmiş öğretim elemanı sayısı, 2005'ten sonra açılan üniversite ve bölümlerin sayısı ile orantılı bir şekilde artmamaktadır. Birçok bölümde olduğu gibi, mimarlık alanında da, bölümlerde deprem konusunda deneyimli öğretim elemanı sayısı ya hiç yoktur ya da yetersizdir. Bu nedenle öğretim planlarında, yapılan analizlerde de görüldüğü gibi, bu konuyla ilgili derslere yer verilememektedir. Sorunun giderilmesinde ise öğretim elemanlarının mesleki kurslar ve seminerlerle desteklenmesi ve alt yapıların oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Gerçekleştirilen bu araştırmanın sonucunda, birçok mimarlık bölümünün ders içeriklerinde yer almamasına rağmen, deprem hassasiyetinin; birçok okulda temel derslerde (*yapı, tasarım, şehircilik, statik* vb.) belirli konular dâhilinde yer aldığı varsayılmaktadır. Ancak ders içeriklerinde ve uygulamalarında, tasarımcının "*yaratıcılık*" özelliğini koruyacak şekilde, konunun daha ayrıntılı ve tanımlı bir şekilde olmasına da ihtiyaç duyulmaktadır.

Mimarlık eğitiminde Doğal Afetlerin durumu konusunda gerçekleştirilen bu çalışmanın elde edilen bulgularından Türkiye'deki mimarlık bölümlerinde verilen öğretimin genellikle tasarım "*yaratıcılık*" ağırlıklı olduğu Doğal Afetler ve özellikle depremler olgusunun ikinci planda kaldığı görülmektedir.

Temel derslerin içerisinde verilmesinin yanında Mimarlık alanında doğal afetler ve deprem konusunun ayrı bir destekleyici ders olarak verilmesinin, yeni tasarımcılarda konuyla ilgili sistematik bir bilinç kazandıracağı bir gerçektir. Bu yüzden, bu tür destek dersler tüm üniversitelerde yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca tanımlanan

dersin yer aldığı dönemde diğer derslerin içeriklerinde de bu dersle koordineli bir şekilde hareket edilmesi konuları bağdaştırmada öğrenciye çok daha fazla katkı sağlayacağı açıktır. Analiz çalışmalarında yer alan bölümlerde ifade edildiği gibi, bu dersin 3. ya da 4. sınıfta verilmesi uygun olacaktır.

Yapılan bu çalışmada, mimarlık bölümlerinde "deprem" ana temalı seçmeli ya da zorunlu derslerin içeriklerinin belirli farklılıklar gösterdiği ve konunun oldukça geniş kapsamlı olduğu tespit edilmiştir. Yani "*Deprem ve Mimarlık*" konusunun taşıyıcı sistem ağırlıklı olmakla beraber kentsel ölçekte, afet öncesi ve sonrası yapılacak faaliyetlere, yönetim ve planlamaya kadar geniş bir yelpazeye sahip olduğu teyit edilmiştir. Bu yüzden imkânı olan bölümlerde, burada değerlendirilen bazı bölümlerdeki gibi, konunun farklı bakış açılarıyla bir ya da birkaç seçmeli ders halinde verilebileceği düşünülmektedir.

Daha önceki araştırmalarda da özellikle vurgu yapıldığı gibi; ülkemiz koşullarında öğrencinin zorunlu ve seçmeli derslere gösterdiği ilgi durumları gözetildiğinde, bu konunun zorunlu bir ders kapsamında verilmesinin daha uygun olacağı görülmektedir. Kısa vadede bölüm sayısının fazlalığı ve uzman öğretim elemanının az olması gibi durumlar dikkate alındığında, YÖK'ün son zamanlarda belirlemiş olduğu "Fakülte" veya "Bölüm" seçmeli dersler kapsamında da ancak bölümler arası işbirliği sağlanarak bu derslerin verilebileceği düşünülmektedir. Hatta yapılan araştırmalara dayanarak bazı üniversitelerde de bu tür uygulamaların örneklerine rastlanmak mümkündür. Bu da disiplinler arası işbirliğin artırılmasının önemine işaret etmektedir.

Kaynaklar

[1] Ulusal Deprem Konseyi Raporu, Deprem Zararlarını Azaltma Ulusal Stratejisi, Ankara, 2002.

[2] Eğitim Komisyonu, Deprem Şurası, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ankara, 2004.

[3] Bostancıoğlu, E., Taşıyıcı Sistem Bilgisinin Mimarlık Eğitimindeki Yeri, Güney Mimarlık, 7: 35-41, 2012.

[4] Akıncıtürk, N., Yapı Tasarımında Mimarın Deprem Bilinci, Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi, 8/1: 189-201, 2003.

[5] Akbulut, T. M., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Eğitimi Yaklaşımı, Deprem Sempozyumu, Kocaeli Üniversitesi, 23-25 Mart, 587-592, 2005.

[6] Akçaer, G., Özdemir N., B:, Soyluk, A., Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Eğitimi ve Mimarlık, 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir, Türkiye, 14-16 Ekim, 2015.

[7] Küçük D., Deprem Zararlarının Azaltılmasında Mimarlık Eğitiminin Yeri, Yüksek Lisans Tezi, Mimarlık Bölümü, Gazi Univ., Ankara, Türkiye, 2006.

[8] Coşgun, N., Taş, N. and Taş, N., Architectural Training and Disaster/Earthquake, International Earthquake Symposium, Kocaeli, Turkey, October 22-26 Ekim, 695-704, 2007.

[9] Ayyıldız, G. ve Özbayraktar, M., Mimarlık Eğitiminde Depreme Dayanıklı Yapı Tasarımı Süreci ve Bu Süreçte Disiplinler Arası İletişimin Önemi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli Üniversitesi, 23-25 Mart, 1224-1234, 2005.

[10] Kayım, S., Mimarlık Okullarında 19 Yılda %372'lik Artış, www.mimarizm.com, 2009.

AFET KADASTROSU TESİS EDİLMİŞ TAPULU TAŞINMAZLARDA VAKIF ŞERHİ BULUNMASI DURUMUNDA YAPILACAK İŞLEMLER

Serdar TÜNEY
Başbakanlık AFAD Başkanlığı Hukuk Müşavirliği-AFAD Uzmanı, Kızılırmak Mah. Ufuk Üniversitesi Cad. No: 12, Çukurambar, Çankaya, Ankara serdartuney@gmail.com, serdar.tuney@afad.gov.tr

Özet

Mülkiyeti afet kadastrosu ile oluşan tapulu taşınmaz üzerine Vakıflar Genel Müdürlüğünün talebi ile sonradan konulan vakıf şerhi konulabilmektedir. İşte bu çalışmada şerh konusu gerek 7269 sayılı Kanun gerekse de 3402 sayılı Kadastro Kanunu açısından incelenecektir. Bir kişi, tapuda miras bırakanı adına kayıtlı taşınmazın afet kadastrosuna dayanılarak tapuya tescil edildiğini ve Vakıflar Bölge Müdürlüğünün talebi ile tapu kaydına vakıf şerhinin işlendiğini ileri sürerek malikin rızası ve mahkeme kararı olmaksızın tapu kaydına işlenen şerhin silinmesine karar verilmesini nasıl isteyebilir? Çalışmamızda bu sorunun yanıtı verilecektir.

Anahtar Kelimeler: afet kadastrosu, vakıf şerhi, 7269 sayılı Kanun, 3402 sayılı Kanun

Abstract

The ownership of residential real property cadastre of the disaster on the request for the Directorate General of Foundations laid the annotation of foundation after issue with. That's the subject of this study need both law No. 3402, No. 7269 Cadastre will be examined in terms of the law. The title deed is registered to a person, are based on the heritage of ownership have been registered in the deed and foundations for disaster cadastral zone Directorate with the demand, arguing that the land registry records are handled and the consent of the Foundation's annotated property owner without court order deed record deletion decisions rendered annotation of foundatiton how you may ask?

KeyWords: disaster cadastre, annotation of foundation, Law on 7269, Law on 3402

1. Kadastro Nedir?

1.1 Kadastro Hakkında Temel Bilgiler

Kadastroyu, "aynı türden nesnelerin siciller ya da grafikler biçiminde bir araya toplanmasının ifadesi" olarak tanımlayabiliriz. Kadastronun çeşitli türleri olmakla beraber günlük hayatımızda bir kamu hizmeti olarak en çok ifa edilen türü "taşınmaz mal kadastrosudur". Taşınmaz mal kadastrosunu, "kadastro teşkilatı tarafından yürütülen kütüklerden ve büyük ölçekli haritalardan oluşan, belde ve adalara göre belirlenmiş bütün taşınmaz malları; hukukun, kamu yönetiminin, ekonominin ve istatistiğin ihtiyaç duyduğu biçimde gösteren ve tanımlayan bir kamu hizmeti" olarak tanımlamak mümkündür[1,2].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

1.2 Kadastronun Genel İtibariyle Hukukî Niteliği ve Temel Mevzuatı

Ülkemizdeki hukuk sistemi içinde kadastronun hukukî niteliği ve kadastronun kamu hizmetinin ifası bakımından önemine baktığımızda karşımıza ilk olarak Anayasa ve 4721 sayılı Türk Medeni Kanunu çıkmaktadır. Anayasanın mülkiyet hakkını düzenleyen 35. maddesinde bulunan *"Herkes, mülkiyet ve miras haklarına sahiptir. Bu haklar, ancak kamu yararı amacıyla, kanunla sınırlanabilir. Mülkiyet hakkının kullanılması toplum yararına aykırı olamaz."*hükmü ile 4721 sayılı Türk Medeni Kanununun bir taşınmazın sınırlarını belirlemesini ifade ettiği 719. maddesinde düzenlenen *"Taşınmazın sınırları, tapu plânları ve arz üzerindeki sınır işaretleriyle belirlenir. Tapu plânları ile arz üzerindeki işaretler birbirini tutmazsa, asıl olan plândaki sınırdır..."* hükmü ile kadastronun nasıl olması gerektiği belirtilmiştir[2]. Mülga 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanununun 1. maddesinde kadastro, *"gayrimenkul malların hukukî ve hendesî vaziyetlerini tespit eder ve gösterir..."*olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma dikkat edildiğinde görülecek ilk şey kanun koyucunun özet bir biçimde kadastroyu tanımladığıdır. Ancak belirtmek gerekir ki bu tanım kadastroyu ifade etmek için yeterli değildir. Bu sebeple, 2613 sayılı Kanunu ilga eden 3402 sayılı Kadastro Kanununun 1. maddesinde kadastro oldukça detaylı bir biçimde günümüz şartlarına yakın olarak tanımlanmıştır. Bahse konu maddede kadastro; *"...ülke koordinat sistemine göre memleketin kadastral veya topoğrafik kadastral haritasına dayalı olarak taşınmaz malların sınırlarını arazi ve harita üzerinde belirterek hukukî durumlarını tespit etmek suretiyle 4721 sayılı Türk Medeni Kanununun öngördüğü tapu sicilini kurmak, mekânsal bilgi sisteminin alt yapısını oluşturmaktır."* şeklinde tanımlanmıştır[2].

Görüldüğü üzere, 3402 sayılı Kanun ile geniş bir çerçevede kadastro tanımı yapılmıştır. Ancak bu tanım, kamu hizmetinin sunumu noktasında en çok ifa edilen taşınmaz mal kadastrosuna yakın olarak tanımlanmıştır. Bu sebeple, kadastronun sadece geometrik ve hukukî halinin ortaya konulması ile birlikte diğer beşeri ve fen bilimlerin ihtiyacını da kapsayacak şekilde modern bir tanımla geliştirilmesi gerekmektedir[2].

2. Afet Kadastrosu, Teknik Ve İdari Safahatinin İncelenmesi

2.1 Afet Kadastrosu Hakkında Temel Bilgiler

Kadastro bir kamu hizmeti olupen basit tabiri ile bir taşınmaz malın sınırını belirlemek için kullanılmaktadır. Bu durum aynı zamanda, doğal afetler için de

kullanılmaktadır. Özellikle, ırmak ve dere yataklarına yakın bir konumda bulunan taşınmazların meydana gelen taşkınlar dolayısıyla kaybolan sınırlarını yeniden tesis etmek amacıyla kadastro çalışmaları yapılmaktadır. Tarihe bakıldığında, Mısır uygarlığının Nil Nehrinde meydana gelen taşkınlara karşı nehir yatağı yakınında bulunan taşınmazlarını sınırlarını yeniden tesis etmek amacıyla kadastro planları yaptıkları görülmüştür[2,3]. İşte bu çalışmalar sonucu bu hizmetleri kapsayan afet kadastrosu, "sel ve taşkınlar, arazi kaymaları, yangın gibi doğal olaylar neticesinde bozulan mülkiyet sınırlarının yeniden ve aslına uygun bir biçimde veya hukukun öngördüğü şekilde tesbit edilmesi işlemidir." (Tüdeş-Bıyık, 2001: 470). Dolayısıyla afet kadastrosu, afete maruz kalması muhtemel olan veya afete maruz kalan bir kadastro çalışmasıdır.

Afete uğraması muhtemel veya afete maruz kalmış alanların kadastrosunun mutlaka güncel olması ve bunların düzenli kayıtlarının yapılması gerekmektedir. Çünkü, paylı araziler üzerinde yapılmış olan bir binanın muhtemel bir afette zarar görmesi ve hatta yıkılmasından sonra parseller üzerinde yapılacak kadastronun aplikasyonu kaba olacaktır. Bu durum özellikle o yerde olası bir değer artışında oldukça önem arz etmektedir [2].

2.2 Afet Kadastrosunun Uygulaması ile Teknik ve Hukukî Niteliği

Afet zararlarının azaltılması ve iyileştirme ile plânlama çalışmaları konusunda bir rehber olan ve afet yönetimi içerisinde teknik ve idari personelebu olağandışı öngörülemeyen durumlarda uygulayacakları prosedürleri gösteren 15/05/1959 tarihli ve 7269 sayılı Umumî Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun, afet kadastrosunu anlatırken başvuracağımız temel kaynaktır.

2.2.1 Afet Yönetiminin Temel Kanunu 7269 sayılı Kanun

7269 sayılı Kanun, Türkiye Cumhuriyeti'nin dayandığı temel ilkelerden "millî dayanışma" ve "sosyal devlet" ilkeleri çerçevesinde, özellikle afete maruz kalmış ve afet sebebiyle oturdukları konutları hasar gören afetzede vatandaşlara bir insanın en temel gereksinimi olan barınma güdüsünü mümkün olan en makul süredeyerine getirmesi için kanun koyucu tarafından kabul edilmiştir. Bu Kanun çerçevesinde yerine getirilen hizmetlerle, afete maruz kalan o yerde normal hayat düzeninin yeniden tesis edilmesi amaçlanmıştır. Kanunun yürürlüğe girmesiyle, bu hizmetlerin ifasını sağlayacak uygulayıcı bir idare kurulması gerektiğinden, mülga İmar ve İskân Bakanlığı uhdesinde ilk olarak daire başkanlığı teşkilatlanması yapılmış, daha sonra ise bu işin bir genel müdürlük seviyesinde yürütülmesi gerektiği düşüncesiyle "Afet İşleri Genel Müdürlüğü" kurulmuştur[4]. Afet İşleri Genel Müdürlüğünün görevleri şu şekilde belirlenmiştir[1];

- Afetlerin önlenmesi ve zararların azaltılması amacıyla alınması gereken tedbirleri araştırmak,
- Bu konudaki temel ihtiyaçlarla hedef ve politikaları belirlemek, afet olduğunda acil yardım uygulaması ve koordinasyonu sağlamak,
- Afete uğramış veya uğraması muhtemel yerlerin etüt, araştırma, hasar tespitleri, yer seçimleri, harita, plan, aplikasyon, kamulaştırma, tahsis, hak sahipliği, borçlandırma işlemlerini yapmak veya yaptırmak,
- Bu yerlerde geçici ve daimi yerleşme ve barınmayı sağlamak amacıyla kısa ve uzun süreli tedbirleri süratle uygulamak veya uygulatmak, bu amaç için gerektiğinde bölgesel merkezler kurmak,
- Prefabrike yapı elemanları üretim ve stoklanması yapmak veya yaptırmaktır."

7269 sayılı Kanunda zaman içerisinde ortaya çıkan ihtiyaçlar çerçevesinde birtakım kanunlarla değişiklikler yapılmıştır. Bu değişiklikler içerisinde, 1051 sayılı Kanunla 7269 sayılı Kanunda yapılmış olan değişiklikler ilk sırada yer alır. Yapılan bu değişiklik ve eklemeler ile afet zamanında verilen kamu hizmetinin daha hızlı ve etkili gerçekleştirilmesi ile afetlerden etkilenen kimselere daha geniş yardımlar yapılması amaçlanmıştır[2]. İşte afet kadastrosu da bu 1051 sayılı Kanunla getirilen düzenlemeler ve değişiklikler arasındadır.

2.2.2 Afet Kadastrosu Uygulamaları

7269 sayılı Kanunun 1051 sayılı Kanunla değişik 18 inci maddesinde;*"Bu Kanuna göre afet sebebiyle İmar ve İskan Bakanlığınca lüzum görülecek yerlerin kadastrosu ilanların yapılmasına kadastro komisyonlarının kurulmasına lüzum kalmaksızın kadastro postalarına belediyece ve köy ihtiyar heyetince iki bilirkişi verilmek ve tasarruf tetkikleri, mahalli kadastro müdürü ve tapu memuru tarafından ifa olunmak suretiyle 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanununa göre öncelikle Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce yaptırılır. Anlaşmazlıklar mahalli mahkemelerce hallolunur.*

Sözü edilen kadastro işlerine ilişkin uygulama İmar ve İskan Bakanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün bağlı olduğu Bakanlık arasında müştereken tespit edilecek esaslar dahilinde yapılır." hükmü bulunmaktadır. Belirtilen hüküm çerçevesinde, afet kadastrosu uygulamaları mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü arasında müştereken düzenlenen 30/06/1972 tarihli "Afet Bölgelerinde Yapılacak Tapu ve Kadastro Hizmetlerine İlişkinProtokol" çerçevesinde, 02/11/2009 tarih ve B.09.1.TKG4067420-TA-04 sayılı "Afet Kadastrosu

[1] Görevler, mülga 7116 sayılı İmar ve İskân Vekâletinin Kuruluş ve Vazifeleri Hakkında Kanun ile mülga 180 sayılı Bayındırlık ve İskân Bakanlığının Teşkilât ve Görevleri Hakkında Kanun Hükmünde Kararnameler çerçevesinde yazılmıştır.

[2] Bakınız, Millet Meclisinin Sıra Sayısı 159 ek 01 ve 02 no'lu komisyon raporu ile Cumhuriyet Senatosunun 1137 no'lu komisyon raporu. TBMM Kanunlar Dergisi, Cilt. 51, Millet Meclisi Tutanak Dergisi, Cilt. 7, 9, 27, Cumhuriyet Senatosu Tutanak Dergisi, Cilt. 47
http://www.tbmm.gov.tr/tutanaklar/TUTANAK/MM__/d02/c027/mm__02027060ss0159ek01.pdf
(erişim tarihi, 18/01/2015)
http://www.tbmm.gov.tr/tutanaklar/TUTANAK/MM__/d02/c027/mm__02027060ss0159ek02.pdf
(erişim tarihi,18/01/2015)
http://www.tbmm.gov.tr/tutanaklar/TUTANAK/CS__/t07/c047/cs__07047055ss1137.pdf
(erişim tarihi, 18/01/2015)

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*

ile İlgili Çalışmalar Akış Şeması ve Talimatı"[3]ve 02/11/2009 tarih ve B.09.TKG.130005-TA.01 (Revize: 02/-05.10.2011) sayılı "Afet Kadastrosu İş Akış Şeması ve Talimatı-Özel Kadastro Şubesi Müdürlüğü"[4] uyarınca yürütülmektedir.

Burada belirtilmesi gereken iki husus bulunmaktadır. Bunlardan birincisi; Afet İşleri Genel Müdürlüğü, 29/05/2009 tarihli ve 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun gereğince kapatılmıştır. Ancak, 5902 sayılı Kanunun 24. maddesi ile yapılan atfa göre mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğünün yaptığı görevler ilgisine göre Başkanlığa devredildiğinden söz konusu talimatın bir diğer tarafı Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı olmuştur. Dolayısıyla bu alanda hukukî bir boşluk bulunmamaktadır.

İkinci husus ise 7269 sayılı Kanunun 18. maddesinin atıf yaptığı 2613 sayılı Kanun, 3402 sayılı Kadastro Kanunu ile ilga edilmiştir. Ancak 3402 sayılı Kanunun 48/2 maddesi ile yapılan atfa göre, diğer kanunların, 2613 ve 766 sayılı kanunlara yaptığı atıflar bu 3402 sayılı Kanunun ilgili hükümlerine yapılmış sayılacağından bu alanda da hukukî bir boşluk bulunmamaktadır. Bahsedilen mevzuat düzenlemeleri çerçevesinde yapılan uygulamalar ve iş akış şeması şöyledir[5];

- "Afete maruz kalan yerlerde, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının talebi ve Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün talimatı üzerine kadastro çalışmalarına başlanır. Kadastro çalışmaları sırasında 3402 sayılı Kanununda öngörülen ilanlar yapılmaz. Ancak, vatandaşların bilgilendirilmesi ve varsa belgelerini ibraz etmeleri için çalışmalara başlanmadan 2-3 gün önceden muhtarlıklar vasıtasıyla duyuru yapılmalıdır.
- Afet kadastrosu çalışmaları, yeni yerleşim sahalarının sınırları içinde yapılır ve bu sınırlar dışındaki taşınmaz mallar kadastroya tabi tutulmaz. Afet bölgesi olarak belirlenen saha, birden fazla çalışma alanı sınırı içerisinde kalıyorsa, öncelikle idari sınırlara göre çalışma alanı sınırının afet bölgesi olarak belirlenen sahaya isabet eden bölümünün belirlenmesi ve hangi parça hangi idari sınırlar içinde kalıyorsa o yerden kadastroya tabi tutulması gerekir. Aksi takdirde, çalışma alanı sınırının belirlenmesine yönelik yukarıdaki şekildeki çalışmayı yapmaya gerek bulunmamaktadır.
- Çalışmalar kadastro ekibi tarafından 3402 sayılı Kanun hükümlerine göre yürütülür. Kadastro tutanağının edinme sebebi sütununda çalışmaların 7269 sayılı Kanunun 1051 sayılı Kanunla değişik 18 inci maddesine göre yapıldığı hususu mutlaka açıklanmalıdır.
- 7269 sayılı Kanuna göre yapılan çalışmalarda kadastro komisyonu kurulmadığından, itirazlar komisyona intikal ettirilmez. Ayrıca, askı ilanı yapılmayacağından, çalışmalar sonuçlandığında tutanaklar ve fenni belgeleri kadastro müdürüne teslim edilir. Kadastro müdürü tarafından; gerekli kontroller yapılıp varsa eksiklikler kadastro ekibine tamamlattırıldıktan sonra, kadastro tutanaklarının son sayfasında uygun bir yere gerekli kontrollerin yapıldığı ve tespitlerin uygunluğu yazılarak altı, tarih konmak, imzalanmak ve mühürlenmek suretiyle onanarak tutanaklar kesinleştirilir. Kadastro müdürlüğünce, malik listeleri ile pafta örnekleri 3 nüsha halinde Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığına iletilmek üzere Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğüne gönderilir.
- Çalışma alanında daha önce kadastro çalışmaları yapılmış ise tesciller; o mahalle veya köye ait tapu kütüklerinin en son boş sayfasından başlanmak suretiyle, şayet o mahalle veya köyde daha önce kadastro çalışması yapılmamış ise mahalle veya köy esasına göre açılacak tapu kütüklerine yapılır. Afet kadastro çalışmaları yapılan mahalle veya köylerde daha sonra 3402 sayılı Kanuna göre kadastro çalışmalarına başlanması durumunda, mükerrer kadastroya neden olunmaması için, öncelikle afet kadastrosu sırasında düzenlenen kadastro paftaları zemine uygulanıp, afet kadastro sınırları belirlendikten sonra bu sınırlar dışında kalan kısımlar kadastroya tabi tutulur. Şayet, afet kadastrosu bir ada bazında yapılmamış ise, o adanın son parsel numarasından başlanmak suretiyle çalışmalara devam edilir."

Bu iş akışı ve uygulamalar yapılırken, 7269 sayılı Kanun çerçevesinde yapılan afet kadastrosu ile buna bağlı tescil işlemleri ve ilgili taleplerin değerlendirilmesinden 13/05/2003 tarih ve 2003/5629 sayılı Bakanlar Kurulu Kararında belirtilen hüküm uyarınca döner sermeye ücreti alınmamaktadır[5].

3. Afet Kadastrosu Yapılan Bir Taşınmaza Vakıf Şerhi Konulması

Yukarıda etraflıca açıklanan mevzuat ve uygulamaları mukabilinde afet kadastrosu yapılarak oluşturulan tapulu taşınmaz üzerine eğer Vakıflar Genel Müdürlüğünün talebi ile sonradan bir vakıf şerhi konulursa bu taşınmazın akibeti ne olacaktır? Örneğin; bir kişinin, afet kadastrosu sonucu murisi adına tapuya tescil edilen taşınmazının sonradan Vakıflar Genel Müdürlüğünün talebi doğrultusunda tapuya kayıtlı taşınmazına Vakıf şerhinin işlenmesi halinde söz konusu şerhin silinmesini nasıl yapabilir?

3.1 Usul Hukuku Açısından (Yetkili ve Görevli Mahkeme-Hak Düşürücü Süre)

Afet kadastrosu yapılması ile oluşturulan tapulu taşınmazlara ilişkin vakıf şerhi konulması sorununda ilk nokta yetkili ve görevli mahkemenin belirlenmesidir. Bu tür

[3] http://uygulamalar.tkgm.gov.tr/KaliteYonetimSistemi/dokumanlar/kategori/3?Baslik=2 v.1.01 erişim tarihi: 19/01/2015.

[4] http://uygulamalar.tkgm.gov.tr/KaliteYonetimSistemi/dokumanlar/kategori/3?Baslik=2 v.1.02 erişim tarihi: 19/01/2015.

[5] Açıklamalar aynen alıntıdır. Bakınız, 02/11/2009 tarih ve B.09.1.TKG4067420-TA-04 sayılı "Afet Kadastrosu ile İlgili Çalışmalar Akış Şeması ve Talimatı" sayfa 3. (Mülga Afet İşleri Genel Müdürlüğü olan yerler 5902 sayılı Kanunun 24. maddesinde belirtilen atıf hükmü gereğince Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı olarak, değiştirilmiştir.) http://uygulamalar.tkgm.gov.tr/KaliteYonetimSistemi/dokumanlar/kategori/3?Baslik=2 erişim tarihi: 19/01/2015.

© *DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye*

uyuşmazlıklarda 3402 sayılı Kanundan ziyade bu alanın temel kanunu olan 7269 sayılı Kanuna bakmak gerekecektir. Kanunun 18. maddesi*"Bu Kanuna göre afet sebebiyle İmar ve İskan Bakanlığınca lüzum görülecek yerlerin kadastrosu ilanların yapılmasına kadastro komisyonlarının kurulmasına lüzum kalmaksızın kadastro postalarına belediyece ve köy ihtiyar heyetince iki bilirkişi verilmek ve tasarruf tetkikleri, mahalli kadastro müdürü ve tapu memuru tarafından ifa olunmak suretiyle 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahriri Kanununa göre öncelikle Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce yaptırılır. Anlaşmazlıklar mahalli mahkemelerce hallolunur.*

*Sözü edilen kadastro işlerine ilişkin uygulama İmar ve İskan Bakanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün bağlı olduğu Bakanlık arasında müştereken tespit edilecek esaslar dahilinde yapılır. "*hükmünü haizdir. Yargıtay'ın[6] katıldığımız görüşüne göre, bahse konu hükümden usul hukuku çerçevesinde anlaşılması gereken husus şudur. Afet kadastrosu gibi tutanağı düzenlenmeyen ve kesinleştirilmesi yaptırılmayan bir işleme gerek mülga 2613 sayılı Kanun gerekse de 3402 sayılı Kanun çerçevesinde bir kadastral işlem vasfı yüklemek mümkün değildir. Bununla birlikte, 3402 sayılı Kanunun geçici 4/3. maddesinde ifade edilen *"özel kadastrosu yapılan ve tutanakları kesinleşmiş bulunan taşınmazlar"* ibaresinden 7269 sayılı Kanuna göre tesis edilen işlemi 3402 sayılı Kanunun geçici 4/3. maddesi kapsamında değerlendirme imkanı da bulunmamaktadır. Bu sebeplerle, 7269 sayılı Kanuna göre tesis edilen işlem, 3402 sayılı Kanun çerçevesinde tesis edilmiş bir genel kadastro işlemi olarak değerlendirilemeyeceğinden uyuşmazlık konu olabilecek bir olayda yetkili ve görevli mahkeme asliye hukuk mahkemesi olacaktır. Ayrıca 3402 sayılı Kanunda ifade edilen 10 yıllık hak düşürücü süre de bu tarz olası bir uyuşmazlıkta uygulanmayacaktır.

3.2 Vakıf Şerhinin Niteliği ve Türü Açısından

Vakıf, 4721 sayılı Kanunun 101. maddesinde "gerçek veya tüzel kişilerin yeterli mal ve hakları belirli ve sürekli bir amaca özgülemeleriyle oluşan mal toplulukları" olarak tanımlanmıştır. Bir taşınmaza vakıf şerhi konulduğunda bu şerhin terkin edilip edilemeyeceği hususunda bakılması gereken ilk husus taşınmazın mülkiyetinin vakfedilmiş olup olmadığıdır. Vakfedilen malvarlığının o vakfın tüzel kişiliğine ait olduğu vakıf türüne sahih vakıflar, taşınmazın mülkiyetinin devlete (hazineye) ait olduğu ve fakat sadece kullanma ve yaralanma hakkı gibi tasarruf hakkının

---

[6] "*Dosyadaki kayıt ve belgelerden, çekişmeli yeri yada yerleri içeren arazinin önceden kadastroya tabi tutulmadığı, davacı adına oluşturulan kayıtların edinme nedeninin 7269 sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısıyla Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanuna dayandırıldığı anlaşılmaktadır.*

Anılan Kanunun 18. maddesinde `Bu kanuna göre afet sebebiyle İmar ve İskan Bakanlığı'nca lüzum görülecek yerlerin kadastro ilanlarının yapılmasına, Kadastro komisyonlarının kurulmasına lüzum kalmaksızın kadastro postalarına belediyece ve köy ihtiyar heyetince iki bilirkişi verilmek ve tasarruf tetkikleri, mahalli kadastro müdürü ve tapu fen memuru tarafından ifa olunmak suretiyle 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahrir Kanununa göre öncelikle Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünce yaptırılır. Anlaşmazlıklar mahalli mahkemelerce hallolunur. Sözü edilen kadastro işlerine ilişkin uygulama İmar ve İskan Bakanlığı ile Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü'nün bağlı olduğu Bakanlık arasında müştereken tesbit edilecek esaslar dahilinde yapılır.` hükmüne yer verilmiştir.

Belirtilen yasal düzenleme ile kadastral işlemlerin o tarihte yürürlükte bulunan 2613 sayılı Kadastro ve Tapu Tahrir Kanununa göre yapılması öngörülürken; özellikle `kadastro ilanlarının yapılması` ve doğacak anlaşmazlıkların `mahalli mahkemelerde` çözüme bağlanması bakımından, 2613 sayılı yasanın temel düzenlemelerinden uzaklaşıldığı görülmektedir. Ayrıca, yasanın 18. maddesi hükmü gereği Devlet Bakanlığı ile İmar İskan Bakanlığı arasında 30.06.1972 tarihinde yapılan `Afet Bölgelerinde Yapılacak Tapu ve Kadastro Hizmetlerine ilişkin` protokolde de, sadece kadastroya dair teknik hizmetlerin ne şekilde yapılacağına değinilmekle yetinilmiş, gerek yargı yeri belirlenmesi, gerekse kadastronun işleyişi ile ilgili ilanlara, yasa hükmü gereği yer verilmemiştir.

Bilindiği üzere, 3402 sayılı Kadastro Kanununun 1. maddesinde `Bu kanunun amacı, memleketin kadastral topoğrafik haritasına dayalı olarak taşınmaz malların sınırlarını arazi ve harita üzerinde belirterek hukuki durumlarını tesbit etmek ve bu suretle Türk Medeni Kanununun öngördüğü tapu sicilini kurmaktır` denilmiş; böylece, amacı belirleyen madde hükmü, `geometrik şekil` ve `taşınmaz malların hak durumlarını saptamak` gibi iki temel işlevi yerine getiren kadastroyu da tanımlamıştır. 3402 sayılı Kanunda deyimini bulan `amaç` ve `kadastro` tanımı, yürürlükten kaldırılan önceki 2613 ve 766 sayılı kanunlarda da benzeri ifadeler ile yer almıştır.

Hemen belirtilmelidir ki; kanunların düzenlediği geometrik şekil ve hak durumunu belli etme tesbitleri için, özel (kadastro) ve genel (asliye ve sulh hukuk) mahkemelerinde hak arama yolları açılmadan kadastronun tüm evreleriyle tamamlandığı ve kadastral bir sicilin ortaya çıktığı söylenemez. Diğer bir deyişle, hak arama imkanı tanınmadan; özellikle, kadastro tutanağı kanunlarında yazılı yöntemine uygun biçimde kesinleştirilmeden ortaya çıkan sicil yok hükmündedir.

Kuşkusuz, hak arama durumunda olan kişi yada kişiler yönünden yapılan kadastro tesbit işlemini öğrenme önem taşır. Öğrenme, kanunlarda ilanen tebliğ ve bizzat tebliğ şeklinde düzenlenmiştir. Nitekim; 2613 ve 766 sayılı kanunlar, kadastro tutanaklarının ilanen; itiraz halinde komisyon kararlarının bizzat tebliğlerini zorunlu kılmıştır. Bunun yanısıra, tasfiye niteliğindeki hak düşürücü süreler ile de dava ve talep hakları sınırlandırılmıştır. Genel mahkemelerde (asliye hukuk yada sulh hukuk mahkemelerinde) kadastro öncesi nedenlere dayanılarak açılacak tespitin iptali ve tescil davaları, 3402 sayılı kanunun 12/3. maddesinde yazılı on yıllık hak düşürücü süre geçirilmeden açıldıklarının anlaşılması durumunda dinlenebilme olanağı kazanırlar.

Açıklanan nedenlerle, 7269 sayılı yasanın 18. maddesi ile yapılan yollama uyarınca, 2613 sayılı kanuna göre çekişmeli taşınmazın bulunduğu yörede 1970 yılında yapılan işleme genel kadastro anlamı verilip kadastro yasalarında öngörülen hak düşürücü süreler uygulanmak suretiyle hüküm kurulması doğru görülemez." Bakınız Yargıtay Hukuk Genel Kurulu'nun 12/03/2003 tarih ve E. 2003/1-110-K. 2003/162 sayılı Kararı. http://www.kazanci.com/kho2/ibb/files/hgk-2003-1-110.htm (Erişim tarihi: 19/01/2015)

devredildiği vakıf türüne de gayrisahih vakıflar denilmektedir. Gayrisahih vakıflarda dikkat edilmesi gereken husus taşınmazın çıplak mülkiyetinin devlete (hazineye) ait olması sebebiyle mülkiyetin vakfa geçmemesidir[6].

Sahih vakıflar kendi aralarında icareteynli ve mukataalı vakıflar olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. İcareteynli vakıflarda, vakfedilen taşınmazın mülkiyeti vakfın tüzel kişiliğinde kalmaktadır. Vakıf üzerinde tasarruf hakkı alabilmek için tasarruf sahibi vakfedilen taşınmazın belirlenen gerçek değerine yakın peşin bir kira bedeli ödemektedir. Böylelikle taşınmaz üzerinde yer alan yapılar ve unsurlar yeniden inşa edilerek kullanım hakkına sahip olana bir nevi tahsis edilmektedir. Bu durum sonucunda taşınmazın mülkiyeti vakıfta kalmakta, mutasarrıfa ise kullanma ve yararlanma hakkı tesis edilerek bir tür sınırlı ayni hak tanınmaktadır[6].

Mukataalı vakıflarda ise taşınmaz üzerine yapılan yapıların, dikilen bitkilerin çeşitli sebeplerle (özellikle doğal afetler) zarar görmesi neticesinde vakfın kendi imkanları ile zararın giderilmesini sağlayamamasından dolayı bahsedilen nesnelerin eski hale getirilmesi için kullanım hakkı süresiz olarak bir mutasarrıfa devredilmektedir. Mukataalı vakıflarda mülkiyet yine vakıf tüzel kişiliğinde olmaktadır. Mutasarrıf sadece taşınmaz üzerine yapılan ve zarar gören eserleri eski hale getirmesi karşılığında yaptığı masraflara karşı cüzi bir bedel ödeyerek taşınmazın kullanım hakkını elde etmektedir[6].

Afet kadastrosu sonrası oluşan tapulu taşınmaza sonradan bir vakıf şerhi konulduğunda yukarıda vakıf türü hakkında yaptığımız genel açıklamalar önem arz etmektedir. Çünkü, hukuk tarihimizde yer alan mülkiyet-tasarruf haklarının ayrımı gerek 2762 sayılı Vakıflar Kanununda gerekse de 2762 sayılı Kanunu yürürlükten kaldıran 5737 sayılı Vakıflar Kanununda terk edilmiştir. Söz konusu Kanunlar eski hukuka nazaran tek bir mülkiyet sistemini benimsemiş ve 5737 sayılı Kanunun 18. maddesi ile mutasarrıflara sahih vakıflar (İcareteynli-Mukataalı) açısından taviz bedeli ödemesi karşılığında taşınmazın mülkiyetini elde etme hakkını getirmiştir. Gayrisahih vakıflar açısından ise taviz bedeli ödenmesi söz konusu olmayıp yeterli bir ispat halinde mahkeme kararı ile kişinin adına taşınmaz tescil edilmesi hukuka uygun değerlendirilmektedir[6]. Dolayısıyla, Yargıtay'ın[7] katıldığımız görüşüne göre, afet kadastrosu yapıldıktan sonra oluşan tapulu taşınmazlarda vakıf şerhi konulmasından sonra bu şerhin terkini istemi ile açılan davada mahkemece konuyla alakalı tüm bilgi-belgeler ilgili idarelerce istenip taşınmazın vakıfa özgülenip özgülenmediği, vakıf olarak özgülenmiş ise sahih-gayrisahih vakıf ayrımı belirlendikten sonra karar verilmesi gerekmektedir.

Sonuç

Afet kadastrosu, 7269 sayılı Kanunun 18. maddesi çerçevesinde yapılan kendine özgü bir nitelik taşıyan kadastro işlemidir. Dolayısıyla 3402 sayılı Kanunda ifade edilmiş genel kadastro işlemlerinden ayrılmaktadır. Bu sebeple, afet kadastrosu sonrasında oluşan tapulu bir taşınmaza vakıf şerhi konulduğunda yukarıda ifade ettiğimiz hususlara dikkat gösterilmesi durumunda sağlıklı bir tapu ve kadastro hizmetleri verilmesi sağlanarak gerek Devlet gerekse de vatandaş açısından hakkaniyet ölçüsünde bir çözüme varılması mümkündür. Aynı zamanda 7269 sayılı Kanunun 18. maddesinin yeniden ele alınarak, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı ile Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğünün alanında uzman ekiplerinin yapacağı ortak bir kanun çalışması ile afet kadastrosuna yeni bir düzenleme getirilmesi ile günümüz şartlarına uygun bir nitelik kazandırılması gerektiği değerlendirilmektedir.

Kaynakça

[1] ERKAN, Hüseyin, **Türkiye Kadastrosu (Kuruluş-Gelişme-Sorunlar)**, Konya Devlet Mühendislik Mimarlık Akademisi, Konya 1979.

[2] TÜDEŞ, Turkay, BIYIK, Cemil, **Kadastro Bilgisi**, 3. Baskı, Karadeniz Teknik Üniversitesi Matbaası, Trabzon 2001.

[3] ÖKSÜZ, Hüseyin, **Eski Mısır'da Toprak Mülkiyeti ve Kadastro Hizmetleri**, Harita ve Kadastro Mühendisliği Dergisi, Sayı: 61, sayfa. 35-47, Ankara 1988.

[7] "*…Bilindiği üzere, bir taşınmazın vakıf malı olup olmadığı, tapu kaydı, evkaf idareleri, şeriye mahkemeleri ve mütevellilerce tutulup daha sonra tapu idarelerine aktarılan defter kayıtları, vakıf defterine işlenen vakıfnamelerle saptanabileceği gibi; 766 sayılı Tapulama Kanunun 33/1. bu yasayı yürürlükten kaldıran 3402 sayılı Kadastro Kanununun 14. maddesinde belirtilen belgelerden olduğu uygulamada ve doktrinde kabul edilen deftere işlenmemiş vakıfnameler, muteber mütevelli ve temessük senetleri, evkaf idarelerince tutulan sair defterler kısaca belirtmek gerekirse her türlü delil ile kanıtlanabilir. Hemen belirtmek gerekir ki, bir malın vakıf olduğunun isbatı onu iddia edene düşer…Hal böyle olunca, ilk tesisinden itibaren tapu kaydı ile şahsiyet ve vakfiyet durumlarını gösterir kayıt ve varsa öteki belgeler, vakfın icareteyn ve mukataa hesap ve sarf defterleri merciinden getirtilmeli, ayrıca Kadastro ve Vakıflar Genel Müdürlüğünden kayda işaret edilmiş, vakfın türü hakkında bilgi alınmalı, yöreyi iyi bilen yaşlı ve yansız bilirkişiler aracılığı ile vakıfname ve tapu kaydı mahalline uygulanmalı, sınırlar hakkında yerel bilirkişilerden ayrıntılı ve doyurucu bilgi alınmalı, bilinmeyen sınırlar yönünden taraflara tanık dinletme olanağı sağlanmalı, tapu kaydının veya vakıfnamenin çok geniş alanı kapsadığı, bu tür vakıfnamelerin genel sınırları içerisinde pek çok başka kişilere ait taşınmazların bulunabileceği gözönünde tutularak dış sınırların yanında vakıfnamenin içeriğine itibar edilip, vakıfnamede vakıf malı olarak sayılan ve tanımlanan taşınmazlar içerisinde çekişmeli taşınmazın bulunup bulunmadığı saptanmalı, bunun yanında, tapu fen memuru sıfat ve yeteneğini taşıyan uzman bilirkişilerden keşifte belirlenen bilgi ve bulguları tüm olarak yansıtan ve infaza elverişli rapor ve kroki alınmalı, belirlenen vakıf türüne göre yukarda değinilen ilkeler çerçevesinde çekişmeli taşınmazda vakfın bir hakkının kalıp kalmadığı, vakıf şerhinin kaldırılması gerekip gerekmediği, taviz bedelinin ödenip ödenmeyeceği, bir kuşkuya yer bırakmıyacak biçimde saptanmalı ve sonucuna göre bir karar verilmelidir…"* Bakınız, Yargıtay Hukuk Genel Kurulunun 26/02/2003 tarihli ve E. 2003/1-130-K. 2003/121 sayılı Kararı. http://www.kazanci.com/kho2/ibb/files/hgk-2003-1-130.htm (Erişim tarihi: 19/01/2015)

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

[4] TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, **Dosya: Afet İşleri Genel Müdürlüğü**, Haber Bülteni Dergisi, Sayı. 3, sayfa 10.

[5] KOÇAK, Hüseyin, **Döner Sermayeye Tabi Olmayan Kadastro İşlemleri**, sayfa 1-6, 2013. http://www.artvinkadastro.gov.tr/userfiles/file/Makaleler/Makale_91.pdf (Erişim tarihi: 19/01/2015)

[6] ÇINAR, Ömer, **Taviz Bedeli ve İcareteynli ve Mukataalı Vakıfların Tasfiyesi**, Erzincan Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, Cilt. 15, Sayı: 1-2, 2011.

DİĞER KAYNAKLAR

Kazancı İçtihat-Mevzuat Bilişim Bankası
(www.kazanci.com)
Türkiye Büyük Millet Meclisi (www.tbmm.gov.tr)
Tapu ve Kadastro Genel Müdürlüğü Web Uygulamaları
(http://uygulamalar.tkgm.gov.tr/)

9 TEMMUZ 2012'DE SAMSUN'UN DOĞU İLÇELERİNDE YAŞANAN BÖLGESEL AFETLERİN YÖNETİMİ

DISASTER MANAGEMENT OF REGIONAL DISASTERS OCCURED ON 9 JULY 2012 IN EASTERN DISTRICTS OF SAMSUN CITY

Aytek ERSAN, Emre ÇOŞKUNLU, Levent UÇARLI,
Kıvanç ÇALIŞKAN, Yusuf AYSU, Erkan KOPARMAL
İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Samsun, Türkiye, E-posta: aytek.ersan@afad.gov.tr

Özet

Bu çalışmada 9 Temmuz 2012'de Samsun'un doğu ilçeleri olan Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı ve Terme'de aşırı yağışlar sonucu meydana gelen sel, taşkın ve heyelan olaylarına yönelik gerçekleştirilen 3 saatlik operasyonu özetlenmiştir. Operasyon, Samsun Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü (AFAD) Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezince (AADYM) yürütülmüştür. Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü'nden 9 Temmuz 2012 akşam saatlerinde Samsun'un doğusunda şiddetli yağışın beklendiği uyarısı alınmış, kritik bölgelerde AFAD ve UMKE ekipleri hazır bekletilmiştir. AADYM'de bölgenin 2 ve 3 boyutlu sayısal haritası gelecek ihbarlar ve alınacak kararlar için kullanıma açılmış, meteorolojik radar görüntülerinden de yağış yoğunluğunun bölgelere göre değişimi anlık takip edilmiştir. AADYM Haber Merkezi'ne ulaşan sel, ani sel, taşkın, mahsur kalma ve heyelan içerikli toplam 26 ihbar üzerine hazır bulundurulan Samsun, Sivas, Yozgat ve Ankara AFAD ekipleri ile Samsun UMKE ekiplerinden oluşan 70 personel, 12 araç ve 2 kurtarma botu bölgeye ilk anda sevk edilmiştir. Trafik güvenliğinin sağlanması amacıyla Samsun-Ordu karayolunun bir bölümü 30 dakika süreyle araç geçişine kapatılmıştır. Ayrıca, Sahil Güvenlik Komutanlığı'na ait 2 kurtarma helikopteri de ihbar bölgelerinde görev yapmıştır. Saat 19:30 sularında başlayan aşırı yağışlar 22:30 sularında azalarak sonlanmıştır. Ayvacık ilçesinde yaşanan heyelan sonucunda enkaz altından 1 ölü ve 2 yaralı çıkarılmıştır. Terme ilçesinde 3 boyutlu modelleme yardımıyla ani sel tehdidi oluşturacağı öngörülen 2 köy geçici olarak tahliye edilmiştir. 4 ilçede toplam 95 kişi güvenli alanlara nakledilmiştir. 9 Temmuz 2012'de Samsun'un Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı ve Terme ilçelerinde aşırı yağışlar sonucu yaşanan sel, taşkın ve heyelan olaylarının afet yönetimi, AADYM'nin özverili çalışmaları sonucu başarıyla sonlanmıştır. Tüm çalışmalar gelecekte yaşanması muhtemel afet olayları sırasında yürütülecek operasyonlar için doğru, güvenilir ve uygulanabilir bir koordinasyon örneğidir.

Anahtar kelimeler: Afet yönetimi, heyelan, Samsun, sel, taşkın.

Abstract

In this study, disaster management of regional disasters caused by heavy rain on July 9th, 2012 in Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı, and Terme districts of Samsun city (North Turkey) was reviewed. Operation was carried out by Disaster and Emergency Management Center (DEMC), established in Governorship of Samsun Provincial Directorate for Disaster and Emergency Management (AFAD). According to the last forecast by the 10th Regional Meteorological Centre of Samsun, it was warned about heavy rain for the eastern districts of Samsun city on the evening of 9 July, 2012. And the search-rescue and medical squads were ready in crucial areas. Moreover, in DEMC, 2 and 3 dimensional digital maps of the region for notices and decisions was opened to use, and meteorological radar images for intensity of rain were followed instantly. With a total number of 70 workers, 12 vehicles, and 2 rescue boats, alarmed AFAD teams in the cities such as Samsun, Sivas, Yozgat, Ankara, as well as UMKE (National Medical Rescue Team) in Samsun were urgently sent to the region because of 26 notices that come to DEMC's News Center from the districts of Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı, and Terme. These notices included subject of flood, flash flood, overflow, stuck, and landslide. Additionally, in order to ensure traffic security, a section of Samsun-Ordu highway was closed up for a period of 30 minutes, and 2 rescue helicopters, provided by the Coast Guard Command, were flown to the notice regions. Heavy rain having started at 7:30 P.M. was decreasingly ended at 10:30 P.M. 1 corpse and 2 injuries were dramatically pulled from the landslide wreck in Ayvacık district. The 2 villages were temporarily evacuated in Terme district due to the flash flood threat. Besides, 95 people were transferred to safety zones in four districts. On 9 July 2012, disaster management of flood, overflow, and landslide resulted from heavy rain in districts of Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı, and Terme was successfully ended by devoted efforts of the DEMC. The whole operation and the followed procedures was a correct, reliable, and applicable sample of coordination, which is worth taking into account for the future disasters.

Keywords: Disaster management, flood, landslide, overflow, Samsun.

1. Giriş

Türkiye'nin artık afete nasıl müdahale eden bir ülke olarak değil, afete nasıl hazırlanan bir ülke olarak anılması için gerekli çalışmalar 2009 yılında başlatılmıştır. 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetim Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanunla Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü, İçişleri Bakanlığı Sivil Savunma Genel Müdürlüğü ve Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Afet İşleri Genel Müdürlüğü yürürlükten kaldırılarak, Başbakanlığa

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

bağlı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) ile 81 İl Valiliğine bağlı İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri kurulmuştur. Amaç; planlama, müdahale ve iyileştirme işlemlerinin etkin olarak sağlanmasıdır.

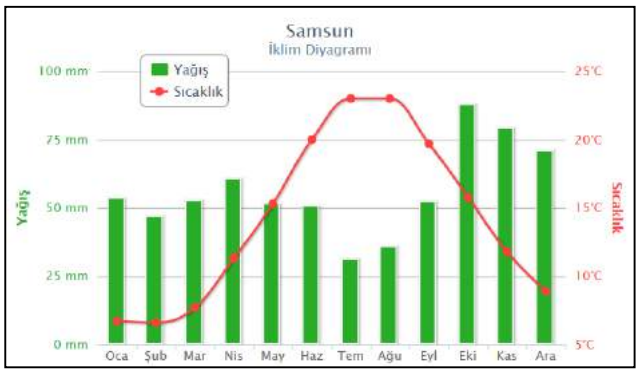
17/06/2009 tarih ve 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunda belirtildiği üzere; ilin afet planlaması ve afet riski yönetim çalışmalarının koordinasyonu ve yönetimi il müdürlüğünün yetki ve sorumluluğundadır. Söz konusu yetki ve sorumluluk kapsamında olası afet öncesinde planlama, afet esnasında da etkin müdahalenin sağlanması için çalışmalar başlatılmış olup; 9 Temmuz 2012 tarihinde Samsun'un doğu ilçelerinde (Şekil 1) yaşanan bölgesel afetlerin yönetimiyle de planlama ve müdahale çalışmalarının etkinliği sorgulanmıştır.



Şekil 1. Samsun ilinin konumu [1].

1.1. Yağış Değerleri ve Olay Tanımlamaları

Samsun ili genel olarak ılıman bir iklim sürer. 0 C°'nin altında gün sayısı 15-20 arasındadır. Sıcaklık genelde pozitif değerlerdir. Yağış normali 660 mm civarındadır (Şekil 2). Günlük toplam en yüksek yağış miktarı 238.2 kg/m^2 değeri ile 9 Kasım 1967'de görülmüştür [2].



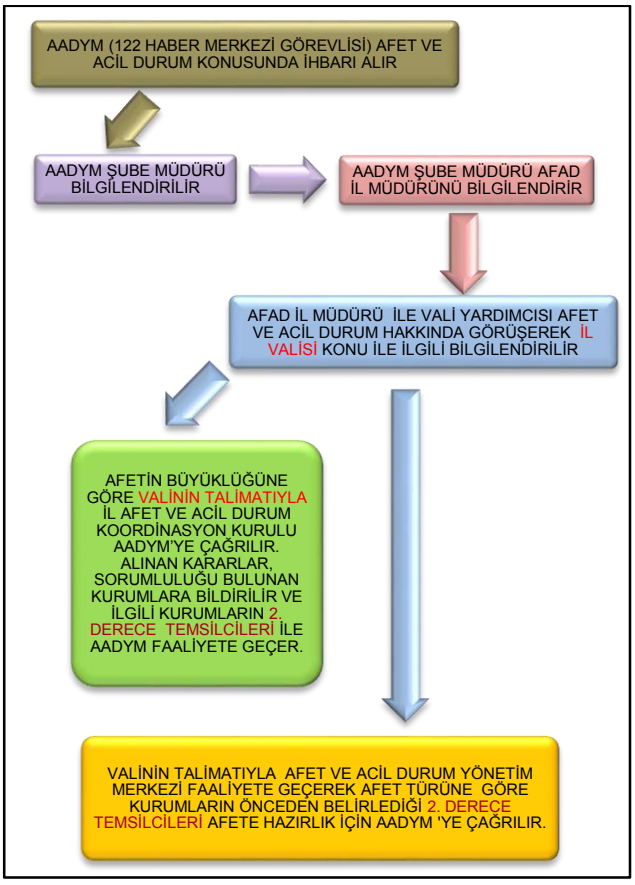
Şekil 2. Samsun ili iklim diyagramı (1971-2000) [3].

Suların bulunduğu yerde yükselerek veya başka bir yerden gelerek, genellikle kuru olan yüzeyleri kaplama olayına sel denir. Seller oluşum hızlarına göre sınıflandırılır ki burada sel-ani sel farkı ortaya çıkmaktadır. Aşırı yağışlardan sonraki birkaç saat içinde veya bir yerdeki suyun serbest kalması ile oluşan seller ani sellerdir. Ani seller, küçük akarsuların ani ve kuvvetli bir yağışa maruz kalmasıyla oluşur ve çok hızlı bir şekilde maksimum değerine ulaşır. Sel ise genellikle daha yavaş gelişir ve haftalar boyunca etkili olabilir [4].

Selden sonra suyun yatağından taşarak çevredeki düzlük ve çukur alanları doldurmasına su baskını denir. Bununla birlikte, bir akarsuyun çeşitli sebeplerle yatağından taşarak çevresindeki arazilere, yerleşim yerlerine, altyapı tesislerine ve canlılara zarar vermek suretiyle etki bölgesinde normal sosyoekonomik hayatı kesintiye uğratacak ölçüde bir akış büyüklüğü oluşturması olayına da taşkın denir [5].

2. Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi'nin Faaliyete Geçirilmesi

Afet öncesinde 7/24 çalışma esasına dayalı görev yapan AFAD 122 Haber Merkezi personeli, afet ve acil durum konusunda ihbar alır. İhbar niteliğine göre AADYM şube müdürü, AADYM şube müdürü tarafından da il müdürü bilgilendirilir. İl müdürü sorumlu vali yardımcısı ile görüşerek konu hakkında il valisini bilgilendirir. İl valisinin talimatıyla AADYM faaliyete geçer ve afetin boyutuna göre valinin talimatıyla İl Afet ve Acil Durum Koordinasyon Kurulu (İAADKK) veya kurumların önceden belirlediği 2. derece temsilcileri afet yönetimi faaliyetleri için AADYM'ye çağrılır (Şekil 3).



Şekil 3. Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi faaliyeti işlem adımları.

Ersan vd. (2015), meteorolojik karakterli afetlerin yönetiminde AADYM'nin faaliyete geçirilmesi için yukarıda belirtilen işlem adımlarından birincisi olan ihbarların haber merkezine ulaşması aşamasının beklenmeyebileceğini, bu durumda doğrudan Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü'nden alınan uyarılar vasıtasıyla idarecilerin birbirleriyle iletişime

geçmesi sonrası AADYM'nin faaliyete geçirilebileceğini belirtmişlerdir [6]. Bu duruma en çarpıcı örnek olarak; 9 Temmuz 2012 tarihinde yaşanan bölgesel afetlerin yönetimi öncesi alınan uyarılar verilebilir.

Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü'nden 9 Temmuz 2012 akşam saatlerinde Samsun'un doğu ilçeleri olan Asarcık, Ayvacık ve Salıpazarı'nda şiddetli yağışın beklendiği uyarısı alınmış, bunun üzerine Ayvacık ve Salıpazarı Kaymakamlıkları ile 39 köy muhtarlığına ivedi olarak uyarı yapılmıştır (Şekil 4). İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi'nde Mülki İdari Amir başkanlığında İl Afet ve Acil Durum Müdürü, Planlama ve Zarar Azaltma Şube Müdürü, Arama-Kurtarma Birlik Müdürü ve mühendislerden oluşan Teknik Personel ile AADYM faaliyete geçirilmiş; ihbar bölgelerine ilk müdahale için Arama-Kurtarma Birliği'ne bağlı Arama-Kurtarma Teknisyenleri hazır bekletilmiştir.



Şekil 4. 09/07/2012 tarihli Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü uyarısı (solda) ve Ayvacık ve Salıpazarı Kaymakamlıklarına yapılan İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü uyarısı (sağda) [7].

İhbarlar için Haber Merkezi'nde mevcut personel sayısı arttırılmış (Şekil 5), AADYM'de şiddetli yağış beklenen bölgenin 2 ve 3 boyutlu sayısal haritası, gelecek ihbarlar ve alınacak kararlar için kullanıma açılmıştır (Şekil 6). Yağışın zamana göre değişimi de meteorolojik radar görüntülerinden takip edilmiştir (Şekil 7). Ayrıca radar görüntülerinin anlık değerlendirilmesi AADYM'de hazır bulunan Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü personelince gerçekleştirilmiştir.

2.1. İhbarlar ve AADYM Faaliyetleri

Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı ve Terme ilçelerinden Haber Merkezi'ne ulaşan sel, taşkın, mahsur kalma ve heyelan içerikli 26 ihbar üzerine hazır bulundurulan Samsun, Sivas, Yozgat ve Ankara AFAD ekipleri ile Samsun UMKE ekiplerinden oluşan toplam 70 personel, 12 araç ve 2 kurtarma botu bölgeye ilk anda sevk edilirken, AADYM'de değerlendirilen ihbarlar niteliklerine göre sınıflandırılarak haritaya işlenmiştir (Şekil 8).

Yağışın yoğun olarak yaşandığı ve potansiyel olarak yaşlanacağı bölgeler, önceden sisteme aktarılan veriler üzerinden takip edilebilmiştir. Bu veriler arasında 1/25.000 ölçekli topografik haritalar [8], 1/25.000 ölçekli uydu görüntüleri [9], yerleşim birimi merkezleri ve idari sınırları, birincil ve alternatif ulaşım ağları, dereler ve benzeri bilgiler sayılabilir. Sistem, CBS tabanlı yazılım ve yazılıma entegre sayısal servisler üzerinden işletilmektedir.

AADYM'de yağışın yoğun olarak devam ettiği Salıpazarı-Terme bölgesi 3 boyutlu modellerden izlenmiş, vadi boyunca uzanan köy muhtarlıkları sırasıyla uyarılmıştır. Güneyde Salıpazarı ilçe merkezinden geçen ve yan derelerle beslenerek Karadenize ulaşan Terme Çayı, Terme şehir merkezinde taşkına ve iç köprüler üzerinde trafiğin aksamasına neden olmuştur. İlçeye bağlı Sivaslılar ve Çangallar köyleri taşkın ihtimaline karşı yerel yönetimce geçici olarak güvenli alanlara nakledilmiştir.



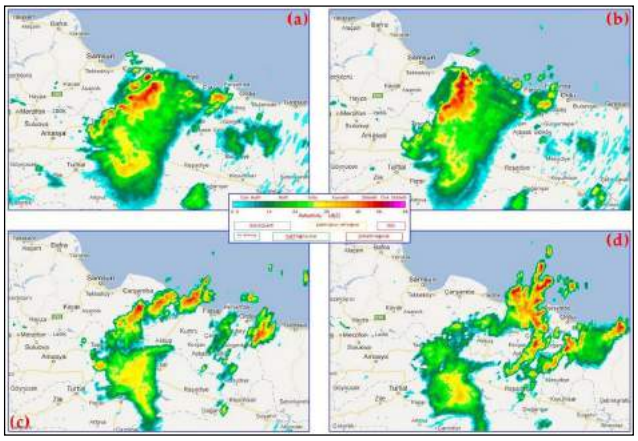
Şekil 5. İhbarlar, araç takibi ve güncel gelişmeler AADYM Haber Merkezi'nce takip edilmektedir [7].



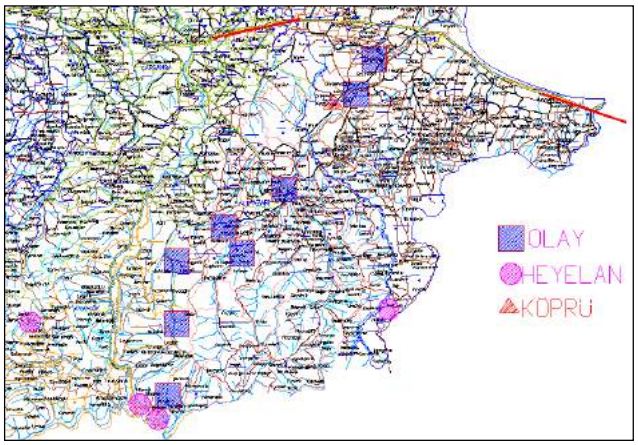
Şekil 6. Haber Merkezi'nden ilgili ekrana düşen ihbarlar, şiddetli yağış beklenen bölgenin 2 ve 3 boyutlu sayısal haritası ve gerçek zamanlı meteorolojik radar görüntüleri Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi'nce takip edilmektedir [7].

Karayolu güvenliğinin sağlanması amacıyla Samsun-Ordu karayolunun Terme kesimi 30 dakika süreyle araç geçişine kapatılmıştır (Şekil 9). Konuyla ilgili olarak Karayolları Genel Müdürlüğü'nün 9 Temmuz 2012 tarihli Günlük Hacim Raporu'na göre; Terme-Ünye (Ordu) karayolu geçişindeki toplam trafik akımı 19:00-20:00 saatleri arasında 963, 20:00-21:00 saatleri arasında 834, 21:00-

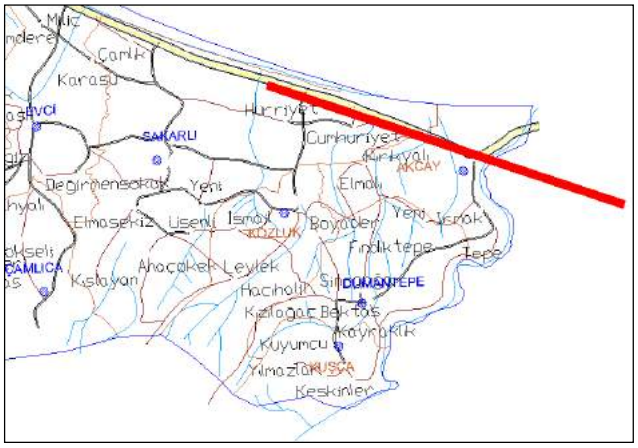
22:00 saatleri arasında 779 ve 22:00-23:00 saatleri arasında da 625 araç olarak kaydedilmiştir [10].



Şekil 7. Afet Yönetim Merkezi'nce takip edilen gerçek zamanlı meteorolojik radar görüntülerine göre; 19:30 (a), 20:30 (b), 21:30 (c) ve 22:30 (d) saatlerinde şiddetli yağışın değişimi [7].



Şekil 8. Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı ve Terme ilçelerinde müdahale edilen ihbarların/olayların harita üzerinde dağılımı [7].



Şekil 9. Terme Çayı'nın Samsun-Ordu karayolu geçişinde araç trafiğine geçici olarak kapatılan bölge kırmızı çizgiyle temsil edilmiştir [7].

Şehirlerarası trafik akışı güvenliği bu şekilde sağlanırken, Sahil Güvenlik Bölge Komutanlığı'nca sevk edilen 2 kurtarma helikopteri Ayvacık, Salıpazarı ve Terme ilçelerinin bilhassa üst kotlarında bulunan karayolu ulaşımının sel ve/veya heyelan nedeniyle aksadığı ihbar bölgelerinde görev yapmıştır.

3. Afetin Etkileri

9 Temmuz 2012 saat 19:30 sularında başlayan aşırı yağışlar 22:30 sularında azalarak sonlanmıştır. Sel, taşkın, mahsur kalma ve heyelan içerikli 26 ihbar sonucunda; Ayvacık İlçesi'nde enkaz altından 2 ağır yaralı ve 1 ölü çıkarılmış (Şekil 10), Çarşamba İlçesi'nde 1 konut yıkılmış (Şekil 11), Salıpazarı İlçesi'nde köy bağlantılarını sağlayan 2 köprü ile 3 konut yıkılmış, 2 köprü ağır hasar görmüş; Terme İlçesi'nde karayolu trafiğinde geçici olarak aksaklıklar meydana gelmiş ve söz konusu 4 ilçede toplam 95 kişi güvenli alanlara nakledilmiştir.



Şekil 10. Ayvacık ilçesi Çamalan Köyü'nde 11/07/2012 tarihli Jeolojik Etüt Raporu ile tespit edilen heyelan ve heyelan sonucu tamamen yıkılan tek katlı ahşap konut [7].



Şekil 11. Çarşamba ilçesi Kestanepınar Köyü'nde 13/07/2012 tarihli Jeolojik Etüt Raporu ile tespit edilen heyelan ve heyelan sonucu tamamen yıkılan tek katlı ahşap konut [7].

4. Sonuç ve Öneriler

9 Temmuz 2012'de Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı ve Terme ilçelerinde aşırı yağışlar sonucu yaşanan sel, taşkın, mahsur kalma ve heyelan olaylarının afet yönetimi, Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi'nin özverili çalışmaları sonucu başarıyla sonlanmıştır.

Alınan kararlar doğrultusunda yerinde ve zamanında yapılan acil müdahaleler kaybın daha da büyümesini önlemiş ve gelecekte yaşanması muhtemel afet olayları sırasında yürütülecek operasyonlar için doğru ve güvenilir bir koordinasyon örneği teşkil etmiştir.

Coğrafi bilgi sistemi verilerinin meteorolojik radar görüntüleriyle birlikte anlık kullanımı, buna bağlı olarak alınan anlık karar ve yerinde müdahale, kurumsal bazda ülkemizde ilk kez Samsun Valiliği İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünce uygulamaya konmuştur. Bu nedenle kurumlar arası müşterek bilginin yerinde ve zamanında kullanımı afet öncesi veya afet sırasında, afet zararlarının önlenmesi veya asgariye indirgenmesi bakımından önem arz etmektedir.

Uygulamada ihtiyaç duyulan tüm verilerin sisteme işlenmesi ve sistem üzerinden işletilmesi tamamen Samsun Valiliği öz kaynaklarıyla gerçekleştirilmiştir.

Tüm çalışma, gelecekte yaşanması muhtemel afet olayları sırasında yürütülecek planlama ve müdahale operasyonları için doğru ve güvenilir bir koordinasyon örneğidir.

Teşekkür

Afet yönetimi faaliyetlerinin gerek resmi olarak başlamasından önce, gerekse tamamlanması sonrası AADYM'de bulunarak kurumsal radar ürünlerinin anlık takibi ve değerlendirmesinde göstermiş oldukları hassasiyet ve katkılardan dolayı Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü personeline müteşekkiriz.

Kaynaklar

[1] Google Earth, 2015.
[2] Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü, Uzun Yıllar Maksimum Yağışlar, 2015.
[3] http://www.mgm.gov.tr, Analizler, 2015.
[4] Ersan, A., Çalışkan, K., Çoşkunlu, E., Tekin, E., Uçarlı, L., Aysu, Y., Koparmal, E., Gemici, A., Asar, M., 7-8 Ağustos 2013'te Atakum (Samsun) İlçesinde Yaşanan Ani Sel ve Su Baskını Afetlerinin Yönetiminde Meteorolojik Radar Görüntülerinin Kullanımı, 1. Meteorolojik Uzaktan Algılama Çalıştayı, 05-07 Kasım 2013, Sera Hotel, Antalya, Bildiri Kitapçığı, s. 33-47.
[5] http://aats.afad.gov.tr, Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, 2015.
[6] Ersan, A., Çoşkunlu, E., Tekin, E., Uçarlı, L., Çalışkan, K., Koparmal, E., Samsun İlinde Yaşanan Meteorolojik Kökenli Afetlerin Yönetiminde Radar Görüntülerinin Kullanılması, 2. Meteorolojik Uzaktan Algılama Sempozyumu, 3-5 Kasım 2015, Bildiri Kitapçığı s. 175-188.
[7] Ersan A., Çoşkunlu E., Aysu Y., Uçarlı L., Koparmal E., Ayvacık, Çarşamba, Salıpazarı ve Terme İlçelerinde 9 Temmuz 2012 Tarihinde Yaşanan Bölgesel Afetlerin Yönetimi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu, -poster- 11-13 Ekim 2012, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas, Bildiri Özetleri Kitabı, s. 29-30.
[8] Harita Genel Komutanlığı, 1/25.000 ölçekli topografik haritalar.
[9] AFAD Samsun, 1/25.000 ölçekli uydu görüntüleri, 2011.
[10] Karayolları Genel Müdürlüğü, Günlük Hacim Raporu, 9 Temmuz 2012.

KOCAELİ BÜYÜKŞEHİR BELEDİYESİ COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ (CBS) ALTYAPISININ AFET VE ACİL DURUM YÖNETİMİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

EVALUATION OF INFRASTRUCTURE OF KOCAELI METROPOLITAN MUNICIPALITY GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS) IN TERMS OF DISASTER AND EMERGENCY MANAGEMENT

Serpil GERDAN[a] ve Fatih AKBULUT[b]
[a] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: sgerdan@kocaeli.edu.tr
[b] Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, Türkiye, E-posta: mr.fatih@gmail.com

Özet

Afetlerle mücadele için ülkesel ve bölgesel planlama çalışmaları oldukça önemlidir. Bu planlama çalışmalarının en önemli parçalarından biri de kuşkusuz bilgisayar teknolojilerinin bu alanda aktif olarak kullanılmasıdır. Her alanda olduğu gibi afet ve acil durum yönetimi açısından da elde edilen bilgilerin etkin kullanımı son derece önemlidir. Bu noktada Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) afet ve acil durum yönetiminin vazgeçilmez bir parçası olarak ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada coğrafi konumu itibariyle doğal afetlerin yanı sıra yoğun sanayisi ile acil durumları barındıran Kocaeli iline ait Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) altyapısının afet ve acil durum yönetimi açısından değerlendirilmesi yapılmıştır. Çalışma sürecinde ildeki diğer ilgili kurumlar/birimler (AFAD, İtfaiye Daire Başkanlığı) ile de görüşmeler yapılarak kurumlar arası işbirliği çalışmaları da mercek altına alınmıştır. Çalışma sonucunda; Kocaeli Büyükşehir Belediyesi CBS altyapısının ilgili kurumlar ile veri alışverişi yapabilecek bir altyapıya sahip olduğu, ancak bina stokları ve endüstriyel kuruluşlara ait bilgilerin eksikliğinden dolayı hasar tahmini çalışmalarının yapılmamış ve karar destek sisteminin oluşturulmamış olduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Afet ve acil durum yönetimi, CBS, Kocaeli

Abstract

National and regional planning are very important to disaster effort. One of the most important parts of this planning work is active use of computer technology in this field. The effective use of information data it is extremely important in terms of disaster and emergency management as in other fields. At this point, Geographic Information Systems (GIS) take attention as an essential part of disaster and emergency management. In this study, evaluation of Infrastructure of Kocaeli, where has natural disasters with geographical location and emergency with intensive industry, Metropolitan Municipality Geographic Information System (GIS) in terms of disaster and emergency management. Also investigated inter-agency cooperation in this study Study results show that GIS infrastructure of Kocaeli Metropolitan Municipality has capable of exchanging data with other institutions. But, damage estimate has not been done due to the lack of information of building stock and the lack of information on industrial organization and there is no decision support system.

Keywords: Disaster and Emergency Management, GIS, Kocaeli

1. Giriş

Birleşmiş Milletler Uluslararası Doğal Afet Azaltım On Yılı Sekretaryası (IDNDR: International Decade for Natural Disaster Reduction), "Doğal afetler gerçekte doğal değildir" sloganından hareketle afetlerin meydana gelmesi veya önlenmesi ve bireyden topluma herkesin bu süreçteki rolünü vurgulamıştır. Bu amaç doğrultusunda afetlerin önlenmesi sürekli gelişme ile mümkün olacaktır [1]. Dünyada 2012 yılında toplam 357 afet meydana gelmiştir. Bu afetler sonucu can kaybı 9,655, ekonomik kayıplar ise ise tahminen 157 milyar dolardır. 2013 yılının ilk altı ayında meydana gelen 127 afet sonucu 8250 kişi hayatını kaybetmiş ve 16,416,723 kişi mağdur olmuştur. Ortaya çıkan zararların bedeli ise 45 milyar doları geçmiştir. 2013 yılı dünya geneli verilerine bakıldığında ölümle sonuçlanan doğa afetlerinin %90'ı yoksul ülkelerde meydana gelmektedir [2]. Ülkemiz jeolojik, topografik ve meteorolojik koşulları sebebiyle sık sık afet veya acil durum boyutundaki olaylara maruz kalmaktadır. Olayın gerçekleştiği bölgenin ekonomik durumu veya nüfus yoğunluğuna bağlı olarak da kayıplar günden güne artan bir eğilim göstermektedir. Ülkemizde yaşanan afetler sonucunda ortalama yıllık 1000 kişinin üzerinde can kaybı meydana gelmektedir. Ülkemiz coğrafyasını çeşitli ölçeklerde ve yoğunlukta tehdit eden afetlerin öncesinde afetle karşı karşıya olma riski yüksek bölgelerde gerekli bilgilerin düzenli ve hızlı bir şekilde ulaşılabilir ve kullanılabilir durumda olması oldukça önemlidir.

Tarih boyunca afetler insanların yaşam alanlarında büyük yıkımlara neden olmuştur. Son 35 yıl içinde çoğunlukla gelişmekte olan ülkelerde meydana gelen afetlerde yaklaşık 2,5 milyon insan yaşamını kaybederken 1,5 milyar Amerikan dolarından fazla maddi hasar meydana gelmiştir [3]. Afetler doğal ve biyolojik tehlikelerin yanı sıra karmaşık

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

sosyopolitik acil durumlar ve endüstriyel tehlikelerden kaynaklanmaktadır. Bir tehlikenin yol açacağı hasarın ölçüsü sadece o tehlikenin şiddeti ile sınırlı değil aynı zamanda bölgenin hazırlık kapasitesiyle de ilgilidir. Bu nedenle afet ve acil durum yönetiminde aktif görev alacak kurumlar kendilerinden beklenen hizmeti daha etkin ve hızlı yerine getirebilmek amacıyla mevcut veri ve bilgilerini daha kullanılabilir ve paylaşılabilir bir yapıya taşımayı tercih etmektedirler [4]. İlter ve Özkeser (2007) dünyada afet yönetim bilgi sistemleri kapsamında il bilgi sistemlerinin esas alındığını ve kente ait varlıkları CBS tabanlı tek bir kaynak üzerinde dinamik olarak kayıt altına alabilmenin, yönetebilmenin ve analiz edebilmenin afet yönetim bilgi sistemlerinin ilk aşamasını oluşturduğunu vurgulamaktadır. Bank (2013) bir çalışmasında, entegre bir yapıda çalışmayı kurumdaki tüm iş süreçlerinin birbirleri ile ilişkili olarak uygulanması, verilerin iş ve işlemlerde paylaşılır ve kullanılabilir olması olarak tanımlamaktadır. Yine aynı çalışma da coğrafi verilerin bir yaşam sürecinin olduğu, üretilen bu verilerin pek çok alana hizmet vererek yaşamını sürdürdüğü ve bu süreçte coğrafi verilerin güncel olmasının önemi ile yaşam süreci içerisinde bu verilerin sürekli el değiştirebileceği belirtilmektedir [4,5].

Afet ve acil durum yönetimi anlaşılacağı üzere çok yönlü çalışmaların aynı anda yürütülmesi ve farklı kaynaklardan gelen verilerin bir arada değerlendirilmesini içeren çalışmalar bütünüdür. Etkin bir yönetim modelinin geliştirilebilmesi için bir yandan afet alanının fiziki yapısı, yerleşim ve nüfus gibi unsurların elde edilmesine yönelik veriler elde edilirken diğer yandan bu verilerin tümünün kullanılarak ileriye yönelik acil durum müdahale stratejilerinin ve planlama çalışmalarının yürütülmesi gerekir. Bu kapsamda farklı kaynaklardan gelecek verilerin aynı anda aralarındaki ilişkiler dikkate alınarak incelenmesine ve her türlü verinin çok yönlü olarak analiz edilmesine olanak sağlayan sistemler de Coğrafi Bilgi Sistemleri olarak bilinirler [6, 7, 8, 9, 10].

Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS) teknikleri afet zararlarının azaltılmasında güvenilir, hızlı ve kolay kullanımı açısından tercih edilir bir araç olarak görülmektedir. Afet ve acil durum yönetiminde CBS kullanılmasının nedeni; yıkımların kontrolü, afetin zarara neden olan sonuçların azaltılmasına, yaşamların ve kaynakların korunmasına yardımcı olmasıdır [11].

Coğrafi Bilgi Sistemlerinin afet ve acil durum yönetim sistemi ile ilgili çalışmalarda kullanılmasının avantajları; etkin bir veri toplama aracı olması, güncellenebilir olması, hızlı ve kolay çözümler sunabilmesi, çok yönlü görsel desteğe sahip olması şeklinde gruplandırılabilir.

Yer yüzeyinde, altında veya üstünde belli bir konuma ve biçimi sahip her türlü doğal (akarsu, göl gibi) veya somut detaylar (yol, bina, vs.) ile demografik bilgiler coğrafi verileri oluşturur. Bu veriler, veriyi kullanan kuruma ve ihtiyaçlara göre pek çok alana hizmet eder. Yerel yönetimlerin hizmetlerinde bu verilerin birbiri ile entegre kullanılması demek Yönetim Bilgi Sistemleri ile Coğrafi Bilgi Sistemlerinin entegrasyonu olarak algılanmakta ve gün geçtikçe önem kazanmaktadır. Bunun yanında teknolojinin gelişmesine ve ihtiyaçlara paralel olarak pek çok farklı bilgi sistemleri oluşturulmaktadır. Oysa farkı birimler tarafından farklı amaçlarla geliştirilmiş olan bu sistemlerin bütünleşik olarak tasarlanması ve uygulanması gerekmektedir. Bütünleşik olarak tasarlanacak sistem içerisine afet ve acil durum yönetimine altlık oluşturacak verilerin de dahil edilmesi hızlı ve etkili müdahale organizasyonunun geliştirilmesi için gereklidir. Diğer taraftan uzaktan algılama sistemi ile desteklenmiş coğrafi bilgi sistemleri ile kent bilgi sistemlerinin afet ve acil durum yönetimi çalışmalarında afet öncesi, sırası ve sonrası karar verici ve uygulayıcılara geniş imkanlar sağlayacağı, planlama ve karar verme sürecini hızlandıracağı ve müdahale kapasitesini olumlu yönde geliştireceği de önemli bir gerçektir. [12].

Ulusal, bölgesel düzeyde afet ve acil durum yönetiminde bütünleşik afet yönetimi ilkesine dayalı olarak CBS'nin afet öncesinde, sırasında ve sonrasında kullanımına baktığımızda;

Afet öncesinde; riskli alanların belirlenerek, bölgesel olarak afet türlerinin, zamanlarının, sürelerinin belirlenmesi, afetten zarar görebilecek alt ve üst yapının belirlenmesi, afet anında kullanılmak için gerekli olan tesis ve ihtiyaç alanlarının (içme suyu gibi) belirlenmesinde ve ayrıca barınak ve yiyecek kaynaklarının planlanmasında kullanıldığını,

Afet sırasında; afetin yeri ve etkilediği alanların tespit edilerek (yıkılan veya hasarlı binaların veya sanayi kuruluşları ile yolların belirlenmesi gibi) arama kurtarma ve ilkyardım faaliyetlerinin doğru yönlendirilmesinde,

Afet sonrasında ise; hasar tespiti ve ihtiyaçların planlanma çalışmalarında ön plana çıktığını görmekteyiz.

Bu çalışmanın amacı, doğal ve teknolojik tehlikeleri bir arada barındıran Kocaeli ilinde ortaya çıkacak olumsuz durumların afete dönüşmemesi için hızlı ve etkili müdahalenin sağlanmasında etkin bir yere sahip olan bilgi teknolojilerinin kurumsal düzeyde incelemesinin Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Coğrafi Bilgi Sistemi örneği ile değerlendirilmesidir.

2. Yöntem ve Bulgular

Yerel yönetimler tarafından Coğrafi Bilgi Sistemleri hızlı ve doğru kararlar verilebilmesini sağlayan konumsal raporların hazırlanması ve şehirlerin yönetilebilmesinde önemli bir araç olarak tanımlanmaktadır. CBS yerel yöneticilere aynı anda birçok katmandaki değişimlerin sorgulanarak konumsal raporların hazırlanmasını olanak sağlar.

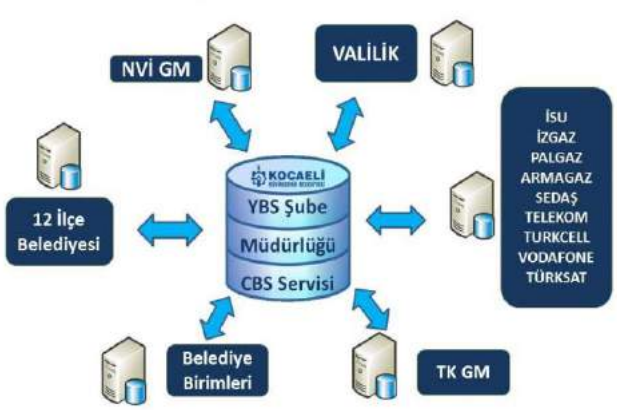
Bu çalışmada, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi (KBB), Bilgi İşlem Daire Başkanlığı CBS birimi, KBB İtfaiye Daire Başkanlığı ve Afet ve Acil Durum Yönetimini İl Müdürlüğü (Kocaeli AFAD) ile görüşmeler yapılarak aşağıda genel başlıkları ile özetlenen sorulara cevap aranmıştır.

- Kocaeli Büyükşehir Belediyesi ve ilgili kurumların il düzeyinde afet ve acil durum yönetimine ilişkin çalışmaları nelerdir?
- Kocaeli Büyükşehir Belediyesine ait bilgi teknolojileri ve CBS altyapısı nasıldır?
- Teknolojik altyapının acil durum müdahalesinde kullanılması ile ilgili çalışmalar nelerdir?

- CBS veri tabanında tutulan bilgiler nelerdir?
- CBS ile ilgili kurumlar arası işbirliği çalışmaları nelerdir?
- CBS tabanlı hızlı müdahale sistemi var mıdır?
- Hızlı müdahale için gerekli hasar tahmin çalışmaları yapılmakta mıdır?
- CBS altyapısı kurumlar arası entegrasyona uygun mudur?
- CBS tabanlı karar destek sistemi var mıdır?
- CBS verilerinde il sınırları içerisindeki endüstriyel tesislere ait bilgiler yer almakta mıdır?

Ayrıca CBS birimi sorumluları ile yapılan görüşmeler ile CBS altyapısı ve veri tabanında tutulan veriler hakkında bilgiler de elde edilmiştir. KBB CBS sisteminin veri alışverişi yaptığı kurum ve kuruluşlara ait bilgiler Şekil 1'de şematik olarak gösterilmiştir.

.



Şekil 1. KBB CBS kurumlar arası veri paylaşımı

Şekil 1'de görüldüğü gibi KBB Yönetim Bilgi Sistemi Şube Müdürlüğüne Bağlı CBS Servisi aracılığı ile birçok kurum ile KBB arasında CBS tabanlı veri alışverişi yapılmaktadır. Veri alınan kurumlar, NVİ Genel Müdürlüğü (Ruhsat, iskan, adres, vb), Kocaeli İl Milli Eğitim Müdürlüğü (Okul konum ve adres bilgileri), Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü (Parsel Bilgileri), Altyapı Kurumları (Altyapı bilgileri) iken, veri paylaşılan kurumlar ise; İzmit, Darıca, Kartepe, Başiskele, Gölcük Belediyeleri, İSU Genel Müdürlüğü, Sedaş Elektrik A.Ş. ve Doğu Marmara Kalkınma Ajansı (MARKA) dır. Bu kurumlarla veri paylaşımı adres bilgilerinin paylaşımı düzeyindedir. Ayrıca kurum içerisinde tüm birimlerle veri paylaşımı yapılmaktadır.

Kocaeli genelinde sisteme kayıtlı ruhsatlı bina sayısı 53.218, toplam bina sayısı ise 275.030 dur. 2007 ile 20 Aralık 2015 yılları arasındaki yeni yapı ruhsatı ile sisteme kaydedilmiş bina sayısı 36.177 iken 2007 öncesine ait ruhsat bilgileri sistemde mevcut değildir.

CBS altyapısının afet ve acil durum yönetimi açısından değerlendirilmesi amacıyla Kocaeli Büyükşehir Belediyesi yetkilileri ile yapılan görüşmelerde yukarıda özetlenen sorulara verilen cevaplar ise şöyle özetlenebilir.

- KBB CBS sistemi diğer kurumlara açık, kurumlar arası işbirliğine uygun bir altyapıya sahiptir.
- CBS verileri demografik bilgileri sınırlı olarak içermekte olup veriler güncel değildir.
- Uydu görüntüleri 2014 yılına aittir.
- 2007 yılından sonraki binalar ait bilgilerde binaların statik olarak yapım yönetmeliğine ait bilgiler mevcuttur.
- CBS verilerinde binaların hasar durumlarına ait bilgiler yer almamaktadır.
- Kurumun CBS tabanlı hasar tahmini çalışmaları yoktur.
- Kurumun CBS tabanlı karar destek sistemi yoktur.
- Endüstriyel kuruluşlara ait veriler CBS de yer almamaktadır.

3. Sonuç ve Öneriler

Halka hizmet sektörünün lokomotifi olan yerel yönetimler, gelişen teknolojiye paralel olarak elektronik uygulamalara ve bilgi sistemlerine geçmektedirler. Özellikle can güvenliği söz konusu olduğunda buna bağlı hizmetler birinci derecede önem kazanmaktadır. Özellikle afet ve acil durumlara hızlı ve etkili müdahalenin gerçekleşmesi ve kayıpların en az seviyede tutulabilmesi için önceden planlanmış, temel ihtiyaçların giderilmiş ve tüm hazırlıkların yapılmış olması gerekir. Mevcut kaynakların etkin yönetilmesi için ise bilgi sistemlerinin kullanılması artık kaçınılmazdır. Yerel yönetimler için özellikle her bilginin karar almada ki önemi ve etkisi düşünüldüğünde CBS tabanlı yönetim bilgi sistemleri ile afete hazır konuma gelmek en öncelikli çalışmalardan biri olmalıdır. Ayrıca kurumların birbirinden bağımsız yürüttükleri CBS ve YBS uygulamalarının etkin bir Karar Destek Sistemi oluşturabilmek amacıyla bütünleşik olarak entegre edilmesi de önem arz eden bir diğer konudur. Çalışmaya konu olan Kocaeli Büyükşehir Belediyesi CBS altyapısı genel itibariyle birçok veriyi birçok kurum ile uyumlu bir şekilde paylaşmaktadır. 1999 depremini yaşamış ve büyük kayıplar vermiş bir il olan Kocaeli için 2007 yılı öncesi bina stoklarına ait bilgilerin ve hasar durumlarının sistemde yer almaması, hasar tahmini çalışmalarının yapılmasına engel ve olası bir afet anında karar vericileri zayıflatacak önemli eksiklerden biridir. Yine il sınırları içerisinde yer alan endüstriyel kuruluşlara ait tüm bilgilerin sisteme kaydedilmesinin afet veya acil durumda hızlı ve etkili müdahalenin önemli bir bileşenini oluşturduğu unutulmamalıdır. CBS içerisindeki mevcut verilere ek olarak karar destek sisteminin oluşturulabilmesi için gerekli eksiklerin bir an önce giderilerek CBS altyapısının geliştirilmesinin Kocaeli ili başta olmak üzere ilçeler ve çevre illerde de meydana gelebilecek afet veya acil durumlara müdahaleyi kolaylaştıracağı ve kayıpları en aza indireceği unutulmamalıdır.

Kaynaklar

[1] Güvel, E.A., (2001). Doğal Afetlerin Politik Ekonomisi, İstanbul Menkul Kıymetler Borsası, syf:20-21, İstanbul.

[2] Ersoy, Ş., (2013), 2013 Afet Raporu Dünya ve Türkiye

[3] UNISDR, (2009), Global Assesment Report on Disaster Risk Reduction,

[4] Bank, E., (2013, Kasım), Coğrafi Bilgi Sistemlerinde Bütünleşik Entegrasyon Kavramı ve Önemi, TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 11-13, Ankara,

[5] İlter, H.B., Özkeser, İ., (2007), Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Afet ve Acil Durum Yönetim Bilgi Sistemleri, TMMOB Afet Sempozyumu, 295-300,

[6] Demirci, A., Karakuyu, M., (2014) (ziyaret tarihi), Afet Yönetiminde Coğrafi Bilgi Teknolojilerinin Rolü- The Role of Geographic Information Technologies on Disaster Management, Doğu Coğrafya Dergisi, Sayı 12, 67-100, http://e-dergi.atauni.edu.tr/ataunidcd/article/viewFile/1021006206/1021005927,

[7] Bilir, S., (2009), Bir Afet Bilgi ve Meteorolojik Erken Uyarı Sistemi Projesinde Üç Boyutlu Görselleme, İstanbul Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi,

[8] SDN, (2014) (Ziyaret Tarihi), http://www.scidev.net/global/communication/feature/early-warning-of-disasters-facts-and-figures-1.html

[9] Yomralıoğlu, T., (2000), Coğrafi Bilgi Sistemleri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar, Akademik kitabevi, Trabzon,

[10] Greene, R. W., (2002), Confronting Catastrophe, A GIS Handbook, ESRI, California, U. S.,

[11] Aydinoglu, AC. Quak, W., Yomralıoglu, T., (2009) Some Spatial Data Management Issues towards Building SDI, International Workshop on Spatial Information for Sustainable Management of Urban Areas, FIG Commission 3 Workshop, 24 February, Mainz, Germany.

[12] Akkoç, Y.S., (2011), Türkiye'de Afet ve Acil Durum Yönetiminde Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanılması, İdarecinin Sesi, 41-43.

AÇIK VE YEŞİL ALANLARIN DOĞAL AFET YÖNETİMİNDE KULLANILABİLİRLİĞİ; DEPREMPARK ÖRNEĞİ

AVAILABILITY OF OPEN AND GREEN AREAS IN NATURAL DISASTER MANAGEMENT; EXAMPLE OF EARTHQUAKE PARK

Murat ÖZYAVUZ[a], Yasin DÖNMEZ[b] , Ömer Lütfü ÇORBACI[b]
[a] Namık Kemal Üniversitesi, Güzel Sanatlar, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, , E-posta: mozyavuz@gmail.com
[b] Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Karabük, Türkiye, E-posta: yasindonmez@karabuk.edu.tr, omerlutfucorbaci@hotmail.com

Özet

Dünyada, doğal afetlerin en etkili ve yıkıcı olanları depremler olarak belirtilmektedir. Türkiye'nin genel olarak yüzde 92'si, barajların yüzde 93'ü, sanayi sitelerinin yüzde 98'i, nüfusun yüzde 95'i deprem bölgesi üzerinde bulunmaktadır. Özellikle kentlerde göçe bağlı olan yerleşim yoğunlukları afet öncesi ve sonrası açık yeşil alanların önemini daha da artırmıştır. Ancak günümüz politikaları açık ve yeşil alan stratejilerini farklılaştırdığı için, bu alanlar da işlevlerini tam olarak yerine getirememektedir. Açık ve yeşil alanların sağlıklı yaşam çevreleri oluşturma ve rekreasyon ihtiyaçlarını karşılama rolünün yanı sıra afet sonrasında toplanma, acil yardım, tahliye ve geçici iskân alanlarının yaratılması gibi başka hayati işlevleri de bulunmaktadır. Çünkü insanlar afet anında ve sonrasında içgüdüsel olarak açık ve yeşil alanlara sığınarak korunma ihtiyacı duymaktadırlar. Bu çalışmada, afet yönetimine, planlama ve tasarım çalışmalarına temel oluşturmak üzere açık ve yeşil alan sistemlerinin doğal afetler sonrası etkileri ve "Deprempark" kavramı üzerinde durulacaktır. Bu alanlarda yapılacak planlama ve tasarım ilkelerine örnekler verilecektir.
Anahtar kelimeler: Afet, Deprem, Açık ve Yeşil Alan, Peyzaj Mimarlığı, Deprempark

Abstract

Worldwide, the most effective and devastating of natural disasters is described as earthquakes. In general Turkey's 92 percent, with 93 percent of dams, 98 percent and 95 percent of the population of the industrial site is located on seismic zone. Especially, in cities, residential densities that are connected to immigration have increased the importance of open green space before and after the disaster. However, since the present policies differentiate strategies of open and green areas, these spaces cannot properly fulfill the functions. Open and green spaces, creating a healthy living environment and recreational needs of the collection after the meeting, as well as the role of disaster, emergency relief, there are also other vital functions, such as the creation of evacuation and temporary housing areas. Because people need to protect themselves by taking refuge in the open and green spaces instinctively during and after disasters. In this study, disaster management, planning and design, after-effects of natural disasters and green open space system as a basis for work, and "Earthquake park" will focus on the concept. Planning and design principles to be carried out in these areas will be given to examples.

Keywords: Disaster, Earthquake, Open and Green Areas, Landscape Architecture, Earthquake Park

1. Giriş

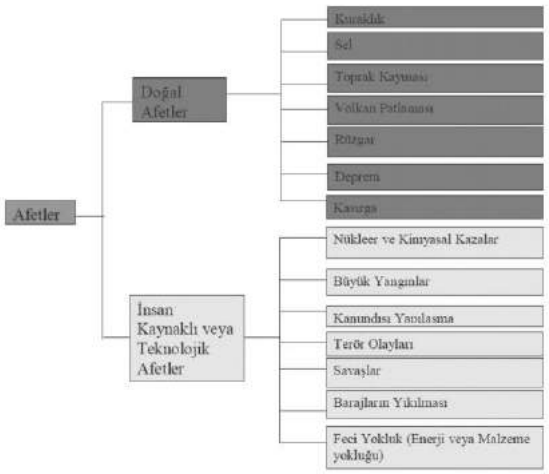
Ülkemiz bulunduğu coğrafya itibarıyla olumsuz sonuçlar doğuran birçok deprem yaşamış ve yaşamaya da devam edecektir. Özellikle 17 Ağustos 1999 yılında Kocaeli'de yaşanan deprem, zararları bakımından ülkemize önemli bir acı yaşatmıştır. Bu deprem ile beraber deprem sonrasında toplanma, tahliye, barınma ve acil yardım gibi hayati konularda kullanılabilecek kentsel açık ve yeşil alanların yetersizliği ortaya çıkmıştır. Bu durum ülkemizin depreme ne kadar hazırlıksız olduğunun önemli bir göstergesi olmuştur. Bu durum hükümetler, belediyeler ve diğer kurum-kuruluş ile sivil toplum örgütlerinin daha etkin çalışmaları gereğini, yeni yasa ve yönetmelikler çıkarması zorunluluklarını ortaya çıkarmıştır. Bu amaçla yapılacak çalışmalarda, disiplinler arası işbirliğine ihtiyaç duyulduğu ve her disiplinin farklı yöntem ve ele alışlar geliştirmesi gerektiğini açıkça göstermiştir. Kent planlama açısından bu çalışmalar yerini klasik imar çalışmalarında yer alan jeolojik etüt çalışmalarından öteye geçme zorunluluğunu ortaya çıkartmıştır. Bu sebeple yapı adalarının arasında bulunan deprem ve afet durumunda çadır, toplanma, sağlık hizmetleri ve afet yönetimi gibi acil ulaşım ve stratejik planların yönetilebileceği çeşitli ölçeklerdeki parklar, mesire yerleri, spor alanları gibi çeşitli açık ve yeşil alanların nüfusa göre yeterli, ulaşılabilir ve hazır olması gerekmektedir. Bu alanların deprem öncesi ve deprem sonrasında üstleneceği farklı işlevler göz önüne alınarak planlama ölçeğinden başlayan bir tasarım girdisi olarak ele alınması gerekmektedir.

2. Afet ve afet çeşitleri

Afet kavramı farklı şekillerde tanımlanmaktadır. "En genel terimlerde afet; insanlar için fiziksel, ekonomik ve toplumsal kayıplara yol açan ve günlük yaşam ile insan etkinliklerini kesintiye uğratarak veya engelleyerek toplulukları olumsuz yönde etkileyen doğal, teknolojik ya

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

da insan kaynaklı olaylar" olarak tanımlanmaktadır. Bir olay, insanları veya insanların yaşamını sürdürdüğü çevreyi etkileyecek kadar büyük ise afet olarak nitelendirilebilir. Bir başka deyişle afet olaydan ziyade, olayın doğurduğu sonuçtur. Afetler oluşum kaynaklarına göre insan kaynaklı (beşeri) afetler ve doğal afetler olmak üzere ikiye ayrılırlar (Şekil 1). Beşeri afetler, doğal olmayan, fakat insanlara ve çevreye büyük zarar veren olaylardır. İnsan etkisi ile oluştukları için bunlar "İnsan Kaynaklı Afetler" olarak nitelendirilirler. Örneğin orman yangınlarının bir kısmı, tehlikeli madde kazaları, nükleer kazalar, hava ve su kirliliği, salgın hastalıklar, savaş gibi olaylar beşeri afetlere örnektir. Doğal afetler oluşumları tabiat olaylarına dayanan afetlerdir. Ancak bu tür afetlerin bazısında insan etkisi bulunabilmektedir. Hatta olayın meydana gelmesinde tetik rolü oynayan etken insan olabilmektedir.



Şekil 1. Afet Çeşitleri.

3. Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Deprem Sonrası Kullanımı

Günlük yaşamın en önemli refah ve yaşam standardı göstergesi olan açık alanlar, afet sonrası, acil erişim ve toplanma, havadan erişim, acil kurtarma malzemelerinin stoklanması ve dağıtımı, barınma amaçlı çadır ya da geçici konut alanı kullanımı ile önem kazanmaktadır. Acil durum koşullarında kentsel açık ve yeşil alanlara birçok nedenle ihtiyaç duyulmaktadır. Yeşil alanlar, spor alanları, otoparklar, meydanlar, vb yapılaşmadan korunmuş olan bu alanların hizmet edecekleri nüfusa yeterli yakınlık ve büyüklükte olmaları, özellikle boş tutulmaları gerekmektedir. Bu nedenle iskân alanlarına yeterli yakınlıkta ve büyüklükte boş alanların imar planlarında ayrılması gerekmektedir. Plan dâhilinde yerleşime uygun olarak ayrılacak açık alanların, boş tutulmalarının yanında ayrıca deprem sonrası insan ihtiyaçlarını karşılayabilecek altyapıya sahip olmaları gerekmektedir [4].

Kentsel açık ve yeşil alanlar deprem öncesinde, deprem sırasında ve sonrasında kullanım ve dönüşümü ile kentsel anlamda baskın bir rol üstlenmektedir. Açık ve yeşil alanlar deprem sonrasında, deprem öncesinde kullanıldıkları fonksiyonlardan farklı işlevler üstlenerek fiziksel yapılaşmanın yerini almakta ve işlevsel fonksiyonlarını içermektedir. Açık ve yeşil alanların planlanmasında ve tasarlanmasında deprem sonrası örgütlenme biçimlerinin, geçici ya da yeniden kentleşme fırsatlarının giderek önem kazanması gerektiği kabul edilmelidir [5]. Birçok işlevi yerine getirebilme özelliğine sahip açık ve yeşil alanlar afet sonrası da farklı fonksiyon alanlarına dönüşebilmektedir. Bu alanlara bazı örnekler aşağıda verilmiştir.

3.1 Açık ve Yeşil Alanların Önemi

Açık alan kavramı, kent dokusunun önemli temel elemanlarından birisi olup, kent içinde veya kent dışında yer alan mimari yapı ve ulaşım sistemi dışında kalan, inşa edilmemiş boş alanlar olarak tanımlanmaktadır. Açık alanların fiziki yönden tanımı ise devamlı ve belirlenmiş hiçbir kullanıma ayrılmamış fakat geçici birçok fonksiyonları (oyun, sergi, pazar yeri, meydan vb.) yerine getirilebilen inşa edilmemiş boş alanlardır [1].

Yeşil alan kavramı ise, mevcut açık alanların bitkisel elemanlar, odunsu ve otsu bitkiler ile kaplı veya kombine edilmiş yüzey alanları olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlara göre her yeşil alan bir açık alan niteliği taşımasına rağmen, her açık alan yeşil alan olmayabilmektedir [2].

Kentsel mekânda açık ve yeşil alanlar, genelde bir bütünlük içinde yer alır ve birbirini tamamlarlar. Bu nedenle açık-yeşil alanlar, kentin fiziksel yapısını ortaya koyan ve biçimlendiren temel alan kullanımlarından birisi olup diğer alan kullanımlarını bütünleştiren bir denge unsurudur [3].

Kent yerleşim planları incelendiğinde, kent içerisindeki açık-yeşil alanlar bazen belli planlar çerçevesinde bazen de plansız olarak kendiliğinden oluşabilmektedir. Her iki durumda da açık-yeşil alanlar, kentin topoğrafyası, jeomorfolojisi, iklimi, kentin politik ve mimari yapısı, en önemlisi de kent insanının sosyal, kültürel ve ekonomik yapısı bu konuda önemli rol oynamaktadır [1]. Kentsel açık ve yeşil alanlar~~+~~; aktif yeşil alanlar, pasif yeşil alanlar ve açık alanlar olmak üzere 3 grupta ele alınmaktadır.

Aktif yeşil alanlar; Halkın kullanımına açık olan, eğlenme, dinleme gibi rekreasyon ihtiyacını karşılamaya yönelik düzenlenen alanlardır. Parklar, çocuk oyun alanları, spor alanları, piknik alanları, botanik bahçeleri ve ormanlar aktif yeşil alanlardır.

Pasif yeşil alanlar; Halkın kullanımına açık olmayan, daha çok kent estetiği ve kent sağlığı gibi amaçlarla düzenlenen alanlardır. Görsel yeşil alanlar, refüjler, fidanlıklar, çayırlar, koru alanları ve mezarlıklar pasif yeşil alanlardır.

Açık alanlar; Meydanlar, yaya yolları ve sokaklar, açık otoparklar ve pazar yerleri gibi yapılaşma olmayan boş alanlardır.

3.1.1. Geçici Toplanma Alanları

Depremin meydana gelmesinden hemen sonra binaların içinde bulunan kişiler içgüdüsel olarak korku ve panikle ve/veya artçı sarsıntılardan korunmak için bulundukları binayı terk ederek en yakınındaki açık alana ulaşmak ister. Bu bulunduğu binanın parselinin açık alanı ya da

bulunmaması durumunda ise en yakın kamusal açık alandır.

Afet sonrasında nüfus, gaz sızmaları ya da yapıların hasar görmesi olasılıklarına karşın güvenli olarak durmaları için herkes uygun bir açık alan bulabilmelidir. Her kişinin evine ya da işyerine yakın, servislerin, ihtiyaçların ve bilginin sağlandığı toplanma alanları ve barınma alanları belirlenmelidir. Bu alanlar kamulaştırılarak deprem sonrasında toplanma alanları fonksiyonu sağlamalı ve acil seferberlik için işlevlerini yerine getirmelidir. Yüksek katlı yoğun yapılaşmanın olduğu alanlarda toplanma alanı bulmak çok kolay olmayabilmektedir. Çoğu kentlerde, kent merkezlerinde çalışan kişiler için, kişi başına 1 m^2 açık alan yeterliliği bulunmamaktadır [6].

Toplanma alanlarının, brüt minimum: 1.5 m^2/kişi olması uygun görülmektedir. Tahliye alanı kamuya ait arazilerden/tesislerden seçilmeli ve belirlenmelidir [7]. Örneğin her mahallede yer alan, parklar, açık alanlar, okul ve camiler kullanılabilmektedir. Ancak bu yapıların depremden zarar görmemiş ve çok daha dayanıklı yapılar olması gerekmektedir [8].

Toplanma alanlarının insanların saatlerce dışarıda kalmalarını sağlayacak şekilde donatılmaları gereklidir. Özellikle soğuk havalarda kişilerin evlerine ya da işlerine dönmesini engellemek zor olabilmektedir. Bu nedenle, toplanma alanlarında uzayabilecek tahliye sürecine karşın yağmur barınakları, kullanıma açık tuvaletler, yiyecek, uyumak için çadırlar ve battaniyeleri içeren gerekli donanım sağlanmalıdır. Bu tip donanımların afet sonrası krizde bu alanlara getirilmesi zor olabileceğinden bu alanların yakın çevresinde ve ya bu alanlarda donanımların bulunduğu depolar ayrılmalıdır.

3.1.2. Çadır Alanları

Çadırlar kolayca depolanabilip, taşınabilen, hızlı bir şekilde kurulabilen hava koşullarına karşı korunması sağlanabilen elemanlardır. Bu aşamada, çadır alanlarının yer seçiminin doğru yapılması gerekmektedir. Eğimli araziler, toprak yapısı ve iklimsel özellikler bu alanlar için olumsuz sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Düz alanlar ve az rüzgâr alan yerler çadır alanları için daha elverişlidir. Genellikle kişiler afet sonrası evlerine en yakın yerlerde ki kamu alanlarında çadır kurmak isterler.Çadır alanlarının kurulması ve çok sayıda çadıra ihtiyaç duyulduğu durumlarda çadır ihtiyacının karşılanması haftalar sürebilmektedir. Bu amaçla her mahalle veya bölgenin çadır ihtiyaçlarını kendi karşılaması önem kazanmaktadır. Birimlerde oluşturulacak alanlarda çadır ve diğer ekipmanların depolanması çok daha işlevsel olacaktır. Çadırlar bazı durumlarda aileleri çok uzun süre barındırmaktadırlar, bu nedenle bu alanların iklimsel konfor, yağmur ve yeraltı suyuna karşı korunaklı, görsel gizliliği olan depolama alanları sağlanacak şekilde planlanması gerekmektedir [9]. Bu nedenle bölgesel tahliye alanı, depremzedeler için çadır kent alanlarıyla aynı fonksiyonları üstlenen yerler olarak düşünülmelidir.

3.1.3. Geçici Yerleşim Alanları

Depremlerde zarar görmüş ve yıkılmış yerleşmelerin yeniden yapılandırma çalışmalarının planlama ve uygulamaları çok uzun sürebilmektedir. Bu süreçte geçiş aşaması olarak acil barınma gibi ihtiyaçların karşılanması için geçici yerleşim alanlarını içeren koordinasyonların yapılması gerekmektedir.

Geçici yerleşim alanları kalıcı konutlara geçiş için kullanılan alanlardır. Bu alanlar genel olarak insanların tüm ihtiyaçlarını belki 1-2 yıl süre ile karşılayabilecek alanlardır. Acil toplanma alanları gibi öngörülmediğinden, bu alanların oluşturulması için zaman ve para ayrılabilmektedir. Kocaeli ve Düzce depremlerinden sonra depremzedelerin geçici konutlarda uzun süre kaldıkları görülmüştür. Bu yüzden, bu alanlar kullanım öncesi ve sonrası halkın tüm fiziki ihtiyaçlarını karşılamanın yanında onların sosyal ihtiyaçlarını karşılayacak nitelikte de olması gerekmektedir. Ayrıca, insanların mevcut ihtiyaçların uzun süreli karşılamanın yanında, depremzedelerin kendilerini tekrar yenileyebilmelerine imkân verecek fonksiyonlardan oluşmalıdır. Her yaştan farklı kesimin bulunacağı bu alanlarda, her yaş sınıfını göz önüne alan kullanımların yer alması gerekmektedir. Uzun süreli barınmanın sağlanacağı bu alanlarda ve bu alanların çevresinde sosyal yaşam alanları, okullar, hastaneler gibi ihtiyaçların karşılanması gerekmektedir.

4. Deprempark (Afet Eğitim Parkı)

Ülkemizde yaşanan depremler ve bunun zararlanmaları sonucu ortaya çıkan bilinç doğrultusunda özellikle belediyeler tarafından farklı isimlerle (deprempark, afet parkı, afet eğitim parkı vb.) alanlar oluşturulmuştur. Bu tip alanlar planlanırken, planlama öncesi, planlama aşaması ve planlama sonrası yönetimlerinin organizasyonların iyi yapılması gerekmektedir. Bu amaçla oluşturulacak alanlar, farklı meslek disiplinlerinin beraber çalışmasını gerektirmektedir. Planlama çalışmaların ilk aşamasında alan seçimi ile başlayacak olan çalışmanın mutlaka imar planlarına entegre bir şekilde yeşil alan sınıfına giren ve lejant da “Deprempark veya Afet Eğitim Parkı” olarak tanımlanması gerekmektedir. Bu tip alanlar genel anlamda yeşil alan sistemlerinin içine girmiş olsa da özellikleri, kullanımları ve yönetimleri bakımından diğer park vb. kullanımlardan büyük ölçüde ayrılması gerekmektedir. Alan seçimlerinin yapılmasında mahalle halkının rahatlıkla ulaşabileceği noktaların seçilmesi, bunların mahalle halkı nüfusunu karşılayacak büyüklükte olması gerekmektedir (Şekil 2.).

Alan seçiminin yapılması ve/veya mevcut alanların deprem park alanına dönüştürülmesi aşamasında insan ihtiyaçlarını karşılayan tüm kamu ve onun temsilcilerinin projede yer alması gerekmektedir (D.S.İ., Telekom, Köy Hizmetleri, Karayolları, Üniversiteler, AFAD, Valilik, Belediye vb..). Yukarıda da belirtildiği gibi bu tip alanlar farklı yönetim planlarının uygulanacağı özel tip alanlar olarak planlanmalıdır.

Çünkü bu tip alanların depremden sonra çok hızlı bir şekilde organize olması gerekmektedir. Bunun için de bu parklar içerisinde herkesin belli bir görevi olacaktır. Deprem parklarında görevli olan eğitilmiş, uzman kişilerin yanı sıra parkların bulunduğu mahalli yerlerden de görevli kişiler seçilmeli, çeşitli kurslar ve tatbikatlarla eğitilmelidirler. Böylelikle aydınlatma ve flaşör sistemleri

gibi öncelikli olarak çalıştırılması gereken sistemler uzman ekiplerin bölgeye ulaşmasını beklemeden çalıştırılacaktır.



Şekil 2. Tokyo Rinkai Depremparkı.

Yapılacak bir iş için çok sayıda kişi görevlendirilerek bir anlamda yedekleme sistemi kurulacaktır. Aynı görev için birden fazla kişinin seçilmesi ise görevli olan kişilerin olası bir ölüm, yaralanma veya enkaz altında kalma durumunda görev yerine seçilen kişilerden tehlikeyi atlatan birisinin ulaşması içindir

Deprem parklar afet öncesi ve sonrası senaryolara göre planlanması gereken alanlardır. Afetler beklenen zamanlarda beklenen şekillerde olmaz. Bu nedenle oluşturulan bu parkların sadece afetler için oluşturulması ve planlanması düşünülemez. Bu amaçla tasarlanan bu alanların afet dışındaki zamanlarda da kent halkının açık ve yeşil alan gereksinimlerini karşılayacak nitelikte olmalıdır. Bu alanlar kent veya mahalle halkının günlük rekreasyon ihtiyaçlarını karşıladığı ölçüde deprem anında ve sonrasındaki halkın ihtiyaçlarını karşılayacak dönüşümü sağlayacak altyapıya sahip olmalıdır.

Deprem parklarının tasarımında oluşturulacak yeşil alanların bitkisel tasarımlarında çadır alanlarının daha iyi konumlandırılması için tepe dallanmasını yüksekten yapan boylu ağaç türlerinin seçilmesi, çalı türlerinin daha az kullanılması ve çim alanlara öncelik verilmesi tercih edilmelidir.

Kötü hava koşulları da düşünülerek (kar yağışı, rüzgâr vb gibi) yapılacak olan bitkisel tasarımların belli bölgelerinde korunaklı alanların oluşturulması sağlanmalı ve olumsuz koşulların en aza indirgenmesi düşünülmelidir. Bu kapsamda daha çok herdem yeşil bitki türlerin kullanılması tercih edilmelidir.

- Deprem parkları betonarme birimler içermediğinden bu alanlar depremlerden sonra hasar görmeden kalan yerler olacaktır.
- Park içinde yer alan kafeterya gibi kullanımlar deprem sonrası aşevlerine dönüştürülebilir.
- Çadır alanlarının yakın çevresine kurulacak modüler yapılarda veya park idare binalarında çadırların ve malzemelerin depolandığı bölümler oluşturulabilir.
- Daha önceden belirlenmiş tüm yumuşak ve sert zeminler çadırların kurulması için ayrılabilir.
- Kayıp toplanma alanları birbirini kaybeden aile bireyleri ve özellikle çocuklar için düşünülmüştür. O nedenle parklarda yapılan meydan ve geniş sert zemin düzenlemeleri bu amaçla kullanılabilir. Deprem öncesinde bu alandan haberdar olan bir çocuk veya kişi ailesini kaybettiği anda bu alana gelecektir. Bu alanlarda reklam panosu olarak kullanılan panolar, kriz anında ilan panosu olarak kullanılabilecektir.
- Parklarda bulunan spor sahalarının veya yapılan havuzların ölçüleri bütün parklarda aynı olmalı, buralara uygun olarak tasarlanmış olan çadırlar da, bütün parklarda tek tip olarak kurulabilmelidir. Bu şekilde kriz merkezi neresi olursa olsun veya yardım nereden gelirse gelsin parklardaki sistem aynı özelliklere sahip olduğu için sistem her yerde aynı şekilde harekete geçebilecektir.
- Çim sulama sistemleri ve ekipmanları içme sularına dönüştürülebilir.
- Park alanında yer alan sert zeminlerin altlarına temiz içme suyu depoları kurulabilir.
- Afet sonrasında girdisi yapılan her türlü bilgiyi kayıt altına tutmak için, paket programıyla birlikte bir bilgisayar ağı kurulmuş olan bir yönetim ve bilgisayar merkezi oluşturulması, fiber optik sistem vasıtasıyla haberleşme ve internet erişimi de farklı ihtiyaçlar için sağlanmalıdır.
- Park içerisine yapılacak olan bir alanda çok sayıda çeşme bulundurularak bu alan çevreleri kriz anında çamaşır ve bulaşık yıkama yeri olarak kullanılabilir. Bu alanlarda, kullanılacak makinelerin bağlantıları da göz önünde bulundurulmalıdır.
- Deprem parkları içerisinde yer alacak olan tuvaletler son derece sağlam ve kriz anındaki yoğunluk düşünülerek yapılmalıdır. Tuvaletlerin yanına banyo için duş odaları yapılmalı ve bunlara kurulan güneş enerjisi sistemlerinden sıcak su sağlanmalıdır. Olası bir kanalizasyon arızasına karşı foseptikler, vidanjörlerle kolayca boşaltılabilmelidir.
- Deprem parkı etrafında, kriz anında gelen araçlar için otopark yapılmalıdır. Ayrıca bu otoparklarda içme suyu ve sıvı temizlik malzemeleri dağıtacak olan tankerlerin yerleri belirlenmelidir
- Deprem parkını acil ulaşım, yaralı nakli veya benzeri amaçlarla kullanacak hava araçları için park alanı dışına veya uygunsa içine bir pist yapılmalıdır. Bu pistin ışıklandırması da jeneratör sistemine bağlı olmalıdır.
- Parklarda yer alan havuzlar, kriz anında suyu boşaltıldıktan sonra büyük bir çadır kurularak hamam haline getirilebilir. Tankerlerden sağlanan su, ısıtılmasının ardından portatif bir su tesisatı ile dağıtılabilir
- Kente egemen yüksek noktalara yerleştirilecek kuvvetli flaşörler kriz anında yön kavramı kalmayan depremzedelere yönelme noktası sağlayacaktır.
- Kullanılacak olan jeneratörler ve güç kaynakları tek tip olmalıdır. Aydınlatma ve deprem anı enerji ihtiyacı güneş enerjisinin depolanmasıyla karşılanmalıdır.

- Park içinde afet sonrası duyuruların yapılabilmesi için ses siteminin kurulması gereklidir.
- Deprem parklarında görev alan kişilere periyodik eğitim verilmeli ve tatbikat yaptırılmalıdır.

5. Sonuç

Deprem parkları için şehirlerdeki yeşil alanlar, stadyumlar, hastane bahçeleri, okul bahçeleri ve üniversite yerleşim alanları en uygun yerlerdir. Bu parkların afet sonrası işlevlerini yerine getirebilmesi için farklı senaryolarla planlanması gerekir. Açık ve yeşil alanlar, günlük hayatta kullanıcıların rekreasyon ihtiyaçlarını karşılayacak aktivite ve fonksiyonlara sahiptir. Bununla birlikte bu alanlar afet sonrası da insanların en önemli sığınma ve kaçış alanlarıdır. Ancak bu alanlar günümüz mevcudundaki kullanımları ile afet sonrası işlevlerini yerine getirememektedir. Özellikle deprem bölgelerinde bu alanların bu işlevlerini yerine getirebilecek kullanımlara sahip olması gerekmektedir.

Bu tip alanların depremden hemen sonra çok hızlı bir şekilde organize olabilmesi için uzman personel ve mahalli yetkililerden oluşan bir grubun eğitilerek görev dağılımlarının önceden yapılmış olması gereklidir. Bununla birlikte, toplumun bu parkların nasıl kullanılacağı konusunda basın-yayın organlarında düzenli yayınlar yapılmalı, depremle yaşayan gelişmiş ülkelerde olduğu gibi okullarda deprem anı ve deprem sonrası konular içeren eğitimler verilmelidir.

Kaynaklar

[1] Yıldızcı, A., İstanbul'da Kentsel Doku ile Yeşil Doku Arasında İlişkiler ve İstanbul Yeşil Sistemi Üzerine Bir Öneri, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1978.

[2] Akdoğan, G., Doğa Düzenleme Ders Notları, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1987.

[3] GÜL, A., Orman Peyzajı ve Rekreasyon Ders Notları, S.D.Ü. Orman Fakültesi Isparta, 2001.

[4] İDMP, İstanbul Deprem Master Planı. İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Plan ve İmar Dairesi, Zemin ve Deprem İnceleme Müdürlüğü. İstanbul, 2003.

[5] Nalbantoğlu, O., Dikmen Vadisi Konut Ve Çevre Geliştirme Projesi Bağlamında, Ülkemizde Kentsel Yenileme/Dönüşüm Proje Modellerinin Sorgulanması, Peyzaj Mimarlığı Kongresi, 19-21 Ekim, s. 97-107, 2000.

[6] Coburn, A., Spence, R., Earthquake Protection, John Wiley&Sons, England, 2002.

[7] JICA, Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı, Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dâhil Afet Önleme/Azaltma Temel Planı Çalışması, Japon Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA) ve İstanbul Büyükşehir Belediyesi (İBB), İstanbul, Türkiye, 2002.

[8] Korgavuş, B., Ersoy, M., Kadıköy İlçesi Kentsel Açık ve Yeşil Alanlarının Olası İstanbul Depreminde Yeterliliğinin İrdelenmesi, International Burdur Earthquake & Environment Symposium (IBEES2015) Uluslararası Burdur Deprem ve Çevre Sempozyumu, May 7-9, Mehmet Akif Ersoy University, Burdur-Türkiye, 2015.

[9] Atalay, H., Deprem Durumunda Kentsel Açık ve Yeşil Alanların Kullanımı – Küçükçekmece Cennet Mahallesi Örneği, İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitisü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, İstanbul, 2008.

KİMYASAL KÖKENLİ TEKNOLOJİK AFETLERE YÖNELİK ULUSLARARASI ÖRGÜTLERİN İLKESEL YAKLAŞIMLARI: EKONOMİK KALKINMA VE İŞBİRLİĞİ ÖRGÜTÜ (OECD) VE BİRLEŞMİŞ MİLLETLER (UN)

PRINCIPAL APPROACHS OF INTERNATIONAL ORGANIZATIONS TO TECHNOLOGICAL DISASTERS WITH CHEMICAL ORIGIN: ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD) AND UNITED NATIONS (UN)

Bora BALUN [a], Gazanfer ERBAY [a] ve Cevdet GÖLOĞLU [b]

[a] İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Karabük, Türkiye, borabalun@hotmail.com
[a] İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Karabük, Türkiye, gerbay1966@hotmail.com
[b] Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük, Türkiye, cgologlu@hotmail.com

Özet

Kimyasal kökenli kazalar dışa dönük etkileri bakımından geniş sahalara yayılabilme kapasitesine sahip olaylar olup, literatürde; sınır aşan kazalar şeklinde değerlendirilmektedir. Kimyasal kazaların sınır aşan yayılım özelliği uluslararası işbirliğini zorunlu kılmaktadır. Alternatif yaklaşımlara sahip ulus ötesi konsorsiyumlar, bu konuda ilkesel ve öncü rol oynamaktadır. Bu çalışmada; Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (Organisation for Economic Co-operation and Development/OECD) ile Birleşmiş Milletlerin (United Nations/UN) kimyasal kökenli teknolojik afetlerin hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarına dönük ilkesel yaklaşımları tartışılmıştır. İlgili alandaki bir Erasmus+ projesinin özet tanıtımı yapılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kimyasal Kökenli Teknolojik Afetler, SPI, SAICM.

Abstract

Accidents of chemical origin are the incidents that capable of spreading over extensive areas in terms of their extrovert effects. Therefore, they are considered as transboundary events in the literature. This feature of chemical accidents forces to make cooperation internationally Transnational consortiums with alternative approaches play principle and leading role. In this study, the principle approaches to prevention, preparedness and response of technological disasters with chemical origin by Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD) And United Nations (UN) have been discussed. An Erasmus+ project in the field is briefly introduced.

Keywords Technological Disasters with Chemical Origin, SPI, SAICM.

1. Giriş

Toplumsal mekanizmanın hemen her alanında hızlı değişimlerin meydana geldiği günümüz dünyasında; teknoloji ve bilim merkezli yaşanan değişim sürecinin doğal sonucu olarak, resmi sınırlar gri hatlara dönüşmüştür. Küresel entegrasyon dönemi şeklinde özetlenen yeni toplumsal sistemde; ortak güvenlik ve küresel geleceği ilgilendiren konular her geçen gün biraz daha karmaşık bir nitelik kazanmıştır. Bu düşünce istikametinde, karasal sınırlar ile bölünmüş güvenlik anlayışının, gelişen teknoloji kökenli yeterlilik kavramı düzleminde yeniden tanımlandığı değişim sürecini; salt egemenlik sınırları üzerinden okumak, toplum sağlığı ve güvenliği açısından yetersiz ve sağlıksız sonuçlara ulaştırmaktadır.

Kimyasal kökenli kazalar, bu yaklaşımın özel örneklerinden birisidir. Konvansiyonel anlamda ayrıcalıklı bir ilgiyi gerektiren bu tür olayların niteliksel boyutunda coğrafi hatların öneminin bulunmadığı gerçeği açıkça deneyimlenmiştir. Tarihsel olarak İtalya Seveso (1976) ve yakın geçmişimizde yaşanan Enschede (2000), Toulouse (2001) veya Lagos (2002) gibi örnekler, küresel manifestonun adımları olmuş; konunun, global ölçekte faaliyet gösteren çeşitli örgütlerin ve organizasyonların zorunlu çekim alanına girmesine yol açmıştır. Birleşmiş Milletler (UN), Kuzey Atlantik Paktı (NATO), Avrupa Konseyi (CoE), Avrupa Güvenlik ve İşbirliği Teşkilatı (OSCE), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD), Avrupa Birliği (EU) kimyasal kökenli kazalar konusunda yaklaşım geliştiren temel aktörler olarak ön plana çıkmışlardır.

Birleşmiş Milletler bünyesinde yürütülen: Kazaların Sınır Aşan Etkileri Sözleşmesi Toplantıları, Kimyasalların Sınıflandırılması ve Etiketlenmesi konusunda yürütülen Küresel Uyumlaştırma Sistemi çalışmaları, Çevre Programı, Çevresel Acil Durumlar Çalışma Grubu Çalışmaları; Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü bünyesinde yürütülen: Kimyasal Kazalar Çalışma Grubu Çalışmaları, Yetkili Otoriteler Komitesi ve Karşılıklı Ortak Çalışma Grubunun yürüttüğü çalışmalar ve Avrupa Birliği'nin yürüttüğü: Sanayi İçin Kimyasal Risk Değerlendirme Metodolojisi projeleri, kimyasal kazalar ekseninde çalışmalarını sürdüren ana akım örgütler ve bu örgütlerin alt kuruluşlarınca yürütülen örnek çalışmalardır.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü'nün (OECD) İlkesel Yaklaşımları: Güvenlik Performans Göstergeleri (SPI)

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (Organization for Economic Co-Operation Development/OECD), Kuzey ve Güney Amerika, Avrupa ve Asya Pasifik bölgesinden hükümetlerin yer aldığı 34 sanayileşmiş (gelişmiş) ülkeden oluşan hükümetler arası bir organizasyondur. OECD'nin temel amacı; uluslararası sorunların çözümü için karşılıklı işbirliği ekseninde ortak politikalar üretmektir [1]. İnsan ve ekosistem merkezli sağlık ve çevre konularında öncül politikalar üretmek ve uygulamak OECD'nin temel ilkeleri arasında yer almaktadır. Bu ilkeler çerçevesinde 1971 yılında mikro ölçekte kimyasalların test edilmesi ve değerlendirilmesi maksadıyla bir program kurulmuştur. Daha sonraki yıllarda, kimyasal kökenli kazaların küresel çapta ele alınmasının OECD tarafından bir gerçek olarak fark edilmesine müteakip, 1988 yılında Kimyasal Kazaların Önlenmesi, Hazırlık Ve Müdahale İçin İlkeler Kılavuzu yayımlanmıştır (Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response/Guding Principles). Kılavuzun temel konuları;

- Tehlikeli madde içeren kazaların meydana gelmeden önce önlenmesi,
- Arazi kullanım planlamaları, acil durum planlamaları ve kamu ile iletişim kanallarıyla kazaların olumsuz etkilerinin hafifletilmesi için hazırlık,
- Kazaların sağlık, çevre ve kamu üzerine olumsuz etkilerini minimum düzeye indirmek için etkin yanıt vermek ve
- Kazaların raporlanması ve yatırım ile ilk temizlik faaliyetleri dahil olmak üzere kazaların sonuçlarının takibi olarak belirlenmiştir [2-3].

OECD çalışmalarını, konularına göre alt uzmanlıklar şeklinde örgütlenmiş; uzman çalışma grupları ve özel statülü bölümler ile yürütmektedir. Kimyasal kazalar kapsamında yer alan çalışmalarını; Kimyasal Kazalar Çalışma Grubu (Working Group on Chemical Accidents/WGCA) aracığıyla yürütmektedir.

WGCA'nın amacı; kimyasal kazaların önlenmesi, müdahalesi ve iyileştirme aşamaları hakkında ilke ve politikalar geliştirerek yaygınlaştırılması; iyi uygulamalar için karşılıklı işbirliği ve tavsiyeleri içeren analiz konuları olmak almak üzere; OECD'ye üye ülkeler ve üye olmayan ülkeler arasında bilgi ve deneyimin paylaşımını kolaylaştırmaktır [4]. WGCA, kimyasal kazalar konusundaki yaklaşımını çeşitli başlıklar altında ele almaya çalışırken alternatif yöntem ve teknikler geliştirmektedir. Bu niyet doğrultusunda; 1988 yılında yayımlanan ve daha sonraki süreçte güncellenen Kimyasal Kazaların Önlenmesi, Müdahale ve İyileştirme Kılavuzuna el kitabı niteliğinde Güvenlik Performans Göstergeleri (Safety Performance Indicators/SPI) başlıklı rehber geliştirilmiştir.

Güvenlik Performans Göstergeleri (SPI) belirgin miktarda tehlikeli madde içeren (tehlikeli maddeleri üreten, kullanan, depolayan, taşıyan dahil olmak üzere) işletmeler için, kaza olmadan önce potansiyel problemlerin giderilmesi konusunda önemli bir araç olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

Bu amaçla SPI kapsamında atılacak ilk adımın, paydaşlar tarafından organizasyonel amaçlar doğrultusunda güvenlik yönetimi altyapısının oluşturulması olduğu öngörülmüştür. SPI yaklaşımının, özellikle kimyasal kaza risklerinin anlaşılmasında işletmelerin uygun yönetimi açısından yardımcı olacağı düşünülmektedir [5].

Çizelge 1. SPI "*altın kural*" yaklaşımı [5]

Tesis Sahipleri/ İşletmeciler	Çalışanlar	Kamu Otoriteleri	Halk
Kendi işletmelerinde var olan risklerin ne olduğunu bilmelidir.	Yönetime geri bildirim sağlamalı ve bilgilenmelidir.	Kimyasal kökenli kazaların önlenmesi, müdahale ve iyileştirme çalışmalarına yönelik olarak liderlik etmeli ve motivasyon sağlamalıdır.	Herhangi bir kaza durumunda hareket tarzı açısından risklerin farkında olmalıdır.
Kuruluş genelinde güvenlik kültürü oluşturmalı ve güvenlik anlayışını kabul etmelidir.	Çalışanlar, kazalar açısından öngörü sahibi olmalı, eğitimler konusunda işletmelere yardımcı olmalıdır.	Kanunların, politikaların, programları ve uygulamaların geliştirilmesi, uygulanması ve iyileştirilmesi konusunda süreklilik sağlamalıdır.	Acil durum planlamaları uygulamalarına etkin yanıt verebilme konusunda yerel otoriteler ve endüstriler ile işbirliği halinde bulunmalıdır.
Düzenli aralıklarla gözden geçirilmiş bir güvenlik yönetimi sistemine sahip olmalıdır.		Paydaşlar arasında etkili iletişim ve işbirliği sağlamalıdır.	
Meydana gelebilecek herhangi bir kaza için önceden hazırlıklar yapmalıdır.			

SPI Programının kullanım ve geliştirilme amacı aynı zamanda yetkili otoriteleri, kullanıcıları, yerel toplulukları, ticari organizasyonları ve sivil toplum kuruluşlarını bilgilendirme vasıtası şeklinde de kullanmaktır. OECD, 2003 yılında paydaş gruplardan alınan genel geribildirimler ve kazanılan deneyimlerin paylaşılması amacıyla SPI hakkında geçici kılavuz yayımlamış, aynı zamanda çeşitli düzeyde ve sayıda gönüllü şirketin katılımı ile elektronik ortamda test programı yürütmek üzere pilot program geliştirilmiştir. Pilot programın amacı katılımcılar vasıtasıyla kılavuzu daha işler ve aktif hale getirerek gerçekçi bir deneyim sunmaktır [6]. SPI programının yedi basamaktan oluşan uygulama aşamaları Şekil 1'de gösterilmiştir.

SPI'nın tüm paydaşlar için kabul edilebilir seviyede çıktıları ve çıktılara ait genel göstergeler şunlardır [8]:

- Tehlikeli madde içeren tesislerdeki risklerin azaltılması (risk değerlendirmesi, kimyasal stokların azaltılması; kazaların olumsuz etkilerinin azaltılması; süreç ve süreç tekniklerinin geliştirilmesi; savunmasız/hassas bölgelerin azaltılması; taşıma tekniklerinin iyileştirilmesi)

- Kamu otoriteleri, endüstriler ve topluluklar arasında işbirliği ve etkileşimin arttırılması,
- Kazaların ve yakın tehlikelerin şiddeti ile sıklığının azaltılması,
- Kimyasal kazalardan kaynaklanan yaralanma ve ölümlerin azaltılması,
- Kimyasal kazaların çevresel etkilerinin azaltılması,
- Kimyasal kazalardan zarar gören varlıkların azaltılması,
- Kimyasal kazalara karşı sorumluluk geliştirilmesi,
- Kimyasal kazaların etki bölgesinin azaltılması,
- Kimyasal kazalardan etkilenen insan sayısının azaltılmasıdır.



Şekil 1. SPI aşamaları [7]

SPI uygulamalarından elde edilen sonuçlar ve tecrübelerin ışığında ilki 2006 yılında gerçekleştirilmek üzere sonraki yıllarda; Kimyasal Kazaların Önlenmesi, Hazırlık Ve Müdahale İçin İlkeler Kılavuzu revize edilerek güncellenmiştir.

3. Birleşmiş Milletlerin (UN) İlkesel Yaklaşımları: Uluslararası Kimyasalların Yönetimi İçin Stratejik Yaklaşım (SAICM)

Birleşmiş Milletler, 24 Ekim 1945'te kurulmuş uluslararası bir örgüttür. Kuruluş bildirgesinde; "adalet ve güvenliği, ekonomik kalkınma ve sosyal eşitliği uluslararasında tüm ülkelere yaymayı amaç edinmiş küresel bir kuruluş" şeklinde tanımlamaktadır. Birleşmiş Milletlerin örgüt yapısı altı ana organ ile bu organlara bağlı uzman kuruluşlar, program ve fonlar şeklindedir. Alt hiyerarşik yapılanma içerisinde yer alan Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization/ILO), çalışan sağlığı alanında yürütülen programlarda Birleşmiş Milletlerin uzman kuruluşudur.

I. Dünya Savaşından sonra Versay anlaşması ile 1919 yılında kurulan ve 1946 yılında Birleşmiş Milletlerin uzman kuruluşu haline dönüşen ILO, kuruluş felsefesini sosyal adalete dayalı, evrensel olarak kalıcı barışı sağlamak olarak belirlemiş; temel argüman olarak; iş gören açısından çalışma koşullarını daha iyi seviyelere taşıma şeklinde özetlemiştir [9]. ILO, dünya genelinde çalışanların güvenli ve sağlıklı çevre şartlarında iş görmesi için asgari koşulların sağlanması gerektiğini öne sürmekte; hükümetler, işverenler ve çalışanların tehlikeli maddelerin etkilerinin en aza indirilmesi konusunda eğitim ve bilgilendirme odaklı etkili kanunlar ve yönetim sistemlerinin kurulmasını desteklemektedir [10].

Bilim ve teknolojik ilerlemeler paralelinde alışılmışın dışında (atipik) işleri ortaya çıkarmıştır. Kimyasal kökenli iş ve işlemler; çalışma koşulları ve standartları geleneksel yöntemlerden farklı olan atipik işler kapsamında değerlendirilmektedir. Kendisine özgü stratejik yaklaşımı gerektiren bu tür iş ve işlemlere rasyonel bir ses geliştirmek üzere ILO, Birleşmiş Milletler ve Dünya Sağlık Örgütü tarafından ortak yayımlanan Uluslararası Kimyasalların Yönetimine Stratejik Yaklaşım kavramını (The Strategy Approach to International Chemicals Management/SAICM) anahtar çerçeve olarak kabul etmiştir [11-12]. SAICM, kimyasal risk standartları, kimyasalların etiketlenmesi ve eğitimi konusunda bilgi paylaşımı ve uyumu genişletmek üzere hareket eden; uygun yönetim metotları geliştirilmesi ekseninde gönüllülük esaslı bir oluşumdur. SAICM, kimyasal kazalar konusunda toplumsal bir öngörü geliştirmek üzere kabul edilebilir risk yönetimi seviyesinde konuyu ele alırken, "ihtiyatlılık ilkesi" kavramını öne sürmüştür [13]. İhtiyatlılık ilkesi kavramı 15 maddeden oluşan toplumsal odaklı genel bir kimyasal kökenli afet kültürü profili çizmektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. SAICM "*ihtiyatlılık ilkesi*" yaklaşımı [14]

Kimyasalların yönetiminde entegrasyon
Kuşaklararası öz kaynak
Denge
Tedbir
Yaşam döngüsü yaklaşımı
Önleme
İkame
Maliyetlerin içselleştirilmesi (kirleten öder ilkesi)
Halkın katılımı
Bilgilenme hakkı
Güvenilir faaliyet bilgileri
İyi yönetişim
Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar da dahil olmak üzere devletler arasında işbirliği
Ortaklık
Sorumluluk

İhtiyatlılık ilkesi kavramı çerçevesinde SAICM, küresel çapta kimyasalların yönetimi konusundaki stratejik politikalarını şu şekilde sıralamıştır [8]:

- Kimyasal kökenli risklerin uluslararası arenada değerlendirmesinin genişletilmesi ve hızlandırılması,
- Kimyasalların sınıflandırılması ve etiketlenmesi konusunda uyum sağlamak,
- Zehirli kimyasallar ve kimyasal riskler hakkında bilgi alışverişi,
- Risk azaltma programlarının kurulması,
- Kimyasalların yönetimi için ulusal düzeyde yeteneklerin ve kapasitelerin güçlendirilmesi ve
- Zehirli ve tehlikeli maddelerin yasadışı dolaşımının önlenmesi.

SAICM, zehirli ve tehlikeli maddelerin yasadışı dolaşımının engellenmesi başlığına yaklaşımı; yasadışı trafik hareketinin önlenmesi için ülkeler arası mekanizmaların güçlendirilmesi ve milletlerarası antlaşmalar ile desteklenmesidir. Kimyasal kazaların yönetimi için ulusal düzeyde kapasite inşası ve teknik işbirliği alanındaki yaklaşımı; ülkeler arasında sürdürülebilir işbirliği, şeffaflık, koordinasyon ve bilgiye erişilebilirlik olarak tasvir edilmiştir. Zehirli kimyasallar ve kimyasal riskler hakkında bilgi alışverişi açısından yaklaşımı; kimyasal risklerin insan ve çevre sağlığı açısından zararlı olduğu temelinde, süreç içerisinde yer alan tüm aktörlerin bilime dayalı risk değerlendirmesi ve yönetim standartları ile prosedürleri konusunda eğitilmesi ve bilgilendirilmesidir. Kimyasalların sınıflandırılması ve etiketlenmesi konusunda; küresel düzeyde standardizasyon geliştirmektir. Risk azaltama programlarının kurulması konusunda temel yaklaşımı; insan ve eko sistem üzerine kimyasalların olumsuz etkilerinin azaltılması yönünde, kimyasal maddelerin kalıcı, biyobirikimli ve toksik maddeler şeklinde sınıflandırılarak uygun yaklaşım modellerinin küresel çapta entegrasyonunu içermektedir. Kimyasal kökenli risklerin uluslararası arenada değerlendirmesinin genişletilmesi ve hızlandırılması konusundaki yaklaşımı; ulusal, bölgesel ve uluslararası ölçekte çok sektörlü, kapsamlı, etkin, verimli, şeffaf, tutarlı ve kapsayıcı hesap verilebilirliği sağlamaktır [15-19].

4. Sonuç ve Öneriler

OECD ve ILO özelinde yürütülen çalışmalarda ön plana çıkan başlık; kaza meydana gelmeden önce olası etkilerinin sınırlandırması ve risk yönetimi anlayışıdır. Risk yönetiminin süreç olarak ekonomik faktörleri, sosyal faktörleri ve potansiyel riskleri dikkate alarak geniş katılımlı (paydaş) konjonktürel bir yapı kurulmasını politik hedef olarak ortaya koymuştur. OECD tarafından yürütülmekte olan çalışmaların özünde eğitim, işbirliği ve güvenlik yönetimi bulunmaktadır. Sürdürülebilir gelişme ve kimyasal kazaların yönetimi açısından isabetli bir yaklaşım olduğu düşünülen bu stratejinin; kimyasal madde bulunduran işletmeler tarafından kesintisiz ve gerçekçi bir şekilde desteklenmesi gerekmektedir.

Birleşmiş Milletler tarafından yürütülen çalışmaların kökeninde; kimyasal kazaların, evrensel düzeyde bir sorun olduğu düşüncesi bulunmakta ve bu düşünce profili doğrultusunda kimyasal kazaların uluslararası platformda risk yönetimi düzeyinde ele alınması gerektiği vurgulanmaktadır. Risk yönetimi düzeyinin ise kimyasalların taşınması, depolanması, üretimi, nakli gibi tüm aşamaları içermesi gerektiğini, konsept olarak öne almaktadır.

Kimyasal kazaların olası etkilerinin sınırsızlık özelliğinden dolayı ülkeler arası ortak mutabakatı gerektirdiği yapılan tüm çalışmalarda yaklaşım olarak ortaya konmuştur. Kaza yönetimi düzeyinde özel bir sistem inşasını gerektiren bu durum, daha çok uluslararası çalışmaların etkinlik düzeyinin yerel düzeyde ne kadar karşılık bulduğu ile doğru orantılıdır. Bu açıdan geliştirilen tüm yaklaşımlar içerisinde "açık kapı / şeffalık" politikasının benimsenerek; kimyasalların yerinde denetimlerinin, bağımsız ilkeler doğrultusunda yapılması risk yönetimi açısından efektif ve geçerli bir stratejidir.

Afet yönetimi açısından etkili yaklaşımlardan birisi de eğitim faaliyetleridir. Bireylerin kimyasallar konusunda bilinç düzeyi (farkındalık) yükseldikçe; kazaların toplum üzerindeki olası etkileri kademeli olarak azalacaktır. Bu anlamda farkındalık eğitimlerinin, toplumun farklı kesimlerinin ulusal ve uluslararası düzeyde bir araya geldiği alternatif yaklaşımları ve uygulamaları içermesi, ulaşılan bilginin niteliğini yükseltecektir. Bu düşünce doğrultusunda; kimyasal kökenli kazaların önlenmesi, hazırlık ve müdahalesi alanında yenilik ve iyi uygulamaların değişimi için işbirliği alanında örnek metodoloji geliştirilmek üzere; Karabük İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü koordinatörlüğünde "Kimyasal Kazaların Önlemesi Hazırlık ve Müdahale İçin Yetkinlik Bazlı Eğitim Modülü Geliştirme" başlıklı Erasmus+ KA2 projesi 01 Eylül 2015 tarihinde başlamıştır [20]. Projenin ortakları: Türkiye'den Karabük Üniversitesi ve KARDEMİR A.Ş., İspanya'dan TESICNOR S.L., Portekiz'den PREVIFORM, Finlandiya'dan Lahti Üniversitesi ve Häme üniversiteleridir. Üç adet akademik bilgi üreten, üç adet' te uygulayıcı ve teknik altyapı sahibi kurumlar ile ilgi proje, oldukça güçlü bir uluslararası yapıya sahiptir. Kimyasal kökenli teknolojik afetlere genel bir bakış açısı sunma ve mevcut uygulamaların güçlü ve zayıf yönlerine yaklaşımı ile proje çıktıları, kamu ve endüstriye büyük katkılar sağlayacaktır.

Teşekkür

Yazarlar, Forming The Competency Based Education Modules For Chemical Accident Prevention, Preparedness And Response, Erasmus+ KA2 Projesi (2015-1-TR01-KA202-021323) için fon sağlayan EU Erasmus+ programına ve Türk Ulusal Ajans'ına teşekkür ederler.

Kaynaklar

[1] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Addendum Number 2 to The OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response (2nd ed.) To Address Natural Hazards Triggering Technological

Accidents (NATECHS), Series on Chemical Accidents No. 27, 7, ENV/JM/MONO (2015)1.

[2] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response, Guidance for Industry (Including Management and Labour), Public Authorities, Communities, and other Stakeholders, OECD Environment, Health and Safety Publications, Series on Chemical Accidents No. 10, Second Edition, 13, 2003.

[3] Kearns, P. and Baucher, M.A., An Introduction to Publications derived from OECD's Chemical Accidents Programme, http://www.researchgate.net/profile/Peter_Kearns/publication/271271983_An_Introduction_to_Publications_derived_from_OECDs_Chemical_Accidents_Programme/links/54c3ed9a0cf256ed5a92ca76, Erişim Tarihi: 11 Ekim 2015.

[4] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Corporate Governance For Process Safety Guidance For Senior Leaders In High Hazard Industries, Environment, Health and Safety Chemical Accidents Programme, 2, 2012.

[5] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Guidance On Developıng Safety Performance Indicators Related To Chemical Accident Prevention, Preparedness And Response, Guıdance For Industry, OECD Environment, Health and Safety Publications Series on Chemical Accidents No. 19, v,1, 2008.

[6] Jennings, K. and Hailwood, M., OECD Guidance on Safety Performance Indicators – An International Approach to Assessing the Success of Industry, Public Authorities And Communities in Managing Major Accident Hazards, Hazards XXI, Symposium Series No. 155, 202, 2009.

[7] Jennings, K. and Schulberg, F., Guidance on Developing Safety Performance Indicators, Process Safety Progress , Vol.28,(4), 363, 2009.

[8] Ceci. P., Floridi, E., and Trotta, N., Projects of The OECD's Working Group On Chemical Accidents (WGCA), Institute for Atmospheric Pollution - National Research Council, Italy.

[9] International Labour Organization (ILO), The International Labour Organization's Fundamental Conventions, InFocus Programme on Promoting the Declaration, Second Impression, Geneva, 9-10, 2003.

[10] International Labour Organization (ILO), ILO Contribution to the Thematic Cluster fort the Implementation Cycle 2010-2011 "Chemicals", Commission on Sustainable Development Eighteenth Session 3-14 May 2010.

[11] United Nations Environment Programme (UNEP), Strategic Approach to International Chemicals Management, Comprising the Dubai Declaration on International Chemicals Management, the Overarching Policy Strategy and the Global Plan of Action, Resolutions of the International Conference on Chemicals Management, Geneva, 2007.

[12] International Labour Organization (ILO), General Survey concerning the Occupational Safety and Health Convention, 1981 (No. 155), the Occupational Safety and Health Recommendation, 1981 (No. 164), and the Protocol of 2002 to the Occupational Safety and Health Convention, 1981, Report III (Part 1B), International Labour Conference, 98th Session, 2009.

[13] Logomasini, A., Strategic Approach To International Chemicals Management: Lack Of Interest Belies Importance, Sustainable Development Law and Policy, Vol.3 (6), Spring, 33, 2006.

[14] Wiser, G., M. and Magraw, D., B. Principles and Approaches of Sustainable Development and Chemicals Management for a Strategic Approach to International Chemicals Management (SAICM), Center for International Environmental Law, iii-iv, 2005.

[15] United Nations Environment Programme, 9th Meeting of The Advisory Group on Environmental Emergencies (AGEE), Executive Summary Report, 2011.

[16] United Nations, Convention on The Transboundary Effects of Industrial Accidents, Ch XXVII 6, Vol 2, 1992.

[17] United Nations, Globally Harmonized System of Classification and Labelling of Chemicals (GHS), Fourth Revised Edition, 2011.

[18] United Nations Environment Programme, Strategic Approach to International Chemicals Management, Comprising the Dubai Declaration on International Chemicals Management, the Overarching Policy Strategy and the Global Plan of Action, Resolutions of the International Conference on Chemicals Management, 14-20, 2007.

[19] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Environment, Health and Safety News, No. 32, March 2015.

[20] Forming The Competency Based Education Modules For Chemical Accident Prevention, Preparedness And Response, Erasmus+ KA2 project (2015-1-TR01-KA202-021323), 2015.

NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ SAĞLIK HIZMETLERI MESLEK YÜKSEK OKULUNDA EĞİTİM GÖREN ÖĞRENCİLERİN AFET EĞITIM ÖNCESI VE SONRASI TEMEL AFET BİLGİ DÜZEYLERİNİN ÖLÇÜLMESİ

BEFORE AND AFTER DISASTER TRAINING, MEASUREMENT OF THE BASIC KNOWLEDGE LEVEL OF THE STUDENTS WHO SCHOLAR IN NAMIK KEMAL UNIVERSITY VOCATIONAL SCHOOL OF HEALTH SERVICES

Yücel BULUT[1a], Göksel ÖZTÜRK[2b] , Melikşah Turan[3c]
[a]Namık Kemal Üniversitesi, İlk ve Acil Yardım Programı, Tekirdağ, yucelbulut23@hotmail. com
[b]Çanakkale Üniversitesi, Acil Yardımve Afet Yönetimi Bölümü, Çanakkale, gokselozturk@comu. edu. tr
[c]Gümüşhane Üniversitesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Gümüşhane, meliksahturan@gumushane.edu. tr

Özet

Ülkemiz afet bölgesi olmasına rağmen yapılan çalışmalara göre bireylerin temel afet bilgisi düzeylerinin düşük olduğu görülmektedir. Bireylerin temel afet bilgisi düzeylerinin oluşturulmasında bilinçlendirme ve eğitim önemli bir rol almaktadır. Bu çalışmada sağlık hizmetleri meslek yüksekokulunda, 221 öğrenciye temel afet bilinci eğitimi verilmiş olup eğitim öncesi ve sonrası sorular yöneltilmiştir. Elde edilen bulgulara göre öğrenciler temel afet bilgisi konusunda yetersiz oldukları, eğitimden sonra temel afet bilgisi puanlarında anlamlı artış olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Afet, Afet Eğitimi, Tekirdağ, Temel Afet Bilgi Düzeyi,

Abstract

Although our country is a disaster area, according to studies, it is seen that individuals have low level of basic disaster knowledge. To create basic disaster knowledge of individuals, consciousness-raising and training has an important role. In this study, 221 students of the vocational school of health services were given basic disaster awareness training and asked questions before and after training. According to the findings, it is determined that the students are deficient in basic disaster information and after the training, basic disaster information level of the students increased significantly.

Key Words: Disaster, Disaster Training, Tekirdağ, Basic Disaster Knowledge Level.

Giriş ve Amaç

Deprem, sel, heyelan, çığ gibi yüzlerce afet yaşanan dünyamızda, doğal ve insan kaynaklı afetlerin sayısında özellikle son dönemlerde önemli bir artış görülmektedir. Dünya ölçeğinde yaşanan afetlerden ülkemiz de maalesef payını almakta ve bu afetler, sosyal, kültürel ve ekonomik kayıpları da beraberinde getirmektedir. Modern Afet Yönetimi anlayışı içinde önemli yere sahip olan risk yönetimi aşamasının en önemli bileşenlerinden biri; afetlere karşı hazırlıkta, halkın bilinçlendirilmesi ve eğitimler ile birey, kurum, kent ve toplumun afetlere hazır ve dirençli hale getirilmesidir. Ülkemizde afetler konusunda yapılan araştırmalar, bireylerin afet öncesi, sırası ve sonrasında yapması gerekenler ile ilgili yeterli bilgiye sahip olmadığını göstermektedir. Özellikle gençlerde afetlere ilişkin bilgi düzeyinin belirlenmesi ve buna yönelik bilgi düzeyi artırıcı çalışmaların bulunması toplumsal afet yönetimi için ilave destek sağlayacaktır. Buradan hareketle çalışmada Namık Kemal Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu 1. ve 2. sınıf öğrencilerinin eğitim öncesi ve sonrası temel afet bilgi düzeylerinin ölçülmesi ve verilen afet eğitimi içeriği belirlenmesi amaçlanmıştır.

Gereç ve Yöntem

Müdahale tipindeki bu çalışma 10. 03. 2015-21. 03. 2015 tarihleri arasında yapılan afet bilinç eğitimine katılan Namık Kemal Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu 1 ve 2 sınıf öğrencilerine uygulanmıştır. Araştırmaya katılmayı kabul eden 221 kişi araştırmaya dahil edilmiştir. Bilgilendirilmiş gönüllü formu alınarak, araştırmacı bizzat kendisi anket sürecini tamamlamıştır.
Araştırmaya başlamadan önce çalışmanın yapılabilmesi için gerekli izinler alınmıştır. Araştırmada kullanılan veri toplama formu literatür taramasından elde edilen verilerden faydalanılarak hazırlanılmış, eğitim öncesi ve sonrası uygulanmıştır. Anket formu iki kısımdan oluşmaktadır. Birinci bölümde; tanımlayıcı sosyo-demografik bilgiler yer almaktadır. İkinci bölümde ise; temel afet bilincini ölçen bilgi soruları yer almaktadır.

Afet Bilinç Eğitiminin içeriği;

- Afet, Acil Durumlar ve Planlar,
- Risk ve Kriz,
- Müdahale ve tahliye,
- Afetler sonra hayatta kalma teknikleri,
- Afet sonrası yaşamsal faaliyetlerin kısa, orta ve uzun vade de sürdürülebilmesi,

Katılımcılar, 20 şer kişilik gruplarla 6 saatlik eğitim programı uygulanmıştır. Çalışmada afetler, afet planı, Risk

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

ve kriz, lojistik, müdahale, tahliye, geçici barınma, haberleşme gibi konuları içeren 18 soruluk anketin 2. kısmı uygulanmıştır. Değerlendirmede doğru yanıtlanan soru sayısı, 18 doğru yanıta göre yüzde puanı alınarak hesaplanmıştır. Verilerin analizi, "SPSS for Windows 15. 0" paket programı ile yapılmıştır. İstatistiksel analizlerde Varyans analizi, Student's t testi, ki-kare testi, paired t-test kullanılmıştır. P değeri p<0,05 olduğu sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

Bulgular

Araştırma grubunu, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu öğrencilerinden araştırmaya katılmayı kabul eden ve anket formunu dolduran 221 öğrenci oluşturmuştur. Çalışmaya katılan öğrenciler 18-24 yaş aralığındadır.
Araştırmaya katılan öğrencilerin sosyo-demografik özellikleri Tablo1'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Araştırmaya Katılan Öğrencilerin Sosyo-demografik Özellikleri

Sosyo-Demografik Özellikler		Sayı	%
Cinsiyet	Erkek	9	4,1
	Kadın	212	95,5
Sınıf	1	120	54,3
	2	101	45,7
Bölüm	Tıbbi Dok. Sek.	29	13,1
	Tıbbi Lab.	10	4,5
	Çocuk Gelişimi	155	70,1
	Yaşlı Bakımı	13	5,9
	Fiziktedavi ve Re.	14	6,3
Yaşadığı Yer	Ailesi ile	92	41,6
	Arkadaşları ile Evde	32	14,5
	Yurtta	79	35,7
	Diğer	18	8,1
TOPLAM		**221**	**100,0**

Araştırma grubundakilerin %4,1'i erkek, %95,5'i kadındır. Öğrencilerin %54,3'ü 1. sınıf, %45,7'si 2. sınıfta okumaktadırlar. Öğrencilerin %13,1'i Tıbbi Dökumantasyon ve sekreterlik, %4,5'i Tıbbi Laboratuar, %70,1'i Çocuk Gelişimi, %5,9'u Yaşlı Bakımı, %6,3'ü Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon programlarında okumaktadırlar. Öğrencilerin %41,6'sı ailesi ile birlikte, %14,5'i arkadaşları ile evde, %35,7'si yurtta, %8,1'i apartta kalmaktadır.Araştırmaya katılan öğrencilerin afet ve afetle ilişkili bilinç düzeylerinin dağılımı Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 2. Araştırmaya Katılan Öğrencilerin Afet ve Afetle İlişkili Bilinç Düzeylerinin Dağılımı

Afet Bilinci Soruları	Cevap	Sayı	%
Afet Yaşamış mı?	Evet	150	67,9
	Hayır	71	32,1
TAB Eğitimi	Evet	75	33,9
	Hayır	146	66,1
Afet Hazırlık Planı Yaptınız mı?	Evet	23	10,4
	Hayır	198	89,6
Kişisel Acil Durum Çantası	Evet	27	12,2
	Hayır	194	87,8
Elektrik Vanasının Yeri	Bilmiyor	53	24
	Biliyor	168	76
Su Vanasının Yeri	Bilmiyor	52	23,5
	Biliyor	169	76,5
Doğal Gaz Vanasının Yeri	Bilmiyor	69	31,2
	Biliyor	152	68,8
Elektrik Vanasını Kapatma	Bilmiyor	65	29,4
	Biliyor	156	70,6
Su Vanasını Kapatma	Bilmiyor	65	29,4
	Biliyor	156	70,6
Doğal Gaz Vanasını Kapatma	Bilmiyor	67	69,7
	Biliyor	154	30,3
Afet Tatbikatı Yapıyor mu?	Hiç	148	67
	1 Kere	52	23,5
	Ara Ara	20	9
	Düzenli	1	0,5
İlk Yardım Eğitimi	Evet	157	71
	Hayır	64	29
İlk Yardım Seti Var mı?	Evet	50	22,6
	Hayır	171	77,4

Araştırmaya katılan öğrencilerin %67,9'u afet yaşamıştır. Afet yaşayanların %93'ü deprem, %4'ü sel, %3'ü yangın

afetini yaşamıştır. Eğitim öncesi araştırmaya katılan öğrencilerin %33,9'u temel afet eğitimi almıştır. Temel afet eğitimi alan öğrencilerin %91'u bu eğitimi okulda almışlardır. Araştırma grubunun %10,4'ü afet hazırlık planı yapmıştır. Araştırma grubunun %12,2'si kişisel acil durum çantasına sahiptir. Öğrencilerin %76'sı elektirik vanasının yerini, %76,5'i su vanasının yerini ve %68,8'i de doğalgaz vanasını yerini bilmektedir. Öğrencilerin %70,6'sı elektirik vanasını kapatmayı, %70,6'sı su vanasını kapatmayı, %30,3'ü doğalgaz vanasını kapatmayı bilmektedir. Araştırma grubunun %67'si hiç, %23,5'si bir kere, %9'u ara ara, %0,5'i düzenli olarak afet tatbikatı yapmıştır. Öğrencilerin %71'i ilkyardım eğitimi almıştır. Öğrencilerin %22,6'sının ilkyardım seti vardır.

Eğitim öncesi araştırmada öğrencilerin cinsiyetlerine göre temel afet bilgi puanı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Araştırmaya katılan öğrencilerin okudukları bölümlerine göre temel afet bilgi puanı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır ($p>0,05$). Eğitim öncesi öğrencilerin okudukları sınıfa göre temel afet bilgi puanı ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark vardır ($p<0,05$). 1. Sınıf öğrencilerinin afet bilgi puan ortalamaları 68,66±14,35 iken 2. Sınıf öğrencilerin afet bilgi puan ortalamaları 63,41± 14,88 olmuştur.

Öğrencilerin eğitim öncesi anketten aldıkları puan ortalamaları 66,26±14,79 iken eğitim sonrası 86,26±11,66 olmuştur. Eğitim öncesi ve sonrası aldıkları puanlar arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır($p<0,05$). İlk yardım eğitimi ile Temel Afet Bilgi Puanlarını arasında istatistiksel olarak anlamlı fark vardır($p<0,05$). İlkyardım eğitimi alanların almayanlara göre daha yüksek bilgi puanı ortalaması aldıkları saptanmıştır.

Tablo 3. Araştırmaya katılan öğrencilerin bilgi sorularına eğitim öncesi ve sonrası doğru cevap verme dağılımları*

Soru Alanı	Eğitim öncesi		Eğitim sonrası	
	n	%	n	%
Geçici Barınma	182	82,4	206	93,2
Tehlike	135	61,1	188	85,1
Deprem	194	87,8	210	95
Tehlike Analizi	155	70,1	186	84,2
Risk	152	68, 8	214	96,8
Erken Uyarı ve Algılama Sistemleri	124	56,1	186	84,2
Yapısal olan ve olmayan riskler	168	76	178	80,5
Afet Sonrası Yapılacaklar	189	85,5	209	94,6
Yangın	133	60,2	193	87,3
Afet Sonrası Risk Azaltılması	160	72,4	183	82,8
Sel, su baskını	86	38,9	182	82,4
Enkazda Davranış Şekilleri	137	62	168	76
Afet planı	126	57	177	80,1
Lojistik	128	57,9	188	85,1
Toplanma alanları	162	73,3	200	90,5
Geçici konutlarda barınma	199	90	206	93,2
Haberleşme	123	55,7	162	73,3
Tahliye	82	37,1	193	87,3

*Tekirdağ Namık Kemal Universitesi SHMYO, 2015

Tartışma ve Sonuç

Duong'un 2009 yılında Güney Avustralyadaki acil hemşireleri üzerinde yapmış olduğu çalışmada katılımcıların %68'i daha önceden temel afet bilinci eğitimi almışken bizim çalışmamızda % 33.9'unun aldığı görülmüştür. Ülkemizde afet bilinci eğitimi konusunda yetersizlik göze çarpmaktadır.

İnal ve arkadaşlarının Meslek Yüksekokulu öğrencileri üzerinde yapmış olduğu çalışmaya göre katılımcıların %14.1'i afet hazırlık planı yapmış ve sadece %11.3'ünün acil durum çantasına sahip olduğu görülürken bizim çalışmamızda %10.4'lük kısmı afet hazırlık planı yapmış, %12.2'lik kısmının da acil durum çantasına sahip olduğu görülüyor. Her iki çalışmada da değerler aynı oranlarda ortaya çıkmıştır. Katılımcıların afet hazırlık planı hazırlama ve acil durum çantasına sahip olması konusunda bilgi düzeylerinin eksik olduğu görülmektedir. Mortelmans ve arkadaşları hollandada, tıp öğrencilerine yaptığı çalışmada öğrencilerin afetler için müfredat oluşturulması gerekli olduğuna değinmiştir. Gerçek olaylarda hazırlanılması için avrupa sistemlerinin ve içeriklerinin uygulanarak öğrencilerin bilgi ve tahmin yeterlilikleri artırılması belirtmiştir. Nilsson ve arkadaşları, 86 itfaiyeciye kısa bir triaj eğitimi öncesi ve sonrası anket uygulamıştır. Olay anında ilk itfaiyecilerin olduğu bu gruba yaptığı triaj eğitimi sonucunda triajın kesinliği ve verimliği artırdığını belirtmiştir. Eğitimin yaş, eğitim düzeyi, hizmet yılı ile anlamlı ilişki görülmediğini belirtmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmada genel anlamıyla öğrecilerin temel afet bilinci konusunda eksiklikleri görülmüş olup, daha önce ilkyardım eğitimi almış kişilerde temel afet bilinci düzeyinin daha yüksek olduğu göülmektedir. Öğrencilerin eğitim sonrasında öncesine göre temel afet bilinci düzeylerinde olumlu artış görülmüştür. Teorikte uygulanan afet eğitimleri ile öğrencilerin temel afet bilincinin oluşmasına veya artmasına katkı sağlanabileneceği sonucuna varılabilir.

Kaynaklar

[1] http://www. trabzonafad. gov. tr/admin/files/AFET%20PLANI %20HAZIRLAMA%20EGITMEN%20KILAVUZU-20140225-162304. PDF

[2] Duong, K. , Disaster education and training of emergency nurses in South Australia. Australasian Emergency Nursing Journal, 12(3): 86–92, 2009.

[3] Öcal, A. , İlköğretim Aday Öğretmenlerinin Deprem Bilgi Düzeyleri Üzerine Bir Araştırma akgüngör, ç. , Sarsinti Başladiğinda: Kitlesel Afet Eğitimi ve Deprem Aninda Birey Davranişi Örneği İ. Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi No:49. (Ekim 2013). ss. 29-63

[4] inal, E. , Kocagöz, S. , Turan, M. , Temel Afet Bilinç ve Hazırlık Düzeyinin Saptanmasına Yönelik Bir Araştırma Türkiye Acil Tıp Dergisi, 2012;12(1):15-19

[5] Yurdakul, A. , Piroğlu F. , Okay, N. , Kocaeli Derince Eğitim ve Araştirma Hastanesi Mevcut Afet Plani

Çerçevesinde, Çalişanlarin Afete Hazirliğinin Değerlendirilmesi Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlik Bilimleri Enstitüsü Dergisi, cilt 1, sayi 2 (2013)

[6] Luc J. M. Mortelmans, Stef J. M. Bouman, Menno I. Gaakeer, Greet Dieltiens, Kurt Anseeuw and Marc B. Sabbe, Dutch senior medical students and disaster medicine: a national survey, International Journal of Emergency Medicine (2015) 8:34

[7] Nilsson, A. , Åslund, K. , Lampi, M. , Nilsson H. , Jonson C. O. , Improved and sustained triage skills in firemen after a short training intervention, Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine (2015) 23:81

AFET YÖNETİMİ BİLGİ SİSTEMLERİ İÇİN BİR YAKLAŞIM: SAĞLIK MODÜLÜ TASARIMI

AN APPROACH FOR DISASTER MANAGEMENT INFORMATION SYSTEMS: THE MEDICAL MODULE DEVELOPMENT

Elif ÇALIK[a], Rıdvan ATİLLA[b], Oğuz DİCLE[c], Hilal KAYA[d], Baha ŞEN[e], Fatih Vehbi ÇELEBİ[f]
[a] Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, E-posta: elifcalik@karabuk.edu.tr
[b] Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Türkiye, E-posta: ridvan.atilla@deu.edu.tr
[c] Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir Türkiye, E-posta: oguz.dicle@deu.edu.tr
[d] Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E-posta: hilalkaya@ybu.edu.tr
[e] Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E-posta: bsen@ybu.edu.tr
[f] Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E-posta: fatihvcelebi@gmail.com

Özet

Bu çalışma ile afetlerde devreye girebilecek sağlık hizmetinin yürütülmesindeki hastane öncesi süreçler ile ilgili gerçek zamanlı tıbbi bilgi akışını sağlayacak Sağlık Modülünün geliştirilmesi amaçlandı. Afet durumunda sağlık ekiplerinin koordinasyonu ve doğru zamanda doğru kişilere doğru bilginin aktarılarak profesyoneller arası bilgi akışının sağlanması konusu çerçevesinde yürütülen bu çalışmada veritabanı olarak SQL kullanıldı. Bu çalışma .Net platformunda C# dili kullanılarak geliştirildi. Ayrıca, tasarlanan arayüzler ile veri tabanına veri girişi ve sorgulanması gibi işlevlerin kullanıcı ile buluşmasının sağlandığı web uygulaması geliştirildi. Bu çalışma ile afette kullanılabilecek bilgi sistemlerine sağlık alanında nasıl yer verilmesi gerektiği ile ilgili bir yaklaşım oluşturulmuştur. Ayrıca, afette sağlık modülünün neden gerektiği konusunda farkındalık geliştirilmiştir. Bu çalışma ile afette sağlık uygulamalarının zorlukları ve sağlık modülü kullanımı ile sağlanan çözüm yöntemleri ortaya konulmuştur.

Anahtar kelimeler: Afet yönetimi, bilgi sistemi, sağlık modülü, tıp bilişimi

Abstract

Aim of this study is to provide an approach for developing medical module which provides a real-time medical information flow about prehospital processes that gives healthcare in disasters for the disaster area. In this study which is conducted within the frame of providing information flow among professionals in a disaster, coordination of healthcare team and transferring complete information to specified people at real time, as database Microsoft Access, SQL query language, was used. This study was improved on Microsoft .Net platform using C# language. Additionally a web application was ensured supplying a link between the user and the database to make data entry, which is about health condition of disaster victims, and data query, which is about last situation of disaster victims, practices by the help of the developed interfaces. In this study, an approach to information systems that can be used in disaster have been ensured about how the field of health should be given place. Additionally, awareness has been improved about why medical module is required when the disaster was. This study uncovers challenges of healthcare practises in disaster and solution methods with using medical module.

Keywords: Disaster management, information system, medical module, medical informatics

1. Giriş

Afetin boyutu, karşılaşılan olağan üstü durum ile buna karşı geliştirilmiş olan savunma sistemlerinin yetersizliği ile ilişkilidir. Afetin büyüklüğü genel olarak etkilediği bölgeye, etkilenen bireylerin can kaybı ve yaralı sayısına, sosyo-ekonomik ve çevresel kayıpların büyüklüğüne göre değişmektedir. Afet kökeni ve büyüklüğü ne olursa olsun, afet öncesi-sırası-sonrası yürütülen faaliyetler Şekil 1.'de izlendiği gibi dört ana adımda incelenmektedir.



Şekil 1. Afet öncesi-sırası-sonrası yürütülen faaliyetler döngüsü.

Modern afet yönetimi sisteminde, kayıp ve zarar azaltma, hazırlık, tahmin ve erken uyarı, afetleri anlamak gibi afet öncesi korumaya yönelik olan çalışmalara "risk yönetimi" denilirken; etki analizi, müdahale, iyileştirme, yeniden yapılanma gibi afet sonrası düzeltmeye yönelik olarak yapılan çalışmalara ise "kriz yönetimi" şeklinde tanımlanmaktadır[1-6]. Zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme aşamalarında oluşan modern afet yönetiminin ilk iki aşaması afet olmadan, diğer ikisi ise afet anı ve sonrasında yapılan faaliyetleri kapsamaktadır [1-8].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Afetin etkilerinin en aza indirilmesi için yapılacak girişimler, modern afet yönetimine göre risk yönetiminden diğer bir anlamda afet risklerini azaltmaya yönelik yapılması gereken çalışmalardan geçmektedir. Risk yönetimi ne kadar iyi planlanıp uygulanabilirse kriz yönetiminin de o denli başarılı olacağı ön görülmektedir. Teknoloji ve onun getirdiği fırsatlardan biri olan bilişim teknolojileri afet öncesi, sırası ve sonrası dönemde bilginin erişiminde sağladığı kolaylık, esneklik, hız ve hizmet kalitesinin arttırılması amacı ile kullanımı yönünden; planlanan, yapılan ve güncellenmekte olan çalışmalar ile başarımlarının değerlendirilebileceği literatür ile desteklenmektedir [6-9].

Afetlerin insani ve ekonomik maliyeti büyüktür. Ölümler, ağır yaralanmalar, gıda ve sağlık hizmetlerine erişimindeki problemler gibi ciddi sorunların birçoğu afetin başlangıç evresinde meydana gelmektedir. Yaşanmış afet olgularının geriye dönük olarak incelenmesi ve yaşanabilecek muhtemel afetlerin olası sonuçlarının öngörülmesi, afetin etkilerini en aza indirmek için planlamaların yapılması, planlanan süreçlerin gerçekleştirilme boyutu ve başarımlarının arttırılması konusunda önemli rolü bulunmaktadır. Afetler sonucunda toplumun en önemli gereksinimlerinden biri sağlık hizmetlerine olan erişimidir. Bu durumda sağlık sektörüne ve bu erişimin sağlanmasında kullanılacak olan bilgi teknolojilerine önemli görevler düşmektedir.

Afette sağlık ekiplerinin karşılaşabileceği sorunların temel konu başlıkları genel olarak şu şekilde özetlenebilir;

a. Bilgi eksikliği
b. Kaynak eksikliği
c. Personel eksikliği
d. Koordinasyon eksikliği
e. Zaman kısıtı.

Bu sorunlar çerçevesinde bir bilgi sistemi tasarımı ile bu sorunların daha aza indirilmesi mümkündür [6-8].

Modern afet yönetiminin aşamalarına göre sağlık hizmetlerinin sunumundan kaynaklanan bilgi gereksinimi genel olarak şu şekilde sıralanabilir;

1. Zarar azaltma:
    a. Bölgenin risklerinin belirlenerek sağlık hizmeti gereksinmelerinin tespit edilmesi,
    b. Afetlerde sağlık hizmeti politika ve stratejilerinin geliştirilmesi ve iyileştirilerek güncellenmesi,
    c. Afete özgü minimum veri setlerinin hazırlanması,
    d. Bu stratejiler doğrultusunda bilgi gereksinmelerinin tespiti, verilerin toplanması, depolanması, güncellenmesi, her türlü afet ve tehlikelere karşı dayanıklı bölge birimlerinde yedeklenmesi ve olağan dışı durumlarda erişimin sağlanması için gerekli altyapı, politika ve stratejilerin geliştirilmesi,
    e. Afet durumunda sağlık hizmetleri bilgi gereksiniminin belirlenmesi, güncellenmesi ve değerlendirilmesi,
    f. Evrensel bilgi sistemleri standartları ve ulusal kaynaklar çerçevesinde geliştirilen afet bilgi sistemi sağlık hizmetleri ile ilgili modülün toplumsal tanıtımları, personel bilgilendirmeleri, kullanıcı eğitimleri vb faaliyetler ile toplumsal farkındalığın geliştirilmesi,
    g. Afet durumunda bilişim gereksinimlerinin karşılanmasını sağlayacak bilişim merkezlerinin oluşturulması.
2. Hazırlık:
    a. Tüm bölgelerde güncellenen adrese dayalı nüfus bilgileri,
    b. Olası bir afet durumunda kullanılabilecek morg, sahra hastanesi, çadır kent gibi geçici iskan ve toplanma birimlerinin adresleri, güzergahları ve sorumlu personele ilişkin bilgiler,
    c. Tüm bölgelerde bulunan hastanelerin, afet durumunda ulaşılabilecek sorumlulara ait erişim bilgileri, konumları, adres ve güzergah bilgileri, toplam yatak kapasitesi, üniteler göre boş yatak kapasiteleri, görevli tüm personelin kimlik ve görev nitelikleri ile ilgili güncel bilgiler,
    d. Hastane afet planları (HAP) ile ilgili güncel bilgiler ve HAP sorumlu personel bilgileri,
    e. Olası bir afet durumunda sağlık hizmetlerinin sunumunda görevli olması planlanan sivil toplum kuruluşları/ulusal/uluslararası arama-kurtarma ekiplerinin sayısı, kimlik bilgileri, görevleri ve donanımları ile ilgili bilgiler,
    f. Afet durumunda tıbbi malzeme gereksinimi ve stoklar ile ilgili bilgiler,
    g. Afet bölgesinde afet tipine göre görevli olacak araçlar, taşıma kapasiteleri, donanımları ile ilgili bilgiler,
    h. Olası bir afet durumunda enerji ihtiyacı ve depolanma durumları ile ilgili bilgiler,
    i. Toplanan bilgilerin ulusal afet tatbikatlarında verilen yetkilendirmelere göre kullanımı ile hız ve hizmet kalitesinin arttırılması için, yapılacak değerlendirmeler sonucu güncellemelerin yapılmasının sağlanması,
    j. Toplanan bilgilerin erişim esnekliği ve son kullanıcı profiline göre uygun ara yüzlerin geliştirilmesinin sağlanması,
    k. Afet bilişim merkezlerinin kurulması ve personel, yazılım, donanım ve sayıca yeterli düzeye gelmesinin sağlanması.
3. Müdahale:
    a. Arama-kurtarma ekip bilgileri, müdahale ettikleri afetzede bilgileri, malzeme ve enerji stok durumları, son konum bilgileri,
    b. Sağlık personeli konumu, koordinasyonu ve iletişimi,
    c. Afetzedelerin triaj kodları, konumları, yapılan müdahaleler ve kimlerin müdahale etiği bilgisi,

   d. Sevki sağlanan afetzedelerin sevk bilgileri, son konum bilgileri, karşılanan gereksinimleri,
   e. Morg, çadır kent, sahra hastanesi, çevre hastanelerin boş birim kapasiteleri, sevki sağlanan afetzedelerin hastane ve ünitelerine göre dağılımları ile ilgili bilgiler,
4. İyileştirme:
   a. Afet durumundan en az düzeyde etkilenmeyi hedefleyen sağlık hizmetlerinin sunumunu destekleyen afet bilgi sistemi Sağlık Modülünün (SM) afet öncesinden daha iyi bir konuda yapılanması ve geliştirilmesi için gerekli çalışmaların sürdürülmesi,
   b. Sağlık hizmetlerinin sürdürülebilmesinde hız ve hizmet kalitesini arttıracak yönde afet bilgi sisteminin katkısının geliştirilmesi ve güncellenmesinin sağlanması,
   c. Olası afet durumunda can ve mal kaybının en aza indirgenebilmesi için geçmiş deneyimlerde kayıt altına alınan verilerin kullanımı ile karar destek sistemlerinin geliştirilmesinin desteklenmesi,
   d. Deneyimlenmiş olgunun istatistiki verilerinin çıkarılıp değerlendirilmesi ve bir sonraki muhtemel afete hazırlıklı olmak adına alınması gereken önlemler ve muhtemel bilgi ihtiyacının belirlenerek iyileştirme çalışmalarının başlatılması [3-14].

Kişisel sağlık kayıtlarının devamlılığı esasına dayalı olarak afet durumunda afetzedeye ait bilgilerin de devamlılığının sağlanabilmesi gerekmektedir. Afet durumunda kişisel sağlık verilerinin devamlılığı sağlık hizmetlerinin afet bölgesindeki sunumu esnasında üretilen verilerin elektronik ortamda, afetzedenin sevkinin yapıldığı yöne doğru iletilmesi ile mümkün olabilecektir. Afet bölgesinden sağlık ekiplerince aktarılan tıbbi müdahale bilgiler, sahra hastanesi bilgileri, ambulans ve sevk bilgileri, çadır kent bilgileri, bölge hastanelerinin bilgileri, olay komuta merkezlerinde oluşturulacak veri merkezine SM'nün kullanımı ile toplanabilecek ve ayrıca birimler arası verilerin/bilgilerin iletişimi internet aracılığı ile sağlanabilecektir [14-23].

Afet yönetimi ve bilgi sitemleri ile ilgili çalışmalar incelendiğinde; bilgi sisteminin ölçeği ya da amacı ne olursa olsun, bilgi toplama, düzenleme, analiz etme, iletişim ve veri değerlendirme kapasitesine sahip olması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Ayrıca her birimin toplayacağı ve yöneteceği bilgi sistemindeki alanların daha önceden belirlenmesi gerekliliği de unutulmamalıdır. Modern afet yönetimine göre tasarlanan bilgi sistemlerinde birleşenler modüler ve entegre edilebilir bir yapıda, kısacası dinamik bir prosese sahip olmalıdır [24-32].

Bu çalışma ile afetlerde devreye girebilecek sağlık hizmetinin yürütülmesindeki hastane öncesi süreçler ile ilgili tıbbi bilgi akışını sağlayacak; elektronik ortamda tutulan kayıtların işlenebildiği, depolanabildiği ve aktarılabildiği SM'nün geliştirilmesi amaçlandı.

2. Yöntem

Çalışmanın yazılım çalışmaları Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Medikal İnformatik Anabilim Dalı'nda yapıldı. Modern afet yönetimi basamaklarına göre tasarlanan bu SM, afet durumunda sağlık ekiplerinin koordinasyonu ve doğru zamanda doğru kişilere doğru bilginin aktarılarak profesyoneller arası bilgi akışının sağlanması konusu çerçevesinde yürütülmüştür. Bu çalışmada veritabanı olarak SQL kullanıldı. Yazılım .Net platformunda C# dili kullanılarak hazırlandı. SM, afet bölgesi, sahra hastanesi, çevre hastaneler, çadırkent gibi geçici iskan bölgeleri, sevk için kullanılan araçlar, sağlık personeli ve veri merkezi arasındaki bilgi akışını sağlayacak mimari özellikte tasarlandı. Afetzede verilerinin kolay girilebilmesi için sağlık profesyonellerinin işlem basamaklarına göre daha önceden minimal veri setleri oluşturularak veri tabanına girişi sağlandı. Yeni verilerin girilebileceği gibi eski verilerinde sorgulanabilmesine olanak tanıyan nitelikte veritabanı alanları oluşturuldu. Buna ek olarak entegre edilebilir özellikler taşıması sağlandı.

3. Sonuç

Sağlık Modülü uygulaması geliştirilen yazılım çerçevesinde bu bölümde ele alınacaktır.

SM'nün giriş sayfasında bulunan kullanıcı adı kısmına Türkçe karakterler hariç Latin harfleri ile oluşturulacak giriş bilgisi kullanıcıdan istenmektedir. Parola kısmında ise kullanıcı tarafından belirlenen ve sistem yöneticisinin onayladığı sayısal ve/veya Türkçe karakterler hariç Latin harf karakterlerini içeren bilgi kullanıcıdan istenmektedir. SM ana sayfasının sol tarafında kullanıcı yetkileri ve işlem basamaklarına göre sıralanmış menülerin bulunduğu kısım, bilgi sistemi ile ilgili genel bilgiler ve genel sorguların bulunduğu kısım olarak uygulanmıştır.

Afetzede kimlik bilgileri ve triaj kodu bilgilerini içeren afetzede kimlik bilgisi sayfası, İçişleri Bakanlığı'na bağlı Nüfus ve Vatandaşlık İşleri Genel Müdürlüğü'nce yürütülen merkezi nüfus bilgilerinin sağlandığı modül ile ilişkilendirilebileceği düşünülerek gerekli entegrasyon alanı veritabanında oluşturulmuştur.

SM sağlık profesyonelleri kimlik bilgisi sayfası ile hem kişisel bilgilerin girilip güncellenebildiği hem de afet bölgesinde görevli sağlık profesyonelleri iş çizelgelerinin oluşturulabildiği bir arayüz tasarımıdır. Sağlık profesyonellerinin kimlik bilgisi girişi ve iş çizelgesinin bulunduğu arayüzler ile afet alanında görev yapmak üzere gelen sağlık profesyonelleri kayıt altına alınması öngörülmüştür. Ayrıca afet olmadan önce bütün birimlerin ortak kullanımının sağlanabileceği bir sağlık profesyoneli kimlik bilgi sisteminin mevcut olduğu var sayılarak entegre edilebilir bir yapı tasarlanmıştır. Bunun nedeni gönüllülük ilkesine göre görevlendirilen sağlık profesyonelleri ile afet bölgesine yakın sağlık kuruluşlarında çalışan sağlık profesyonellerinin kimlik bilgilerine erişim sağlanarak, afet bölgesi gereksinimine göre personel planlamasının yapılabilmesine hizmet etmek ve ayrıca afetzede ile ilgili

yapılan tüm girişimlerde personel bilgisi verisinin tutulabilmesini sağlamaktır.

Fizik muayene kayıt işlemi ve raporlamasının yer aldığı ara yüz tasarımı (Şekil 2.) ile genel müdahale, ilaç order, ilaç uygulama bilgisi gibi afetzede ile ilgi yapılacak tıbbi uygulamaların veri girişinin yapıldığı arayüzlere örnek olarak verilmiştir. Tüm arayüzlerin tasarımında uygulamada kullanılan kağıt tabanlı kayıt işlem basamakları, literatür bilgisi ve uzman görüşü desteği alınmıştır. Ayrıca SM için geliştirilen tüm arayüzlere mobil cihazlar ve tablet bilgisayarlar ile de erişim sağlanabilmektedir.



Şekil 2. SM fizik muayene sayfası.

4. Tartışma

SM ile olağan dışı durumlarda sağlık hizmetlerinin sürdürülmesinde hız ve hizmet kalitesini arttırması öngörülmüştür. Hazırlanan web tabanlı SM ülkemizde afet durumunda sağlık verisinin tek bir çatı altında toplanmasında öncü olabilecek bir uygulama niteliğindedir. Bu çalışma ile bilgi ve iletişim teknolojilerinin herhangi bir afet durumunda hastane acil servis üniteleri ve hastane öncesi acil sağlık hizmeti veren ekipler arasındaki bilgi ve iletişim koordinasyonunun sağlanmasında hız ve hizmet kalitesinin artırılmasına "doğru zamanda doğru kişilere doğru bilginin" aktarılması ile katkıda bulunulacağı öngörüldü. Bilgi sisteminin ölçeği ya da amacı ne olursa olsun, bilgi toplama, düzenleme, analiz etme, iletişim ve veri değerlendirme kapasitesine sahip olmalıdır. Her birimin toplayacağı ve yöneteceği SM alanları literatür ve uzman görüşleri doğrultusunda geliştirilmesi gerçekleştirilmiştir [23-29, 31].

SM, evrensel standartlara sahip olabilmesi için dil birliğinin sağlanarak standart formların geliştirildiği ve afet durumunda ihtiyaç duyulabilecek verilerin afet öncesinde tutulmuş olması fikri üzerine kurulmuş, entegre edilebilir bir modül olarak geliştirilmiştir. Afet tıbbında mobil teknolojilerin kullanımı ve etkinliği ile ilgili yapılan çalışmalarda, son yıllarda gerçekleştirilen araştırmaların afetzedelerin uzaktan izlenmesi, olay yeri yönetimi, tıbbi görüntü aktarımı, karar destek uygulamaları ve sahra hastanesi bilgi teknolojisi sistemleri olmak üzere beş grup altında toplandığı bilinmektedir. Geliştirilen SM'ün sabit bilgisayarlar ile akıllı telefonlar gibi mobil cihazlarda da kullanılabileceği öngörülerek web uygulaması geliştirilmiş ve tüm cihazlarda çalıştırılabildiği izlenmiştir [25-27].

SM'nün gerçek bir afette uygulama testi yapılmamıştır. Bunun için gerçek bir afet durumunda ne tür uygulama sorunları ile karşılaşılabileceği bilinmemektedir. Bunun nedeni insan davranışlarının olağan dışı bir durumda önceden tahmin edilemeyişidir. Fakat kağıt tabanlı olarak yürütülen hastane öncesi işlemleri kolaylaştırarak veri kaybının en aza inmesi öngörülerek geliştirilen sistemlerin mobil cihazlarda da çalışabilmesi geliştirilen sistemin üstünlüğünü oluşturmuştur [26-32].

Literatürde afet gibi olağan dışı durumlarda kullanılabilecek bilgi sistemi önerileri mevcuttur. Bu çalışma ile afette kullanılabilecek bilgi sistemlerine modern afet yönetimi aşamalarına göre tasarlanmış SM'ne nasıl yer verilmesi gerektiği ile ilgili bir yaklaşım oluşturulmuştur. Ayrıca, afette SM'nün neden gerektiği konusunda farkındalık geliştirilmiştir. Bu çalışma ile afette sağlık uygulamalarının zorlukları ve SM kullanımı ile sağlanan çözüm yöntemleri ortaya konulmuştur. Ayrıca, afet yönetimi bilgi sistemleri çatısı altında geliştirilecek SM için ulusal hatta uluslararası standartlara ihtiyaç duyulduğu ve bunun ile ilgili çalışmaların yapılarak bilim dünyası ile paylaşılması gerektiği, SM uygulamaları için ulusal ve uluslararası stratejilerin geliştirilerek hukuksal çerçevesinin oluşturulması gerektiği, afet durumunda kullanılabilecek sağlık bilgi sistemlerine özgü minimum veri setlerinin oluşturulması gerekliliği, herhangi bir olağan dışı durumda uygulamaya girecek SM uygulamaları ile ilgili sağlık profesyonellerinde farkındalık geliştirilmesi ile ilgili çalışmaların planlanıp uygulanması gerektiği, hastane bilgi sistemi, radyoloji bilgi sistemi, laboratuvar bilgi sistemi vb. gibi hastane öncesi süreçler ile ilgili de bilişim teknolojilerin hız ve hizmet kalitesini arttıracak yönde kullanıldığı, entegre edilebilir SM uygulamalarının desteklenmesi gerektiği ortaya konmuştur.

5. Arka Plan

Bu çalışma International Conference on Advanced in Computing, Communication and Information Technology, Birmingham, UK, 26-27 May, 2015 ve Medical Informatics Europe 2014, İstanbul, Turkey, 31 Aug-3 Sep 2014'te sözlü bildiri olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

[1] Lavell A, Maskrey A, The future of disaster risk management, Environmental Hazards Taylor&Francis Group, Volume:13, Issue:4, pp:267-280, 2014, **DOI:**10.1080/17477891.2014.935282

[2] Karen E. Joyce, Kim C. Wright, Sergey V. Samsonov, Vincent G. Ambrosia (2009). Remote sensing and the disaster management cycle, Advances in Geoscience and Remote Sensing, Gary Jedlovec (Ed.), ISBN: 978-953-307-005-6, InTech, DOI: 10.5772/8341.

[3] Uluğ A, Nasıl bir afet yönetimi?, İzmir afet riskini azaltma sempozyumu, 2008, http://www.tmmobizmir.org/wp-content/uploads/2014/05/200801.pdf, Erişim tarihi: 02.01.2016

[4] Edt. Kadıoğlu M, Özdamar E, Afet Zararlarını azaltmanın temel ilkeleri, T.C. İçişleri Bakanlığı Japonya Uluslararası İşbirliği Ajansı (JICA), Türkiye

Ofisi, Yayın No:2, İSMAT Matbaacılık, Ankara, 2008, ISBN 978-975-98140-1-4.
[5] Risk Yönetimi - Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, https://www.afad.gov.tr/Dokuman/TR/24092012162638.pdf, Erişim tarihi: 03.01.2016
[6] Işık Ö, Aydınlıoğlu HM, Koç S, Gündoğdu O, Korkmaz G, Ay A, Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri, Okmeydanı Tıp Dergisi 28(Ek sayı 2):82-123, 2012, doi:10.5222/otd.supp2.2012.082
[7] Adaş G, Turgut N, Akçakaya A, Büyük Afetlerde Sağlık Hizmetlerinin Planlanması Organizasyonu ve Triaj, Okmeydanı Tıp Dergisi 28(Ek sayı 2):124-134, 2012, doi:10.5222/otd.supp2.2012.124
[8] Yılmaz A., Türkiye'de Afetlerde Karşılaşılan Sorunlar, Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi, Cilt: 1, Sayı: 1, sf: 61-81, 2012, ISSN: 1624-7215
[9] Jang HC, Lien YN, Tsai TC, Rescue information system for earthquake disasters based on MANET emergency communication platform, IWCMC'09, June 21–24, 2009, Leipzig, Germany, ISBN: 978-1-60558-569-7 doi:10.1145/1582379.1582514
[10] International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, World Disasters Report 2009, Focus on early warning, early action, 2009, http://www.ifrc.org/Global/WDR2009-full.pdf, Erişim tarihi: 02.01.2016.
[11] The Johns Hopkins and Red Cross / Red Crescent, Public health guide for emergencies, http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/pnacu086.pdf, Erişim tarihi: 02.01.2016
[12] International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, World Disasters Report 2012, Focus on forced migration and displacement, 2012, ISBN 978-92-9139-187-5, http://www.drk.de/fileadmin/Presse/Dokumente/1216800-WDR_2012-EN-LR.pdf, Erişim tarihi: 02.01.2016
[13] Debby Guha-Sapir, Femke Vos, Regina Below, Sylvain Ponserre, Annual Disaster Statistical Review 2010, The numbers and trends, Ciaco Imprimerie, Louvain-la-Neuve, Belgium, May 2011, http://www.cred.be/sites/default/files/ADSR_2010.pdf.
[14] Ajami S, A comparative study on the Earthquake Information Management Systems (EIMS) in India, Afghanistan and Iran, Journal of Education and Health Promotion. 2012; 1: 27. doi: 10.4103/2277-9531.99963
[15] Batuk F, Emem O, Alkış Z, Gümüşay U, Eraslan C, Helvacı C, Demir N, Türk T, Bayram B, Alkış A, Developing of Turkey's disaster management standards for e-government, XXth Congress International Society for Photogrammetry and Remote Sensing, Comission IV, WG IV/2, p. 183-187 , Istanbul, Turkey, 2004, http://www.isprs.org/proceedings/XXXV/congress/comm2/papers/139.pdf, Erişim tarihi: 04.01.2016
[16] Caillouet LP, Paul PJ, Sabatier SM, Caillouet KA, Eye of the storm: Analysis of shelter treatment records of evacuees to Acadiana from Hurricanes Katrina and Rita, Am J Disaster Med. 2012 Fall;7(4):253-71. doi: 10.5055/ajdm.2012.0099.
[17] Bakopoulos M, Tsekeridou S, Giannaka E, Tan ZH, Prasad R, Command & control: information merging, selective visualization and decision support for emergency handling, Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference – Lisbon, Portugal, May 2011.
[18] Coskun E, Ozceylan D, Complexity in emergency management and disaster response information systems (EMDRIS), Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference – Lisbon, Portugal, May 2011.
[19] Cabañas JG, Scholer M, Tintinalli J, Emergency Medicine Informatics: Information Management and Applications in the 21st Century, Emergencias 2009; 21: 354-361
[20] Gabdulkhakova A, König-Ries B, Mähler M, Identifying and Supporting Information Needs in Mass Casualty Incidents – an Interdisciplinary Approach, Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference – Lisbon, Portugal, May 2011
[21] Chan TC, Griswold WG, Buono C, Kirsh D, Lyon J, Killeen JP, Castillo EM, Lenert L, Impact of Wireless Electronic Medical Record System on the Quality of Patient Documentation by Emergency Field Responders during a Disaster Mass-Casualty Exercise, Prehospital and Disaster Medicine, 2011;26(4):1–8.
[22] Dorasamy M, Raman M, Information Systems to Support Disaster Planning and Response: Problem Diagnosis and Research Gap Analysis, Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference – Lisbon, Portugal, May 2011
[23] Meissner A., Luckenbach T., Risse T., Kirste T., Kirchner H., Design Challenges for an Integrated Disaster Management Communication and Information System, The First IEEE Workshop on Disaster Recovery Networks (DIREN 2002), June 24, 2002, New York City, co-located with IEEE INFOCOM 2002.
[24] Morton M, Levy JL, Challenges in disaster data collection during recent disasters, Prehospital and Disaster Medicine 2011;26(3):196–201, DOI:10.1017/S1049023X11006339.
[25] Case T, Morrison C, Vuylsteke A. The clinical application of mobile technology to disaster medicine. Prehosp Disaster Med. 2012;27(5):473-480, doi: 10.1017/S1049023X12001173.
[26] Qiantori A, Sutiono AB, Hariyanto H, Suwa H, Ohta T, An emergency medical communications system by low altitude platform at the early stages of a natural disaster in Indonesia, J Med Syst, 2012, 36:41–52, DOI 10.1007/s10916-010-9444-9.
[27] Levy G, Blumberg N, Kreiss Y, Ash N, Merin O, Application of information technology within a field hospital deployment following the January 2010 Haiti earthquake disaster, J Am Med Inform Assoc 2010;17:626e630. doi:10.1136/jamia.2010.004937
[28] Reddy MC, Paul SA, Abraham J, McNeese M, DeFlitch C, Yen J, Challenges to effective crisis management: Using information and communication technologies to coordinate emergency medical services and emergency department teams, international journal of medical informatics, 2009, 78, pp. 259–269.
[29] McDonnell SM, Perry HN, McLaughlin B, McCurdy B, Parrish RG, Information for Disasters, Information Disasters, and Disastrous Information, Prehospital and Disaster Medicine, 2007, Vol:2, No:4, pp. 315-322.
[30] Sutiono AB, Qiantori A, Prasetio S, Santoso H, Suwa H, Ohta T, Hasan T, Murni TW, Designing an emergency medical information system for the early

stages of disasters in developing countries: the human interface advantage, simplicity and efficiency, Jurnal of Medical Systems, 2010, Vol.34, No.4,pp. 667-675, DOI: 10.1007/s10916-009-9280-y

[31] Franc-Law JM, Bullard MJ, Corte FD, Accuracy of computer simulation to predict patient flow during mass-casualty incidents, Prehospital and Disaster Medicine, 2008, Vol.23, No.4, pp.355-60, http://pdm.medicine.wisc.edu.

[32] Bakopoulos M, Tsekeridou S, Giannaka E, Tan ZH, Prasad R, Command & control: information merging, selective visualization and decision support for emergency handling, Proceedings of the 8th International ISCRAM Conference – Lisbon, Portugal, May 2011.

SAĞLIK YÜKSEKOKULU ÖĞRENCİLERİNİN TEMEL AFET BİLİNCİNİN ÖLÇÜLMESİ

THE SCHOOL OF HEALTH STUDENTS ARE MEASUREMENT OF BASIC DISASTER AWARENESS

Yasemin İNAN[a], Serkan KÖKSOY[b] Mümin POLAT[c]
[a] Mehmet Akif ERSOY Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu Acil Yardım ve Afet Yönetimi Burdur, Türkiye, E-posta:yasemin_fsml@hotmail.com
[b] Mehmet Akif ERSOY Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu Halk Sağlığı Hemşireliği A.D., Burdur, Türkiye, E-posta: skoksoy@mehmetakif.edu.tr
[c] Mehmet Akif ERSOY Üniversitesi Sağlık Yüksekokulu Acil Yardım ve Afet Yönetimi

Özet

Tarih boyunca pek çok doğal afet meydana gelmiş ve bunun sonucunda ciddi can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Can ve mal kayıplarına yol açan doğal afetlerin başında deprem, sel, heyelan ve çığ gelmektedir. Afetlerin oluşum şekillerine bakıldığında; doğal ve fiziksel olaylarla beraber, insan aktivite ve ihmalinin sonunda da oluşabildiği görülmektedir. Kişilerin afet gibi öngörülemeyen olgularla başa çıkabilme konusundaki davranışları bu duruma hazırlıklı olma, bilgi ve bilinç düzeyleri ile belirlenmektedir. Özellikle üniversite öğrencilerinin afetlere ilişkin bilgi düzeyinin belirlenmesi ve buna yönelik farkındalığı arttırıcı çalışmaların bulunması önem arz etmektedir. Bu çalışmada Burdur Sağlık Yüksekokulu öğrencilerinin temel afet bilinci ile ilgili bilgi ve bilinç düzeylerini ve afete hazırlıklı olma durumlarını ölçmek amaçlanmıştır.

Anahtar kelimeler: Afet, Afet Bilinci, Üniversite Öğrencileri

Abstract

Many natural disasters have occurred throughout history, and as a result has experienced serious losses of life and property. Natural disasters which cause loss of lives and property of earthquakes, floods, landslides and avalanches. When looking at the patterns in the occurrence of disasters, natural and physical phenomena together with the observed human activity and neglect that can occur at the end of it. Facts on the behaviour to cope with unforeseen disaster, such as the persons to be prepared for this situation, is determined by the levels of knowledge and awareness. College students especially in relation to disasters and to increase awareness of activities that help to determine the level of knowledge, it is crucial that it be included. In this study, Burdur School of Health Students knowledge and awareness about disaster preparedness and basic disaster awareness, it is intended to measure the levels of status.

Keywords: Disaster, Disaster Consciousness, University Student

1. Giriş

Tarih boyunca pek çok doğal afet meydana gelmiş ve bunun sonucunda ciddi can ve mal kayıpları yaşanmıştır. Can ve mal kayıplarına yol açan doğal afetlerin başında deprem, sel, heyelan ve çığ gelmektedir [1]. Afetlerin oluşum şekillerine bakıldığında; doğal ve fiziksel olaylarla beraber, insanın neden olduğu yapay nedenlerin sonunda da oluşabildiği görülmektedir [2].

Afet; etkilenen toplumun yalnızca kendi kaynaklarını kullanarak başa çıkma yetisini aşan, yaygın, insani, maddi ya da çevresel kayıplara sebep vererek toplumun normal işleyişinin ciddi şekilde aksaması anlamına gelir [3]. Afet riskini azaltmak sürdürülebilir kalkınma için en mantıklı yatırımdır. Çeşitli yıllarda farklı oluşum şekilleriyle ortaya çıkan ve büyük zararlara uğratıp telafi edilmeyen sonuçlara neden olan afetler; şimdiye kadar doğru kabul ettiğimiz davranışları sorgulamamıza neden olmuştur [4].
Toplumda afet bilinci oluşturmak; oluşabilecek tehlikelerden en az şekilde etkilenip can ve mal kayıplarını minimuma indirmenin yollarından bir tanesidir [5]. Afet bilinci oluşmuş toplumlarda, bu tür olayların yaratacağı kayıpları önlemek, örgütsel ve sistematik çözümler üretmek ile mümkün olacaktır [6]. Afetler karşısında toplum katmanlarının farklı düzeylerde de olsa etkilendiği bir gerçektir [7]. Bu nedenle toplumun afet zararının azaltılmasında etkin rol alabilmesi için toplum bilincinin arttırılması şarttır ve bunun en etkili yolu eğitimdir.
Afet ile ilgili alınan eğitimlere rağmen yeterli afet bilincine ulaşamamış bireyler; afet yönetimi için olumsuzluk teşkil etmektedir. Afetin olumsuz sonuçlarının ortaya çıkmasının önlenmesi konusunda çeşitli düzenlenmelere ihtiyaç vardır. Bu düzenlenmelerde öncelikle toplumsal yapıya uygun bir eğitim sistemin oluşturulma ve sürdürülmesi önemlidir [8]. Daha çok idealist ve pratik nitelikleriyle dikkat çeken bir sosyal grup olan üniversite öğrencilerinin bu konularda eğitilmesi ve farkındalık oluşturması hayati önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın; afetin oluşturacağı olumsuz sonuçların çözümünde, üniversite öğrencileri açısından önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir..

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Materyal ve Metod

Bu araştırma Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi (Burdur) Sağlık Yüksekokulu öğrencilerinin temel afet bilinci düzeylerini belirlemek ve olası afet hallerinde hazırlıklı olma durumlarını ölçmek amacıyla kesitsel bir çalışmadır. Araştırmada evren olarak Sağlık Yüksekokulunda okuyan öğrenciler belirlenmiştir (n=969). %95 güven düzeyi, %5 hata payı hesaplanarak sonuçta örneklem olarak 275 kişi belirlenmiştir. Ancak sınıf mevcutlarının farklı olması ve anketin tüm sınıfa yapılması nedeniyle 331 kişiye anket uygulanmıştır. Çeşitli nedenlerle anketi tamamlayamayan öğrenci sayısı 18 dir. Çalışma ile ilgili olarak gerekli etik kurul ve kurum izni alınmıştır. Öğrencilere sözlü onam formu imzalatılarak çalışmaya dahil edilmiştir. Ayrıca bu çalışmada hiçbir dışlama kriteri uygulanmamıştır.

3. Bulgular

İstatistiksel değerlendirmeler SPSS 16.0 programı kullanılarak yapılmıştır. Değerlendirmelerde frekans, yüzde (%) olarak verilmiştir. Katılımcıların toplam 331 kişidir. (erkek n=149 bayan=182) Yaşın genel ortalaması %19.71.

	ERKEK (n=149)				BAYAN (n=182)			
	EVET		HAYIR		EVET		HAYIR	
SORU	%	N	%	N	%	N	%	N
Afet(deprem, sel v. b) ile karşılaştınız mı?	50.33	75	49.66	74	41.20	75	58.79	107
Temel afet bilinci eğitimi aldınız mı?	55.03	82	44.96	67	49.45	90	50.54	92
Afet hazırlık planınız var mı?	75.83	113	24.16	36	9.34	4	90.65	165
Sizce temel afet bilinci eğitimleri önemli mi?	89.26	133	10.73	16	96.70	176	3.29	6
Okulunuzda afet eğitimi için yeterli araç-gereç var mı?	20.80	31	79.19	118	15.38	28	84.61	154
Burdur fay hattı üzerinde midir?	90.60	135	9.39	14	90.65	165	9.34	17
Marmarada önümüzdeki 10 yıl içerisinde deprem olma olasılığı çok yüksek midir?	94.63	141	5.36	8	94.98	176	3.29	6
Deprem sırasında balkonlar önemli sığınak alanları mıdır?	4.69	7	95.30	142	0.54	1	99.45	181
Yaşanılabilecek depremlere ilişkin afet planları hazırlanmalı mıdır?	91.27	136	8.28	13	96.15	175	3.84	7
Deprem sonrası sağlam kalan binaların altında kalıp beklenmeli midir?	55.03	82	44.96	67	56.04	102	43.95	80
Herhangi bir afet sırasında afetin hissedildiği an, koşar adımlarla o anda bulunulan alan terk edilmeli midir?	40.26	60	59.73	89	37.91	69	62.08	113

Afetle karşılaşma ve afete hazırlıklı bulunma arasındaki fark istatistiki olarak anlamsız bulunmuştur (p>0,05), temel afet eğitimlerinin kişinin bulunduğu yer açısından afet planı hazırlanması arasındaki fark önemli bulunmuştur (p<0,05) son zamanlarda özellikle sosyal medyada yer alan muhtemel bir Marmara depremi örneklem grubumuz tarafından dikkatli bir şekilde takip edilmiştir. Aynı zamanda çalışmanın yapıldığı Burdur ili aktif fay hattı üzerinde olduğu bilinmektedir (%90,63). Deprem sonrası sağlam kalan binaların altında beklemek ise doğru bilinen bir davranış şekli olmamakla birlikte ortalama %55,55 oranında binaların altında kalınabileceği şeklinde bir düşüncenin varlığı dikkat çekmektedir.

4. Tartışma

Türkiye afet planlanmasında henüz gelişmiş ülkeler düzeyine ulaşamamıştır. Bu durumun altında yatan en önemli nedenin toplum olarak başımıza gelen olumsuzluklardan sonra yeterli dersin çıkarılamamış olmasıdır [9]. Ülkemizde doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olsun, büyük afetlerin zararlarının önceden yapılacak planlama ile azaltılmasına yönelik önlem alınmasından çok; acil durumlar ortaya çıktıktan sonra uygulanılacak müdahale ve afet zararlarını azaltmaya yönelik önlemler alınması uygulamaları ağırlıktadır [10].

Ortak afet terminolojisin oluşması, afet yönetimin tüm paydaşlarına ulaştığında sağlanabilir. Bu durumu sağlamakta akredite edilmiş eğitimlerin pratiğe geçirilmesi ile mümkün olacaktır. Bilimsel tartışmaların ötesinde bilgi işleme ve aktarma süreçleri bilginin işe yararlılık temelinde yürüyecek bir iştir [11]. Bilgi yönetim ve eğitim, afete eğilimli bölgelerdeki toplulukların risklerle başa çıkma yolları ve daha iyi anlama konularında bize yardımcı olabilir. Eğitim, afet zararlarını azaltma konusunda yakından ilişkilidir. İlerleme, bilginin aktarımı ve ortaklığı temel afet bilincinin oluşmasında anahtar esaslardır.

Eğitim olmaksızın afet zararlarını azaltmada sürdürülebilir gelişmenin sağlanması mümkün değildir. Sürdürülebilir sistemler yaratmak için bilimsel, mühendislik ve kültürel prensiplerin uygulanmasına dayalı olan afet azaltma faaliyetleri üzerine toplumun tüm sektörlerinin eğitimi uzun dönemli ve sürdürülebilir olarak gerçekleştirmelidirler [12]. Çalışmamızın sonucunda, Sağlık Yüksekokulumuzun temel afet bilinci konusunda bilinç düzeyinin beklenen ölçülerde olmadığı, öğrencilerin afet eğitiminin öneminin farkında olduğu ancak verilen eğitimde aksaklıklar olduğu göze çarpmaktadır. Afet bilincini daha yukarılara taşımak ve temel afet bilincini aşılamak için üniversitelerde kampanyalar yürütülmelidir. Bununla birlikte toplum olarak da farkındalığımızı artırmak amacıyla gerekli her türlü atılım gerek devlet gerekse sivil toplum kuruluşlarınca yapılmalıdır.

5. Sonuç

Çalışmamızın sonucunda, Sağlık Yüksekokulumuzun temel afet bilinci konusunda bilinç düzeyinin beklenen ölçülerde olmadığı, öğrencilerin afet eğitiminin öneminin farkında olduğu ancak verilen eğitimde aksaklıklar olduğu göze çarpmaktadır. Afet bilincini daha yukarılara taşımak ve temel afet bilincini aşılamak için üniversitelerde kampanyalar yürütülmelidir. Bununla birlikte toplum olarak da farkındalığımızı artırmak amacıyla gerekli her türlü atılım gerek Devlet gerekse sivil toplum kuruluşlarınca yapılmalıdır.

Kaynaklar

[1] Cin, M., Sınıf Öğretmeni Adaylarının Doğal Afetler İle İlgili Yanılgıları, Marmara Coğrafya Dergisi, Sayfa:70-81, Sayı: 22, Temmuz, 2010.

[2] Marsap, A., İnsan Kaynakları Eğitiminde Afet Yönetiminin Yeri, Afete Hazırlık ve Afet Bilincinin Önemi, Deprem Sempozyumu, Kocaeli, 2015

[3] United Nations, Department of Humanitarian Affairs, Internationally Agreed Glossary of Basic Terms Related to Disaster Management. (DNA/93/36). United Nations. Geneva. 1992.

[4] Kadıoğlu, M., Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği Yayını, Yayın No: 65, 2011.

[5] Özgüven, B., İlköğretim Öğrencilerine Verilen Temel Afet Bilinci Eğitiminin Bilgi Düzeyine Etkisi. [Yüksek Lisans Tezi] Dokuz Eylül Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü. İzmir: 2006.

[6] İnal, E., Kocagöz, S., Turan, M., Temel Afet Bilinç ve Hazırlık Düzeyinin Saptanmasına Yönelik Bir Araştırma, J Emerg Med 12(1):15-19, 2012

[7] Kırıkkaya, E., Ünver, A., Çakın, O., Teachers Views on the Topic of Disaster Education at the Field on Elementary Science and Technology Curriculum, Necatibey Faculty of Education Electronic Journal of Science and Mathematics Education Vol. 5, Issue 1, , pp. 24-42 June 2011

[8] Erkan M.,:Toplumda Sosyal Bir Gurup Olarak Gençlik, İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası, C. 43 Prof. Dr. S. F., Ülgener'e Armağan İstanbul, 1987

[9] Erkal T., Dısaster Management Of Turkey, Eastern Geographical Review 22, 147

[10] İTÜ (İstanbul Teknik Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi, 2002, İTÜ Ulusal Afet Yönetim Modeli Geliştirme Projesi. İstanbul.

[11] Işık Ö., Aydınlıoğlu H. M., Koç. S., Gündoğdu O., Korkmaz G , Afet Yönetimi ve Afet Odaklı Sağlık Hizmetleri, Okmeydanı Tıp Dergisi 28, supp2:82-123, 2012

[12] Seyfe, N. (2007) “AFEM Tanıtım Kitapçığı”, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 35 s.

İŞLETMELERİN AFET VE ACİL DURUMLARA KARŞI DİRENÇLİLİĞİ VE ACİL DURUM PLANLARI

EMERGENCY AND DISASTER RESILIENCE OF BUSINNESS AND EMERGENCY PLANS

Ömer Yavuz[a] ve Zakir Tekin[b]
[a] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye, E-posta: omerfrkyavuz@hotmail.com
[b] Çanakkale İl Sağlık Müdürlüğü, Çanakkale, Türkiye, E-posta: zakir.tekin@hotmail.com

Özet

Bu çalışmanın iki temel amacı vardır. İlki, işletmelerdeki afet ve acil durum risklerini ve işletmelerin acil durumlara karşı dirençliliğini teorik olarak ortaya koymaktır. İkincisi ise işletmelerin afet ve acil durumlara karşı dirençliliğini artırmanın bir aracı olarak acil durum planlarını incelemektir. Özellikle küçük işletmeler için afet ve acil durumlara karşı dirençlilik hayatta kalma açısından önem taşımaktadır. Acil durumdan sonra yeniden normale dönmek için iyi bir plana sahip olmayan işletmelerin % 50'si afet sonrasında faaliyetlerine devam edememektedir. Bu bağlamda acil durum planları, kurumsal dirençliliğin artırılması için önemli bir katkı sunmaktadır. Acil durum planları ile ilgili düzenlemeler sadece işletmelerin inisiyatifine bırakılmamalı, özellikle kamu sektörü bu planların hazırlanmasında işletmelere yardımcı olmalıdır.

Anahtar kelimeler: Acil durum, acil durum planı, afet, işletme, iş sürekliliği.

Abstract

There are two main purpose of this study. First, it is to demonstrate the risks and resilience of emergency in business. Second is to examine to emergency plan as a tool of increasing the disaster and emergency resilience of business. For small businesses especially disaster and emergency resilience is important for the survival. %50 of businesses that do not have a good plan in order to return to normal after emergency, is unable to continue its activities in post -disaster. In this context, emergency plans are provide an important support to the increasing ınstitutional resilience. Regulations regarding emergency plans should not only be left to the discretion of the company. Especially the public sector should help the company in the preparation of this plan.
Keywords: Emergency, Emergency plan, disaster, businness, business continuity.

1. Giriş

Afet ve acil durumlar ile ilgili yapılan çalışmalarda genellikle, bu olayların yerel acil durum organizasyonları üzerine, kamu güvenliğine ve halkın yaşantısı üzerine olan etkileri konu edilmektedir. Afet ve acil durumların ekonomik etkilerini inceleyen araştırmalarda ise bu olayların mikroekonomik ve makroekonomik göstergeler üzerinde oluşturduğu etkiler göz önünde bulundurulmaktadır.

Beklenmedik olayların işletmeler üzerindeki etkisi, işletmelerin afet ve acil durumlara karşı hazırlığı ve işletmelerde acil durum yönetimi gibi konular ise şimdiye kadar yeterince incelenmemiştir [1,2]. Oysa işletmeler gerek ekonomik anlamda gerekse sosyal anlamda toplumun temelini oluşturmaktadır. İşletmelerde meydana gelen afet ve acil durumlar, toplumun çok büyük bir kesimini etkileme potansiyeline sahiptir. Gerek Türkiye'deki gerekse dünyadaki işletmelerde her yıl milyonlarca afet ve acil durum olayı yaşanmaktadır. Bu olaylar, çok sayıda firmanın ekonomik olarak zarar görmesine ve hatta faaliyetlerini sürdürememesine yol açmaktadır.

Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının (AFAD) 2013-2017 yıllarını kapsayan stratejik planında işyerlerinin afete hazırlığı önemli bir yer kaplamaktadır. Bu bağlamda AFAD, "Afete Hazır İşyeri" kampanyası başlatmayı hedeflemektedir. Bu projenin kapsamı, işletmelerin afete karşı farkındalığının geliştirilmesi ve afete dirençli işyerleri oluşturulmasıdır [3]. Dolayısıyla işletmelerin afet ve acil durum riskleri ve bu riskleri gidermek için yapılacak işlemleri konu edinen çalışmalar daha önemli hale gelmektedir.

Bu çalışmanın iki temel amacı vardır. İlki, işletmelerdeki afet ve acil durum risklerini ve işletmelerin acil durumlara karşı dirençliliğini teorik olarak ortaya koymaktır. İkincisi ise işletmelerin afet ve acil durumlara karşı dirençliliğini artırmanın bir aracı olarak acil durum planlarını incelemektir.

Belirtmek gerekir ki afet ve acil durum kavramları birbirinden farklı kavramlardır. Bu iki kavram arasındaki farklılık, meydana gelen olayın büyüklüğü ile ilgilidir. Acil durum ve afetlerin potansiyeli aynı olaylardır. Eğer meydana gelen olay, yerel imkan ve kaynaklar ile üstesinden gelinebiliniyorsa acil durum olarak nitelendirilir. Yerel imkanların yetersiz kaldığı durumlarda ise aynı olay afet olgusunu ortaya çıkarır. Bu çalışmada kullanılan acil durum kavramı ise normalde kullanılan acil durum kavramından daha farklı bir kullanıma sahiptir. Burada acil durum kavramı afet kavramını da içine alacak şekilde daha geniş kapsamlı olarak kullanılmıştır. Bunun nedeni işyerlerinde beklenmedik zamanlarda meydana gelen ancak afet niteliği taşımayan bazı olayların (kayıtların

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

kaybolması gibi) acil durum kavramı ile açıklanabilir olmasıdır.

2. İşletmelerde Acil Durum Riskleri ve Acil Durumların İşletme Üzerine Etkisi

İş yerleri için acil durum, çalışanları, müşterileri ya da toplumun genelini tehdit eden, işi kesintiye uğratan veya işyerine fiziksel ve çevresel olarak zarar veren beklenmedik durumdur [4]. Gigliotti ve Jason [5] acil durumları, dört gruba ayırmıştır;

- Tıbbi acil durumlar: kuş gribi, kırım kongo kanamalı ateşi vb. çok sayıda kişiyi etkileyen salgın hastalıklar, toplu gıda zehirlenmeleri, çok sayıda kişinin yaralandığı ve sağlık müdahalesine ihtiyaç duyduğu kitlesel olaylar gibi.
- Yangınlar: ev ve işyerlerinde meydana gelen küçük çapta yangınlar bu kapsamda değerlendirilmektedir.
- Bomba ihbarları: Olağan yaşamı kesintiye uğratan, toplumsal kurumların teyakkuzda olduğu, tehdit ortamlarıdır.
- Kazalar: Çok sayıda kişinin ölümüne ya da yaralanmasına neden olan iş kazaları, büyük trafik kazaları, çevre kirliliğine neden olan kimyasal, biyolojik, radyoaktif serpintiler bu gruba girmektedir.

Gigliotti ve Jansen'in sınıflandırmasına göre acil durumlar daha çok ölüm ve yaralanmalar ile maddi hasara neden olan olaylar olarak görülmektedir. Spillan [6] ise İşletmeler açısından acil duruma neden olan olayları daha geniş olarak ele almıştır. Kanaatimizce işletmeler açısından risk oluşturan acil durumlar geniş olarak yorumlanmalıdır. İşletme açısından risk oluşturan acil durumlar operasyonel acil durumlar, kamusal problemler, doğal afetler, hukuki durumlar ve diğer acil durumlar olmak üzere beş gruba ayrılmaktadır.

Operasyonel acil durumlar;

- İşletme kayıtlarının herhangi bir nedenle silinmesi ya da kaybolması,
- Bilgisayar sisteminin arızalanması ya da kullanılamaz hale gelmesi,
- İşletmenin bilgisayar sistemine internet korsanlarınca saldırı düzenlenmesi,
- Büyük endüstriyel kazalar,
- İşletme sahibinin ya da önemli görevdeki bir yöneticinin yaşamını yitirmesi,
- Üretim sistemlerinin zarar görmesi ya da önemli bir makinenin arızalanması.

Kamusal problemler;

- Ürünlerin halk tarafından boykot edilmesi,
- Üretimin sabote edilmesi,
- Negatif medya kampanyası.

Doğal afetler;

- Deprem,
- Sel,
- Tsunami,
- Fırtına,
- Kasırga,
- Ciddi kış soğukları vb.
-

Hukuki durumlar;

- Tüketici davaları,
- Çalışanların açtığı davalar,
- Hükümet yaptırımları,
- Ürünlerin geri çağrılması.

Diğer acil durumlar;

- İşletme kayıtlarının çalınması ya da değiştirilmesi,
- Çalışanların ya da yöneticilerin yolsuzluğu,
- Çalışanların zimmete para geçirmesi,
- Kurumsal casusluk,
- Çalışanlar arasındaki şiddet olayları.

İşyerlerini etkileyen acil durumlar, esasen işyerinin kendisinde meydana gelen acil durumlar ve toplum seviyesindeki acil durumlar olmak üzere ikiye ayrılır.

İşyeri odaklı acil durumlar, işyerinde ya da işyeri çevresinde meydana gelen, genellikle işletmenin kendi personeli ile üstesinden gelinebilinen, bazen de dışarıdan yardım gereksinimi ortaya çıkaran durumlardır. İş kazaları, işçi ölümleri, patlamalar ve yangınlar işyeri odaklı acil durumlara örnek verilebilir. Son yıllarda işyeri odaklı acil durumların en sık görülen şekli iş kazalarıdır. Üretim teknolojileri ve müşteri beklentilerinde yaşanan hızlı değişimler, çalışma koşullarının sürekli olarak değişmesine neden olmaktadır. Bu gelişmeler, toplumun geneli açısından birçok fayda sağlarken, çalışanların üzerindeki üretim baskısının artmasına ve dolayısıyla bir takım yeni sağlık ve güvenlik risklerinin ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Bu nedenle son yıllarda tüm dünya genelinde iş kazası görülme sıklığı artmıştır. İş kazaları, işyerlerinde ani bir şekilde meydana gelir ve ölüm ve yaralanmaların yanı sıra işin durması gibi bir takım sonuçlara neden olabilmektedir.

Toplum genelindeki acil durumlar ise, işyeri odaklı acil durumlara kıyasla çok daha büyük etki oluşturan ve kayıplara neden olan olaylardır. Deprem, sel, tsunami gibi doğal afetler ile kimyasal ve nükleer kazalar toplum genelindeki acil durumlara örnek olarak verilebilir. Bu durumlar, işletmeleri doğrudan etkileyebildiği gibi dolaylı olarak da etkilemekte ve işin aksamasına neden olabilmektedir. Dahası böyle bir durumda işletme, belli bir süre kendi kaynakları ile baş başa kalabilir. Çünkü acil durumun büyüklüğüne bağlı olarak yardım gelmesi gecikebilir. İşyerleri en az 72 saat kendi imkanlarıyla acil durum ile mücadele edecek şekilde hazırlıklı olmalıdır. Toplumun genelini etkileyen bir acil durumun ortaya çıkaracağı etki çok farklı şekillerde olabilmektedir. Örneğin, iletişim ve haberleşme altyapısının zarar görmesi, internete ulaşımın güçleşmesi, yolların ulaşıma kapanması, kamuoyuna yararlı hizmetlerin zarar görmesi ve işleyemez hale gelmesi gibi durumlar görülebilir [7]. Bu durumlar, işletmenin iş süreçlerini kesintiye uğratmakta ve işyerinin acil durum nedeniyle zarar görmesi anlamına gelmektedir.

İster işyeri odaklı olarak meydana gelsin isterse toplumun genelini etkileyecek düzeyde olsun, bir acil durumun işletme üzerine etkisi dört şekilde ortaya çıkmaktadır.

Bunlar, fiziki çevre üzerine etki, personel üzerine etki, örgüt üzerine etki ve iş süreci üzerine etkidir.

Fiziki çevre üzerine etki, işyerinin bina ve tesisleri ile makine, araç ve taşıtların zarar görmesi sonucunda bunların kısmen ya da tamamen kullanılamaz hale gelmesidir. Fiziki yapılar işletmenin ve işin ana unsurları olduğu için, onların zarar görmesi durumunda işin sürdürülebilmesi mümkün değildir. Burada fiziki çevrenin zarar görmesinden kasıt, sadece bu bina ve tesislerin ya da tesis içerisindeki malzemelerin yıkılması değildir. Bu fiziksel varlıkların kendilerinden beklenilen amacı yerine getiremediği durumlar da tahribat olarak değerlendirilir. Örneğin, aşırı soğukların yaşandığı çevre koşullarında işletmenin binaları (ya da ısıtma sistemi), çalışanları soğuktan yeterince koruyamazsa iş sürekliliği zarar görür.

Personel üzerine etki, çalışanların acil durum nedeniyle fiziksel, ekonomik ya da psikolojik yönden olumsuz olarak etkilenmesini ifade eder. Bu etkiler geçici olarak ortaya çıkabileceği gibi kalıcı da olabilmektedir. Acil durum nedeniyle personelin yaralanması ya da yaşamını yitirmesi personelin doğrudan kendisi ile ilgili olan etkilerdir. Diğer taraftan ailesinin ya da çalışma arkadaşlarının acil durumdan zarar görmesi sebebiyle personel dolaylı olarak da etkilenebilmektedir. Dolaylı etki genellikle psikolojik bir durumdur. Ancak etkisi uzun yıllar sürebilmekte ve sonuçları itibariyle doğrudan etkiye nazaran daha etkili olabilmektedir.

Örgüt üzerine etki, acil durumun örgütsel işleyişte oluşturduğu etkiyi ifade etmektedir. İşletmenin normal zamanlarda var olan düzeni, acil durum sonrasında kesintiye uğrayabilir. İşyeri odaklı acil durumlarda kamuoyunun bütün ilgisi işletme üzerinde toplanabilir. Örneğin maden ocağında meydana gelen bir göçük durumunda çok sayıda toplumsal kurum maden işletmesinde arama kurtarma çalışmalarına başlar. Bu durumda maden yöneticisi, işletme üzerindeki yetki ve sorumluluklarını mecburen başka kişi ve kurumlara devretmek zorunda kalır.

Acil durumların işyerleri üzerinde oluşturduğu dördüncü etki, iş süreci üzerine olan etkidir. İş süreci üzerine olan etki, acil durum nedeniyle işin herhangi bir sürecinin kesintiye uğraması ya da yavaşlaması olarak ifade edilebilir. Örneğin internet alt yapısında meydana gelen bir aksaklık ya da arıza nedeniyle bankaların operasyonlarını gerçekleştirememesi, acil durumun iş süreci üzerine olan etkisine örnektir.

3. Afet ve Acil Durumlara Karşı İşyerlerinin Kurumsal Dirençliliği

Dirençlilik kavramı, acil bir durumdan sonra normale dönme kapasitesi olarak ifade edilmektedir. Başka bir ifade ile dirençlilik, toplumun bir kaza ya da acil durum sonrasında ortaya çıkan yeni koşullara adapte olabilmesini ifade eder [8]. Afet yönetimi terimler sözlüğünde ise afete dirençlilik, tehlikelere açık bir sistem, toplum ya da topluluğun afet tehlikesine karşı dayanıklı olabilme, bununla baş edebilme ve afetlerin etkisini kısa sürede gidererek iyileştirme kapasitesi olarak tanımlanmaktadır [9].

İşletmelerin afet ve acil duruma dirençliliği ise, işletme odaklı ya da toplumun genelinde ortaya çıkan bir acil durum sonrasında işletmenin acil durumun etkilerini gidererek rutin işleyişine dönebilme kapasitesi olarak kavramlaştırılabilir. İşletmelerin kurumsal dirençliliği, faaliyet yürütülen koşullar, işletmenin kendisinin ve faaliyet yürüttüğü toplumun zarar görebilirliği ve fiziksel konumu içeren çeşitli faktörlerle ilgilidir. İşletmelerin afete dirençliliği değerlendirilirken genellikle işletmenin fiziki lokalizasyonu göz önünde bulundurulur. Türkiye açısından düşünüldüğünde işletmelerin genellikle İstanbul, Ankara, İzmir, Kocaeli, Bursa, Gaziantep vb. gibi büyük şehirlerde yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak bu şehirler çoğunluğu itibariyle hem doğal afetler açısından hem de insani afetler açısından riskli konumlarda yer almaktadır. Dahası işletme sahipleri, işyerinin yerini belirlerken bölgenin afetselliğinden ziyade kar potansiyelini göz önünde bulundurur. Örneğin birçok şehirde ticari faaliyetlerin merkezi kentin eski yerleşim merkezleridir. Bu nedenle işletme açmak isteyen kişiler genellikle ticari faaliyetlerin yoğun olduğu, ancak fiziki yapıların eski olması nedeniyle afet ve acil durum riskinin daha fazla olduğu bu alanları tercih etmektedir [2].

Ancak işletmelerin afet ve acil durumlara karşı dirençliliği, sadece potansiyel tehlikelerin fiziksel etkileri ile başa çıkabilme yeteneğiyle açıklanamaz. Fiziksel dirençliliğin yanı sıra işletmenin, iş yaptığı çevre koşulları ve iş yapılan diğer işletmelerin (tedarikçiler, dağıtıcılar, rakipler, ortaklar vb.) acil durumlara karşı direnci gibi sosyal koşullar da işletmelerin dirençliliğini etkilemektedir [2].

Özellikle küçük işletmeler için afet ve acil durumlara karşı dirençlilik hayatta kalma açısından önem taşımaktadır. Acil durumdan sonra yeniden normale dönmek için iyi bir plana sahip olmayan işletmelerin % 50'si faaliyetlerine devam edememektedir. 11 Eylül saldırılarından etkilenen şirketlerin %90'ı acil durumdan sonraki ilk beş gün faaliyet yürütememiştir. Dahası bu şirketlerden %40'ı beş yıl içinde faaliyetlerine son vermiştir [6,10]. 2011 yılında Van'da meydana gelen depremden sonraki 11 ay içerisinde ise 181 firma faaliyetlerine son vermiştir [11].

İşletmelerin afet ve acil durumlara karşı dirençliliği, bazı iç ve dış faktörlere bağlı olarak şekillenmektedir. İşletmelerin büyüklüğü, acil durum direnci ve acil durumlara hazırlık konusunda belirleyici bir unsurdur. Kaynakları ve personel sayısı itibariyle daha büyük olan işletmeler, küçük olanlara göre acil durumlara karşı daha dirençlidir. Çünkü büyük işletmeler, afet ve acil durumlar için daha fazla finansal kaynak ayırabilmektedir. Ayrıca büyük işletmelerde sadece acil durumlardan sorumlu uzman personel görevlendirilmektedir. Bu durum büyük işletmeleri acil durumlara karşı daha dirençli hale getirmektedir. İşletmelerin acil durum dirençliliğini etkileyen bir diğer unsur, işletme sahipliğidir. Yani işletme yöneticisi aynı zamanda işletmenin sahibi olan firmalar, acil durumlara karşı tedbir almaya daha istekli olmaktadır. İşletmenin faaliyet yürüttüğü sektör de dirençlilik açısından belirleyicidir. Bu konuda yapılan çalışmalara göre finans, sigorta ve gayrimenkul sektöründe faaliyet yürüten işletmeler, afet ve acil durumlara karşı daha fazla tedbir alma eğilimindedir. Son olarak işletmenin geçmişte yaşadığı afet ve acil durum deneyimi, acil durumlara karşı tedbir alma ve hazırlık yapma davranışlarını olumlu etkilemektedir [1].

İşletmelerin acil duruma karşı dirençliliği bazen iş sürekliliği kavramı ile aynı anlamda kullanılabilmektedir. İş sürekliliği, bir organizasyonun ürün ve servislerini, kesintiye uğratan bir olay sonrasında önceden tanımlanmış kabul edilebilir seviyede sürdürebilme kapasitesidir. İşletmenin, işi kesintiye uğratma potansiyeli olan tehlikeleri tespit eden ve işletmelere afete karşı esneklik kazandıran uygulamalara ise iş sürekliliği yönetimi denilmektedir. Bu bağlamda iş sürekliliği kavramı ile işletmelerin afete dirençliliği benzer içerikler ihtiva etmektedir.

Sigorta, afet ve acil durumlara karşı işletmelerin dirençliliğini artırmak için önemli bir araçtır. Sigorta işletmenin acil durum nedeniyle ortaya çıkan yaygın hasara karşı koruma sağlayabilir. Ancak sigorta, tek başına işletmelerin acil durum sonrasında hayatta kalması ve normale dönmesi için yeterli değildir. Çünkü sigorta, acil durum nedeniyle meydana gelen üretkenlik kaybı, personel morali, artan stres vb. gibi faktörlerin yol açtığı giderler için herhangi bir koruma sağlamamaktadır. Ayrıca acil durum nedeniyle etkilenen müşterilerin, tedarikçilerin ve dağıtıcıların zararı, işletmenin faaliyetlerini olumsuz etkilemektedir. Bu olumsuzluğu gidermek için de sigorta herhangi bir fonksiyona sahip değildir [6].

4. İşletmelerde Kurumsal Dirençliliğin Bir Aracı Olarak Acil Durum Planları

Planlama kavramı, günlük yaşamda çok sık karşılaşılan bir kavramdır. Genel bir tanıma göre planlama, ne yapılacağının önceden kararlaştırılmasıdır. Başka bir ifade ile planlama, hedeflerin açık ve net bir şekilde belirlenmesi için gerekli düzenlemelerin yapılması işidir. Modern çağın karmaşık ve çok yönlü organizasyonlarında sağlıklı ve doğru kararlar almak ve bunları etkili bir biçimde uygulamak için planlama yapmak ve planlı hareket etmek bir zorunluluk halini almıştır [12].

Planlamanın iki temel ekseni vardır. Birincisi geleceği tahmin etme zorluğudur. Planlamalar geleceğe yönelik faaliyetlerdir. Oysa günümüzün hızlı değişen koşullarında geleceği öngörmek ve buna uygun planlar yapmak oldukça zordur. Planlamanın ikinci ekseni, belirsizlik ve risk faktörüdür. Planlama, bir nevi bilimsel yöntemler kullanarak belirsizliği azaltmayı ve dolayısıyla riski en aza indirmeyi hedefleyen çalışmalardır [12].

Normal zamanlarda yapılan plan ile acil durum planları birbirinden farklı olgulardır. Her şeyden önce normal zamanlarda yapılacak planın içerdiği belirsizlik ile acil durum planlarının mücadele ettiği belirsizlik bir birinden farklıdır. Acil durumlar belirsizlik ve karmaşıklığın üst düzeyde olduğu durumlardır [13]. Belirsizlik firmanın, acil durum nedeniyle normal faaliyetlerini yerine getiremediği durumlarda ortaya çıkar. Bu durum acil durumun bir sonucu değil, ürünüdür. Firmalar ya da işletmeler, içinde bulundukları durumu anlamlandırmaya çalışır ve ortaya çıkan bozuk düzen içerisinde serbest bir şekilde faaliyet yürütürler. Dolayısıyla normal düzende var olan bilgi akışı ve iletişim ağları bozulur [14].

İşyerlerinde acil durum planı, işyerlerini tehdit eden ve yukarıda belirtilen doğal, teknolojik ve sosyal risklere karşı, çalışanların güvenliğini sağlamak ve iş sürekliliğini temin etmek için gerekli olan belirli davranışların işverenler ve çalışanlar tarafından yerine getirilmesini kapsar [4]. Acil durum planının temel hedefi, firmaya ait tesislerde acil bir durumun ortaya çıkması üzerine bütün personel ve mal varlıklarının korunmasını sağlamaktır. Daha ayrıntılı olarak ise acil durum planlarının hedefleri aşağıdaki gibidir [15].

- Can, mal, imaj, itibar ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri en aza indirgemek,
- Acil durumun oluşturacağı etkileri kontrol etmek ve sınırlandırmak,
- Acil durumla mücadele edilmesini sağlamak,
- Acil durumlarda arama-kurtarma, acil yardım, yangın söndürme gibi faaliyetleri yürüten hizmet birimlerine yardımcı olmak,
- Hayati bilgileri ilgili şahıslarla en kısa sürede paylaşmak,
- Acil durumlara karşı hazırlıklı olma düzeyini en üst seviyede tutabilmek için uzmanlığa dayalı eğitimler vermek,
- Acil durum prosedürlerinin güncellenmesini sağlamak,
- Acil durumun yönetilmesi için bir yönetim sistemi oluşturmak,
- Mevcut tesis planlarının, firma planları ve politikaları ile bağlantısının sağlanması,
- Etkin bir iletişim sisteminin sağlanması ve kullanılması.

Genel olarak bir acil durum planı ile ilgili yapılması gerekenler dört aşamada değerlendirilebilir;

1. Potansiyel olaylar ve acil durumlar ve bunlara karşı alınacak önlemler tanımlanmalıdır.
2. Acil durum planında hangi personele görev verileceği ve bu kişilerin görevlerinin ne olacağı belirlenmelidir.
3. Bu acil durumlardan kaynaklanacak kazaları önleme veya azaltmaya yönelik plan ve prosedürler oluşturulmalı ve ilgili personele eğitim verilmelidir.
4. Acil durum planlarının belirli aralıklarla güncellenmesi ve planın devamlılığının sağlanmasıdır.

Risklerin belirlenmesi, acil durum planının en önemli aşamasıdır. İşletmelerin etkili bir acil durum planına sahip olması için öncelikle mücadele ettiği riski tanıması gerekir. İşletmeleri açısından acil durum tehlikesi taşıyan riskleri tespit edemeyen firmaların, bu riskleri elimine edecek yönetim araçları geliştirmesi beklenemez.

Acil durumlarda görev alacak kişiler seçilirken tecrübe, pozisyon ve demografik bir takım bilgiler göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin evde bakıma muhtaç bir yakını bulunan personelin, müdahale kapasitesi, bekar ve genç bir çalışana göre daha düşüktür. Bu husus, çalışanların zarar görebilirliği ile doğrudan ilgilidir. Ayrıca, çalışanların bireysel zarar görebilirliğini etkileyen diğer faktörler; biyolojik (otonomik tepkilerin artması, hormonal denge), tarihsel (daha önceden yaşanmış afet ve acil durum deneyimi) ve psikolojik faktörlerdir (tehdit durumlarından kaçınmayı öğrenmek, uygun olmayan problem çözme davranışları). Tüm bu faktörler göz önünde bulundurularak, işyerinde çalışan personellerin bilgileri taranmalı ve en uygun kişiler acil durum ekiplerinde görevlendirilmelidir [10].

Acil durum planlamasının bir diğer aşaması, yukarıda açıklanan özelliklere göre seçilen personelin konu ile ilgili eğitilmesidir. Hazırlanan planın etkin ve başarılı olması,

personelin acil durumlarda kendilerinden beklenilen görevleri yerine getirebilmesine bağlıdır. Bu nedenle acil durum ekiplerinde görev alan personelin eğitimi büyük önem taşımaktadır. Acil durum ekiplerine verilecek eğitim aşağıdaki bilgileri kapsamalıdır [4,10];

- İşyeri açısından risk oluşturan tehlikeler hakkında bilgi,
- Kişisel roller ve sorumluklar,
- Bildiri, uyarma ve iletişim prosedürleri,
- Acil durum uygulama prosedürleri,
- Kullanılacak problem çözme yöntemleri,
- İşletmenin acil durum öncesindeki normal düzenine dönmesi için çalışanlara düşen sorumluluklar,
- İşletmedeki diğer çalışanlar ve farklı kurumlardaki personel ile birlikte çalışma becerisi,
- Ortak acil durum ekipmanlarının yeri ve bu ekipmanları kullanma becerisi
- İş süreçlerinin normale dönüşünü gözlemleyebilme.

Acil durum planı, yöneticilerin acil durumları ya da afetleri etkin bir şekilde yönetebilmek için ihtiyaç duyacağı tüm bilgileri içeren çerçeve belgelerdir. Acil durum planları, müdahale için gerekli olan prosedürleri, kuralları ve sorumlulukları tanımlar. Bu bilgiler kısa ve net bir şekilde planda yer almalıdır. Çünkü karmaşık ve dinamik bir çevrenin ortaya çıkardığı yüksek gerilim ve zaman kısıtlılığı, kabarık planların uygulanmasını zorlaştırmaktadır. Bu nedenle acil durum planları, kısa ve öz olmalı, eylemler ve sorumluluklar tablo ve iş akış şemaları ile anlatılmalıdır [16].

Acil durum planlarında; olası kaza ve acil durumlar, her bölüm için yangın söndürme ekipmanları, acil çıkış kapıları ve ilgili işaretlemeler, işyerini acil terk etme prosedürleri, acil durumlarda görevlendirme yapılacak personel ve sorumlulukları yer alır. Belirli aralıklarla işyerinde olabilecek kazalar, yangınlar ve doğal afetler gibi durumlar için tatbikatlar yapılmalıdır. Yapılan bu tatbikat sonuçları değerlendirilerek, varsa noksanlıklar giderilmeli ve planlar bu çerçevede güncellenmelidir [17].

Acil durum planlarında örgüt içi ve kurumlar arası haberleşme oldukça önemlidir. Plan içerisinde, acil durumlarda ya da ani tehlikelerin ortaya çıkması durumunda çalışanların korunması için dâhili haberleşmenin nasıl sağlanacağı belirtilmeli, acil durumlarda işyeri dışındaki ilgili kuruluşlarla kurulacak iletişim tanımlanmalı ve acil durumlarda görev alacak çalışanların gerekli eğitimleri almaları sağlanmalıdır [17].

Acil durum planının uygulanması hususunda bir diğer önemli husus liderlik becerisidir. Çünkü afet ve acil durum yönetimi, bir paradoksu içinde barındırmaktadır. Özellikle afetlerin etkilerinin büyüklüğü, afet yönetimi faaliyetlerinde planlama ve organizasyonun oldukça titiz yapılmasını gerektirmektedir. Ancak diğer taraftan olay meydana geldikten sonra acil durum faaliyetleri kendiliğinden oluşmaya başlamaktadır. Bu durumda afet ve acil durum yönetiminde görev alan kurum ve kuruluşların liderleri, ne kadar iyi bir plana sahip olurlarsa olsunlar, ortaya çıkan yeni duruma örgütlerini adapte edebilmelidir. Dolayısıyla faaliyetlerin etkinliği, örgütlerin teknik kapasitelerinden ya da becerilerinden ziyade liderlerinin kişiler arası iletişim performanslarına bağlıdır [18].

4. Değerlendirme ve Sonuç

Hem büyük işletmeler, hem de küçük işletmeler, herhangi bir dönemde deprem, sel, iş kazası, terör saldırısı vb. gibi acil durumlara maruz kalabilmektedir. Bu olayların ciddiyeti ve büyüklüğü ölçüsünde işletmeler, kısa bir süre ya da uzun bir zaman faaliyetlerine ara vermek durumunda kalabilmektedir. İşletmelerin afet ya da acil durum sonrasında faaliyetlerine devam edebilmesi için, afete karşı dirençlilikleri önemli bir role sahiptir. İşletmelerin afet ve acil durumlara karşı dirençliliğini artırmak için bir takım acil durum planı hazırlanmalıdır. Bu planlar, afete hazırlık planı, acil durum müdahale planı, tahliye planı, acil durum iletişim planı, iş sürekliliği planı ve iyileştirme planı gibi farklı içerik ve isimlerde olabilir. Esasında bu planlar, birbirini takip eden sistematik bir bütündür. Yani işletmeler, acil durumlara karşı dirençliliklerini artırmak için bu planları etkin bir şekilde hazırlamak ve uygulamak durumundadır.

Türkiye'de 2012 yılında çıkarılan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda işverene acil durumlar ile ilgili bir takım yükümlülükler yüklenmektedir. Bu Kanun'un "acil durum planları, yangınla mücadele ve ilk yardım" başlıklı 11. maddesinde işverenin yapılan işin doğasını ve kullanılan teçhizatları göz önünde bulundurarak meydana gelebilecek riskleri tespit etmesi ve acil durum planlarını hazırlaması hüküm altına alınmıştır. Ayrıca bu maddede, işverene acil durum ekiplerinin kurulması, bu ekiplerin eğitilmesi, acil durumlar ile ilgili gerekli teçhizatın sağlanması ve acil durumlarda diğer kurum ve kuruluşlar ile iletişime geçmek için gerekli düzenlemelerin yapılaması gibi hususlarda da sorumluluk verilmektedir. 6331 sayılı Kanun'un 12. maddesine göre yakın ve önlenemeyen bir tehlikenin varlığı durumunda işveren, çalışanlarını güvenli alanlara taşımak için gerekli olan hazırlıklar önceden yapar. İşyerinde sağlık ve güvenlikleri açısından bir risk bulunması ve bu risk işverene bildirildiği halde gerekli önlemlerin alınmaması durumunda işçiler, işe devam etmek için zorlanamaz (6331 sK, m. 13).

Gerek 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda gerekse bu Kanun'a dayanılarak çıkarılan İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik'te acil durum planlarının hazırlanması ile ilgili hükümler yer almaktadır. Bu düzenlemelere göre; acil durum planı, tüm işyerleri için acil durumların belirlenmesi, bunların olumsuz etkilerini önleyici ve sınırlandırıcı tedbirlerin alınması, görevlendirilecek kişilerin belirlenmesi, acil durum müdahale ve tahliye yöntemlerinin oluşturulması, dokümantasyon, tatbikat ve acil durum planının yenilenmesi aşamalarını içermektedir. Bu düzenlemeler işletmelerin afet ve acil durumlara karşı dirençliliğini artırılması hususunda katkı sağlamaktadır. Ancak bu düzenlemelerde, iş sürekliliği ve iyileştirme planları ile ilgili herhangi bir hüküm bulunmamaktadır. Ancak işletmeler açısından iyileştirme aşaması, hazırlık ve müdahale aşamaları kadar önem verilmesi gereken bir husustur. Mevzuatta İyileştirme planı ile ilgili herhangi bir düzenlemenin yer almıyor oluşu bu konunun işletmelerin kendi inisiyatifine bırakıldığı izlenimi vermektedir.

Acil durum planları ile ilgili düzenlemelerin mevzuatta yer almasının yanı sıra işletmelerin kurumsal kültürlerine yerleştirilmesi de önem taşımaktadır. Çünkü işletmeler, hukuki zorunluluklar nedeniyle acil durum planlarını hazırlamakta ancak bu planları içselleştiremediği için uygulamada bir takım problemler ortaya çıkmaktadır. Bu

nedenle işletmelerin acil durum planlarına olan ilgilerini artıracak bazı yaptırımlar uygulanabilir. Bu yaptırımlar, planı hazırlamayan işletmelere cezai yaptırım uygulanması şeklinde olabileceği gibi bu konuda iyi uygulama örnekleri gösteren işletmelerin çeşitli ödüller ile teşvik edilmesi şeklinde de olabilir.

Kaynaklar

[1] Webb, G. R., Tierney, K. J., Dahlhamer, J. M., Businness and disaster: emprical patterns and unanswered questions. University of Dalaware, DRC Preliminary Paper, 1999.

[2] Thierney, K. J., Businness and disasters: vulnerability, impacts ans recovery. Handbook of Disaster Research, Springer, 275-296, 2007

[3] Leblebici, Ö., Afetlerde kamu yönetiminin rolü ve toplum temelli afet yönetimine doğru. Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7/7:457-477, 2014.

[4] Chao, E. L., Hensaw, J. L., How to plan for workplace emergencies and evacuations. U.S. Department of Labor Occupational Safety and Health Administration OSHA 3088, 2001.

[5] Gigliotti, R., Jason R., Emergency planning for maximum protection. Butterworth-Heinemann, 1990.

[6] Spillan, J. E., The difference between survival and disaster: crisis planning in small businesses, Journal of Small Business Strategy,14/1:20-31, 2003.

[7] Çelik, K. Okullarda acil durum yönetimi. Anı Yayıncılık, Ankara, 2007.

[8] Demiröz, F. Cross-sector and Inter-organizational collaborative capacity in communıty disaster resilience and sustainability: evidence from central Florida counties. Unpublished Phd Thesis, Central Florida Universty, Florida, 2012.

[9] AFAD, Afet Yönetimi Terimler Sözlüğü, 2014.

[10] Paton, D., Hıll, R., Managing company risk and resilience through business contınuity management. Disaster Resilience, Thomas Books, USA, 2006.

[11] http://www.sehrivangazetesi.com/m-haber-27548.html, erişim: 28.12.2015.

[12] Parlak, B., Yönetim bilimi ve çağdaş yönetim teknikleri. Beta, İstanbul, 2013.

[13] Çorbacıoğlu, S., Çevrelerindeki değişime adapte olabilen sosyo-teknik sistemler ve afet yönetimi. Çağdaş Yerel Yönetimler, 14/2:5-21, 2005.

[14] Gilbert, C., Studying disaster: changes in the main conceptual tools. [içinde, What is a Disaster, ed, Quarentelli, E. L.], Roudledge, 1998.

[15] Özdikmen, T., Acil durum yönetimi. Seçkin Yayınları, Ankara, 2013.

[16] Ekşi, A., Nükleer kaza ve saldırılarda bütünleşik kriz yönetimi. Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, 2013.

[17] Ayanoğlu, C. C., Seveso II direktifi kapsamında güvenlik yönetim sistemleri. Çalışma Dünyası Dergisi, 2/2:66-83, 2014.

[18] Waugh, W. L., Streib G., Collaboration and leadership for effective emergency management. Public Administration Review, December 2006:131-140.

GLOBAL DISASTER POLICY: FROM HYOGO TO SENDİ

HYOGO BELGESİNDEN SENDAİ BELGESİNE: ULUSLARARASI AFET POLİTİKALARI

Gülsen YILMAZ[a]
a Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü,
Araştırma Tescil Dairesi Başkanlığı
Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Yolu (Dumlupınar Bulvarı) 9. km Çankaya Organizasyon, Ankara, Türkiye, E-posta: gulseny@gmail.com

Özet

Afetlerin kaçınılmaz doğası, afet risklerini azaltma ve onlarla baş edebilme kapasitesine yönelik en önemli politika uygulama alanlarından biri olan kentsel risk azaltma konusunu gündeme getirmiştir. 2005 yılından beri yürürlükte olan Hyogo Eylem Planı'ın yürürlükten kalkacak olması nedeniyle Birleşmiş Milletler Uluslararası Afet Risk Azaltma Merkezi 2015 sonrası yeni stratejisi belirlemek için çalışmalarına başlamıştır. Yeni strateji belirlemek amacıyla 14-18 Mart 2015 tarihlerinde Japonya'nın Sendai kentinde düzenlenen "Üçüncü Afet Risk Azaltma Dünya Konferansı sırasında BM'e üye ülkeler tarafından 2015-2025 döneminde izlenecek Dünya Afet Strateji Belgesi görüşülmüştür. Bu bildirinin amacı Hyogo Çerçeve Eylem Planı (HÇEP) ve Sendai Çerçeve Belgesinde (2015-2030) (SÇB) ele alınan konuları İçerik analizi yöntemi ile (özellikle toplumsal katılım) karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Böylelikle, bu çalışmanın gelecek on yılda yapılması planlanan eylemler kapsamında afet risklerin azaltılması konusunda Türkiye için gelecek politikalarını yönlendirici ip uçları vermesi ile literatürdeki önemli bir boşluğu doldurması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Uluslararası Afet Politikası, Hyogo Çerçeve Eylem Planı, Sendai Çerçeve Belgesi, İçerik Analizi, Risk Azaltma.

Abstract

Disasters occur everywhere in the world in all their various forms and it is difficult to escape from them. Therefore, how to frame and fulfill urban risk reduction measures is one of the most important policy making area, which considers the need to improve capacities and abilities coping with disaster risk reduction. The United Nations Office for Disaster Risk Reduciton, therefore, commenced a new comprehensive study for post 2015, which will be replaced Hyogo Framework of Action (2005-2015) and serve as a reference document for disaster risk reduction. To determine a new strategy to be implemented between 2015-2030, Third Disaster Risk Reduction World Conference was held in Sendai from 14 to 18 March 2015. The aim of this paper is to analyse strategies comparatively, which take place both in Hyogo Framework for Action and Sendai Framewor for Dısaster Risk Reduction (2015-2030) especially for community participation. Content analysis is used to examine the differences between them. It is expected to fill gap in the literature as well as it may provide guidance for drawing up Turkey's disaster risk reduction policies in the next decade.

Keywords: International Disaster Policy, Hyogo Framework for Action Sendai Framework For Disaster Risk Reduction, Content Analysis, Risk Reduction.

1. Giriş

Birleşmiş Milletler (BM) öncülüğündeki uluslararası afetler politikası 1990 sonrasında radikal bir hedef değişimi ve uygulama içine girmiştir. Kuruluşundan bu yana BM, afetlerle ilgili çabalarında uluslararası dayanışmalar, afet sonrası yardım ve finansal destekler sağlama etkinlikleri ile sınırlı kalmıştır. BM tarafından organize edilen eylemlerin, uzun dönemde büyük maliyetler ortaya çıkarmasına karşın ve ulusları daha hazırlıklı kılmada önemli bir katkısı görülmediği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda BM, 1990-2000 dönemini 'Doğal Afetleri Azaltma Onyılı' ilan etmiş, akabinde Yokohama Konferansını (1994) düzenlemiş, 'Afet Azaltma Uluslararası Stratejisi' oluşturmuştur. Bu kapsamda, BM Teşkilatı 2005 yılında gerçekleştirdiği Kobe Konferansı'nda 2005-2015 on yılının yeni bir eylem dönemi olarak tanınmasını sağlamıştır. Yeni politika, düşünce ve eylemleri yalnızca afet sonrası 'acil' dönemle sınırlı bırakmayıp, etkinliklerin ağırlığını afet öncesine vermiş, ölçeği ne olursa olsun hazırlanan planlarda risklerin gözönüne alınmasını ve risklerin azaltılmasında 'katılımlı karar alma' ilkesini tanımlamış, özellikle 'kentsel alan'ların ve 'dar gelirli kesim'lerin risklerinin azaltılmasına öncelik verilmesini sağlamıştır [1]. Belirlenen eylem döneminin bitmesi ile; yeni kararlar alınmak üzere BM öncülüğünde yapılan son toplantı Japonya'nın Sendai kentinde düzenlenen Afet Risklerinin Azaltılması Üçüncü Dünya Konferansı olup, BM öncülüğünde yapılan toplantılar afet risklerinin azaltılmasında büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, uluslararası alanda afet risklerinin azaltılması için geliştirilen Hyogo Çerçeve ve Eylem Planı (HÇEP) ve Sendai Çerçeve Belgesi (SÇB) içerik analizi yöntemi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmektedir. Bu kapsamda, ilk olarak eylem planlarının hedefleri eylemleri betimleyici olarak aktarılmaktadır Daha sonra özellikle toplumsal katılım alanında içerik analizi ile afet risklerini azaltmada gelinen sona aşama tartışılmaktadır. Son olarak da Türkiye'nin pozisyonuna ilişkin öneriler geliştirilmektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Hyogo Çerçeve Eylem Planı (HÇEP)

Afet konusunda yürütülen faaliyetlerin değerlendirildiği ilk konferans, 1994 yılında Japonya'da düzenlenen "Daha Güvenli Bir Dünya için Yokohama Stratejisi ve Eylem Planı"nın kabul edildiği Yokohama Konferansıdır. Yokohama Stratejisi ve Eylem Planı'nın ardından 2005 yılında Japonya'nın Kobe kentinde düzenlenen 2. Afetlerin Azaltılması Dünya Konferansı'nda 2005-2015 yılları arasında afetlerin neden olduğu zararların azaltılmasını amaçlayan risk azaltma stratejilerinin oluşturulduğu Kobe Konferansında hazırlanan Hyogo Çerçeve Eylem Planı - HÇEP (2005-2015) Birleşmiş Milletlere üye 168 ülke tarafından benimsenerek kabul edilmiştir. Dünyada afet risklerini en aza indirgemeye yönelik bir yol haritası niteliği taşıyan bu plan aşağıda yer alan üç hedef ile beş öncelikli eylem ve bunların alt eylemlerinden oluşmaktadır [2,3].

HÇEP'in hedefleri;
1) Afet risklerinin azaltılmasının sürdürülebilir kalkınma plan ve politikaları ile bütünleştirilmesi,
2) Afetlere karşı bilincin ve duyarlılığın oluşturulması için mevcut kurumların ve mekanizmaların güçlendirilmesi ve kapasitelerinin geliştirilmesi,
3) Afet risklerinin azaltılması yaklaşımlarının acil duruma hazırlık, müdahale ve iyileştirme programlarına sistematik olarak dâhil edilmesidir.

Bu meyanda HÇEP'in öncelikli eylemleri;
1) Afet risklerinin azaltılmasının kuvvetli bir kurumsal temelde ulusal ve yerel öncelik olmasının sağlanması,
2) Afet risklerinin tanımlanması, değerlendirilmesi ve izlenmesi ile birlikte erken uyarı sistemini iyileştirilmesi,
3) Bilginin, yeniliğin ve eğitimin her seviyede afetlere karşı güvenli ve duyarlı bir toplum oluşturmada kullanımı,
4) Temel risk faktörlerinin azaltılması,
5) Her seviyede etkin bir müdahale için afetlere karşı afetlere karşı hazırlığın güçlendirilmesidir [2,3].

BM tarafından düzenlenen Incheon Konferansı (G. Kore, 2009) ve Bildirgesi, risk azaltma uygulamalarının genellikle yerel düzeyde gerçekleştirildiği öngörüsü ile yerel yönetimlere (merkezi yönetimlerinden bağımsız) 'küresel aktörler' kimliği vermiş, risk azaltma giderlerini 'maliyet' değil, 'yatırım' olarak tanımlamıştır. Ayrıca, Incheon kararları ile 'Güvenli Kentler Kampanyası' (2010-2011) başlatılmıştır. Küresel ölçekte yerel yönetimlerin risk azaltma etkinliklerinde nelere özen göstermeleri gerektiğini belirlemek yanında, Afet Zararlarının Azaltılması Uluslararası Stratejisi bu alanda yerel birimlerin dayanışmalara girmesini, deneyimlerini birbirlerine aktarmalarını, başarılı örneklerin yaygın tanıtımını ve giderek yerel yönetimler arası bir ağ oluşturulmasını desteklemeye çalışmıştır [2,3, 4].

HÇEP halkın ve kurumların bilinç düzeylerinin artmasını, karar vericilerin ve paydaşların siyasi taahhüt oluşturma, karar alma ve eyleme geçme konusunda harekete geçmelerini sağlamıştır. Ancak her düzeyde risk azaltma çalışmalarında ilerleme sağlanmış olsa da afetler yüksek miktarlarda can ve mal kaybına neden olmaya devam etmiştir. HÇEP'in (2005-2015) on yıllık uygulama sürecinde 700 bin'den fazla kişi hayatını kaybetmiş, 1,4 milyon kişi yaralanmış ve 23 milyon kişi evsiz kalmıştır. Ekonomik kayıp ise 1,3 trilyon dolar olmuştur [5]. Başta iklim değişikliği olmak üzere afetlerin sayısında, şiddetinde ve sıklığında artış olmuş, bu durum sürdürülebilir kalkınmayı olumsuz etkilemiştir.

HÇEP'e göre;
- Afetler karşısında toplumun direncinin artırılmasına yönelik olarak bireylerin, toplumun, sosyo-ekonomik varlıkların, geçim kaynaklarının, ekosistemin ve kültürel varlıkların korunması için acil planlar yapılması gereklidir.
- Yeni risklerin oluşturulmaması için savunmasızlık ve mağduriyetin azaltılmasına yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Afet riskinin artmasına neden olabilecek hızlı ve kontrolsüz kentleşme, arazi yönetimindeki eksiklikler, iklim değişikliği, özel sektör için risklerin azaltılması konusundaki teşviklerin yetersizliği, doğal kaynakların sürdürülebilir bir biçimde kullanımının sağlanamaması gibi konulara daha fazla odaklanılması gerekmektedir.
- Afet sonrası yaraların sarılması ve yeniden inşa sürecinin "daha iyisini yapmak" için değerlendirilmesi gerekmektedir. Afet risklerini azaltma yöntemleri farklı afet türlerini ve sektörleri kapsamalı; erişilebilir ve herkesi kapsayıcı olmalıdır.
- Afet risklerinin azaltılması ve önlenmesi her ülkenin birincil önceliği ve sorumluluğudur. Her ülke koşulları ve kabiliyetleri ölçüsünde yönetim sistemlerine uygun olarak ulusal afet risklerini azaltmaya yönelik politika ve uygulama araçlarını geliştirebilmelidir [2,3,5].

HÇEP afet risklerini azaltmak için ülkelere rehberlik sağlamış ve Binyıl Kalkınma Hedeflerinin ilerlemesine katkıda bulunmuştur. Ancak, HÇEP'in uygulanmasındaki eksiklikler, ülkelerin ve bütün paydaşların afetlere karşı dirençlerinin arttırılmasına yönelik uygulama yapabilmeleri, riskleri tanımlayabilmeleri ve gerekli yatırımları yapabilmeleri için eyleme yönelik bir sistem geliştirmeleri gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

3. Sendai Çerçeve Belgesi (SÇB)

BM öncülüğünde yapılan son toplantı 14-18 Mart 2015 tarihlerinde Japonya'nın Sendai kentinde düzenlenen Afet Risklerinin Azaltılması Üçüncü Dünya Konferansıdır. Bu konferansa katılan üye ülkeler tarafından kabul edilen Afet Risklerinin Azaltılmasında Sendai Çerçeve Belgesinde (2015-2030) gelecek 15 yıl için afetlere karşı dirençli toplum oluşturulmasına ve afet risklerinin azaltılmasının sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında, yoksulluğun azaltılmasında veya ortadan kaldırılmasında, her düzeydeki plan, politika ve bütçe çalışmalarında dikkate alınmasına yönelik eylemler belirlenmiştir.

HÇEP'nin değerlendirilmesi kapsamında yapılan tespitler ışığında oluşturulan yeni çerçeve metnin genel amacı, "afet sonrası oluşacak zararları azaltan, önleyen; afet sonrası müdahale ve iyileştirme hazırlığını artıran ekonomik, sosyal, hukuki, yapısal, kültürel, çevresel, teknolojik, politik, kurumsal tedbirlerin oluşturulması yoluyla mevcut afet risklerin azaltılmasını ve yeni afet riskinin önlenmesini sağlamak" olarak belirlenmiştir [2;5].

SÇB'nin yedi genel hedefi bulunmaktadır:
1) 2030 yılına kadar afetler sonucu meydana gelen küresel ölümleri, 2020 ve 2030 yılları arasında 100.000 kişiye düşen can kaybı ortalamasının 2005 ve 2015 yılları arasındaki can kaybı ortalamasına göre daha düşük olması amaçlanarak önemli ölçüde azaltmak.

2) 2030 yılına kadar afetlerden küresel düzeyde etkilenen insan sayısını, 2020-2030 yılları arasında 100.000 kişiye düşen küresel düzeyde afetlerden etkilenen insan sayısı ortalamasının 2005-2015 yılları arasındaki afetlerden etkilenen insan sayısı ortalamasına göre azaltılması amaçlanarak önemli ölçüde azaltmak.
3) 2030 yılına kadar afetlerin neden olduğu doğrudan ekonomik kayıpları küresel gayri safi harcama ile bağlantılı olarak azaltmak.
4) 2030 yılına kadar sağlık ve eğitim gibi temel hizmetlerin kesintisini ve kritik altyapıların afetlerde görebileceği zararı, bunların afetlere karşı dirençlerinin geliştirilmesini de içerecek şekilde önemli ölçüde azaltmak.
5) 2020 yılına kadar afet risklerinin azaltılması konusunda ulusal ve yerel stratejilere sahip olan ülkelerin sayısını önemli miktarda artırmak.
6) 2030 yılına kadar, bu çerçevenin uygulamasını sağlamak amacıyla gelişmekte olan ülkelerin ulusal eylemlerini tamamlamaları için yeterli ve sürdürülebilir destek sağlamaya yönelik uluslararası işbirliğinin geliştirmek.
7) 2030 yılına kadar, çoklu-tehlike erken uyarı sistemleri ile afet risk bilgi ve değerlendirmelerinin oluşturulmasını ve bunlara insanların erişimini önemli ölçüde artırmak.

SÇB'nde (2015-2030) dört öncelikli alan ve bu alanları altında yer alan eylemler belirlenmiştir. Konferans'ta belirlenen 4 öncelikli alan (1) Afet risklerinin anlaşılması (2) Afet risk teşkilatlarının afet risklerini yönetebilmesi için güçlendirilmesi, (3)Dayanıklılık için afet risklerinin araştırılması, (4) Etkili müdahale için afetlere hazırlığın güçlendirilmesidir. Detayları ile bakıldığında eylemler [5,2];

3. 1. Afet risklerinin anlaşılması: Bu öncelik altında yer alan eylemler genel olarak afet risklerinin tüm boyutları ile anlaşılmasına yönelik olan ulusal ve yerel düzey ile küresel ve bölgesel düzeyde gerçekleştirilmesi öngörülen eylemlerdir. Ulusal ve yerel düzeydeki eylemler; afetlere ilişkin verilerin toplanması ve analizi, afet risklerinin konum bilgilerinin içerilmesi, elde edilen verilerin herkes için erişilebilir olması, verilerin GIS ve bilgi ve iletişim teknolojileriyle uyumlu olması, bütün düzeylerde bilgi birikiminin sağlanması, teknoloji ve bilim işbirliğinin artırılması, her düzeyde belirlenen politika, strateji ve planların uygulanması, yenilik ve teknolojik gelişmeye yönelik yatırımların desteklenmesi, afet risklerine ilişkin bilgi birikiminin eğitim kampanyalarıyla desteklenmesi gibi hususları içermektedir. Bölgesel ve küresel düzeydeki eylemler de ulusal ve yerel düzeydeki eylemlerle paralel olup halen yürütülmekte olan çalışmaları da içerecek şekilde ele alınmıştır.

3.2. Afet risk teşkilatlarının afet risklerini yönetebilmesi için güçlendirilmesi (yönetişim)
Bu öncelik altında yer alan eylemler genel olarak afet risklerinin etkili biçimde yönetilmesini ve dolaylı olarak sürdürülebilir kalkınmaya yönelik uygulamaların desteklenmesini amaçlamaktadır. Ulusal ve yerel düzeydeki eylemlerde; afet risklerinin azaltılması politikalarının tüm sektörlere entegre edilmesi; ekonomik, sosyal, çevresel ve sağlıkla ilgili konularda dayanıklılığın artırılması; arazi kullanımı, kent planlaması ve kaynak yönetimine yönelik mekanizmalar oluşturulması; koordinasyonun artırılması için ulusal platformlar kurulması ve kalite standartlarının geliştirilmesi gibi eylemler vurgulanmaktadır. Bölgesel ve küresel düzeydeki eylemlerde ise, ortak bilgi sistemlerinin kurulması ve iyi uygulama örneklerinin yaygınlaştırılması; özellikle iklim değişikliği, biyo-çeşitlilik, yoksulluğun azaltılması, çevre, tarım, sağlık, gıda ve beslenme ile sürdürülebilir kalkınmaya yönelik bölgesel ve küresel işbirliği mekanizmalarının güçlendirilmesi gibi eylemler ön plana çıkartılmıştır.

3.3. Dayanıklılık için afet risklerinin araştırılması: Afet sonrası etkin bir müdahale yapmak ve yara sarma, iyileştirme ve yeniden inşa konularında "daha iyisini yapmak" üzere afete hazırlık çalışmalarını artırmak.
Bu öncelik altında, afetlerle mücadele için hazırlık çalışmalarının artırılması, risk azaltma çalışmalarının müdahale ve iyileşme süreçlerine entegrasyonu ile yara sarma ve yeniden inşa süreçlerinde afete uğrayan yerlerin eskisinden daha iyi olacak şekilde inşa edilmesi, afet risklerinin azaltılmasının kalkınma süreçlerine dâhil edilmesi gibi hususların toplumun direncinin artmasına katkı sağlayacağı belirtilmektedir. Bu kapsamda ulusal ve yerel düzeyde; bütün kurumların ve tarafların katılımı ile afete hazırlık ve acil durum planlarının yapılması; sosyal, ekonomik, kültürel şartlarla uyumlu erken uyarı ve haberleşme sistemlerinin geliştirilmesi; erken uyarı bilgisi için yayın kanallarının geliştirilmesi; kritik altyapıların afet sonrasına kesintisiz bir şekilde hizmet vermeye devam etmesi için dayanıklılığının artırılması veya başka yerlere taşınması; görevli işgücünün eğitilmesi; arama kurtarma tatbikatlarının yapılması; afet risk yönetiminin afet sonrası yara sarma ve iyileştirme süreçlerine dahil edilmesi ile arama kurtarma, iyileştirme ve kalkınma faaliyetleri arasında bağlantının kurulamasına gibi eylemlere yer verilmiştir. Küresel ve bölgesel ölçekte ise; afetler karşısında ülkelerin müdahale gücünü aşan durumlarda etkin ve hızlı müdahalenin sağlanması için koordineli bir bölgesel müdahale gücü geliştirilmesi, ülkelerin sistemleri ile uyumlu bölgesel çoklu afet uyarı sistemlerinin geliştirilmesinin teşvik edilmesi, ülkelerin deneyimlerini paylaşmak için uluslararası iyileştirme platformu gibi uluslararası mekanizmaların güçlendirilmesi, suyla ilgili afetler konusunda BM öncülüğünde küresel bir mekanizma oluşturulmasının desteklenmesi, afetlere müdahalede bölgesel kapasite ve kaynakların paylaşılması için bölgesel protokol ve işbirliği yapılması gibi hususlar vurgulanmıştır.

3.4. Etkili müdahale için afetlere hazırlığın güçlendirilmesi:
Afetlere karşı direncin artırılması amacıyla afet risklerinin azaltılmasına yönelik yatırım yapma temelli bir önceliktir. Bu öncelik altında, yapısal ve yapısal olmayan önlemlere ilişkin kamu ve özel sektör yatırımlarının ekonomik, sosyal, sağlık ve kültürel direncin artırılmasında önemli olmasının yanı sıra, bu yatırımların yenilikçiliğe, yeni istihdam yaratılmasına ve büyümeye katkı yapacakları belirtilmektedir. Bu kapsamda, ulusal ve yerel düzeyde; afet risk transferi ve sigorta sisteminin teşvik edilmesi, arazi kullanımı ve bina yönetmeliklerinin iyileştirilmesi, kırsal alan, kıyı ve çevre ile ilgili planlama çalışmalarının yapılması, ulusal sağlık sisteminin iyileştirilmesi, salgın hastalıklara ilişkin önlemlerin alınması, iş yerleri ve kültürel varlıkların korunması, afet risklerinin azaltılması için gerekli mali kaynağın ayrılması ve yeni finansal araçların geliştirilmesi, kritik altyapıların afet risklerine karşı güçlendirilmesi ve korunması gibi eylemler yer almaktadır. Küresel ve bölgesel ölçekte ise; sürdürülebilir kalkınmaya ve afet risklerinin azaltılmasına ilişkin hazırlanan plan,

program ve uygulama süreçlerinde uyum sağlanmasını konularında çalışmaların yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

4. Karşılaştırmalı Analiz: HÇEP ve SÇB

Afet risklerine ilişkin farklı çerçeve belgeleri hem ulusal hem de uluslararası literatürde tek tek ele alan pek çok çalışma bulunsa da toplumsal katılım algısı açısından karşılaştırmalı olarak ele alan yayınlanmış ulusal çalışma olmamakla birlikte, uluslararası en son çalışma da Tozier ve Baudoin'e [6] aittir. Bu anlamda ulusal literatüre katkı sağlaması hedeflenen bu çalışma, içerik analizi kullanması ile Tozier ve Baudoin'in çalışmasına benzerlik göstermektedir.

4.1 Yöntem: İçerik Analizi

İçerik analizi nitel verilerin nicel terimlere indirgendiği bir tekniktir [8,9]. İçerik analizi ile politik metinlerden istatiksel anlamlar çıkarılabilmektedir. SÇB ve HÇEP metinlerinde toplumsal katılımın anahtar kelimeleri toplumsal katılım ve toplumsal katmanlara göre seçilmiştir [10]. Her iki çerçeve belgede verilmek istenen mesajlar kelimelerin tekrarlanış sıklığı kullanılarak tespit edilmiştir. Sık tekrarlanma ve konuya verilen önem arasında doğrudan ilişki olduğu kabulü yapılmıştır. SÇB çalışmalarında HÇEP sürecinde elde edilen kazanımlar, tespit edilen eksiklikler ve gelecekte sorun olacak zorluklar belirlense de yapılan içerik analizinde toplumsal katılım ve gömülülük vurgulardaki kayma detaylı olarak görülmektedir (Çizelge 1).

4.2. Bulgular

İçerikte geçen kelime frekansına göre oluşturulan çizelge üzerinden HÇEP ve SÇB belgeleri çözümlendiğinde (Çizelge 1);

SÇB'de daha çok insan merkezli katılımcı bir yaklaşım olduğu görülmektedir. HÇEP'de 1 kere yer alan paydaş katılımı vurgusu SÇB'de 5'e çıktığı görülmektedir. Afet yönetimi çok paydaşlı bir sistem olup, aktör ve fonksiyonların etkin bir şekilde çalışmasının sağlanması için uzlaşma gerekmektedir. Bu doğrultuda; HÇEP'le SÇB karşılaştırıldığında potansiyel ilerlemenin olduğu bir alan da ilgili paydaşlar konusudur. Özellikle kadınların, çocukların ve gençlerin, engellilerin, yaşlıların, yerli halkların kişilerin ve göçmenlerin önemli paydaşlar arasında olduğu belirtilmekte ve bu grupların katılımının gerekliliğini vurgulamaktadır.

HÇEP'de kadın kelimesi 2 sıklığında tekrarlanırken ve SÇB'de bu rakam 18' e çıkmıştır. Engel/engelli kelimesi ise HÇEP'de iken 1 iken SÇB'de 5'e yükselmiştir.

SÇB'de toplumun özellikle yoksul, afetlerden etkilenen orantısız etkilenen kesimlerine daha fazla vurgu vardır. Bu vurgu 'yerel bilgi ile bilimsel bilgi ile tamamlayıcı hale getirilmiştir. HÇEP'de yerel düzey 8 sıklığında tekrarlanırken ve SÇB'de bu 15'dir. Bu durumda afet çalışmalarında yerel düzey uygulamaları temsil etmekte olup HÇEP'e göre SÇB'de yerel düzey vurgusu arttığı görülmektedir. Afet risklerinin azaltılmasında politika, hedefler, eylemler ve planlar ulusal ölçekten yerel ölçeğe sınırları çizerek izlenmesi gereken yol yöntem ve süreci tarif etmektedir. Bu süreçte son dönemde yerellik uygulamanın önemi artmakta yere gömülü nitelikler özgünlükler önem kazanmaktadır. Bu paralelde yöreye özgü olma vurgusu da HÇEP' de 1 iken SÇB'de 4 olmuştur.

Çizelge:1 Kelime Frekansına Göre HÇEP ve SÇB

No	Belgelerde geçen kelimeler	HÇEP [3]	SÇB [5]
1	İnsan merkezli	1	2
2	Katılım/katılımcı toplum	3	2
3	Paydaş katılımcı	1	5
4	Kadın	2	18
5	Teknoloji	3	6
6	Teknolojik	2	8
7	Teknoloji Transferi	1	5
8	Bilim/bilim toplumu	9	21
9	Araştırma	7	14
10	Yöreye Özgü	1	4
11	Engel/Engelli	1	5
12	Geleneksel Bilgi	1	3
13	Her Düzey	18	19
14	Yerel Düzey	8	15
15	Yerel Bağlam	1	2
16	Toplum Temelli	2	2
17	Yerel Toplum	2	4
18	Güçlendirmek	1	6
19	Adaptasyon	1	4
20	Bilgi ve Verinin Yayılması	9	14

[HÇEP ve SÇB metinleri temel alınarak yazar tarafından üretilmiştir.]

HÇEP orta vadeli önlemler alırken SÇB yukarıdan aşağıya organizasyon yerine yerel aktörler ile daha anlamlı işbirliklerine doğru bir kayma yönünde yer almaktadır.

Toplum katılımı ve yerel bilginin referans sayısı 2 çerçevede de sabit kalmasına rağmen, bilim, teknolojiye olan referanslar artmaktadır. Örneğin, HÇEP'de bilim-bilgi toplumu 9 kez ve SÇB'de ise 21 kez bahsetmektedir. Bilim ve bilgi sadece afet değil iklim değişikliği etkileri de göz önüne alındığında küresel ölçekte artan bir odak haline gelmiştir.

5. Sonuç

Uluslararası toplumun afet risklerini azaltmadaki başarısı sürdürülebilir gelişme, iklim değişikliği ve finansal gelişim konuları ile birlikte ele alınmakta ve tüm bu konularda yönetişim sağlanması gerekmektir. Aktörlerin yönetişimle karar sistemlerine katıldığı yeni düzende daha dirençli kentler ortaya çıkacaktır.

SÇB'nde sürdürülebilir kalkınma ve afet risklerinin azaltılması faaliyetlerinin birbirleriyle uyumlu olması ve entegrasyonu konusuna daha fazla vurgu yapmıştır. Afet risklerinin tanımlanması ve azaltılması konusunda tekil çalışmalar yapılmasının yeterli olmayacağı, diğer sektörel ve kurumsal düzeyde yapılan çalışmalarda da afet

risklerinin azaltılması veya buna yönelik bakış açısına sahip olunması gerektiği vurgulanmıştır.

SÇB ile dünyada artık dezavantajlı gruplara, engellilere, kadın, çocuk ve yaşlılara artan şekilde önem verilmekte, yürütülmekte olan toplumsal programlarda bu grupların daha fazla yer alması gerektiği görüsü baskın şekilde öne çıkmıştır. Türkiye'nin de gelecek 15 yıl boyunca yapılacak olan afet çalışmalarında bu gruplara mutlaka yer ve önem vermesi gerekmektedir.

Tehlikelerin belirlenmesi konusu önemini korumakla birlikte, afetlere karşı kırılganlığın azaltılması, toplumun, altyapıların ve sistemlerin bütüncül direncinin artırılması ile yeni risklerinin yaratılmaması ön plana çıkarılmıştır. Bu durumun afet risk yönetiminin daha geniş bir yelpazeden ele alınmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Afet yönetim sürecinde yeni bir döneme girilmiş olup, risk yönetimine geçilmiştir. Afet yönetim süreçlerinde risk yönetimi çalışmalarının özellikle kalkınma faaliyetlerini olumlu etkileyeceği bilinmektedir.

Ülkemizde Hyogo'da olduğu gibi, Sendai Çerçevesi'nin uygulama ve izlemeleri de Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nca (AFAD) yürütülmektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kalkınma Bakanlığı, AFAD ve ilgili Sivil Toplum Kuruluşları ile bir arada yönetişim çerçevesinde ortak iş yapma kapasitesini yükseltecek çalışmalar yapılmalıdır. Toplum katılımı artıkça afetlere dirençli kentler oluşturma potansiyeli de artacaktır.

Ayrıca, SÇB'de (2015-2030) paralelinde Türkiye'de de afet risklerinin azaltılması hususlarının küresel gündemin önemli bir maddesi olan iklim değişikliği konusu ile entegrasyonu sağlanmalıdır.

SÇB'de (2015-2030) yer alan hususların 10. Kalkınma Planı Afet Yönetimi bölümü altında yer alan amaç, hedef ve politikalarla uyumlu olduğu [7, 2] ve her ne kadar olumlu gelişmeler ve uluslararası politikalarla örtüşen noktalar görülse de Türkiye'nin bu alandaki kurumsal yapısını, yasal mevzuatını merkezden yerele her ölçek ve her tür yerleşim birimi için yeniden düşünme zorunluğu bulunmaktadır.

Bu araştırmanın temel oluşturacağı ve öncülük edeceği konu ve çalışmalar 2 ana başlıkta toplanabilir. Bunlar;

1. Afet politikaları alanında HÇEP ve SÇB çalışmalarında ortaya konan öncelikleri ve yeni eğilimleri tespit etmesi açısından katkısı,

2. Türkiye'de afet ile ilgili politikaları ve öncelikleri belirlemek amacıyla yapılacak çalışmalara örnek olması açısından katkısıdır.

Kaynaklar

[1] Balamir, M. Uluslararası Afetler Politikası Ana Ekseni: Kentsel Sakınım, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı ODTÜ Ankara, 11-14 Ekim, 2011. İnternet erişimi için: (http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/1.Oturum/Tema_M. Balamir.pdf).

[2] Kalınma Bakanlığı, Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Dairesi, Afetler Sektörü Bilgi Notu, 2015.

[3] http://www.unisdr.org/we/inform/publications/1037, 10.12.2015 Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters - full text

[4] Balamir, M., Uluslararası Afetler Politikası: Güvenli Kentler Kampanyası ve Sasakawa Ödülleri , Afet ve Mimarlık, Dosya 26 sayfa:17-25, TBMMOB yayınları, Eylül, 2011.

[5] Sendai Çerçeve Belgesi Tam metni erişim belgesi, http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf 10.12.2015 Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030 - full text.

[6] Tozier A., Baudoin M., From Yokohama to Sendai: Approaches to Participation in International Disaster Risk Reduction Frameworks, International Journal of Disaster Risk Science 06/2015; 6(2). DOI: 10.1007/s13753-015-0053-6 , 2015.

[7] Kalkınma Bakanlığı,10. Kalkınma Planı (2014-2018) internet erişimi için: (https://pbk.tbmm.gov.tr/dokumanlar/10-kalkinma_plani.pdf)

[8] Öğülmüş, S. İçerik Çözümlemesi, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi, Cilt:24 Sayı:1,1991. İnternet erişimi için : (http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/40/506/6144.pdf).

[9] Tavşancı, E., Aslan, E., İçerik Analizi ve Uygulama Örnekleri, Epilson Yayınları, İstanbul, 2001.

[10] Tekeli İ. New Tendencies in Planning Thought (CP 601), Doktora Dersi Notları, Yayınlanmamış Belge, ODTÜ, Ankara, 2006.

TÜRKİYE'DE AFET RİSKLERİNİN AZALTILMASINDA STK'LARIN ROLÜ

THE ROLE OF NGO'S IN REDUCTION OF DISASTER RISKS IN TURKEY

Savaş Zafer Şahin[a] ve Mustafa Kaya[b]
[a] Atılım Üniversitesi, Ankara, Türkiye, E-posta: zafer.sahin@atilim.edu.tr
[b] ,Ankara, Türkiye, E-posta: mustafa1988_7@hotmail.com

Özet

Afet risklerinin azaltılmasında gönüllülük esasına göre çalışan Sivil Toplum Kuruluşlarının (STK) rolü önemlidir. Dünyada STK'ların afet risk ve zararlarının azaltılmasında, afetlere hazırlıkta, afetlere müdahale ve afet sonrası uzun süreli iyileştirme faaliyetlerinde etkin bir konuma sahip olması gerektiği uzun süredir tartışılan bir konudur. Türkiye de 1999 Depreminden bu yana bu tartışmalara katılmıştır. Ancak, yaygın kanı Türkiye'de STK'ların bu alandaki katkılarının beklenen düzeyin gerisinde olduğu şeklindedir. Bu araştırmada, STK'ların afet risklerinin azaltılmasındaki etkilerinin arttırılması konusunda ortaya çıkan sorunların tespiti ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi amacıyla Türkiye genelinde 12 kurum ve kuruluş ile mülakatlar yapılmıştır. Araştırma sonucunda gönüllülük esasına göre çalışan STK'ların afet yönetiminde ortaya çıkan risk ve sorunların azaltılmasında önemli bir potansiyelinin bulunduğu görülmüştür.

Anahtar kelimeler: STK'lar, afet, risklerin azaltılması, Türkiye

Abstract

Role of NGO's, working regarding principle of voluntarism, in reduction of disasters risks is important. The necessity of NGOs to have a strong existence in reduction of disaster risks and damages, in preparations for disasters, in activities of interventions to disasters and post-disaster long-term rehabilitations is an issue that has been debated for a long time. Turkey, also joined in these discussions since 1999 earthquake. Yet, the general opinion is that in Turkey, the contributions of NGOs in this field is behind expected level. In this research, interviews were realised with twelve institutions all over Turkey, for determining problems emerging in increasing NGOs influence in reduction of disaster risks and developing solutions.As a result of the research, it has been seen that, NGOs, working in princliple of voluntarism, have an important potential for reduction of risks and problems in disaster management.

Keywords: NGOs, disaster, reduction of risks, Turkey.

1. Giriş

Yaşadığımız dünyada meydana gelen afetlerin, her geçen gün artan bir şekilde insan yaşamını tehdit ettiği bilinen bir gerçektir. Yerel ya da bölgesel olarak tüm insanlığı etkileme potansiyeli bulunan afet türleriyle mücadelede artık bütünsel hareket etme, kaynakların daha etkin kullanımı ve toplumu bilinçlendirici faaliyetler büyük önem taşımaktadır. Yaşanılan süreçte anlaşılmıştır ki; ne zaman, nerede, hangi büyüklükte ve şiddette meydana geleceği kesin olarak bilinemeyen afetlerin insanların yaşamını tehdit etmesinin önüne tam olarak geçilebilmesi için yapılan çalışmalarda; kamu erki tek başına bu işlevi yerine getirememekte ya da yetersiz kalmaktadır. Afet risk algısı ve strateji belirlemeden eldeki kaynakların kullanımına, eğitim faaliyetlerinden yerel ve uluslararası müdahale ve iyileştirme çalışmalarına kadar birçok alanda kamu erkine yardımcı en önemli unsur, vatandaşların katılımıyla ortaya çıkan sivil girişimlerdir. Aynı zamanda, meydana gelen afetlere maruz kalan bireyler yanında afet yönetimi konusunda hassasiyetleri bulunan insanların kendiliğinden veya örgütlü olarak ortaya koydukları yapılar olarak ortaya çıkan sivil toplum kuruluşları afetlerle mücadelede önemli unsur olma özelliği taşırlar [1].

2. Sivil Toplum Kavramı

Sivil Toplum; devlet baskısı dışında, belirlenen hedefler doğrultusunda kendiliğinden veya güdümlü olarak bir araya gelen insanlardan oluşan yapıları ifade etmektedir. Keyman'ın ifadesiyle;

> "devlet denetimi dışında kalan dolaylı ya da dolaysız belli bir düzeyde siyasi bir nitelik içeren, fakat özünde toplumsal sorunların çözümüne yönelik sivil etki, ilişki ve çıkarları hayata geçiren bir alana karşılık gelir. Kavramsal olarak bakıldığında sivil toplum, demokratikleşme, toplumsal sorunlara çözüm bulma ve kamusal tartışma alanıdır." [2]

Toplumu derinden yaralayan, ekonomik çöküntüye neden olan afetler önemli bir toplumsal sorun olma özelliğine sahiptir. Sivil toplumu oluşturan yapının bu sorunun çözümü adına kamu erki ile birlikte eşgüdüm içerisinde hareket etmesi ve afetin tüm aşamalarında aktif rol alması çözüm adına yaşamsal öneme sahiptir. Sivil toplum kuruluşlarını öne çıkaran ve zaman zaman çözüm adına kamu erkinden belki de daha avantajlı konuma getiren en önemli özelliği üyelerinin "gönüllülük" esasına göre hareket etmesidir. Bu, afetlere maruz kalan bireylerin, hiçbir kazanç beklentisi olmadan tamamen kendi özgür iradeleriyle ortaya çıkan, sorunun çözümüne harcadıkları çabaları, bu işi bir ücret karşılığında mesai harcamak zorunda olanlardan çok daha verimli ve sonuç odaklı konuma getirmektedir. Gönüllülük bir görev değil çıkar kavramından uzak bir tercih, paylaşımcılık ve fedakârlıktır. Bu sebeple getirisi de bir o kadar büyük olacaktır. Bu avantajın iyi değerlendirilmesi gerekmektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Genel olarak bakıldığında, kamu erki ve kar amacı güden özel kuruluşlardan sonra "üçüncü sektör" olarak ta adlandırılan Sivil toplum kuruluşları (STK), bürokrasiden daha esnek yapıları ile afetlerin farklı aşamalarıyla ilgili olarak edindikleri uzmanlıklarla, yerel teşkilatlanmalarla, talep edilen hizmeti maddi karşılık gözetmeden sunmalarıyla ve kendilerini sürekli geliştirme potansiyelleriyle afet yönetiminde vazgeçilemeyecek bir konuma gelmişlerdir.

Dünya Bankası'nın 1997 yılında "Türkiye'deki Sivil Toplum Kuruluşları" konusunda yayınladığı raporda Türkiye'de sivil toplumun gönüllülük kavramı ile birlikte geliştiği ifade edilmiş, bu durumun 700 yıllık Anadolu Selçuklular ile Osmanlılara kadar uzanan bir tarihsel mirasa dayandığı belirtilmiştir. Toplumsal hizmetlerin vakıflarla ve loncalarla başladığı, toplumsal dayanışmanın sağlanmasında bu kurumların önemli bir işleve sahip olduğu bilinmektedir. Uzun yıllar zaman zaman devlet denetimine girse de sivil toplum kuruluşları, özellikle 1980'lerin ikinci yarısından itibaren kendi özerk yapılarına kavuşmaya başlamış, yaklaşık son yirmi yıldır da bu alanda önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmenin en önemli sebepleri arasında 1996 yılında İstanbul'da yapılan, toplumsal farkındalığın da artmasına neden olan Habitat II toplantısı ve Yerel Gündem 21 gibi inisiyatifler yer almaktadır. İkinci sebep ise; Akatay ve Yelkikalan'ın da ifade ettiği gibi 1999 depremleri sonrasında yaşanan boşluk ve belirsizlik ortamının belli konularda ve belli ölçüde STK refleksi ile doldurulmuş olmasıdır [3]. Depremin en önemli etkilerinden biri, STK'ların bünyesinde gönüllü olan gençlerdeki farkındalık oluşmasıdır. Önemli diğer bir sebep ise; Avrupa Birliği sürecinde Sivil Toplum çalışmaları için ülkemize önemli kaynakların aktarılması ve sonrasında meydana gelen yasal düzenlemelerdir.

3. Gönüllülük Kavramı

Gönüllülük, toplumun bir bölümünü veya tamamını ilgilendiren sorunlarını hiçbir maddi kazanç beklentisi olmadan çözme inisiyatifini gösterme iradesidir. Bunu yaparken temel amaç toplumsal faydadır. Gönüllülük; kişinin herhangi bir çıkar beklentisi olmaksızın kendi yakını olsun olmasın herkesin, yaşam şartlarını üst seviyeye çıkarmak veya her türlü toplumsal refah için tamamen kendi özgür iradesi kapsamında toplum içinde oluşan veya bir sivil toplum kuruluşu içinde yapılan faaliyetlere destek olma biçimi olarak tanımlanabilir. Gönüllüler, tecrübe, anlayış, paylaşma, olumlu insani ilişkiler, eğitimli olma gibi özelliklere sahip olabilecekleri yanında bu özellikte olmasalar da içinde yaşanılan toplumda bir şeyler yapma isteğinde olan kişilerden de oluşabilir. Bu çerçevede samimiyet, çok önemli bir yere sahiptir [4].

> "Gönüllü kişiler; her bireyin toplumun bir parçası olduğunun bilinci ve "Geleceğin daha iyi olması için ben de bir şeyler yapabilirim" düşüncesiyle; maddi olanaklarını, zaman, emek ve bilgilerini, insani ya da toplumsal bir amaç için ortaya koyan kimselerdir."[5]

Tamamen kendi istek ve arzularıyla, hiçbir baskı altında kalmadan toplumsal sorunlara kayıtsız kalmayan, kuramsal ve pratik olarak bilgi birikimini, tecrübe ve olanaklarını kullanan herkes gönüllü olarak nitelendirilir.

4. Afet Riskleri ve Gönüllülük

Bir yerde bulunan ve belirli büyüklükte olan bir afetin bulunması ve bu durumdan mevcut yapının etkilenebilir olması, bu etkilenme ve zarar görme olasılık ve oranlarının tahmin edilebilmesi afet riskinin içeriğini tanımlar. Risk yönetimi ise; belirlenen risklerin bir afete dönüşmemesi için bir plan çerçevesinde önlemler alma faaliyetlerinin tümü olarak ifade edilebilir.

Afetlerle mücadele bireysel girişimler yanında kamusal yapılanmalar ihdas edilerek çok yönlü önlemler alınması ve bu önlemleri hayata geçirerek afetlerden korunmak da mümkün olabilmektedir. Bireysel girişimler, bir afet meydana geldikten sonra profesyonel ekipler gelinceye kadar afetlere ve afetzedelere müdahale faaliyetlerini gerçekleştiren gönüllü yaklaşımlardır. Bu yaklaşımlar, bireysel olarak ortaya çıkabileceği gibi bir sivil toplum kuruluşu bünyesinde de ortaya çıkabilir. Bazen de, bireylerin kamu bürokrasisi dışındaki gönüllü inisiyatifleri, kurumsal sınırların dışındaki büyük resmin görülmesine ve sorunların fark edilmesine yardımcı olan aykırı görüş ve tespitleri de içinde barındırır.

5. Afetler ve STKlar

Afet yönetimi, afetlerin doğuracağı muhtemel tüm zararları toplumun tüm unsurlarıyla bertaraf etmeyi gerektirmektedir. Bu bağlamda toplumun nabzını tutan, toplum bireylerinden oluşan ve temelinde gönüllülük prensibi bulunan sivil inisiyatifler bu konuda önemli bir konuma sahiptir. Bugün artık dünyada devletin ortaya çıkan sorunlara karşı tek başına cevap vermesinin imkânsızlığı tartışmasız kabul gören konuların başında gelmektedir. Devletin öncü rolü üstlenmesi, yol gösterici olması ve kendi dışındaki aktörleri teşvik edici ve önünü açıcı bir misyon üstlenmesi herkes tarafından bilinen bir gerçektir [6]. Afetler de bu açıdan bakıldığında devletin yaptıklarına paralel olarak sivil inisiyatifin kendi özerk ve gönüllü yaklaşımı çerçevesinde aktif olarak yer aldığı bir alandır.

Artık STK'lar toplumların afetlere hazırlanması, zarar ve risklerin azaltılması, kısa süreli müdahale ve uzun süreli iyileştirme çalışmalarına yoğun bir şekilde katılmaktadırlar. Gönüllü yapılanmalar olmadan devletin tek başına afetlere maruz kalmış toplumların ihtiyaçlarını karşılaması mümkün gözükmemektedir. Bundan dolayı gönüllü kuruluşların afetlerin tüm aşamasında rolleri, hem kamu ile olan ilişkilerinde hem de kendi aralarındaki yaklaşım ve işbirliği, dil birliği, ortak bir afet yönetimi ile birlikte eşgüdümün de sağlanması gerekmektedir.

6. Türkiye'de Afet Yönetimi Gönüllülük ve STKlar

Türkiye'de afet yönetimi bağlamında görev ifa eden Sivil Savunma Genel Müdürlüğü, Türkiye Acil Durum Yönetimi Genel Müdürlüğü ve Afet İşleri Genel Müdürlüklerinin

kapatılması sonrası kurulan Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), afet yönetiminin her aşamasında faaliyet göstermek amacıyla kurulmuş önemli bir kuruluştur. Fakat genel olarak bakıldığında gönüllülük konusunda AFAD'ın "İtfaiye, arama ve kurtarma hizmeti veren kurum ve kuruluşlarla işbirliği yapmak, gönüllü itfaiye ile arama ve kurtarma hizmetlerini düzenlemek ve teşvik etmek, sivil toplum kuruluşları ile gönüllü kişilerin afet ve acil durum yönetimi ile ilgili akreditasyonunu yapmak ve belgelendirmek" şeklinde ifade edilen bazı çalışmaları dışında kurumsal olarak afetlerin tüm aşamalarını kapsayan bir yapılanması bulunmamaktadır. Ülkemizde afetlerle ilgili olarak gönüllülük faaliyetleri, kamusal yanı da bulunan Kızılay ve diğer sivil toplum kuruluşlarının faaliyet alanlarını oluşturmaktadır.

Afetlerle etkin mücadele etme, afet zararlarını en aza indirme ve tüm kaynakların bir plan dâhilinde aktif olarak kullanma açısından toplum temelli bir afet yönetimi algısının gelişmesi büyük önem arz etmektedir. Özellikle yerel düzeyde, gelmesi muhtemel afetlerin hemen sonrasında başlayan, profesyonel ekiplerin gelmesiyle etkileri azalsa da kendilerinden istifade edilmeye devam edilen örgütlü yapılar bulunmaktadır.

Misyonları birbirlerine çok yakın olsa da örgütlenme biçimleri, sayıları ve kurumsal bağlılıkları bakımından bazı farklar bulunan bu yapılanmalar afetlerin hemen sonrasında çok önemli işlevlerde bulunurlar. Bu bağlamda Toplum Afet Müdahale Ekipleri (TAME), İtfaiye Semt Gönüllüleri, Sivil Savunma Gönüllüleri, Afet Zarar Azaltma Takımları, Toplum Afet Gönüllüleri ve Mahalle Afet Gönüllüleri akla gelen ilk isimlerdir.

Bu gönüllü yapılanmalar dışında, Türkiye'de bir kısmı ulusal ölçekte örgütlenmiş, bir kısmı da yerel ve bölgesel ölçekte örgütlenmiş birçok STK'nın afetlere hazırlık konusunda çalışmalar yaptığı bilinmektedir. Özellikle 1999 Depreminde AKUT ile birlikte gündeme gelen STK'lar, daha sonrasında yardım toplama, deprem mağdurlarına destek olma gibi birçok konuda örgütlenmeye çalışmaktadır. Özellikle son dönemde STK'ların afetlere hazırlık konusunda sistematik bir yaklaşımla bir arada değerlendirilmesi ve bir akreditasyon sisteminin oluşturulması konusunda önemli çabalar gözlenmektedir. Özellikle AFAD ve İl müdürlüklerinin bu konuda yaptıkları yerel çalıştaylar ile Arama Kurtarma Dernekleri Federasyonu (AKDF) gibi kuruluşların oluşturdukları akreditasyon yönetmeliği ve sistematiği önemli gelişmeler arasında sayılabilirler. Ancak, bu çabaların daha operasyonel ve tabana yayılmış bir pratik oluşturması gerektiği de açıktır.

7. Afet Risklerinin Önlenmesinde STKların Rolüne İlişkin Saha Araştırması

7.1. Araştırmanın Amacı:

Meydana gelen afetlerde gönüllüler ve gönüllü kuruluşlar insan kaynağı, bütçe kısıtlılığı, uzmanlaşma, yerellik vb. nedenlerden dolayı afetlerle mücadelenin tüm unsurlarında hizmet vermede yetersiz kalabilmektedir. Ayrıca kamu erkinin afet yönetimi konusunda gönüllü unsurları da içine alan faaliyetler konusundaki yetersizlikleri, afet öncesi, anı ve sonrasında karışıklık, zaman kaybı ve kaynak israfına neden olmaktadır. Daha etkin bir afet yönetimi ancak gönüllüleri de içerisine alan ve afetlerle mücadelenin her safhasında aktif yer alan bir yapıyla mümkün olabilecektir. Bu yapının en önemli ayağı da STK'lardır.

Türkiye'de faaliyet gösteren gönüllülük misyonunun, yaşanan afetler sonrasında artması, buna bağlı olarak özellikle gönüllüleri bünyesinde bulunduran STK'ların da aynı paralelde gönüllülük misyonunu gerçekleştirmede gerek iç bünyelerindeki yapısal sorunlar, gerek gönüllülerin afetlerdeki işlevinin ifa edilmesinden kaynaklı sorunlar, gerekse etkin örgütlenme faaliyetlerinde yaşanılan sorunlar önemli bir işleve sahip olan gönüllü faaliyetleri olumsuz yönde etkilemiştir. Bu araştırmayla gönüllülük ile ilgili bünyesinde afet gönüllülerini barındıran STK'ların yaşadıkları sıkıntı ve sorunların araştırılarak bundan sonra meydana gelmesi muhtemel afetlerde daha etkin bir gönüllü inisiyatifinin oluşmasına katkı sağlamak hedeflenmiştir. Bunu yaparken, konu hem STK'lar hem de Kamu erki açısından değerlendirilerek gönüllülük, derinlemesine araştırılmaya çalışılmıştır.

7.2. Araştırmanın Kapsamı Ve Sınırlılıkları:

Türkiye'de afet yönetimi alanında görev üstlenmiş birçok ulusal ve yerel STK'lar bulunmaktadır. Bunlardan sürekli ve aktif olarak faaliyet gösterenlerin sayısının yaklaşık 100 civarında olduğu tahmin edilmektedir. Bu STK'ların büyük bir kısmı gönüllülük misyonunu bünyesinde barındırmakta, muhtemel bir afette gönüllüler ile birlikte hareket etmektedir. Bu amaç doğrultusunda hareket eden STK'ların, gönüllülük işlevine bakışları, yaşanan sorunlar ve çözüm önerileri üzerinde durulacaktır.

Araştırmada afetlerde misyon üstlenmiş STK'ların gönüllülük işlevini önceleyen, afet yönetiminin; Zarar Azaltma, Müdahale, İyileştirme ve Hazırlık safhalarında faaliyet gösterenler dikkate alınmıştır. Afet yönetiminin önemli bir ayağı olan kamu yapılanması da gönüllülük işlevi ile ilgili yaklaşım ve uygulamaları bu araştırmaya dahil edilmiştir. Araştırma sadece afet yönetimindeki gönüllülüğü esas almıştır. Konuyla ilgili STK'lar ve kamu erki dışındaki örgütlenmeler bu araştırmanın dışında bırakılmıştır.

7.3. Araştırmanın Hipotezleri:

H1:Afet yönetiminde gönüllülük işlevi ağırlıklı olarak yalnızca afet anı arama-kurtarma faaliyetlerinde hayata geçirilen bir işlev olarak algılanmaktadır.
H2:Afet yönetiminde gönüllülerin eğitimi, izin alması, ilgili STK'ların akreditasyonu konusunda mevzuat eksiklikleri bulunmaktadır.
H3:Afet yönetiminde bireysel ve kurumsal olarak gönüllülük faaliyeti içinde bulunmak isteyenlerin yerel yönetimlerde (belediye ve valiliklerde) başvuracakları gönüllü ofisleri bulunmamaktadır.
H4:Türkiye'de gönüllülük misyonu üstlenmiş STK'lar devlet tarafından yeterince desteklenmemekte, devlet sadece kural koyucu, düzenleyici gibi algılanmaktadır.
H5:Gönüllülük çok önemli bir işlev olmasına rağmen Türkiye'de gönüllü kuruluşların tecrübelerinden yeteri düzeyde istifade edilememektedir.

7.4. Araştırmanın Yöntemi:

Araştırma 2012 yılı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Araştırmada afet yönetim sürecinde rol almış yaklaşık 100 STK' içinden ulusal ve yerel ölçekte görev yapan ve gönüllü inisiyatife ağırlıklı yer veren, afetlerde aktif olarak görev almış ve hali hazırda bu misyonlarına devam edenlerden 10'u derinlemesine mülakat için seçilmiştir. Ayrıca gönüllülük işlevinin ifasında kamunun afetlerle ilgili kurumların 2'si de STK'lara kamu bakışı dikkate alınarak araştırmaya dâhil edilmiştir. Araştırmaya dâhil edilen STK'ların seçiminde kapasite, ulaşılabilirlik, aktif faaliyet içinde bulunma, deneyim gibi unsurlar da dikkate alınmıştır. Bu kuruluşların yapılanma ve misyonlarına göre dağılımını gösterir veriler tablo-1'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırmaya Dâhil Edilen Kurumların Ölçekleri

	STK	KAMU
ULUSAL	7	2
YEREL	3	-
TOPLAM	10	2
G E N E L T O P L A M		12

Araştırmaya dâhil edilen kuruluşların afet yönetiminin farklı alanlarında faaliyette bulunmasına da dikkat edilmeye çalışılmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Araştırmaya Dâhil Edilen Kuruluşların İhtisas Alanlarına Göre Dağılımı

	STK	KAMU
Arama-Kurtarma	3	
Arama-Kurtarma, İlkyardım ve Sağlık, İnsani Yardım	2	
Arama-Kurtarma, Eğitim ve Bilinçlendirme	2	
İnsani Yardım	1	
İnsani Yardım, Eğitim ve Bilinçlendirme,	1	
İlkyardım ve Sağlık		1
Hepsi	1	1
Toplam	10	2
G E N E L T O P L A M	12	

7.5. Veri Toplama

Araştırmada nitel araştırma tekniği kullanılmış, veri toplama aracı olarak derinlemesine mülakat yöntemi uygulanmıştır. Seçilen STK ve kamu temsilcilerine afetlerde gönüllülüğün yeri, işlevi ve karşılaşılan sorunların tespitine ilişkin tespit edilen açık uçlu üç soru yöneltilmiştir. Mülakatların dördü yüz yüze, sekizi ise telefonda yapılmış ve ses kaydı alınarak deşifre edilmiştir. Katılımcılara aşağıdaki sorular yöneltilmiştir:

Soru-1 Sizce afet yönetiminde gönüllülüğün ve STK'ların yeri nedir? Ne olmalıdır?
Soru-2 Türkiye'de gönüllülüğün afet yönetiminde işlevi nedir? Yeterince yararlanabiliyor muyuz?
Soru-3 Türkiye'de afet yönetiminde gönüllülüğün daha iyi kullanılması için neler yapılmalıdır?

7.6. Araştırma Bulguları

"Sizce afet yönetiminde gönüllülüğün ve STK'ların yeri nedir? Ne olmalıdır?" şeklindeki soruya katılımcıların verdikleri yanıtların ortaklaşan temel tespitleri aşağıdaki gibidir:

- Sivil toplum kuruluşlarının asli unsurlarından biride gönüllülüktür, stk'lar gönüllü vatandaşlar ve özel kuruluşların içinden çıkan bir misyonla hareket ederler, sadece afet anı ve sonrası olarak algılanan gönüllülük esasen afet öncesini de kapsayan önemli bir işlevdir,
- Gönüllülük takım olma bilincini geliştirir, keyfilikle yapılmaz, tamamen belli kurallar çerçevesinde ifa edilmelidir, örgütlü ve programlı yapılmalıdır, doğru örgütlenme ile başarıya ulaşılabilen sürekli ve disiplinli bir iştir,
- Gönüllülük uzmanlık gerektiren bir faaliyettir, vasıflı olarak yapıldığında anlam kazanır, bilgi ve bilinç düzeyinin artırılmasıyla amaca ulaşır, eğitimli gönüllüler sayesinde yaşam normale döner, örgütlü ve programlı olmalıdır,
- Gönüllülük, geniş istihdam zorluklarını ortadan kaldırır, maliyetleri düşürür,
- Gönüllüler afetlerde maaşlı çalışanlardan daha verimli çalışabilir, afetlerde asıl kaynak gönüllülerdir, afet yönetiminde gönüllülük işlevi kamu inisiyatifinin çok daha önünde olmalıdır.

"Türkiye'de gönüllülüğün afet yönetiminde işlevi nedir? Yeterince yararlanabiliyor muyuz?" şeklindeki soruya katılımcıların verdikleri yanıtların ortaklaşan temel tespitleri aşağıdaki gibidir:

- Türkiye'de gönüllülük ve gönüllü kuruluşların tecrübe, bilgi ve deneyimlerinden yeterince yararlanılmıyor, esasen gönüllülük işlevinden yeterince yararlanamıyoruz,
- Gönüllülerin eğitimi konusunda eksikliklerimiz bulunmaktadır,
- Gönüllülük ve afet yönetimi konusunda yasal mevzuat sorunları bulunmakta, etik standartlarda sorunlar var, afet planlarında eksikliklerimiz var,
- Türkiye'de çok fazla sayıda arama-kurtarma konusunda ekibi ve stk var, gönüllülük konusunda afet anı ve sonrası için çok sayıda bulunan gönüllülük işlevi, sadece müdahale (arama-kurtarma) kısmında değil, afet sonrası safhada da büyük öneme sahiptir. Ayrıca gönüllü arama-kurtarma ekiplerinin kriterleri de yeterince belli değil,
- Gönüllü kuruluşların yaşadığı akreditasyon sorunları bulunmaktadır,
- Afet yönetimi açısından kamu kurumları arasında sorumluluk alma noktasında sorunlar bulunmakta, gönüllülük, mevcut kamu bürokrasisinin haricinde

daha hızlı dinamik hareket edebilmeyi mümkün kılmalıdır, devletin ve afet yönetimini planlayanların afet öncesi gönüllülükten çok fazla haberdar olmadıkları görülüyor,
- Türkiye'de gönüllülük işlevinde 1999 depremleri sonrası hızlı bir artış gözlenmiştir.

"Türkiye'de afet yönetiminde gönüllülüğün daha iyi kullanılması için neler yapılmalıdır?" şeklindeki soruya katılımcıların verdikleri yanıtların ortaklaşan temel tespitleri aşağıdaki gibidir:

- Gönüllülük konusunda ilkokuldan başlayarak eğitim, bilgi ve bilinç artırıcı faaliyetlere öncelik verilmesi, gönüllülerin afet yönetimi ile ilgili terminoloji, analiz, planlama ve raporlama standartlarının daha da geliştirmesi gerekmektedir.
- Devletin yapılan gönüllü faaliyetleri destekleyici, teşvik edici bir role sahip olması gerekiyor, devlet sadece kural koyucu, tanzim edici olmamalıdır. Ayrıca destekleme önündeki bütçe engelleri de aşılmalıdır.
- Gönüllü hizmet gruplarının oluşturulmalı, belediye ve valiliklerde gönüllülerle ilgili faaliyet gösteren gönüllü ofislerinin oluşturulması, yerel yönetimlerin gönüllülerle birlikte projeler yürütmesi ve bu konuları öne çıkarması, gönüllülerin afet yönetimi ile ilgili konularda merkezi ve yerel düzeydeki işleyiş hakkında bilgilendirilmeleri gerekmektedir.
- Gönüllü kuruluşların akreditasyon sorunlarının hızla çözüme kavuşturulması gerekmektedir.
- Gönüllü kuruluşların tasniflerinin yapılması, uygulama standartlarının oluşturulması, sınıflandırmalarının yapılması yanında yasal mevzuatın düzenlenmesi, stk'lar için gönüllülük sisteminin tanımlanması, genel idari yapı içinde yerlerinin tanımlanması gerekmektedir.
- Kamu ve özel sektör gönüllülerinin gönüllülük faaliyetine katılımı önündeki en önemli sorun olan "izin alma" konusu olmak üzere tüm engellerin kaldırılması gerekmektedir.
- Gönüllülük sadece arama-kurtarma faaliyeti olarak algılanmamalı afetlerin tüm aşamalarında kullanılması ve bu yanlış algının düzeltilmesi yönünde çalışmalar yapılması gerekmektedir.

8. Sonuç ve Öneriler

Bu araştırmada gönüllülük faaliyetinin esas itibariyle STK'lar bünyesinde işlevsellik kazandığından hareketle, Türkiye'de afet yönetiminde, afet risklerinin azaltılması için STK'ların gönüllülük temelinde rolünün ne olması gerektiği ele alınmaya çalışılmıştır. Bu amaçlar afet yönetiminde gönüllülüğün nasıl algılandığı, Türkiye'deki işlevinin ne olduğu ve gönüllülük işlevinden daha iyi yararlanmak adına neler yapılması gerektiği konusunda hazırlanan sorular, fiilen bünyesinde gönüllülük misyonu bulunan ve Türkiye'de afet yönetiminin birçok safhasında görev almış STK'lar arasında ulusal ve yerel olarak faaliyet yürütenlerden gönüllü sayısı, kuruluşun aktiviteleri ve ulaşılabilirlik gibi kriterler dikkate alınarak seçilen 10 STK ile afet yönetiminin kamu ayağını oluşturan ve yine kamu yapılanması içerisinde çalışan 2 kamu kurumundan oluşan kuruluşlara derinlemesine mülakat yöntemi kullanılarak yöneltilmiş, görüşmeler yapılmıştır.

Yapılan mülakat sonrası "Afet yönetiminde gönüllülüğün önemi, yeri ve gerekliliği ile ilgili olarak" genel olarak aşağıdaki tespitlerin ortaya konduğu görülmektedir:

- Afet yönetimi alanında misyon üstlenmiş kuruluşların asli unsurlarından birinin gönüllülük esasıdır.
- Stk'ların gönüllü kaynağı vatandaşlar ve özel kuruluş çalışanlarından oluşmaktadır.
- Gönüllülük sadece afet anında yapılan faaliyetler olmayıp afet öncesi safhayı da kapsayan önemli bir işleve sahiptir. Bu işlev gönüllülük tanımlarında da ifadesini bulan "hiçbir katkı beklemeden" yapılmalıdır,
- Gönüllülük çok önemli bir fonksiyona sahiptir. Bu fonksiyon icra edilirken keyfilikten uzak, belli kurallar çerçevesinde yapılması gereken örgütlü, disiplinli ve programlı bir faaliyettir.
- Gönüllülük faaliyetinin her safhası çok iyi organize edilmiş olmalıdır. Çünkü gönüllülük süreklilik arz eden ve esasen insan hayatıyla doğrudan ilintili bir işlevdir.
- Gönüllülük, ortaya bir fayda unsuru koyma niyetinde olan herkesin katılabileceği bir faaliyet iken; boş bir insan işi değildir. Yapacak hiçbir şeyi olmayan, hiçbir konuda melekesi bulunmayanların yapacağı bir faaliyet değildir. Gönüllülük önemli bir iştir,
- Gönüllülük uzmanlık gerektiren, vasıflı olmayı teşvik eden bir faaliyettir ve böyle yapıldığında anlam kazanır. Bunun için bilgi ve bilinç düzeyinin artırılması ve eğitimli olunması durumunda amacına ulaşır. Bu nitelikteki gönüllüler afetlerdeki buhran durumunun normale dönmesinde önemli hizmetlerde bulunurlar.
- Gönüllülük afet yönetiminin her safhasında yapılması gerekenlerle ilgili mecburi istihdamın önüne geçen ve bu sayede maliyetleri düşüren bir işleve de sahiptir.
- Afetlerde gönüllü olanlar maaşlı olarak görev yapanlara oranla daha verimli çalışabilirler, çünkü afetlerde asli unsur gönüllülerdir, afet yönetiminde gönüllüler kamu inisiyatifinin çok daha önünde olmalıdır.

Ortaya çıkan bu tespitler bir afet anı ya da öncesindeki tüm faaliyetlerde gönüllülüğün çok önemli olduğunu, sıradan bir iş olmadığını göstermektedir. Vatandaş, özel sektör, kamu sektörü ve konuyla ilgili tüm kuruluşların bu önemin farkında olmaları, gönüllülük faaliyetlerine gereken önemi ve desteği vermeleri hayati öneme sahiptir. Çünkü afet yönetim sürecinde görevi her ne olursa olsun tüm bireyler afet yönetiminin bir diğer aşamasında gönüllü hareket etme potansiyeline sahiptirler ve esasen gönüllülüğün afet yönetiminin temel hareket tarzı ve bilinci olması gerekmektedir.

Aynı şekilde Türkiye'de afet yönetiminde gönüllülük işlevi ve yeterince yararlanıp yararlanılmadığı konusunda da aşağıdaki genellemelere varılmıştır:

- Genel anlamda gönüllülük işlevinden yeterince yararlanılmadığı, özelde de afet yönetiminde Türkiye'deki gönüllü kuruluşların tecrübe, bilgi ve deneyimlerinden de yeterince yararlanılamadığı görülmektedir. Bu durumun arkasında gönüllü çalışan STK'larla ilişkilerin sistematik olmamasının etkisi azımsanmayacak düzeydedir.
- Gönüllülerin eğitimi konusunda önemli eksiklikler bulunmaktadır.
- Belediye ve il özel idarelerinin hizmetlerine gönüllü katılım dışında genelde afet yönetimi, özelde gönüllülük ile ilgili yasal düzenleme ve uygulamalarda eksiklikler bulunduğu, ayrıca gönüllülerin uyacakları etik standartlarda sorunlar olduğu ve bu anlamda afet planlarında eksiklikler bulunduğu görülmektedir.
- Türkiye'de gönüllü arama-kurtarma ekiplerinin hayli fazla sayıda olduğu fakat bu yoğunluğun afetlerin diğer safhaları içinde oluşturulması gerektiği tespit edilmektedir. Ayrıca, mevcut arama-kurtarma ekiplerinin uygulama kriterlerinin yeterince net olmadığı görülmektedir.
- Yaşanılan en önemli sorunlardan birinin de gönüllü kuruluşların akreditasyonlarının yapılmaması yönünde yaşanan sıkıntılardır.
- Afet yönetiminde önemli bir yere sahip kamu kurumlarında sorumluluk alma noktasında sorunlar bulunmaktadır.
- Gönüllülük işlevinin yavaş işleyen, kamu bürokrasisi gibi ağır hareket eden bir yapıdan ziyade daha dinamik olmayı gerektirmektedir.
- Devletin ve afet yönetimini planlayanların afet öncesi gönüllülükten yeterince haberdar olmadıkları görülmektedir.
- Daha öncede var olan gönüllülük faaliyetinin 1999 Marmara depremleri sonrasında büyük bir ivme kazandığı, ortaya konulmuştur.

Yapılan araştırma sonucunda hem STK hem de kamu temsilcilerinin afet yönetiminde gönüllülük konusunda önemli bir birikime ve farkındalığa sahip olduğu görülmektedir. Her ne kadar eğitim, akreditasyon ve farkındalık sorunlarına işaret edilmekteyse de bu durum 1999 depremleri sonrasında gönüllülük konusunda bilinç düzeyinde önemli bir gelişme olduğunu göstermektedir.

Türkiye'de STK'ların afet risklerinin azaltılmasındaki rollerinin iyileştirilmesi için yapılması gerekenlerin de aşağıdaki gibi olduğu söylenebilir:

- Gönüllülük konusunda ilköğretimden başlayarak eğitim ve bilinç kazandırılması konusundaki faaliyetlere öncelik verilmesi gerekmektedir.
- Gönüllülerin afet yönetimi ile ilgili terminoloji, analiz, planlama ve raporlama standartlarının geliştirilmesine ihtiyaç bulunmaktadır.
- Afet yönetimi konusunda üniversitelerden istifade edilerek seçmeli dersler konulabileceği, yerel yönetimlerin eğitime destek olabilecekleri ve afet yönetimi ve gönüllülük ile ilgili kurslar açabilecekleri görülmektedir.
- Devletin eğitim faaliyetlerinde maddi katkı sağlayabileceği ve partner kuruluş olarak gönüllü STK'larla ortak projeler yürütmesi gerektiği söylenebilir.
- Devletin gönüllü faaliyetlerde sadece dikte edici, tanzim edici bir rolden ziyade, destekleyici, organize edici ve sahiplenici bir rolde olmasının çok daha faydalı olacağı ifade edilmektedir.
- Özellikle yerel yönetimlerde (belediyeler ve valilikler) gönüllü hizmet gruplarından oluşan birimler/ofisler bulunmamaktadır. Bu oluşumun kısa sürede tesis edilmesi gerektiğine vurgu yapılarak gönüllü olmak isteyen veya hali hazırda gönüllü olarak bir STK'da faaliyet gösterenlerin gidebilecekleri, destek alabilecekleri bu ofislerin oluşturulmasının çok önemli olduğu düşünülmektedir.
- Gönüllüler afet yönetimi ile ilgili konularda merkezi ve yerel düzeydeki işleyişten yeterince bilgi sahibi olmaları gerektiği görülmektedir.
- Kamu çalışanı görevlilerin ve özel sektör çalışanlarının meydana gelmesi muhtemel bir afette gönüllü olarak katılımının önündeki en önemli engellerden biri olan "izin alma" konusunun doğru bir hukuki yaklaşımla ele alınması gerekmektedir.
- Gönüllülük dendiğinde akla gelen arama-kurtarma faaliyetleri algısının düzeltilmesi gerekir ve gönüllü çalışan STK'ların afet yönetiminin her düzeyinde katkıda bulunması gerekliliği algısı yaygınlaştırılmalıdır.

Her ne kadar araştırmanın yapıldığı tarihten sonra AFAD'ın ve bazı STK üst kuruluşlarının araştırma konusu ile ilgili önemli çabaları olduğu görülmekle birlikte, afet risklerinin azaltılmasında yerel yönetimlerle işbirliği içerisinde tabana yayılmış bir gönüllülük örgütlenmesinden yararlanılması gerektiği görülmektedir. Bu oldukça zorlu ve çaba gerektiren bir uğraştır. Bir yandan afet risklerinin azaltılmasında rol alan STK'ların nicelik ve niteliğinin arttırılmasını, bir yandan bu STK'ların birlikte çalışılabilirlik özelliklerinin geliştirilmesini, bir yandan da Türkiye'de afet yönetimine ilişkin olarak var olan sadece afet anında yapılan bir iş olma algısının değişmesini gerektirmektedir. Bu zorlu uğraşın kendisine girişilmesinde de yine STK'ların bilgi, görgü ve deneyimlerinden faydalanılması, toplumdaki yetişmiş insan gücünün bu alana yönlendirilmesi önemli başlangıç noktaları olarak değerlendirilebilir.

Kaynaklar

[1] Benson, C., Twigg, J. and Myers, M. (2001), NGO Initiatives in Risk Reduction: An Overview. Disasters, 25: 199–215.

[2] Keyman,F., Türkiye'de Sivil Toplumun Serüveni: İmkansızlıklar İçinde Bir Vaha, Ankara, Stgm yayınları, 2006.

[3] Akatay,A., Yelkikalan,N., "Sivil Toplum Kuruluşlarında Gönüllülük ve İnsan Kaynakları Yönetimi", Bursa, Baran Matbaacılık, 2007.

[4] Güder,N., ÖSGD, "STK'lar için Gönüllülük ve Gönüllü Yönetimi Rehberi", , Sivil Toplum Geliştirme Merkezi Yayınları, Ankara, 2006.

[5] Özgen, E., "Kurumsal Sosyal Sorumluluk Projeleri", Mavi Ağaç, 1. Baskı, İstanbul, 2006.

[6] Firik, M., Afet Yönetiminin Temel İlkeleri, "Gönüllü Kaynaklar ve Sivil Toplum Kuruluşları (STK) ile İlişkiler", Ankara, İsmat Matbaacılık, 2006.

SURİYE KAYNAKLI GÖÇ DALGASINI BELİRLEYEN ETKENLER: PANEL VERİ ANALİZİ

THE EFFECTS OF SYRIA BASED MIGRATION WAVE: PANEL DATA ANALYSIS

İsmail SEKİ[a] , Abdulhadi SEÇKİN[b] ve Erdal GÖCÜKLÜ[c]

[a]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga İ.İ.B.F., İktisat Bölümü, Çanakkale, Türkiye, E-posta: ismailseki@comu.edu.tr
[b]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doğal Afetlerin ve Risk Yönetimi A.B.D., Çanakkale, Türkiye, E-posta: abdulhadiseckin@hotmail.com
[c]Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doğal Afetlerin ve Risk Yönetimi A.B.D., Çanakkale, Türkiye, E-posta: erdal_1882@hotmail.com

Özet

Suriye kaynaklı göç dalgası en güncel uluslar arası insan kaynaklı afet olgusu olarak önem taşımaktadır. Çalışmanın amacı ekonometrik yöntemler kullanarak söz konusu göç dalgasını oluşturan etkenleri ve bu etkenlerin önem derecelerini ortaya koymaktır. Panel veri analizi kullanılan çalışmadaki sonuçlara göre Suriye kaynaklı göçün en belirleyici etkenleri göç edilen ülkenin fiziksel yakınlığı, milli geliri ve daha önce Suriye'den göç almış olmasıdır. Ampirik analiz sonuçlarına göre Türkiye'nin Suriye kaynaklı göç riski AB ülkelerinden daha fazladır.

Anahtar Kelimeler: İnsan Kaynaklı Afetler, Göç, Suriye, Panel Veri Analizi, Risk.

Abstract

Migration wave that is derived from Syria is very important as one of the most recent international human based disaster issue. The aim of the study is to prove the factors that cause the migration wave by using econometric methods. According to the panel data analysis results, the most important factors that causes the Syria based migration wave are physical proximity and income of the immigration country. Also the level of previous Syrian refuge is another important factor. According to the results of empirical analysis, Turkey has a bigger risk of Syria based migration wave than EU members.

Key Words: Human Based Disaster, Migration, Syria, Panel Data Analysis, Risk.

1. Giriş

Suriye'de yaşanan ve giderek uluslararası bir boyut kazanan iç savaş çok büyük ölçekte meydana gelen sivil kayıplar, insan hakları ihlalleri, artan terör faaliyetleri, sosyal ve ekonomik çöküş gibi birçok sonuç ortaya çıkarmıştır. Söz konusu savaşın ortaya çıkardığı ve uluslar arası toplum tarafından da yakından izlenen, küresel bir sorun olarak görülen en önemli sonuç ise Suriye kaynaklı uluslar arası göç dalgasıdır. Türkiye olarak etkilerini iç savaşın başlamasını takip eden kısa dönemden itibaren şiddetli olarak hissettiğimiz göç sorunu, artık özellikle de Avrupa Birliği (AB) ülkeleri tarafından da hissedilmeye başlanmıştır. Söz konusu göç sorununun çözüme kavuşturulması veya en azından yaratacağı olumsuz sonuçların en aza indirilmesi en güncel uluslararası sorun olarak karşımızda durmaktadır. Türkiye'nin söz konusu göç sorunu bakımından diğer batı ülkelerine göre taşıdığı risk daha büyüktür. Tüm bu nedenlerden dolayı Suriye kaynaklı göç olgusunu belirleyen etkenlerin ortaya konması, insan kaynaklı afetler içerisinde sınıflanan mülteci akımlarına dayanan göçlerin risklerinin analizi ve bu riskleri bertaraf etmek için gerekli politikaların oluşturulması bakımından önem arz etmektedir. Bu bağlamda çalışmanın amacı Suriye kaynaklı göç dalgasını etkileyen etmenleri, Türkiye ve Türkiye'nin göç yolları üzerinde bulunan ve göç dalgasından en fazla etkilenen AB ülkelerini de içeren, ekonometrik bir analiz yardımı ile ortaya koymaktır.

Çalışmanın yukarıda belirtilen amacı doğrultusunda ikinci bölümde göç olgusuna ilişkin literatür taraması yapılmış, üçüncü bölümde afet ile göç kavramlarının ilişkisini ortaya koyacak kavramsal çerçeveden bahsedilmiş, dördüncü bölümde ekonometrik analize yapılmış; çalışmanın beşinci ve son bölümünde de sonuç ve değerlendirmelere yer verilmiştir.

2. Literatür Taraması

Göçlerde temel faktörler itici ve çekici etmenlerdir. Özellikle insanların yaşadığı bölgedeki siyasi, sosyal, ekonomik etkenler ve bu etkenlerden daha önemli olan hayati tehlikenin varlığı göçe etki eden itici etkenler olarak gösterilir. Tutar ve Özyakışır (2013)'ın yaptığı TRA2 bölgesinden İstanbul'a gerçekleşen göç hareketlerinin sebeplerini ve sosyo-ekonomik boyutlarını ortaya koyan çalışmada, bireylerin geri dönmeyi isteme ve istememe olasılıklarını tespit etmek için anket yöntemine dayanan bir analiz yapılmıştır. Söz konusu analize göre bir şehirdeki rahat yaşam koşulları, daha iyi eğitim ve sağlık imkânlarına ulaşma, daha özgür ortamda yaşama gibi

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

faktörler göçlerin çekici etmenleri arasında yer almaktadır. Şahin ve Düzgün (2015)'in yapmış olduğu 1979 sonrası İran, Irak ve Suriye'de gerçekleşen göçlerin tarihi ve Türkiye üzerindeki sosyo-ekonomik etkileri üzerinde durulan çalışma Ortadoğu'dan gerçekleşen göçlerin sebeplerinin terör, savaş ve ekonomik sorunlar olduğunu göstermektedir.

Massey vd. (2014) uluslararası göç kuramlarının bir değerlendirmesini yaptıkları çalışmada tartışma yöntemini kullanarak çeşitli modellerin temel varsayımlarını ve hipotezlerini genel bir yaklaşım biçiminde sunmuşlardır. Bu çalışmaya göre göçler, genellikle siyasi ve ekonomik etkileri yansıttığından, ülkelerin konumu göçler üzerinde pek bir öneme sahip değildir. Ama aynı çalışmada coğrafi yakınlığın göçü kolaylaştırdığı, coğrafi uzaklığın ise göçün oluşmasında herhangi bir etkiye sahip olmadığı da vurgulanmaktadır. Emirhan (2015), Göreli Yoksunluk ve Bölgeler Arası Göçler: Türkiye Örneği çalışmasında TÜİK tarafından elde edilen verileri kullanarak bölgeler arası göç hareketlerinin, bölgelerdeki gelir eşitsizliğinden etkilenip etkilenmediğini araştırmıştır. Bu çalışmaya göre göçmenlerin, bölgesel yakınlığı dikkate aldıkları ve göç edeceği bölgenin seçiminde de buna önem verdikleri belirtilmektedir. Heikkilä ve Wilkman (2010)'un, kuzey ülkelerine gerçekleşen göçün etkilerini daha iyi açıklayabilmek için yaptıkları çalışmada 2000-2004 döneminde kuzey ülkelerinin nüfus istatistiklerine dayalı olarak ülke düzeyinde, bölgesel düzeyde ve kent-bölgeleri düzeyinde analizler yapmışlardır. Bu çalışmanın sonucuna göre göçmenlerin göç edeceği ülkeyi belirlemede coğrafi yakınlığın ve ortak lisanın pozitif etkileri görülmektedir. Dinçer ve Muratoğlu (2014) çalışmalarında da 1960-2010 döneminde Türkiye'den 20 OECD ülkesine olan göçlerin ekonomik etkileri Genişletilmiş Çekim Modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre bir ülkeden diğer bir ülkeye yönelik göçler alıcı ülkenin gelir büyüklüğü arttıkça yükselirken, iki ülke arasındaki coğrafi uzaklık arttıkça azalır biçiminde çıkan önermeye göre Türkiye, Ürdün, Lübnan, Irak ve diğer Kuzey Afrika ülkelerine Suriye'den yapılan göçleri coğrafi yakınlık ilişkisi ile açıklamak mümkündür.

Bayraklı (2007), göçmenlerin yaşı, cinsiyeti ve ekonomideki rollerinin önemi üzerinde durulduğu yüksek lisans çalışmasına göre göçmenlerin başka ülkelerde geçirdikleri zamanın artmasıyla birlikte göç ettikleri ülkenin kültürüne, diline ve sosyal yaşamlarına alışma seviyeleri artmaktadır. Bu yüzden de geri dönüşlerde toplumsal uyumsuzluk ve kültürel farklılaşma sorunları yaşanmaktadır. İki toplumun karışımı da yeni kültürleri oluşturmakta özellikle ikinci ve üçüncü kuşaklarda kimlik bunalımı yaşanmaktadır. Tutar ve Özyakışır (2013), TRA2 bölgesinden İstanbul'a gerçekleşen göç hareketlerinin sebeplerini ve sosyo-ekonomik boyutlarını ortaya koyan çalışmada, bireylerin geri dönmeyi isteme ve istememe olasılıklarını tespit etmek için anket yöntemine dayanan araştırmasında göç edenlerin bulundukları yere geri dönmeme konusundaki temel sebeplerin bulunduğu yere uyum sağlaması, geldiği yerden daha rahat yaşam olanaklarının olması, geldiği yerin eğitim ve sağlık alanındaki yetersizlikleri ve geçmişte yaşadıkları yerin hâlâ yaşanılabilir olup olmaması konusundaki şüphelerinden dolayı geri dönmek istememektedirler. Ayrıca Tansel ve Güngör (2004), yurt dışına göç eden bireylerin geri dönme veya dönmeme konusundaki kararlarını etkileyen faktörleri bulmak amacıyla anket çalışması yapmıştır. Buna göre göç edenlerin yurt dışında geçirdiği süre arttıkça geri dönmeme niyetlerinin arttığı tespit edilmiştir.

Uluslararası göçün sosyal, siyasi, kültürel ve ekonomik açıdan etkileri mevcuttur. Göçü ele alan araştırmaların ekonomik açıdan yarattığı etkilerin bir kısmı olumlu iken bir kısmı da olumsuzdur. Güney, vd. (2013) uluslararası göçün ücret düzeyi üzerindeki etkilerini literatürde yer alan çalışmalar yardımıyla incelemişlerdir. Bu çalışmanın sonucuna göre göç veren ülkelerde işsizlik oranı düşer ve ülkede göç etmeyen insanların ücret düzeylerinde artış gözükür. Öztürkler ve Göksel (2015) çalışmasında Suriyeli mültecilerin işsizlik, ücretler, enflasyon, gıda fiyatları, kira enflasyonu, sağlık ve eğitim hizmetleri gibi ekonomik ve sosyal değişkenler üzerindeki etkilerini Suriyeliler gelmeseydi değişkeni ile sentetik modelleme yoluyla incelemişlerdir. Çalışmaya göre Suriyeli mültecilerin yaşadıkları yerdeki ekonomik etkilerinden birisi de işgücü piyasası üzerinde yaşanmış ve yerel halkın belirli bir düzeyde işgücü kaybı yaşadığı tespit edilmiştir. Aynı zamanda mültecilerin işgücü arzını arttırmaları özellikle vasıfsız işgücünde ücret azalmasına sebebiyet vermiştir. Ayrıca Suriyeli mültecilerin toplum için en önemli ekonomik etkilerinin başında kira ve gıda fiyatlarında gözlemlenen artış olmuştur. Sağlık hizmetlerindeki kötüleşme ve sağlık hizmetlerine ulaşmadaki zorluklar da yarattığı diğer etkilerdir.

Arslan (2014) ülkeler arası yakınlık ve dış ticaret arasındaki ilişkiyi panel veri eş bütünleşme analizi ile incelemiştir. Çalışmanın sonucunda ülkelerin kültürel yakınlık ve dış ticaretleri arasında olumlu bir ilişki olduğu ve bölgedeki ticaret hacminin artmasına olanak sağladığı bulunmuştur. Emirhan (2014), çalışmada göç akımları ve ticaret arasındaki ilişkiyi mesafe değişkenini kullanarak çekim denkleminde bulmaya çalışmıştır. Buna göre göçmenler yaşadıkları yerleri terk etseler bile ülkeleriyle ekonomik ve sosyal yönden sürekli ilişki halindedirler. Bu sebeple ticari ve sosyal ilişkilerin ekonomiye katkısı yadsınamaz.

Literatürün geneline bakıldığında Suriyeli göçmenlerin ülkemize tercihi coğrafi yakınlık, ortak kültür ve ortak dilin etkileri çok fazla olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu etkilerle ülkemizin kültürüne ve diline çok çabuk adapte oldukları ve yaşadığı topluma uyum sağlamada çok fazla güçlükle karşılaşmadıkları görülmektedir. Ayrıca ülkemizde Suriyeli göçmenlerin kalma süreleri arttıkça uyum sağlamış olacak ve göçmenlerin tekrar ülkesine dönme isteği azalacaktır. Buna ek olarak ülkemizde kalan göçmenlerin yoğun olarak yaşadıkları şehirlerde demografik, sosyo-ekonomik, siyasi ve kültürel olarak birçok yönden olumlu veya olumsuz olarak şehirlere etki etmiş ve etmeye de devam edecektir.

3. Afet ve Göç Olgusuna İlişkin Kavramsal Çerçeve

İnsanlık tarihi boyunca birçok olay maddi ve manevi kayıplara yol açmıştır. Bu olayların baş edilemeyecek denli büyük çapta olanları fen bilimleri literatüründe afet olarak nitelendirilmişlerdir. Develioğlu, (2006)'ya göre, afet kelimesi dilimize Arapçadan geçmiştir ve anlamı; "büyük felaket, bela, yıkımdır". Afet kelimesi genel itibariyle doğa olayları ile olan yıkımlar için kullanılmıştır. Türk Dil

Kurumuna göre de, afet, çeşitli doğa olaylarının getirdiği yıkım olarak tanımlanmıştır. Değişen yaşam koşulları nedeniyle şehirler çok fazla göç almış ve kalabalıklaşmıştır. Metre kareye düşen insan sayısı arttıkça küçük bir yerde yaşanan olumsuzluklardan çok daha fazla insan etkilenmeye başlamıştır. Afetler artık sadece doğa olayları olarak tanımlanmayacak kadar çeşitlenmiştir. 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun, md.2/2'de afet tanımı daha kapsamlı olarak, *"normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa veya insan kaynaklı olaylar"* olarak tanımlamıştır (www.mevzuat.gov.tr). Söz konusu kanunda afetin sadece doğal olayların sonucu değil insan kaynaklı da olabileceğinin vurgusu yapılmıştır. Kadıoğlu (2008)'e göre ise afet yukarıda sayılanlara ek olarak, *"insan, tabii ve kültürel kaynaklar için fiziksel ekonomik ve sosyal veya çevresel kayıplar doğuran insan ve doğa kaynaklı olayların sonucudur"*. Bu tanıma göre önemli olan nokta olayın kendisi değil doğurduğu sonucun afet olarak adlandırılmasıdır. Toprak (2011) ise afetleri "*toplum için bir kayıp ve sürdürülebilirlik için tehdit*" olarak değerlendirir. Fiziki, ekonomik, ve sosyal boyutlarda toplumun alıştığı yaşam koşulları afetlerden dolayı geriler. Yavuz (2014)'e göre bireylerin ve toplumun yaşantısında bir aksaklık ve sapma meydana getiren her olay afet olarak nitelendirilmez. Bir afeti oluşturan iki unsur vardır:

1. Afete neden olan olay,
2. Olayın meydana geldiği toplum yapısı.

Bunlara bağlı olarak meydana gelen bir olay, bir toplumda afet olarak nitelendirilirken, aynı olay başka bir toplumda afet olarak nitelendirilmeyebilir. Bu ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile ilgili bir durum olduğu söylenebilir. Önlem almış gelişmiş ülkeler ile önlem almamış gelişmemiş ülkelerdeki kayıp aynı yaşanmaz. Bir olayın afet olarak sayılabilmesi için en temel ayrımın yol açtığı kayıplar olduğu söylenebilir. Örneğin 7.2 şiddetinde bir yer sarsıntısı Türkiye için neden olduğu sonuçlar itibari ile afet olarak nitelendirilirken aynı şiddette Japonya'da meydana gelen bir yer sarsıntısı neden olduğu sonuçlar bakımından afet tanımlamasına girmeyebilir.

Afetler türlerine, etkilerine ve kaynaklarına göre sınıflandırılabilir. Bu sınıflandırmalardan literatürde en çok kullanılanı kaynaklarına göre sınıflandırmadır. Kaynaklarına göre afetler, doğal ve insan kaynaklı afetler olarak ikiye ayrılır.

3.1 Doğal Afetler

Afete yol açan etkenin doğal bir olay olduğu afetlerdir. Toplumun sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel faaliyetlerini önemli ölçüde aksatan, can ve mal kayıplarına yol açan doğal olaylardır. Doğal afetlerin önemli bir kısmını önlemek mümkün değildir. Dünyada her yıl doğal afetlerden dolayı ortalama 130 bin kişi hayatı kaybetmektedir. Yaklaşık 138 milyon insan da barınma, yiyecek ve tıbbi yardıma gereksinim duymaktadır. Dünya genelinde yaklaşık 31 adet farklı nitelikte doğal afet görülmektedir (Kadıoğlu, 2008; Yavuz, 2014). Bu afetlerden en fazla zararı verenler ise; deprem, sel, fırtına, çığ, kuraklık ve salgın hastalıkladır. Doğal afetler dünyanın her yerinde farklılık gösterir. Ülkemiz de en çok zarar veren doğal afet deprem iken Çin'de seldir. Doğal afetler genellikle başka bir afete neden olurlar. Okyanusta meydana gelen bir deprem sonrasında tsunamiye yol açar (Laçiner ve Yavuz, 2013). Ülkemizde olan depremler genel olarak bir iç göç dalgalanmasına sebep olmuştur.
Doğal afetleri kendi içinde yavaş gelişen ve hızlı gelişen doğal afetler olarak ayırmak mümkündür. Yavaş gelişenlerin en sık görülenleri kuraklık, aşırı soğuklar, kıtlık ve salgın hastalılardır. Hızlı gelişenlere örnek olarak ise deprem, sel ve fırtına sayılabilir (Şahin ve Sipahioğlu, 2003). Doğal afetlerden bazılarını engellemek ya da olmadan önce haberdar olmak gibi seçenekler mevcutken deprem gibi bir doğal afetin engellenmesi ve ne zaman olacağının önceden bilinmesi söz konusu olamaz. Bunlar aynı zamanda dünyanın kendi sistemi içerisinde olması gereken olaylardır. Bu doğal olaylardan bu kadar zarar görmek genelde insanın kendi sorumsuzluğundan kaynaklanmaktadır.

3.1.1 Deprem

Deprem; *"doğal etkenlere bağlı olarak yer kabuğunda meydana gelen ve yeryüzünde önemli değişikliklere yol açan kısa süreli salınım ve titreşim hareketleridir"* (Şahin ve Sipahioğlu, 2003). Deprem tek başına çok fazla can kaybına yol açmaz. Ancak depremlerin olduğu bölgelerdeki yapılar ve bu yapıların içindeki eşyalar çok fazla insanın hayatını kaybetmesine yol açar. Ülkemizin %95'i deprem bölgesindedir. Son 70 yıl içerisinde 65 büyük ve yıkıcı deprem meydana gelmiştir. (Yavuz, 2014). Depremler çok ciddi can kayıplarının yanında maddi olarak da çok büyük kayıplara neden olurlar.

3.1. 2 Sel

Normal zamanda belli bir hızla akan suyun, hızının ve debisinin artması sonucu, çevredeki yerleşim yerlerine ve tarım alanlarına zarar vererek can ve mal kaybına yol açan olaylara denir (Yavuz, 2014). Akarsuların yağan yağmurlar ve eriyen karlar nedeniyle kendi yataklarından taşması sonucu dünyada çok fazla sel olayı görülmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte yapılan tahminler sellerden önce önlem alma şansı tanımaktadır. Ayrıca sel konusunda alınan koruyucu önlemlerde sellerin etkisini önemli ölçüde azaltmaktadır (Yavaş, 2005).

3.2 İnsan Kaynaklı Afetler

Yılmaz, (2003)'e göre, insan kaynaklı afetler *"doğa ile aralarında bir neden sonuç ilişki olmayan ve doğrudan insana bağlı olarak gelişen afetlerdir"*. Gelişen teknolojiler ile oluşan herhangi bir olumsuzlukta çok fazla insan bu durumdan zarar görmektedir. Nükleer santral kazaları, kimyasal, endüstriyel kazalar, uçak, demiryolu ve gemi kazaları, baraj yıkılması, asit yağışları, ateşli silahlar ile taciz; ayaklanma, boykot, grev vb. toplumsal olaylar; bina içi kimyasal kazalar; bina, tünel ve maden çökmeleri; biyolojik saldırı, bomba tehdidi; cephane, maden, bina, boru hattı patlamaları; duman, elektrik, su ve gaz kesintileri, dikkatsizlik sonucu endüstriyel kazalar, ev ve bina yangınları; gaz ve kimyasal kaçaklar; gıda zehirlenmesi, göçmen istilası, hava kirliliği, hayvan ve bitkilerde salgın hastalıklar; savaşlar; iş kazaları, işgal; pilotajdan kaynaklanan kara, deniz, hava ve demiryolu kazaları; keskin nişancı tacizi, kış seyahatleri, kıtlık ve açlık; küresel iklim değişikliği ve ısınma; ormansızlaşma, radyasyon, radyolojik kazalar, sabotaj, salgın

hastalıklar, savaş hali, sibernetik saldırılar (IT kaynaklı virüs saldırıları); şüpheli paket ve mektuplar; tehlikeli maddeler, terör, toksik atıklar ve benzerleridir (Kadıoğlu, 2008). İnsan kaynaklı afetlerden en fazla kayba yol açan ve görülme sıklığı daha fazla olanlar ise ulaşım kazaları, nükleer ve kimyasal kazalar, yangınlar, iş kazaları, terör olayları, savaşlar ve mülteci hareketleridir.

3.2.1 Ulaşım Kazaları

Genel itibariyle insan dikkatsizliği sonucu oluşan kazlardır. Uluslar arası veriler dikkate alındığında bir kazanın afet olarak adlandırılabilmesi için 10 kişinin hastaneye yatması ve 25 kişinin zarar görmesi gerekir (Ayoğlu ve Bumin, 1996). 2004 yılında Dünya Sağlık Örgütü ve Dünya Bankasınca ortak hazırlanan Trafik Kazlarının önlenmesine İlişkin Dünya Raporuna göre her gün 3.342 kişi trafik kazaları nedeniyle ölmektedir. Yani yılda 1.2 milyon insan trafik kazaları nedeniyle ölmekte ve bu da dünyada meydana gelen ölümlerin %2,1 inin bu sebeple olduğunu gösterir.

3.2.2 Mülteci Hareketleri

Birleşmiş Milletler Mültecilerin Hukuki Durumuna dair sözleşmenin 1. Maddesinde mülteci; "*kendi doğduğu ülkenin dışında yaşayan ırkı, dini, tabiiyeti, belli bir toplumsal gruba mensubiyeti veya siyasi düşünceleri yüzünden zulme uğrayacağından korkan ve bu zulüm korkusu nedeniyle ülkesinin korunmasından yararlanmayan ya da yararlanmak istemeyen ve ülkesine dönmeyen kişi*" olarak tanımlanmıştır. 2011 yılında Suriye'de başlayan savaştan sonra Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (UNHCR) verilerine göre Temmuz 2015 tarihi itibariyle Türkiye'ye yaklaşık 1,8 milyon Suriyeli mülteci gelmiştir. Bu sayı Türkiye'yi dünyada en fazla mülteciye sahip ülke konumuna getirmiştir. Yine aynı veriler doğrultusunda mülteci konumundaki Suriyeli sayısı 4 milyonu geçmiştir. Suriye'nin içinde 7,6 milyon kişinin de yerlerinden edilmiş olduğu tespit edilmiştir. Bu kadar fazla insanın mülteci konumuna gelmesi başta Suriye'nin komşu ülkeleri olmak üzere bütün dünyanın dikkatini bu olaya çevirmiştir.

Mülteciler hem kendi sağlıklarını hem de gittikleri ülkelerin halk sağlığını etkileme potansiyelleri nedeniyle önem taşırlar. Gittikleri ülkelerde güvenlik konusunda problem oluştururlar. Kalma sürelerinin uzaması Türkiye örneğinde olduğu gibi sonu ırkçılığa kadar gidebilecek bir takım sosyolojik sorunlara yol açar.

4. Veri Seti, Model ve Yöntem

4.1 Veri Seti ve Model

Çalışmada Suriye'den en çok göç alan 9 ülke için 2011 ve 2014 yılları arasındaki gözlemlerden oluşan panel veri seti kullanılmıştır. Veriler Dünya Bankası (WB), Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD)bve Birleşmiş Milletler Mülteci Ajansı (UNHCR) veri tabanlarından derlenmiştir.

Çalışmada kullanılan model ve değişkenler şunlardır:

$$Log(GSS)_{it} = \alpha_t + \beta_1 Log(MG_{it}) + \beta_2 Log(IO_{it}) + \beta_3 Log(SOU_{it}) + \beta_4 Log[GSS(-1)] + \varepsilon_{it} \quad i=1,\ldots,9;\ t=1,..,4 \qquad (1)$$

Log(GSS): Ülkeye gelen Suriyeli göçmen sayısının logaritması,
Log(MG): Kişi başına düşen dolar cinsinden milli gelirlerin logaritması,
Log(IO): İşsizlik oranlarının logaritması,
Log(SOU): Ülkelerin Suriye'ye olan uzaklıklarının logaritması,
Log[GSS(-1)]): Ülkeye gelen Suriyeli göçmen sayısının bir dönem gecikmeli değerinin logaritması.
Söz konusu değişkenlerden Log(GSS): Birleşmiş Milletler Mülteci Ajansı (UNHCR) tarafından yayınlanan mülteci verilerine ilişkin değerlerinin logaritması alınarak hesaplanmıştır. Log(MG) ve Log(IO) verileri Dünya Bankası tarafından derlenen ve Dünya Gelişme Göstergeleri (WDI) başlığı altında yayınlanan; sırasıyla kişi başına düşen dolar cinsinden milli gelirlerin logaritmasını ve işsizlik oranlarının logaritmasını göstermektedir. Log(SOU) ise yazarlar tarafından "google earth" programı kullanılarak analize dâhil olan ülke başkentlerinin Suriye'nin başkenti Şam'a olan uzaklıklarının kilometre cinsinden değerlerinin logaritmasını göstermektedir.

4.2 Yöntem

Veri setini oluşturan panel veri serilerin hem yatay kesit hem de zaman boyutunu içermesi bakımından önemlidir.

Panel veri analizinde başlıca üç model kullanılmaktadır. Bunlar havuzlanmış en küçük kareler modeli, rassal etkiler modeli ve sabit etkiler modelidir (Baltagi, 2005: 12). Yatay kesit veri matrisleri arasında, yani ülkeler arasında, fark yoksa bütün yatay kesitler (ülkeler) için ortak bir sabit terim tahmin eden havuzlanmış en küçük kareler modeli kullanılabilir (Sayılgan ve Süslü, 2011: 84). Söz konusu yöntemin sağlanması zor bir varsayımı ise analize dâhil olan birimler arasında fark olamamasıdır (Gujarati ve Porter, 2009: 594). Ancak analize konu olan ülkelerin Türkiye hariç tamamı Avrupa Birliği (AB) üyesi ülkelerdir. Türkiye de üyelik müzakereleri yürüten bir ülkedir. Söz konusu ülkelerin hem AB normları hem de uluslar arası anlaşmalar nedeni ile izledikleri göçmen politikaları hemen hemen aynıdır. Bu bakımdan yasal anlamda ülkeler (özellikle de AB'ye üye ülkeler) arasındaki farklılıkların göçmen politikaları üzerinde etkisinin ihmal edilebilir düzeyde olması havuzlanmış en küçük kareler yöntemini seçmemize neden olmaktadır.

4.3 Ampirik Bulgular

Suriye kaynaklı göç hareketini etkileyen unsurları incelediğimiz çalışmamızda kullanacağımız ekonometrik model havuzlanmış en küçük kareler yöntemi olarak belirlenmiştir. EViews7 programı kullanılarak tahmin edilen modele ilişkin sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Açıklayıcılık gücü %51 (R^2 = 0.51) olan modelimizde bütün katsayıların işaretleri beklenen değerlerle uyumludur. Modelde bulunan işsizlik oranına ilişkin tahmin katsayısının istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir.

$$Log(GSS)_{it} = 25{,}105 + 1{,}269\ Log(MG_{it}) - 0{,}700\ Log(IO_{it}) - 3{,}943\ Log(SOU_{it}) + 0{,}450\ Log[GSS(-1)] \qquad (2)$$

Modelin katsayıları incelendiğinde milli gelirin ve daha önce Suriye'den göç almış olmanın ülkenin Suriye'den yine göç almasını pozitif yönde etkilediği, buna karşın Suriye'ye olan uzaklığın ülkelerin Suriye'den göç almasını negatif yönde etkilediği görülmektedir. Suriye kaynaklı göçün yönünü belirleyen etkenler önem sırasına göre gidilecek ülkenin Suriye'den uzaklığı, milli geliri ve daha önce Suriye'den göç almış olmasıdır.

Tablo 1: Havuzlanmış En Küçük Kareler Modeli Tahmin Sonuçları

Bağımlı Değişken: LOG (GSS)		**Yatay Kesit Boyutu:** 9		**Zaman Boyutu:** 3
Değişken	**Katsayı**	**Std. Hata**	**t-İstatistiği**	**Olasılık**
C (sabit)	25.105**	1.319	19.027	0.000
LOG(MG)	1.269*	0.507	2.504	0.020
LOG(IO)	-0.700	0.684	-1.023	0.317
LOG(SOU)	-3.943**	0.637	-6.191	0.000
LOG[GSS(-1)]	0.450**	0.098	4.573	0.0001
R – Kare	0.510	Bağımlı Değişkenin Ortalaması		8.272
Düzeltilmiş R – Kare	0.421	Bağımlı Değişkenin Standart Sapması		2.914
Tahminin Standart Hatası	2.217	Akaike Bilgi Kriteri		4.595
Artıkların Kareleri Toplamı	108.099	Schwarz Kriteri		4.835
Log Olabilirlik	-57.0388	Hannan-Quinn Kriteri		4.667
F – İstatistiği	5.734	Durbin-Watson İstatistiği		2.662
F- İstatistiği Olasılığı	0.003			

Kaynak: Yazarların hesaplamaları.
Not: * %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı. **%1 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı.

Suriye kaynaklı göçe etki eden değişkenler arasındaki ilişki incelendiğinde ekonomik etkenlerden ziyade coğrafi ve buna bağlı olarak da kültürel yakınlığın söz konusu göç olgusu üzerinde daha belirleyici olduğu görülmektedir. İşsizlik oranı değişkeninin istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Bu durum savaşı yaşayan kişilerin göç edecekleri ülkelerin refah seviyeleri bakımından kabaca bilgi sahibi olmalarına rağmen işsizlik oranları hakkında yeterince bilgi sahibi olmamaları ile açıklanabilir. Ayrıca göçe neden olan hareketlerin temelinde daha iyi yaşam standartlarına sahip olunabilecek uzun vadeli planlar değil, biran önce savaştan uzaklaşarak hayatta kalmayı sağlayacak kısa vadeli planların olması bu sonuçta etkilidir.

5. Sonuç

Suriye iç savaşı uluslararası gündemi hâlihazırda meşgul etmekle beraber, daha uzun yıllar gerek doğrudan gerekse dolaylı olarak neden olduğu sonuçlar bakımından uluslararası gündemi meşgul edeceği neredeyse kesin olarak görülmektedir. Söz konusu savaşın uluslararası afet olarak nitelendirilebilecek en önemli sonucu neden olduğu Suriye kaynaklı göç dalgasıdır. Söz konusu göç dalgasını etkileyen tüm unsurların gerek süre kısıtı, gerekse çok karmaşık sosyolojik ve psikolojik boyutlara sahip olması nedeni ile tam anlamıyla açıklanması en azından şimdilik mümkün görünmemektedir. Ancak çalışmada yapılan analizle birlikte söz konusu göç dalgasının bazı etkenleri ortaya konmuş ve ortaya konan bu etkenler arasında bir önem sıralaması yapılma imkânı doğmuştur.

Çalışmaya göre Suriye kaynaklı göç dalgasının yönünü ve boyutunu belirleyen en önemli etken göç edilen ülkenin Suriye'ye olan fiziksel yakınlığıdır. Daha sonra göç edilecek ülkenin milli geliri alınan göç miktarında belirleyici olmaktadır. Söz konusu göç hareketinde göç alan ülkenin daha önceden Suriye'den göç alması da etkili olmaktadır.

Ekonometrik analiz sonuçları incelendiğinde Türkiye'nin hem fiziksel yakınlık hem de daha önce göçmen olarak aldığı Suriye'li sayısı bakımından AB ülkelerine göre daha fazla göçmen çekme potansiyeline sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuç göstermektedir ki Suriye kaynaklı göç olgusunun yarattığı risk Türkiye için AB ülkelerinden daha fazladır.

Kaynaklar

[1] Arslan, Ü., Uluslararası Ticaret ve Kültürel Yakınlık: Asya Örneği, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi, Cilt 36 Sayı 1, s.98, (2014).
[2] Ayoğlu, F. ve Bumin, M. A., Kazalarda İlk Yardım ve Acil Bakım Hizmetlerinin Önemi, Sürekli Tıp Eğitimi Dergisi, Cilt:5, Sayı: 11, 1996, s.380-383.
[3] Aysıt, T. ve Güngör, N. D., Türkiye'den Yurt Dışına Beyin Göçü: Ampirik Bir Uygulama, Economic Research Center Working Paper, s.7, (2004).
[4] Baltagi, B. H., Econometric Analysis of Panel Data, 5thedition. John Wiley and Sons Ltd., West Sussex, UK, 2005.
[5] Bayraklı, C., Dış Göçün Sosyo-Ekonomik Etkileri: Görece Göçmen Konutlarında(İzmir) Yaşayan Bulgaristan Göçmenleri Örneği, Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, s.44, (2007).
[6] Develioğlu, F., Osmanlıca-Türkçe Ansiklopedik Lügat, Aydın Kitapevi Yayınları, 23.Baskı, 2006.
[7] Dinçer, G. ve Muratoğlu, Y., Türkiye'den OECD Ülkelerine Gerçekleşen Göçün Çekim Modeli İle Analizi, MPRA Münich Personal Repec Archive, s.12, (2014)
[8] Emirhan, N. P., Uluslararası Emek Göçü ve Dış Ticaret Arasındaki İlişki: Türkiye İçin Bir Uygulama, Ege Akademik Bakış Cilt 14 Sayı 4, s.613, (2014)

[9] Emirhan, P. N., Göreli Yoksunluk ve Bölgeler Arası Göçler: Türkiye Örneği, Business and Economics Research Journal Cilt 6 Sayı 2, s.83, (2015)
[10] Gujarathi, D. N., ve Porter, D., *Temel* Ekonometri (Çev. G. G. Şenesen, Ü. Şenesen), İstanbul: Literatür Yayınları, 2009.
[11] Güney, T., Güner T., Kılıç, R., Uluslararası Göçün İşgücü Piyasasındaki Ücret Düzeyi Üzerine Etkileri: Bir Literatür Araştırması, Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi sayı 35, s.50, (2013)
[12] Heikkilä, E. and Wilkman, S., (Türkçeye Çeviren İlkay Südaş), Uluslararası Göçte Kuzey Ülkelerin Çekiciliği, Ege Coğrafya Dergisi, s.59, (2010)
[13] Kadıoğlu, M., Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri, Ankara, 2008.
[14] Laçiner, V. ve Yavuz, Ö., Van Depremi Örneğinde Afetler Sonrası Yapılan Yardımlar
ve Hukuki Çerçevesi, Dicle Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, YIL-5, S.9, Nisan 2013.
[15] Massey, D. S., Arango, J., Hugo, G., Kouaouci, A., Pellegrino, A., Taylor, A. J., Uluslararası Göç Kuramlarının Bir Değerlendirmesi, Göç Dergisi, Cilt: 1 Sayı:1 s. 34, (Makale Tarihçesi: 1 Temmuz 2014'de tercüme edildi)
[16] Öztürkler, H. ve Türkmen, G. Suriyeli Mültecilerin Türkiye'ye Ekonomik Etkileri: Sentetik Bir Modelleme, ORSAM Rapor No:196, s.33-35, (2015)
[17] Sayılgan, G. ve Süslü, C., Makroekonomik Faktörlerin Hisse Senedi Getirilerine Etkisi, BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi, 5(1), ss. 73 – 96, 2011.
[18] Şahin, C. ve Şengün, S., Doğal Afetler ve Türkiye, Gündüz Eğitim ve Yayıncılık, Ankara, 2003.
[19] Şahin, İ. ve Düzgün, O. Türkiye'ye Gerçekleştirilen Ortadoğu Kaynaklı Zorunlu Göçlerin Sosyo-Ekonomik Etkileri:1979-2014 Arası, Tesam Akademi Dergisi, s.172, *(2015)*
[20] Toprak, Z. Kamu Yöneticilerinde Afet Yönetimi Algısının Önemi; Afet 11 Sempozyumu, 24-25 Aralık 2011, Fatih Üniversitesi ile Acil ve Afet Tıbbı Derneği İşbirliği, İstanbul.
[21] Tutar, H. ve Özyakışır, D., TRA2 Bölgelerinden İstanbul'a Göç Hareketlerinin Nedenlerine ilişkin Bir Araştırma, Sosyoloji Konferansları No: 47 (2013-1), s. 33 - 49, (2013).
[22] Yavaş, H., Doğal Afetler Yönüyle Türkiye'de Belediyelerde Kriz Yönetimi, Orion Yayınevi, 1. Baskı, Ankara, 2005.
[23] Yavuz, Ö., Afetler Sonrası Yapılan Sosyal Yardımlar ve Hizmetler, İdeal Kültür Yayıncılık, 1. Baskı, İstanbul, 2014.
[24] Yılmaz, A., Türk Kamu Yönetimi Sorunlarından Biri Olarak Afet Yönetimi, Pegema Yayıncılık, Ankara, 2013.

İnternet Kaynakları

http://www.hyd.org.tr
http://www.mevzuat.gov.tr/
http://www.oecd.org/
http://www.tdk.gov.tr/
http://www.unhcr.org.tr
http://www.worldbank.org/

TEKNOLOJİK AFETLERİN GELİŞİMİNDE ÖZEL BİR ALAN: KİMYASAL KÖKENLİ KAZALAR

A SPECIAL AREA IN DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL DISASTERS: CHEMICAL ACCIDENTS

Dilek ÇİMEN EREN [a], Bora BALUN[b], Eser EREN[b] ve Yaşar Ümit ÇANGA[b]

[a]Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Karabük, Türkiye, E-Posta: dilek.eren@csb.gov.tr
[b] İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Karabük, Türkiye, E-Posta: borabalun@hotmail.com, eserrn@gmail.com, u_canga@hotmail.com

Özet

Küreselleşen sanayi üretimi, üretim yöntemlerinin doğasında var olan maddelerin yönetimi, nakli ve işlem süreçlerinden kaynaklanan teknolojik tehlikeleri, toplum ve çevre sağlığı açısından artan seviyede bir risk formuna dönüştürmüştür. Özellikle, sanayi üretiminin hemen her alanında kendisine daha yoğun ve daha etkin biçimde ihtiyaç duyulan kimyasal maddeler; yaklaşım olarak, teknolojik afetlerin ana aktörü konumuna taşınmıştır. Kimyasal kökenli kazaların teknolojik afet kültüründe merkezi konumlanmasında altta yatan ana sebep; kazaların etki kapasitesinin çok geniş sahalarda kendisini gösterebilmesi ve aynı zamanda müdahale aşamalarının özel ilgi, birikim ve yaklaşım gerektirmesidir. Eş zamanlı olarak bu durum, kimyasal kökenli kazalara karşı toplumsal hassasiyet derecesini yükseltmiştir. Bu çalışmada; kimyasal maddelerin sanayi üretimindeki kullanım yoğunluğu özetlenerek; tehlikeli sanayi kimyasallarının sınıflandırılması, bu maddelerden kaynaklanan kazaların önlenmesi ve yönetilmesine yönelik aşamalar ve öneriler tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Kimyasal Kökenli Kazalar,Sanayi Kimyasalları, Teknolojik Afet.

Abstract

Globalized industrial production, the management of the material that exist in the nature of the production methods, transportation and the technological hazards result from the transaction process, has turned into a risk form in terms of increasing levels of social and environmental health. Especially, chemical substances that needed more intensively and more effectively in almost every area of industrial production, as an approach, was moved to the main actor position of technological disasters. From this perspective, the primary reason of the chemical accidents are located in the culture of the technological disasters stems from the impact capacity of the chemical accidents can show itself in wide areas and at the same time the idea that intervention phases required special interest, knowledge and approach. This situation has simultaneously increased the degree of social sensitivity towards chemical accidents. In this study, by summarizing using intensity of chemicals in industrial production; the classification of hazardous industrial chemicals, recommendations and suggestions for prevention and management of the accidents caused by these substances were discussed.

Keywords: Chemical Accidents, Industrial Chemicals, Technological Disaster.

1. Giriş

İnsan kaynaklı (teknolojik) afetler, insan faaliyetleri veya doğal afetlerin tetiklemesi sonucunda meydana gelen, toplum üzerindeki dolaylı ve doğrudan etkileri farklı açılardan değerlendirebilen; çevresel tehlikeler ile birlikte can kaybına, hastalıklara, sosyal, ekonomik ve çevresel deformasyonlara sebep olabilen olaylardır. Günümüzde gerçekleşen teknolojik ilerlemelere rağmen, tehlikeli kimyasalların emniyeti ve yönetiminden kaynaklanan teknolojik afetler ülkemizde ve dünyada meydana gelmeye devam etmekte, çevresel hasar ve zarar; görülme sıklığı, kimyasal maddenin özelliğine, kullanım yoğunluğu ve yerleşim yerlerine olan mesafesi gibi etkenlere bağlı olarak değişmektedir.

Kimyasal kökenli kazalarda (teknolojik afetler) etkiler kendisini kısa ve uzun vadeli olarak gösterebilmektedir. Kaza sonucu ilk etapta (kısa vadeli) görülen sonuçlar; çok sayıda insanın yaşamını yitirebilmesi ile sonuçlanabilmesidir (belirgin etki) (Çizelge 1). Kaza sonucu salınan kimyasal maddelerin çevre ve alt yapı üzerinde meydana getirdiği genel tahribat ise daha uzun vadede kendisini gösterebilmektedir. Kimyasal maddelerin doğaya karışması sonucu, ekosistem açısından zararlı etkilerin ileriki dönemlerde ortaya çıkabildiği flu bir çerçeve yaratabilmektedir.

Kimyasal kökenli afetlerin başka bir boyutu ise ekonomik zarardır. Bu kazalar sonucu ortaya çıkan ekonomik maliyet küresel çapta milyar dolar ile ölçülmektedir. Süregelen maliyet toplumsal refah seviyesine olan etkisi üzerinden değerlendirildiğinde; yerel ve bölgesel ölçekte toplumsal gelişmenin önünde belirgin bir set oluşturmakta; kimyasal kökenli kazaların ikincil etkileri yönünden dikkat edilmesi gereken farklı bir niteliği afet yönetimi değerlendirme sahasına çekmektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Çizelge 1. 1971 - 2002 Yılları arasında meydana gelen teknolojik kazalar [1]

Yıl	Bölge	Üretim İçeriği	Kazanın Şekli	Ölü Sayısı
1971	Czechowice,Poland	Petrol	Patlama	33
1971	English Channel	Petrokimyasal	Gemi Kazası	29
1973	Czechoslovakia	Gaz	Patlama	47
1974	Fixborough, UK	Sikloheksan	Patlama	28
1976	Lapua, Finland	Barut	Patlama	43
1978	San Carlos, Spain	Propilen	Taşıma(Kara)	216
1979	Bantry Bay, Ireland	Petrol, Gaz	Taşıma (Deniz)	50
1979	Warsaw, Poland	Gaz	Patlama	49
1979	Novosibirsk, USSR	Kimyasal	Bilinmiyor	300
1980	Ortuella, Spain	Propan	Patlama	51
1980	Rome, Italy	Petrol	Gemi Kazası	25
1980	Danacıobası, Turkey	Bütan	Bilinmiyor	107
1982	Todi, Italy	Gaz	Patlama	34
1983	Istanbul, Turkey	Bilinmiyor	Patlama	42
1984	Romania	Kimyasal	Bilinmiyor	100
1985	Algeciras, Spain	Petrol	Taşıma	33
1986	Chernobyl, USSR	Nükleer	Reaktör Kazası	31
1988	Arzamas, USSR	Patlayıcı	Taşıma (Demiryolu)	73
1988	North Sea, UK	Petrol, Gaz	Yangın	167
1989	AchaUfa, USSR	Gaz	Patlama (Boru Hattı)	575
1991	Livorno, Italy	Neft	Taşıma	141
1992	Çorlu, Turkey	Metan	Patlama	32
1998	Donetsk. Ukraine	Metan	Patlama (Maden)	63
1999	Zasyadko, Ukraine	Metan	Patlama (Maden)	50
2000	Donetsk, Ukraine	Metan	Patlama (Maden)	81
2001	Donetsk, Ukraine	Metan	Patlama (Maden)	36
2001	Toulouse, France	Amonyum Nitrat	Patlama	31
2002	Donetsk, Ukraine	Metan	Patlama (Maden)	35

Teknolojik afetler, doğal afetler ile karşılaştırıldığında göreceli olarak öngörülebilirlik rasyonalitesi açısından daha avantajlı bir konuma sahiptir. Doğal afetlerin oluşum mekanizması günümüz şartlarında, gelişen erken uyarı sistemlerine rağmen optimum seviyede tahmin şansı bulunmamakta ve doğal olarak önlem parametrelerinin yeterli düzeyde işletilememesine neden olmaktadır. Dolayısıyla, uygun yerleşim noktalarının seçimi, yapısal güçlendirmeler vb. konjonktürel yaklaşımlar dışında zengin alternatif yaklaşımlar sergilenememektedir. Oysa, teknoloji kökenli afetlerde; uygun arazi kullanımı,yönetim, planlama, gelişmiş güvenlik sistemleri, yasal çerçevenin dizaynı, fiziksel altyapıların iyileştirilmesi gibi farklı yaklaşımlar sayesinde olası riskler elemine edilebilmektedir.

2. Doğal Afet ve Teknolojik Afet Rasyonalitesi

Afet, toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik veya sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaylar (Çizelge 2) şeklinde tanımlanmaktadır [2]. “Doğal afet” ise, meteorolojik ve jeolojik-jeomorfolojik olaylar ile insan ve toplum arasındaki etkileşim sonucu olarak ortaya çıkan, can ve mal kaybına yol açabilen büyük yıkımlar olarak tanımlanabilir. Sosyo-ekonomik sistemle etkileşimi olmayan meteorolojik ve jeolojik-jeomorfolojik olaylar ise “doğa olayları” olarak nitelendirilmektedir [3].

Teknolojik afetler (insan kaynaklı); ekonomiler, insan sağlığı ve güvenliği üzerine tehlikeli maddelerden (salınım/yayılım) kaynaklanan, teknoloji kökenli riskleri içeren olaylardır. Tehlikeli maddeler; katı, sıvı yada gaz halinde bulunan kimyasallar, zehirli maddeler, petrol, nükleer ve radyolojik maddeler, yanıcı ve patlayıcı maddelerden oluşur. Bu tür maddelerin; üretimi, depolanması, nakli, kullanımı yada imhası sürecinde; okyanuslar, denizler, yer altı suları, akarsular, nehirler, tarım alanları, hava kalitesi ve şehirleşme üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğu değerlendirilmektedir [4]. Nükleer santral kazaları, kimyasal, vb. endüstriyel kazalar, uçak, demiryolu ve gemi kazaları, baraj yıkılması, gibi olaylar bu sınıf içerisinde yer almaktadır. Teknolojik afetler kendi başına tetiklenebileceği gibi doğal bir afet veya bir insan tarafından tetiklenebilir [5]. Afetler konusunda geliştirilen temel yaklaşımlarda ön plana çıkan özellik; doğal, teknolojik veya insani bir olayın afet sonucunu doğurabilmesi için insan toplulukları ve/veya insan yerleşimleri üzerinde kayıp meydana getirmesi, toplumların normal hayat akışı içerisinde süre gelen rutin faaliyetlerini kesintiye veya hasara uğratması, toplumun kendi imkanları dışında müdahale kapasitelerinin üzerinde gerçekleşmesidir.

3. Kimyasal Maddenin Sanayi Üretimi Aşamasındaki Konumu

Kimyada sabit bir kimyasal bileşime ve karakteristik özelliklere sahip bir maddeye kimyasal madde denilmektedir [6]. Kimyasal maddelerin üretimi ve kullanılması, ülkelerin ekonomik gelişmelerinde ana unsur olduğu gibi, günlük hayatımızın bir parçası haline gelmiştir. Kimyasal maddeler madencilik, makine, fabrika,

büro, tekstil, kozmetik, ev vb. alanlarda yaygın olarak kullanıldığından günlük hayatımızın vazgeçilmez unsurları arasındadır [7]. Beslenmemizi (gübreler, pestisitler, yiyecek katkı maddeleri, saklama vb.), sağlığımızı (ilaçlar, temizlik maddeleri vb.), yaşam kalitemizi (yakıtlar vb.) doğrudan ve dolaylı biçimde etkilerler [8].

Çizelge 2. Afet Türleri(Doğal afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye değişmektedir)

Doğal Afetler	**Teknolojik Afetler**
Şiddetli Soğuklar	nükleer, biyolojik, kimyasal kazalar
Kuraklık	taşımacılık kazaları
Kıtlık vb.	endüstriyel kazalar
Depremler	aşırı kalabalıktan meydana gelen kazalar
Seller,Su Baskınları	göçmenler ve yerlerinden edilenler vb.
Toprak Kaymaları, Kaya Düşmeleri	
Çığ	
Fırtınalar, Hortumlar	
Volkanlar	
Yangınlar vb.	

Kimyasal maddelerin yoğun olarak kullanıldığı sanayi dalları plastik ve kauçuk ürünlerin imalatından inşaat sektörüne, gıda ürünleri, içecek ve tütün imalatından ağaç ürünleri imalatına tekstil ve tekstil ürünleri imalatından tarım, avcılık, ormancılık ve balıkçılık sanayine kadar çok geniş bir kapsamda değişiklik göstermektedir. Kimyasal gelişmeler sonucunda birçok geliştirilmiş ürünün performansı ve özellikleri geleneksel ürünlerden daha üstün olmaktadır. Örneğin daha yüksek dayanıklılığa sahip plastik araç parçaları günümüz araçlarında cam, metal gibi malzemelerin yerini almaktadır. Ayrıca geliştirilen bu ürünler çoğu zaman daha ekonomik olarak karşılanabilmektedir. Örneğin, sentetik boyaların bulunması ile tekstil sektörü ihtiyaç duyduğu boyayı bol ve ekonomik şartlarda sağlayabilmiş, üreticilerin rekabet gücü artmıştır. Ancak bu avantajlar yanında sanayide kullanılan kimyasallar sadece kimya sanayinde çalışanlar için değil tüm sanayi kollarında çalışanlar için risk oluşturduğu gibi, herhangi bir afet anında tüm ekosistemi değiştirip tüm çevreyi olumsuz yönde etkileyebilmektedir [9].

4. Tehlikeli Sanayi Kimyasalları ve Sınıflandırılması

Tehlikeli kimyasallar; sağlığa (zehirleyici, kanserojen, mutajen, teratojen, aşındırıcı, tahriş edici vb.), güvenliğe (patlayıcı, parlayıcı, oksitleyici vb.) ve çevreye (canlı organizmalar için zehirli ve zararlı olan, çevrede yok olmayıp kimyasal artıklar olarak kalıcı olan vb.) zararlar veren kimyasallar olarak tanımlanırlar [10].

Tehlikeli kimyasalların sınıflandırılmasında üç aşamalı [BM, Dünya Bankası, Uluslararası Denizcilik Teşkilatı (IMO), Avrupa Birliği vb.] veya dört aşamalı sistem [CMEA (The Former Council for Mutual Ecomonic Assistance), Rusya, Çin, Meksika ve Yugoslavya vb.] kabul edilmiştir. Avrupa Birliği üç aşamalı toksik seviye kabul ederek kimyasalları, çok toksik, toksik ve zararlı olmak üzere 3 sınıfta incelemektedir. Aşındırıcı maddeler, sıkıştırılmış gazlar, radyoaktif maddeler, enfeksiyona neden olanlar ve diğerleri bu sınıflandırmadan ayrı tutulmuştur. Ayrıca bu sınıflandırmaya tıbbi ve hayvansal ilaç, kozmetik, patlayıcı, pestisit, kimyasal atık, insan ve hayvan gıdası da dahil değildir. Uluslararası Çalışma Örgütü'nün (ILO) 1990 yılında kabul ettiği ''Kimyasalların Kullanımında Güvenlik Hakkında 170 no'lu Sözleşmesi'' kimyasalların sınıflandırılmasında, kimyasalların toksik, kanserojen, alerjik, parlayıcı, patlayıcı, tahriş edici, zehirli, üremeyi etkileyen, mutajenik özelliklerinin dikkate alınmasını önermektedir.

ABD kuruluşu OSHA (Occupational Safety and Health Administration) ise genel anlamda zehirli ve çok zehirli olmak üzere iki aşamalı bir sınıflandırma kabul etmiştir. BM tarafından hazırlanan tavsiye kararında ise tehlikeli sanayi kimyasalları, patlayıcı maddeler, sıkıştırılmış, sıvılaştırılmış, basınç altında yoğunlaştırılmış parlayıcı, parlayıcı olmayan ve zehirli gazlar (örneğin, sıkıştırılmış petrol gazları, oksijen gazı, hidrojen gazı vb.), kolaylıkla parlayabilen sıvılar (örneğin, benzen, gazyağı, toluen, propanol, pestisitlerde kullanılan organik çözücüler vb.), kolaylıkla parlayabilen katılar (örneğin, kükürt, kırmızı fosfor, azokarbamitler, benzen sülfohidrazin ve diazonyum tuzları vb.), oksidan maddeler, organik peroksitler, zehirli ve enfeksiyona neden olabilecek maddeler, radyoaktif maddeler, aşındırıcı maddeler ve diğer zararlı maddeler olmak üzere 9 sınıfa ayırmaktadır [11].

5. Kimyasal Kökenli Teknolojik Afetler

Kimyasal kökenli teknolojik afetler, toksik, patlayıcı, yanıcı ve tehlikeli kimyasal maddeler üreten veya kullanılan fabrika, işyeri ve depolarda meydana gelen yangın, patlama ve tehlikeli gazların havaya yayılması şeklinde sonuçları olan afetlerdir. Özellikle, petrokimya rafinerileri, LPG ve doğalgaz dolum ve depolama tesisleri, boya ve kimya fabrikaları, solvent ve kimyasal tank çiftlikleri, kimyasal madde depoları, doğalgaz boru hatları, otogaz ve akaryakıt istasyonları, bina altlarındaki üretim atölyeleri başlıca risk noktalarını oluşturmaktadır [12].

Kimyasal kökenli teknolojik afetler gerek Türkiye'de gerekse dünyada pek çok insanın yaralanmasına hatta ölümüne, çevrenin ve özellikle suyun kirlenmesine, işyerlerinin maddi zararına sebep olmaktadır. Canlılar üzerinde tahriş edici, yakıcı, felç edici veya öldürücü etkileri olan, deri, solunum veya sindirim sistemiyle alınabilen kimyasalların üretim tesislerinde kaza, nakil veya sızıntı sonucu açığa çıkabilir. Son 50 yılda meydana gelen kimyasal kökenli teknolojik afetler içerisinde 10 Temmuz 1976 günü İtalya'nın kuzeybatısındaki Sevoso kasabasındaki bir kimyasal üretim fabrikasında meydana gelen patlamada beyaz bir gaz bulutu çevreye yayılmıştır [Bu zehirli gaz, bugüne kadar bilinen en zehirli gazlardan dioksin (TCDD)'dir]. Kasabada kısa bir süre içinde hayvan ölümleri görülmeye başlanmış, patlamadan 5 gün geçtikten

sonra hastaneye başvurular başlamıştır. Yapılan kontroller sonunda kasabada geniş bir bölgenin tamamen kirlendiği anlaşılmış ve 100 kadar ev tamamen boşaltılmıştır. Bu olaydan sonra yayılma, saçılma, patlama, bütünlük kaybı gibi nedenlerden kaynaklanan kazalara karşı alınacak önlemler ve tarafların yükümlülüklerinin yer aldığı direktif Avrupa Birliği'nde Seveso Direktifi olarak tanınmaktadır. İlk olarak 24 Haziran 1982 tarihinde yayınlanan 82/501/EEC nolu Seveso I Direktifi, Avrupa'da devam eden kazalar sonrasında, bu direktifin etkinliğinin artırılması ve kapsamının genişletilmesi amacıyla 1996 yılında 96/82/ECS Seveso II Direktifi olarak yayımlanmış, 2003 yılında bir kez daha gözden geçirilerek 2003/105/EC Direktifi olarak revize edilmiştir. Son olarak 2012/18/EU numaralı SEVESO III Direktifi ise 1 Haziran 2015 tarihi itibariyle AB bünyesinde uygulanmaya başlanmıştır. Ülkemizde SEVESO II Direktifinin uygulanmasına yönelik olarak 30 Aralık 2013 tarihinde "Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik" (BEKRA) yayımlanmıştır [13-14-15].

Buna benzer afetler dünyanın pek çok yerinde meydana gelmekte, can ve mal kaybına yol açmaktadır. Bhopal felaketi olarak bilinen afette, Hindistan'ın Bhopal kentinde 2 Aralık 1984 günü ABD kökenli Union Carbide firmasının kurduğu böcek ilacı üreten bir fabrikadan 40 ton metil izosiyanat gazının dışarı atılması sonucu 18.000 kişi ölmüş, 150.000'den fazla insan zehirlenmiştir. Çevresel etkileri Çernobil faciasından bile korkunç olan bu kaza sonrasında, Bhopal eyaleti doğal afet bölgesi ilan edilmiştir. Greenpeace'in bölgede kazadan 20 yıl sonra, 2004 yılında yaptığı ölçümlerde, toprakta normalin 6 milyon katı toksik madde bulunmuştur [16]. Çin'in kuzeybatısındaki sanayi bölgesi Tianjin kentinde 12 Ağustos 2015 gecesi tehlikeli kimyasal maddelerin bulunduğu bir depoda meydana gelen patlamada 50'ye yakın insanın öldüğü, 700' e yakın insanın ise yaralandığı bildirilmiştir. Çin Deprem Enstitüsü'nden bir yetkili, ilk patlamanın şiddetinin 3 ton, ikinci patlamanın da 21 ton TNT'nin patlamasına eşdeğer düzeyde olduğunu belirtmiştir [17].

Son yıllarda teknolojik gelişmelere ve alınan güvenlik önlemlerine rağmen dünyanın her yerinde olduğu gibi Türkiye'de de büyük endüstriyel kazalar meydana gelmektedir. 7 Ağustos 2015 günü, Tuzla'da kezzap olarak bilinen nitrik asit üretimi yapan bir fabrikada 250 tonluk kimyasal tankının delinmesi sonucu havaya yüksek miktarda nitrik asit gazı yayılmıştır. 31 Ocak 2008 günü, İstanbul Davutpaşa'da ruhsatsız bir havai fişek imalathanesinde meydana gelen patlamada 21 kişi yaşamını yitirmiş, 116 kişi de yaralanmıştır. 3 Şubat 2011 tarihinde Ankara OSTİM Sanayi Sitesinde aynı gün içerisinde meydana gelen iki ayrı patlamada 20 kişi ölmüş, 42 kişi yaralanmıştır. 19 Ağustos 2015 tarihinde Kocaeli'nin Başiskele ilçesinde faaliyet gösteren bir otomotiv yan sanayi üretim fabrikasının kimya deposunda meydana gelen patlama sonucunda yangın çıkmış ve olayda 1 kişi yaralanmıştır.

Kimyasal kökenli teknolojik afetler doğrudan meydana gelebildiği gibi deprem, sel, tsunami gibi doğal afetler sonrasında dolaylı olarak da gerçekleşebilmektedir. 17 Ağustos 1999 tarihinde meydana gelen Marmara Depremi sonrasında Kocaeli bölgesinde kimyasalların açığa çıkmasından kaynaklı kazalar meydana gelmiştir. Tankın aşırı basınca ulaşmasını engellemek için 200 ton susuz amonyak havaya salınmış, 6400 ton akrilonitril sızıntısı olmuştur [Tekstil hammaddesi üretimine yönelik akrilonitril havayla temas ettiğinde gaz formuna dönüşür. Yanıcı ve patlayıcı özelliği bulunan akrilonitrilin, kanserojen özelliği bulunur. Solunum yoluyla ve deriden geçer. Yüksek dozda alındığında spazm sonucu ölümlere neden olurken, düşük dozda halsizlik, baş ağrısı, mide bulantısı yaratır. Buharı da ciğerlerde su birikmesine neden olur. Akrilonitrilin uzun süreli etkileri arasında ciğer ve sindirim sistemleri kanseri ilk sırada sayılır. Troid bezlerinin işleyişinde bozulmaya neden olur]. Akrilonitril sıkıntısına ilave olarak bozuk yakıt yükleme kolu sebebiyle İzmit körfezine 50 ton dizel yakıtı dökülmüş, iki oksijen depolama tankındaki beton destek kolonlarının yapısal olarak dayanamaması ile 1200 ton kriyojenik sıvı oksijen serbest kalmıştır. Tüpraş petrol rafinerisinde büyük yangınlar çıkmış, sıvı petrol gazı sızıntısı ve petrol dökülmesi yaşanmıştır. Binlerce ton petrolün yanması sonucu oluşan zehirli gazlar atmosfere yayılmış, yağan yağmurlarla bu zehirli gazlar toprağa, suya karışmıştır [12-18-19]. Ayrıca İzmit Körfezinde yapılan incelemelerde denizde PAH (Polisiklik Aromatik Hidrokarbon), PCB (Poliklorinli Bifenil) ve ağır metal oranının son 5-6 yılda artmış olduğu görülmüştür. Ayrıca deprem sonrası alınan ölçümlerde derin sularda oksijen seviyesinin oldukça kritik olduğu saptanmıştır [20]. Kamuoyuna bir şekilde yansımış bu olayların dışında rapor edilmemiş daha onlarca kimyasal kökenli afet olduğu bilinmektedir [19].

6. Sonuç ve Öneriler

Kimyasalların tehlikelerinin yönetilmesi için getirilen öneriler şöyledir;

- Öncelikle işletmenin tüm faaliyet alanlarını kapsayan etkin bir risk yönetim sistemi kurulmalıdır.
- Kimyasal maddelerden kaynaklanacak risklerin yönetimi, İş Sağlığı ve Güvenliği, Çevre ve Acil Durum konularıyla bütünleşik bir bakış açısıyla ele alınmalıdır.
- Tehlikeli kimyasallar özelinde bir risk analizi yapılmalıdır.
- Kimyasal proses tehlike analizi yapılmalıdır.
- Kimyasal maddelerin tehlikelilik özellikleri satın alma aşamasında belirlenmelidir.
- Depolama, kullanım, taşımaya yönelik uygulama işlemve talimatlarıhazırlanmalıdır. Kimya depolarında öncelikle tehlikeli kimyasalların depolanması ve kullanılmasından sorumlu kişilerin, sonra tüm ilgililerin gerekli önlemleri alarak riskin azaltılması ve güvenli depolanma sağlanmalıdır.
- Tehlikeli kimyasalların depolanmasında belirleyici olan en önemli faktör birbirleriyle etkileşime girmeleri hususudur. Bu nedenle tehlikeli kimyasallar genel sınıflandırmaya göre tanımlandıktan sonra kendi içerisinde gruplara ayrılmalıdır. Daha sonra oluşturulan bu gruplar ayrı yerlerde depolanmalıdır. Ambalaj üzerindeki etikete bakılarak, kimyasalın hangi gruba girdiği kolayca belirlenebilir. Özellikle Oksitleyici (yükseltgen) ve Kolay Yanıcı (alevlenebilen) kimyasallar birbirinden uzakta depolanmalıdır.
- İşletme ortamı içinde, günlük kullanım amaçlı kimyasal madde biriktirilmemelidir.

- İş izin sistemi hayata geçirilmelidir.
- Risklere ve standartlara uygun koruyucu donanım kullanılmalıdır.
- İşletme içinde sigara içilebilecek alanlar sınırlandırılmalıdır.
- Statik elektrik konusunda etkin bir yönetim prosedürü oluşturulmalıdır.
- Kimyasal madde kazalarına müdahale edebilmek için gerekli ekipmanlar bulundurulmalıdır.
- Tüm çalışanlar için eğitimler düzenlenmelidir.
- Kimyasal madde kazalarına karşı tatbikatlar düzenlenmelidir.
- Büyük yangınlarda başrolü; kolay yanıcı sıvıların fazla miktarda bir arada bulunması oynamaktadır. Kolay yanıcı sıvılarla iştigalde güvenlik kurallarına riayet edilmelidir. Bu tip fabrikalar yangın kompartımanlarına bölünmelidir.
- Patlamaların büyük bir kısmı ATEX (ATmosphere EXplosive - Patlayıcı Atmosfer) patlamalarıdır. Yanıcı gaz, yanıcı sıvı buharı, yanıcı sıvı sisi ve yanıcı toz bulutunun prosesler esnasında oluştuğu işletmelerde "Patlayıcı Ortamların Tehlikelerinden Çalışanların Korunması Hakkında Yönetmelik" ve "Muhtemel Patlayıcı Ortamda Kullanılan Teçhizat ve Koruyucu Sistemler İle İlgili Yönetmelik" hükümlerine riayet edilmelidir. Bu iki yönetmelikte ATEX direktiflerinin birebir çevirisidir [21-22].

Kaynaklar

[1] European Environment Agency, Europe's Environment: The Third Assessment, State of The Environment Report No: 3/2003, 214, 2003.

[2] Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Yayınları, Ankara, 69-14, 2014.

[3] Yavaş, H. Türkiye'de Doğal Afetlerin Merkez-Yerel ilişkiler Açısından Yönetim Sorunları, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7 (3), 281, 2005.

[4] Subcommitte on Disaster Reduction (SDR), Grand Challenges for Disaster Reduction, National Science and Technology Council Committee on Environment and Natural Resources, A Report of The Subcommittee on Disaster Reduction, 4, 2005.

[5] Kadıoğlu, M. Modern, Bütünleşik Afet Yönetiminin Temel İlkeleri, (Kadıoğlu M., ve Özdamar, E. ed.), JICA Türkiye Ofisi Yayınları, Ankara, 7-8, 2008.

[6] iupac.org Erişim Tarihi: 15 Aralık 2015.

[7] Çarıkçı, M., N. İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Yapılması Gerekli Kontroller ve Düzenlenecek Belgeler, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İSG Genel Müdürlüğü,İş Güvenliği Uzmanlık Eğitimi Notları, 2005.

[8] Anık, F. Kimyasal Riskler, T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İSG Genel Müdürlüğü İş Güvenliği Uzmanlık Eğitimi Notları, 2004.

[9] http://www.kalkinma.gov.tr/Lists/zel%20htisas%20Komisyonu%20Raporlar/Attachments/259/Kimya%20%C3%87al%C4%B1%C5%9Fma%20Grubu%20Raporu.pdf Erişim Tarihi: 11 Kasım 2015.

[10] https://www.osha.gov/ Erişim Tarihi: 11 Kasım 2015.

[11] http://isguvenligiuzmani.org/ Erişim Tarihi: 11 Kasım 2015.

[12] Kimya Mühendisleri Odası, İstanbul'da Deprem Sonrası Kimyasallardan Kaynaklanacak Tehlikelere Dair Rapor, KMO İstanbul Şubesi, 2010.

[13] Khan, F., I. ve Abbasi S., A. MajorAccidents in Process Industries and an Analysis of Causes And Consequences, J.of Loss Prev. in The Proc. Ind.,Vol 12, 361-378, 1999.

[14] Deniz, V. ve Küçük, S. Afetler ve Endüstriyel Kazalar, Deprem Sempozyumu, 23-25 Mart Kocaeli, 2015.

[15] Üçüncü, K. Seveso Süreci ve Ülkemizdeki Gelişmeler. http://www.isteguvenlik.tc/SEVESO%20Tanitim.pdf Erişim Tarihi: 12 Aralık 2015

[16] Grazia, A. A Cloud Over Bhopal - Causes, Consequences And Constructive Solutions, Metron Publications, 1985.

[17] http://www.bbc.com/turkce/haberler/2015/08/150813_cin_patlama Erişim Tarihi: 11 Aralık 2015.

[18] Steinberg, L., J., Cruz, A., M., Vardar-Sukan, F. ve Ersoz, Y. Risk Management Practices at Industrial Facilities during the Turkey Earthquake of August 17, 1999: Case Study Report.

[19] Öncü, I. İkincil Afetler, TMMOB 2. İzmir Kent Sempozyumu, 2013.

[20] Okay, O., S., Tolun, L., Karakoç, F., T., Tüfekçi, V., Tüfekçi, H., Olgun, A. ve Morkoç, E. TheChanges of T-PAH Levels and Health Status of Mussels in Izmit Bay (Turkey) after Marmara Earthquake and Subsequent Refinery Fire, Environment International, 965: 1-5, 2002.

[21] Küçük, S. Endüstriyel Tesislerde Tehlikeli Kimyasal Yönetiminin İlkeleri, IV. İş Sağlığı ve Güvenliği Kongresi, 2007.

[22] İnce, A., Kimyasal Kazalar, http://www.abdurrahmanince.net/Kimyasal_Kazalar_Sunu.pdf. Erişim Tarihi: 11 Aralık 2015.

PREDICTING NUMBER OF DEATH IN AN EARTHQUAKE USING NEURAL NETWORK

MEYDANA GELEBİLECEK BİR DEPREMDE HAYATINI KAYBENDEN KİŞİ SAYISININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

Ömer KIVRAK[a], Muharrem DÜĞENCİ[b]
[a] AFAD, Karabük, Türkiye, E-posta: omer_kivrak@windowslive.com
[b] Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, E-posta: mdugenci@karabuk.edu.tr

Özet

Depremler, meydana geldiği bölgede en çok yıkıma ve insan hayatına neden olan doğal afetlerdir. Olası bir depremi önleme veya depremden kaçma olanağı olmayacağından deprem öncesi hazırlıkların ve planlamaların önemi ön plana çıkarmaktadır. Depremleri olabildiğince az hasarlı atlatmak ve deprem sonrası yapılması gereken çalışmaların başarılı olması da yine deprem öncesi yapılacak çalışmaların başarısına bağlıdır. Bu çalışma sayesinde, deprem tahmini alanında yapılan çalışmalar, olası can ve mal kayıplarının en aza indirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, meydana gelen bir deprem sonrasında ne kadar kişinin hayatını kaybedebileceği yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin edilerek gerekli senaryoların gerçeğe yakın olarak belirlenmesine katkı sağlamaktır. Bu çalışmada, kullanım alanı geniş olan yapay sinir ağlarının, gelecekte karşılaşılabilecek herhangi bir depremin büyüklüğü, derinliği ve hasar gören bina miktarı ile hayatını kaybeden kişi sayılarının tahminleri gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de 1900 yılından günümüze kadar büyüklüğü 6 ve üzerinde meydana gelen 53 adet deprem verisi kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağı modeliyle, yapılacak parametrik çalışmalara veya geliştirilecek modellere faydalı olacağı ve bu doğrultuda azalım ilişkilerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Deprem, Deprem Tahmini, Yapay Sinir Ağı ve Parametrik.

Abstract

Earthquake is the most destructive and the deadliest natural disasters where occurs. Since there is no way to escape or to prevent a possible earthquake, the importance of preperation and planning before it stands out. The success of the work to be done after the earthquake depends on the success of the work still to be done before the earthquake for making damages of earthquake less disruptive. With this study, it is assessed that the studies in the area of prediction of possible earthquake make a significant contribution to reduce risk of mortality and loss of property. In this study, the use of wide field of neural networks, an earthquake of magnitude that may be encountered in the future, with the depth and the amount of damaged buildings estimates the number of people who lost their lives were carried out. From 1900 to the present day size 6 and occurred in Turkey on 53 earthquake data has been used. Created by artificial neural network model, or parametric models developed will be useful for future studies and is expected to contribute to the attenuation relations in this direction.

Keywords: Earthquake, Earthquake Prediction, Neural Network and Parametric.

1. Giriş

Deprem, yer derinliklerinde biriken enerjinin bir anda boşalması sonucu oluşan sıkışma ve gerilmelerin, yeryüzünde meydana getirdiği titreşim hareketleridir [1]. Bir başka bir değişle depremler karmaşık olaylar sonucu aniden gelişen doğal olaylardır [2]. Bu karmaşıklık depremin zamanı, yeri ve şiddeti gibi birçok parametrenin tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır. Ülkemizin yüz ölçümünün % 42'si birinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır ve oluşabilecek bir depremde can ve mal kayıplarını en aza indirmek için bu tahminler hayati önem taşımaktadır. Meydana gelebilecek depremleri önlemeyi düşünmek yerine önceden hazırlıklı olmak daha mantıklıdır. Bu yüzden bilinçli ve etkili yöntemler kullanılarak olası bir deprem meydana geldiğinde en az zararla atlatılması gerekmektedir. Bu konuda; kurum ve kuruluşların çalışmalarıyla, meydana gelebilecek bir depremin önceden tahmin edilebilmesi, deprem anı ve deprem sonrası çalışmalarını en etkili şekilde devam ettirmeyi amaçlamalıdırlar.

Bilgisayar alanındaki ilerleme, artık insan gibi düşünen ve davranan sistemlerin geliştirilmesine yönelik olarak 1950'li yıllardan beri sürmektedir[3]. Yapay Zeka 20. yüzyılın ikinci yarısında temelleri atılan ve günümüzde büyük bir kitlenin üzerinde çalıştığı Yapay Zeka tekniği, pek çok problemin analizinde başarı ile kullanılmış ve klasik programlamaya alternatif olmuştur. Geçen zaman içinde Yapay Sinir Ağları(YSA) ve diğer mantıksal programlama tekniklerinin ispatlanmış teorilerinin ortaya çıkartılması nedeniyle bu konular hakkında çoğu kişinin ilgisini çekmiştir[4]. YSA kavramı beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış ve ilk çalışmalara beyni oluşturan biyolojik hücrelerin ya da literatürdeki ismiyle nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmaların, ortaya çıkardığı bulgular, her bir nöronun komşu nöronlardan bazı bilgiler aldığı ve bu bilgilerin biyolojik nöron dinamiğinin öngördüğü biçimde bir çıktıya dönüştürüldüğü şeklindedir. Bugün YSA olarak

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

isimlendirilen alan, birçok nöronun belirli biçimlerde bir araya getirilip bir işlevin gerçekleşmesi üzerindeki yapısal olduğu kadar matematiksel ve felsefî sorunlara yanıt arayan bir bilim dalı olmuştur[5].

Geçmişte meydana gelen deprem verileri incelendiğinde, olası bir depremin büyüklüğünü, zamanını ve nerede meydana geleceğini tahmin edilmesinin mümkün olmadığı kabul edilmesi gereken kaçınılmaz bir gerçektir. Fakat YSA yöntemlerini kullanarak verilere yapılabilecek uygun analizler ile bu belirsizlik probleminin çözümünde bazı adımların atılabileceği söylenebilir.

Güllü H. ve diğerleri çalışmalarında, YSA ile en büyük yer ivmesi tahminlerini yaparak ve yöntemin doğruluğu için sonuçlarını Regresyon Analizi ile karşılaştırmışlardır. YSA kullanılarak tahmin edilen ivmeler ile ölçülen ivmeler arasındaki korelasyon katsayısı eğitim aşamasında %92, test aşamasında ise %64 olarak bulunmuşlardır. Ancak bu kapasitenin ağda yapılacak düzenlemeler ile daha da artmasının mümkün olduğunu ve Regresyon Analizi ile karşılaştırdıklarında, ivmeler YSA tarafından daha yüksek korelasyon katsayısı ile tahmin edildiği ve bu durumda, daha gerçek ivme tahminleri için YSA'nın alternatif bir yöntem olarak araştırılması gerektiğine işaret etmektedirler[6].

Erkaymaz H. ve diğerleri çalışmalarında, temel amaçlarının YSA kullanarak en düşük hata ile hava sıcaklığı tahmininde bulunmaktır. YSA kullanılarak elde edilen sıcaklık tahmin işlemi çalışması için Karabük ilinden alınan ham eğitim verilerinden yararlanılarak en az hata ile hava sıcaklığı tahminlerini gerçekleştirmişlerdir[7].

Baltacıoğlu A. K. ve diğerleri çalışmalarında, geliştirilen sistemle YSA kullanılarak deprem geçirmiş bir yapının veya hasarlı bir yapının hasar miktarını tahmin edilebilmektedirler. Bu amaçla pek çok data girdi olarak kullanılabilecek olmasına rağmen bu çalışmalarında sadece yapı elemanlarındaki çatlaklarını dikkate almışlardır. Bu çatlaklar bulanık küme kuramıyla üyelendirilerek ağa girilmiş ve bilinen örnekler üzerinde yapının hasar durumunu (hasarsız, az hasarlı, orta hasarlı, çok hasarlı ve göçme sınırı) beş farklı grupta incelemişler ve bunları ağın çıktısı olarak yine bulanık küme kuramıyla üyelendirilerek ağa sunmuşlardır. Bunun sonucunda eğitimi %81 oranında başarılı bularak ağı test etmişlerdir. Yöntemin, eğitilmiş bir ağın mevcut hasarlı binaların hasar oranını belirlemede etkin ve hızlı bir yöntem olarak düşünülebilir yapıda olduğunu ve eğitim seti arttırılıp eğitilen ağ, daha iyi öğrenme oranlarına ulaşabileceğini önermektedirler[8].

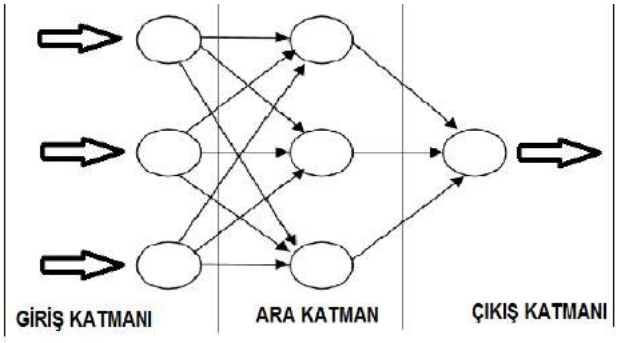
Bilen M. ve diğerleri çalışmalarında, deprem oluşumunu incelemek için Polonya kömür madenlerinden alınan sismik veriler kullanılarak tahmin etmeye çalışmışlardır ve %94.1176 oranıyla KNN (K-nearest Neighbors: K-En Yakın Komşular) algoritmasıyla yüksek bir sınıflandırma başarısı elde edilmişlerdir. Yapılan çalışma KNN algoritmasının deprem tahmininde kullanılmasının başarılı ve hızlı sonuçlar vereceğini göstermiştir[9].

Kutlu B. ve diğerleri çalışmalarında, YSA ile ve ARIMA zaman serisi analiz yöntemleri kullanılarak Ankara ilinin doğal gaz tüketimini tahmin etmişlerdir. Her iki yöntem içinde farklı modeller oluşturularak eğitim ve test verileri için en küçük MSE (Hata Kareleri Ortalaması) değerlerine sahip modelleri, en iyi modeller olarak seçmişler ve bu modeller yardımıyla 10 adet test verisi için tahminler gerçekleştirmişlerdir. Her iki yöntem yardımıyla elde edilen tahmin sonuçlarını MSE ve MAPE (Mutlak Hata Oranları Ortalaması) performans kıstasları yardımıyla karşılaştırmışlardır. Her iki performans ölçütü içinde YSA modelleri ARIMA modellerinden daha iyi tahmin performansı sergilediğini bulmuşlardır. Bu durum ağın eğitiminde kullanılan veri sayısı arttıkça YSA'nın daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Sonuç olarak veri setindeki lineer ilişkiler yanında lineer olmayan ilişkileri de başarıyla modelleyebilmesi, veri üzerinde her hangi bir ön varsayım gerektirmemesi gibi özelliklerinden dolayı YSA uygun ağ yapısı ve yeterli sayıda veri kullanıldığında çok başarılı sonuçlar ürettiğini bulmuşlardır[10].

Çelik E. ve diğerleri çalışmalarında, sismik darbe verilerini kullanılarak depremin önceden tahmin edilmesi için karar sistemleri oluşturmuşlardır. Kömür madeninden alınan sismik darbe verileri kullanılarak sınıflandırma algoritmaları ile sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. YSA ile erken tespitte %83 oranında başarı saptamışlardır. Destek Vektör Makineleri ile de erken tespitte %91 oranında başarı saptamışlardır. Hata paylarının yüksek çıkmasında başka veri setleri ile karşılaştırmalar yapılamaması ve tehlikeli durum verilerinin az olmasına sebep olmuştur. Tahminlerin daha güvenilir ve kararlı olması için toprak yapısını da içine alan sistemler oluşturulabileceğini ve bunların yanında zaman ve yer tahmini de yapılarak yüksek başarımlı sonuçlar için sistemlerin geliştirilebileceğini önermişlerdir[11].

2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Genel anlamda YSA, beynin bir işlevini yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir [12]. Bu özellikleri sayesinde sınıflandırma, tahmin, optimizasyon, örüntü tanıma, bellek yönetimi ve kontrol gibi birçok problemi etkili ve kolay bir şekilde çözebilmektedirler [13]. YSA, örneklerden yola çıkarak bilgi toplamakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaşınca öğrendiği bilgileri kullanarak örnekleri sınıflandırabilmektedir [14]. YSA bir başka deyişle, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır[15]. YSA yapısında, nöron (Yapay sinir hücresi), bağlantılar ve öğrenme algoritması olmak üzere üç bileşen bulunur. Nöron, bir YSA'nın temel işlem elemanıdır. Ağ içerisinde yer alan nöronlar, probleme etki eden faktörlere göre bir veya birden fazla girdi alırlar ve problemden beklenen sonuç sayısı kadar çıktı verirler. Nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri YSA'yı oluşturmaktadır. Genel bir YSA sisteminde nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleri katmanları oluşturur[16]. Bir YSA'da, birbirleriyle bağlantılı sinir hücrelerinin yer aldığı girdi katmanı (input layer), çıktı katmanı (output layer) ve gizli katman (hidden layer) olmak üzere temelde üç katman bulunmaktadır ve şekil 1'de genel YSA gösterilmektedir.



Şekil 1. Genel YSA Modeli

Girdi katmanı ilk katmandır ve dışarıdan gelen verilerin YSA'ya alınmasını sağlar. Bu veriler istatistikte bağımsız değişkenlere karşılık gelmektedir. Girdi katmanı probleme etki eden parametrelerden oluşmaktadır ve girdi katmanındaki nöron sayısı parametre sayısına göre şekillenmektedir. Son katman çıktı katmanı olarak adlandırılır ve bilgilerin dışarıya iletilmesi işlevini görür. Çıktı değişkenleri, istatistikte bağımlı değişkenlere karşılık gelir. Modeldeki diğer katmanlar ise girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında yer alır ve gizli katman olarak adlandırılır. Gizli katmanda bulunan nöronların dış ortamla bağlantıları yoktur. Yalnızca girdi katmanından gelen sinyalleri alırlar ve çıktı katmanına sinyal gönderirler. Gizli katman ve gizli katmanlarda yer alacak nöronların sayısının seçimi, kurulan ağın performansı açısından önemlidir[17].

YSA, klasik bilgisayar belleği gibi belirli bilgileri belirli yerlerde saklama yerine öz şeklindeki bilgileri nöronlar arasındaki bağlantılar üzerindeki (rassal sayı olarak) ağırlık değerleri ile ağ üzerinde dağıtarak saklarlar. Belirli bir problemi, programlama yerine direkt olarak mevcut örnekler üzerinden eğitilerek öğrenirler[18]. Bir ağda öğrenme kısaca, istenen bir işlevi yerine getirecek şekilde ağırlıkların ayarlanması sürecidir. Temelde öğrenme yöntemleri danışmanlı (supervised) ve danışmansız (unsupervised) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Danışmanlı öğrenmede, YSA kullanılmadan önce eğitilmelidir. Eğitme işlemi, sinir ağına giriş ve çıkış bilgileri sunmaktan oluşur. Ağ giriş bilgisine göre ürettiği çıkış değerini, istenen değerle karşılaştırarak ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılacak bilgiyi elde eder. Girilen değerle istenen değer arasındaki fark hata değeri olarak önceden belirlenen değerden küçük oluncaya kadar eğitime devam edilir. Hata değeri istenen değerin altına düştüğünde tüm ağırlıklar sabitlenerek eğitim işlemi sonlandırılır. Danışmansız öğrenmede sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Danışmansız olarak eğitilebilen ağlar, istenen ya da hedef çıkış olmadan giriş bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerlerini ayarlar[19].

YSA'da öğrenme, giriş ve çıkış kümesi için test edilen ağın, elde etmek istenilen çıkışı verecek ağırlık kümesinin belirlenmesidir. Bu ağırlık vektörü istenilen çıktı ile ağ çıktısı arasındaki fark minimum oluncaya kadar iterasyon yapılarak bulunur [20]. Herhangi bir *k.* Girdi-çıktı örnek çifti için *j.* girdi ile *i.* nöron arasındaki ağırlık değişimi;

$$\Delta w_{ij}^{k} = \alpha\left(T_j^k - O_i^k\right)x_j^k \qquad (1)$$

ile ifade edilir. Burada T_i istenen hedef çıktı, O_i gerçek çıktı, α öğrenme oranı ve x_j ise *j.* ağ girdisidir. Herhangi bir *k.* tabakadaki örnek çifti için toplam hata fonksiyonu [21,22].

$$E = \frac{1}{2}\sum_{k}\left(T_k - O_k\right)^2 \qquad (2)$$

olarak tanımlanır. Burada, T_k istenen hedef çıktı, O_k hesaplanan çıktı, *P* ise eğitim setinde bulunan girdi-çıktı çiftlerinin toplam sayısıdır. Yine Rumelhart tarafından, ağın yakınsamaması durumunda *β* momentum terimini de içerecek şekilde ağırlıkların ayarlanması formülü aşağıdaki şekilde genelleştirilmiştir [23].

$$\Delta w_{ij}\left(t+1\right) = \alpha\delta_i^k o_j^k + \beta\Delta w_{ij}\left(t\right) \qquad (3)$$

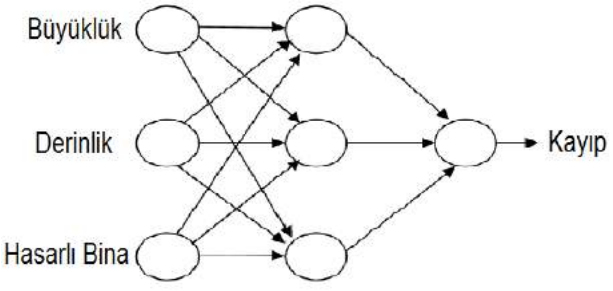
Burada β momentum terimi, δ_j^k eğitim setindeki *k.* örnek çifti için *i.* nöronun hata değeridir ve kullanılan eşik fonksiyonunun türevini içeren bir terimdir. Bu nedenle eşik fonksiyonu ağırlıklandırılmış girdi toplamları ile hesaplanmış net girdiyi alarak, işlem elemanlarının çıktısını belirleyen ve türevlenebilir olması tercih sebebi olan bir fonksiyondur. Aktivasyon veya işaret fonksiyonu olarak da adlandırılan eşik fonksiyonları pek çok sayıda olmasına rağmen geriye yayılma algoritmasında daha çok sigmoid fonksiyon kullanılmaktadır [24].

3. Araştırma Bulguları

Bu uygulamada, T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı'ndan alınan, Türkiye'de 1900 yılından günümüze kadar meydana gelen büyüklüğü 6 ve üzerinde oluşan depremlerdeki veriler kullanılmıştır. Girdi verileri büyüklük, derinlik ve hasarlı bina sayısı çıktı verisi ise kayıptır.

3.1. Ağ Yapısı

YSA 1 girdi katmanı, 1 ara katman ve 1 çıktı katmanı ile teşkil edilmiştir. Girdi katmanı, azalım ilişkilerinde olduğu gibi değişken parametrelerinden büyüklük, derinlik ve hasarlı bina sayısı olarak üç adet sinir hücresinden oluşmaktadır. Çıktı katmanı ise hayatını kaybeden kişi sayısının tahmin edilmesinin amaçlandığı bir adet sinir hücresinden oluşmaktadır. Şekil 2'de çalışmada kullanılan ağ yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2. Kullanılan YSA'nın Yapısı

3.2. Eğitim ve Test Verileri

Çözüm için MATLAB (8.3.0.532. sürüm) paket programı kullanılmıştır. Veriler Matlab programına, minimum ve maksimum yöntemine göre normalizasyon yapılarak veri girişleri yapılmıştır. Kurulan YSA'nın eğitimi için 1000 iterasyon yapılmıştır.

Deprem verileri YSA'nın eğitiminde ve testinde kullanmak üzere düzenlenmiştir. Bu düzenleme Swingler (1996) önerileri doğrultusunda yapılmış olup deprem verisinin %25'si rastgele seçilerek test verisi olarak ayrılmıştır. Toplam 53 adet verinin 40'ı ağda eğitilmiş ve eğitilen ağ modelinin doğruluğu da 13 adet veri ile test edilmiştir.

Çalışmada hatanın geriye-yayılma algoritması kullanıldığından, girdi ve çıktı seti sırasıyla [0-1] ve [0.05-0.96] aralığında hesaplanarak ağa sunulmuştur. YSA'da sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Çıktı setinde [0.05-0.96] arasında hayatını kaybeden kişi miktarları derecelendirilmiştir.

Bu ağ yapılarına karar verilirken tahmin performans ölçümlerine bakılmıştır. Tahmin performans ölçümleri için literatürde 4 numaralı formül MAPE ve 5 numaralı formül MSE değerlerine bakılmaktadır [25,26]. Oluşturulan ağlar değerlendirilirken tahmin performans ölçümleri küçük olan ağ tercih edilmiştir. Ölçümlerin istatistiksel ifadesi aşağıda verilmiştir. Böylece en iyi performans gösteren ağ yardımıyla değişkenlerin ileriye yönelik tahmin değerleri elde edilmiştir. Bu ölçümlere göre Witt ve Witt (2000) MAPE değerleri %10'un altında olan tahmin modellerini "yüksek doğruluk" derecesine sahip, %10 ile %20 arasında olan modelleri ise "doğru tahminler" olarak sınıflandırmıştır. Benzer şekilde Lewis (2002), MAPE değerleri %10'un altında olan modelleri "çok iyi", %10 ile %20 arasında olan modelleri "iyi", %20 ile %50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir" ve %50'nin altında olan modelleri ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırmıştır [27].

$$MAPE = \frac{1}{T}\sum\left|\frac{y_t - \hat{y}}{y_t}\right| \times 100 \quad (4)$$

$$MSE = \frac{\sum\left(y_t - \hat{y}_t\right)^2}{T} \quad (5)$$

Burada;

y_t = Gerçek gözlem değerleri,

$\hat{y}_t$ = Tahmin edilen değerleri,

T = Tahmin sayısıdır.

Çizelge 1. Hata yüzdeleri

	Tahmin Edilen (Kayıp)	MAPE	MSE
1	0,088528	0,115580	0,000134
2	0,164526	0,047870	0,000068
3	0,084332	0,160749	0,000261
4	0,094239	0,059209	0,000035
5	0,090388	0,101139	0,000103
6	0,228317	0,158594	0,000977
7	0,106039	0,007579	0,000001
8	0,089685	0,103367	0,000107
9	0,100032	0,006914	0,000000
10	0,095516	0,394985	0,003889
11	0,083649	0,164120	0,000270
12	0,130879	0,280823	0,000823
13	0,081491	0,185092	0,000343
	% Ortalama Hata	0,137386	0,000539
	% Ortalama Doğruluk	0,862614	0,999461

Modelden elde edilen tahmin değerleri ile gerçek değerler üzerinde yapılan ölçümlerde, MSE= 0,000343, MAPE= % 13,73 bulunmuştur. Elde edilen düşük MSE ve MAPE değerleri, gerçekte hayatını kaybeden kişi sayısı ile YSA modelinden elde edilen tahmini hayatını kaybeden kişi sayısı sonuçları arasındaki sapmaların küçük olduğunu göstermektedir. Witt ve Witt, MAPE değerleri % 10 ile % 20 arasında değerler olduğundan doğru tahminler olarak sınıflandırıldığı ve benzer şekilde Lewis, MAPE değeri % 10 ile % 20 arasında olan modelleri iyi olarak sınıflandırdığından bulunan tahmin değerlerinin iyi ve gerçeğe yakın olduğu görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada geliştirilen sistemle YSA yöntemi kullanılarak olası bir deprem meydana gelmeden önce hayatını kaybedecek kişilerin sayısı tahmin edilebilmektedir. Bu amaçla pek çok veri girdi ya da çıktı olarak kullanılabilecek olmasına rağmen bu çalışmada sadece Türkiye sınırları içerisinde 1900 yılından günümüze kadar büyüklüğü 6 ve üzerinde meydana gelen hasar ve kayıplara neden olan deprem verileri kullanılmıştır. Çalışmada hayatını kaybeden kişi sayısını etkileyen değişkenler; depremin büyüklüğü, derinliği ve hasarlı bina sayısı olarak kabul edilmiştir. Bu veriler minimum maksimum yöntemine göre normalize edilip geliştirilen ağda analizler yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda 53 adet verinin 40'ı ağda eğitilmiş ve eğitilen ağ modelinin doğruluğu 13 adet veri ile test edilmiştir. Test sonucuna göre MAPE değeri %13,73 ve MSE değeri %0,000539 çıktığından yapılan tahmin "doğru tahminler" sınıfına girmektedir. Eğitilen ağa olası bir deprem verileri girildiğinde, olası bir depremden kaynaklanan can kayıplarının gerçeğe daha yakın olarak tahminlerde bulunulmuştur.

Yapılan tahminler gerçek değerlerle karşılaştırıldığında genelde tahmin edilen ve gerçekleşen değerlerin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Ancak, MAPE ile MSE değerinin doğruluk oranlarının artması için girdi ve çıktı miktarları artırılması gerekmektedir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre, birinci derece deprem bölgesinde yer alan Karabük ili için bir tahminde bulunursak; 7

büyüklüğünde ve 30 km derinliğinde meydana gelen bir depremde 195 bina hasar görürse 399 kişi hayatını kaybedecek diyebiliriz. Bu tahminimize hata oranını çıkartırsak en az 347 kişi hayatını kaybedecektir, eğer eklersek 450 kişi hayatını kaybedecektir diyebiliriz.

Bu çalışma sonucunda istatistiksel yöntemler ve YSA'nın depremlerin tahmininde kullanılabilecek önemli araçlar olduğu açıktır. YSA'nın en önemli ve ayırt edici özelliklerinden birisi de; yeni durumlara adaptasyon ve hiyerarşik yapılarının esnek olması ve sonradan veri girişini kabul etmeleridir. Gelecek çalışmalarda farklı veriler, girdi ve çıktı veri miktarları genişletilerek daha sağlıklı sonuçlar almak için çalışmalar yapılacaktır. Kamu kurum ve kuruluşlarına ileriye yönelik karar alma ve planlama çalışmalarında yol gösterici olacaktır.

Kaynaklar

[1] Ketin, İ. Genel Jeoloji: Yerbilimlerine Giriş. Ankara: İTÜ Vakfı, 2005.

[2] Karaman, M E. Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları. Ankara: Yazarın kendi yayını, 2006.

[3] Gözütok A. Güç Trafolarına Ait Yağda Erimiş Gaz Analizi Sonuçlarının Yapay Sinir Ağlan ile Değerlendirilmesi ve Arıza Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2005.

[4] R.D. Vanluchene, S. Roufei, "Neural networks in structural engineering", Microcomputers in Civil Engineering, 5, 207-215, 1990.

[5] Aydın Ö. Yapay Sinir Ağları kullanarak Bir Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi, Yüksek lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Edirne, 2005.

[6] Güllü, H., Pala, M., ve İyisan, R. Yapay Sinir Ağları İle En Büyük Yer İvmesinin Tahmin Edilmesi, 7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007.

[7] Güllü, H., Pala, M., ve İyisan, R. Yapay Sinir Ağları İle En Büyük Yer İvmesinin Tahmin Edilmesi, Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007.

[7] Erkaymaz H. ve Yaşar Ö., Yapay Sinir Ağı İle Hava Sıcaklığı Tahmini, 5. International Computer & Instructional Technologies Symposium, Fırat University, Elazığ, 2011.

[8] AKGÖZ, B., BALTACIOĞLU, A. K., CİVALEK, Ö., & KORKMAZ, K. A. (2010). Deprem Hasarlarının Hızlı Tespitinde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı. SDÜ Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2010.

[9] Bilen, M., Işık, A. H., ve Yiğit, T. Sismik Darbelerin Sınıflandırılarak Deprem Tehlikesinin Tahmin Edilmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, 2015.

[10] Kaynar, O., Taştan, S., ve Demirkoparan, F. Yapay Sinir Ağları İle Doğalgaz Tüketim Tahmini. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 25, 2011.

[11] Çelik, E., Atalay, M., ve Bayer, H. Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri ile Deprem Tahmininde Sismik Darbelerin Kullanılması, 2014.

[12] Ö. Civalek, "The analysis of time dependent deformation in R.C. Members by artificial neural network", Journal of Engineering Sciences of Pamukkale University, 3(2), 331-335, 1997.

[13] Blanton, H. An introduction to neural networks for technicians, engineers and other non PhDs." Proceedings of the 1997 Artificial Neural Networks in Engineering Conference. St. Louis: ANNIE'97, 1997.

[14] Keleşoğlu, Ö, ve A Fırat. Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağı ile Belirlenmesi." Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 139-141, 2006.

[15] Elmas, Ç. Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama). Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003.

[16] Yıldız, B. Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve Halka Açık Şirketlerde Ampirik Bir Uygulama, İMKB Dergisi, 2001.

[17] Benli, Y. Finansal Başarısızlığın Tahmininde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve İMKB'de Bir Uygulama, Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 2002.

[18] Baylar, A., Emiroğlu, M.E.. Arslan A. Geriye Yayılma Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Yanal Su Alma Yapısına Yönelecek Olan Sürüntü Maddesi Oranının Bulunması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 1999.

[19] Elmas, Ç. Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama). Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003.

[20] W.S. McCullogh, and W. Pitts, "A logical calculus of ideas imminent in nervous activity", Bulletin of Mathematical Biophysics, 5, 115-133, 1943.

[21] H. Adeli, S.L. Hung, Machine learning- neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems, John Wiley & Sons, Inc, 1995.

[22] L. Fausett, Fundamentals of neural networks, architectures, algorithms, and applications, Prentice-Hall, Inc., New-Jersey, 1994.

[23] L.M. Fu, Neural Networks in Computer Intelligence, McGraw-Hill, Inc. New York, 1994.

[24] Swingler, K. Applying neural networks: a practical guide. New York, Academic Press, 1996.

[25] Cho, V. A Comparison of Three Different Approaches to Tourist Arrival Forecasting, Tourism Management, 24: 323-330, 2003.

[26] De Lurgio, A. S. Forecasting Principles and Applications, Irwin McGraw-Hill:Singapore, 1998.

[27] Çuhadar, M., & Kayacan, C. Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme, Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, Cilt 16 Sayı 1, 24-30, 2005.

VAN DEPREMİ (23 EKİM – 9 KASIM 2011) SONRASI YAPILAN İYİLEŞTİRME ÇALIŞMALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

VAN EARTHQUAKE (23 OCTOBER - 9NOVEMBER 2011) EVALUATION AFTER THE IMPROVEMENT WORK

Osman ÇELİK[1], Hüseyin Hakan İNCE[2], Murat Abdülgani KUŞ[3], Burak AYDINYILMAZ[4], Salih DOĞRU[5] ve Mustafa BAŞKAYA[6]

[1,6]Burdur AFAD Müdürlüğü, Planlama, Zarar Azaltma ve İyileştirme Şube Müdürlüğü, Burdur
osman.celik@afad.gov.tr ;mustafa.baskaya@afad.gov.tr
[2]Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Burdur
hakanince@mehmetakif.edu.tr
[3,4,5]Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü, Burdur
mkus@mehmetakif.edu.tr;aydinyilmazburak@gmail.com;guncelsalih@gmail.com

Özet

Van'da 23 Ekim 2011'de (Mw:7.2)ve 9 Kasım 2011'de (Mw: 5.7) meydana gelen depremlerden hemen sonra iyileştirme çalışmalarına hemen başlanarak afetzedelerin yaraları sarılmıştır. İyileştirme çalışmalarıyla birlikte eş zamanlı olarak ön hasar tespit çalışmaları tamamlanmış, akabinde 4 ay boyunca kesintisiz olarak devam eden kesin hasar tespit çalışmalarıyla birlikte afetzedelerin hak sahiplikleri sonuçlandırılmıştır. Hak sahipliği çalışmalarıyla afetzede vatandaşlarımıza ilgili mevzuattan doğan yardım ve kolaylıklar sağlanmıştır. Depremin hemen ardından yapılan ön hasar tespit çalışmalarından sonra ilk etapta tehlike arz eden binalar yıkılmış, Van ve Erciş'te acil yıkımı gereken veya enkaz durumundaki 600'den fazla binanın yıkımı yapılmış, köylerde muvafakat veren vatandaşlarımızın enkazları kaldırılarak iyileştirme çalışmalarının önü açılmıştır [1-2-3]. İyileştirme çalışmaları çadır kentlerden başlayarak koordineli olarak yürütülmüş, akabinde konteyner kentler ve kalıcı konutlar çok kısa sürede tamamlanarak afetzedelerin normal hayata dönüşü sağlanmıştır. Bu çalışmada deprem sonrası yapılan iyileştirme çalışmaları sırasında ve sonrasında karşılaşılan sorunlar, çözüm önerileri ile iyileştirme çalışmalarının teknik, istatistik ve sosyal boyutlarının yanında Van'ın kentsel dönüşümünü tamamlaması da araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: İyileştirme**,** Kalıcı Konut, Van Depremi, Mühendislik, AFAD.

Abstract

Van on 23 October 2011 (Mw 7.2) and 9 November 2011 (Mw 5.7) almost immediately after starting the wounds of the victims of the earthquake rehabilitation work is wrapped up. Improvement work simultaneously with preliminary damage assessment was completed and entitlements of victims continued uninterrupted with precise damage assessment for 4 months subsequently it concluded. Entitlement arising from the legislation on aid and ease the work of victims is provided to our citizens. After immediately after preliminary damage assessment of the earthquake collapsed buildings dangerous in the first place, Van and Ercis emergency demolition required or debris in case of more than 600 buildings destruction made the front of the improvement work removing debris of our citizens that consent in the villages is opened. [1,2,3] Improvements were carried out in coordination starting from the tent city, then the container town and permanent housing is provided with a return to normal life of the victims was completed in a short time. In this study, the improvements made during the work after the earthquake and the problems encountered after the technical improvements of working with solutions, to complete the Van urban transformation and social dimensions in addition to the statistics were investigated.

Keywords: Improvement, Permanent Housing, Van Earthquake, Engineering, AFAD.

1. Giriş

Ülkemiz dünyanın en etkin deprem kuşaklarından birinin üzerinde bulunmaktadır. Ülkemiz topraklarının %92'si deprem bölgesi içerisinde yer almaktadır. Nüfusumuzun ise yaklaşık %95'i deprem tehlikesi altında yaşamaktadır. 23 Ekim 2011 Pazar günü saat 13.40 sularında Van Merkeze bağlı Tabanlı köyü merkez üssü olmak üzere 7.0(Mw) büyüklüğünde bir deprem meydana gelmiştir. Bu depremin üzerinden henüz iki hafta geçmişken 9 Kasım 2011 Çarşamba günü 21.20 sularında Van Merkez'e 16 kilometre uzaklıktaki Edremit ilçesinde, 5.7 (Mw) büyüklüğünde yeni bir deprem meydana gelmiştir. 23 Ekim 2011'de meydana gelen ana depremin ardından, bir ay boyunca, günlük ortalama 180 artçı deprem meydana gelmiştir. Toplamda ise 11 binin üzerinde artçı deprem kaydedilmiştir. Depremin birinci haftasında, büyüklüğü 4.0 ile 4.9 arasında değişen 114,5.0'dan büyük ise 7 artçı deprem meydana gelmiştir. 23 Ekim 2011 tarihindeki ana şokun ardından, ilk gün 340 adet artçı deprem meydana gelmiştir. Yedinci güne kadar kademeli olarak düşüş gösteren artçı şoklar, sekizinci ve on beşinci günler arasında günlük ortalama 200 olarak seyretmiştir. Daha sonra kademeli olarak azalmaya devam etmiştir. Yirmi sekizinci gün itibariyle 90 adet artçı şok meydana gelmiştir. 2011 Van depreminde, hayatını kaybeden kişi sayısı 644, yaralanan kişi sayısı ise 1.966'dır.Hayatını kaybeden 644 insanımızdan 604'ü23 Ekim 2011 tarihli depremde ve 40'ı

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

ise 9 Kasım 2011 tarihli depremde hayatını kaybetmiştir.Can kayıplarının%94'ü 23 Ekim 2011 depreminde %6'sı ise 9 Kasım 2011 depreminde gerçekleşmiştir. 23 Ekim 2011 tarihinde meydana gelen depremin hemen ardından, Van Merkezde ve Erciş ilçesinde 71 enkazda arama/kurtarma bir şekilde başlanmıştır. Arama kurtarma çalışmalarını başta AFAD olmak üzere, STK'lar, belediye ve özel sektör ekipleri ile yurt dışından gelen ekipler yürütmüştür. Benzer şekilde 9 Kasım 2011 depreminde de yıkılan 25 enkazın tamamına hızlı bir şekilde müdahale edilmiştir.1999 Kocaeli depreminde ilk müdahale ancak 4,5 saat sonra gerçekleşebilmişken, 23 Ekim 2011 Van depremine ilk dakikalardan itibaren müdahale edilmiştir [1-3-4].

2. İyileştirme Çalışmaları

23.10.2011 tarihinde yerel saat ile 13.04'de Van Merkezde, ilk hesaplamalara göre büyüklüğü Mw=7,0 olan bir deprem meydana gelmiştir (Şekil 64). Mw=7,0 büyüklüğündeki depremden sonra, 09.11.2011 tarihinde Van Gölü içerisinde (Edremit İlçesi yakınlarında) büyüklüğü Ml=5,6 olan bir deprem daha meydana gelmiştir .09 Aralık 2011 itibariyle; 23 Ekim 2011 tarihli Mw=7.0 büyüklüğündeki depremden sonra Van bölgesinde büyüklükleri 1.7 ile 5.8 arasında değişen 6284 artçı şok meydana gelmiştir. İlk depremde 604, ikinci depremde ise 40 kişi hayatını kaybetmiş, toplam 252 kişi enkazlardan sağ olarak kurtarılmıştır. Şekil 1'de hasar gören yapılar gösterilmiştir, Çizelge 1'de ise bölgeye gönderilen yardımlar listelenmiştir [1].



Şekil 1. Van merkez ve köylerinde meydana gelen yapısal hasarları gösteren fotoğraflar [1]

Ayrıca uluslararası yardımlar kapsamında ülkemize; A.B.D., Almanya, Azerbaycan, Fransa, Rusya, Belarus, Kazakistan, Ukrayna, Mısır, İrlanda, İsviçre, İsrail, Cezayir, Ermenistan, Belçika, Katar, Japonya, Güney Kore, Suriye, İsveç, İtalya, İngiltere, Romanya, İspanya, Pakistan, Avusturya, Urdun, Kırgızistan, Türkmenistan, Kanada, Finlandiya, Hollanda, Norveç, Tunus, İran, Irak, Bahreyn, Malezya, K.K.T.C., Bulgaristan, BM Mülteciler Yüksek Komiserliği ve BM OCHA toplam 29.222 çadır, 250 prefabrik ev, 28 genel maksat çadırı, 95.490 battaniye, 147 yaşam konteyneri, 536 kampet, 1.000 yatak, 684 ısıtıcı ve 40 jeneratör gönderilmiştir [1-3].

Çizelge 1. Bölgeye Gönderilen Yardımlar (Toplam)

Arama kurtarma personel	5.267
Sağlık personeli	2.976
Arama kopeği	34
İş makinesi ve araç	732
Ambulans	201
Seyyar hastane	11
Jenerator	146
Wc-duş konteyneri	151
Çadır	76.802
Prefabrik ev	310
Battaniye	336.089
Yorgan	1.940
Yatak	2.007
Soba/ısıtıcı	27.573

2.1. Çadır Kentler

Van merkez ve Erciş ilçesinde ilk etapta kurulan 14 çadır kentte yaklaşık 17 bin kişi barındırılmıştır (Şekil 2). Çadır kentlerde sıcak su, wc ve duş imkanları, sosyal mekanlar, okul öncesi eğitim, sağlık, dini ve psikolojik destek hizmetleri sunulmuştur. Soğuk hava koşulları ve yoğun kar yağışı dikkate alınarak Van merkez ve köyleri ile Erciş merkez ve köylerinde depremzedelere 115 bin tonun üzerinde kömür dağıtımı yapılmıştır.



Şekil 2. Depremden hemen sonra Van'da kurulan çadır kentler [1]

Ayrıca; Valiliklerde oluşturulan bürolar vasıtasıyla 35.976 afetzede, deprem bölgesinden nakledilerek, kamu tesislerine yerleştirilmiştir. Erciş'te kurulan 8 aşevinde günlük ortalama 81 bin, Van'da kurulan 3 merkez aşevinde günlük ortalama 60 bin öğün sıcak yemek dağıtımı yapılmıştır. Afetzedelere gelen yardımların daha koordineli ve düzenli bir şekilde dağıtılması amacıyla, 1.300 m2'lik alanda 30 kişilik bir ekip ile hizmet veren bir giyim market oluşturulmuştur. Çadır kentler başta olmak üzere, yaklaşık 6 bin ailenin 43 binden fazla ferdi, giyim ihtiyacını buradan karşılamıştır.

2.2. Konteyner Kentler

Afetzedelerin kışı rahat ve sıcak bir ortamda geçirebilmeleri için yaklaşık 30 bin yaşam konteynırı sağlanmıştır (Şekil 3). Erciş'te 4, Van Merkez'de 31 olmak üzere toplam 35 alan, konteyner kent alanı olarak tespit edilmiştir [1-3]. Bölgeye gönderilen 2 oda, banyo, mutfak ve tuvaletten oluşan 21 metre karelik yaşam konteynırlarına, 150 binden fazla afetzede yerleştirilmiştir.



Şekil 3. Depremden sonra kurulan konteyner kentler[1]

2.3. Kalıcı Konutlar

Depremde evlerini kaybeden vatandaşlarımızın normal hayatlarına bir an önce dönebilmelerini sağlamak amacıyla, AFAD olarak başlatılan çalışmalar çerçevesinde kalıcı konutların yer seçim çalışmaları süratle tamamlanmıştır. 3 Kasım 2011 tarihinde kalıcı konutların ilk ihalesi gerçekleştirilmiştir.Depremin 39. gününde, 15.323 konutun temeli atılarak kalıcı konut çalışmaları fiilen başlamıştır (Şekil 4-5). Depremin 39. gününde temeli atılan 15.323 konutun inşaatı 10 ay gibi kısa bir sürede tamamlanmıştır.



Şekil 4. Kalıcı konut çalışmalarından fotoğraf [1]

Van Merkez konutları kapsamında 5 ayrı noktada 12.384 ve Erciş konutları kapsamında ise 4.880 konut inşa edilmiştir. Ayrıca köy evleri kapsamında 225 konut inşa edilmiştir. Toplam inşa edilen konut sayısı 17.489'dur (Şekil 6). Konutlar brüt 99,5 metrekare alana sahip ve 3 oda ve 1 salon olarak tasarlanmıştır. Deprem Yönetmeliği'ne göre yüksek ölçekli depremlere dayanabilecek düzeyde inşa edilmiştir [1-3].



Şekil 5. Kalıcı konut çalışmalarından fotoğraf [1]

Köylerdeki konutlar da depreme dayanıklı olarak tasarlanmış ve 95 metrekare brüt, her bir köy evinin yanında birer adet 63 metrekarelik ahır bulunmaktadır. Van Merkez ve Erciş'te afet konutlarının yanı sıra 30 ilköğretim okulu ve lise, 28 cami,22 ticaret merkezi de inşa edilmiştir.Konutların yanı sıra çevre düzeni ve konutların bulunduğu bölgedeki site içi yollar da yine AFAD ve TOKİ işbirliği ile inşa edilmiştir.Konutlar, 4 Eylül 2012 tarihinde kura çekimlerine başlanarak hak sahiplerine teslim edilmeye başlanmıştır.Kalan 2.148 konutun inşası ise Kasım 2012 de tamamlanarak hak sahiplerinin kullanımına sunulmuştur [1-3].



Şekil 6. Kalıcı konutların dağılımı [1]

2.3.1. Evini Yapana Yardım Çalışmaları

Deprem nedeniyle konutları ağır ve orta derecede hasar gören vatandaşlar için, "Evini Yapana Yardım (EYY)" metodu ile konutlandırma imkanı sunulmuştur.Bu metot kapsamında hak sahiplikleri kesinleşen depremzedelerin en geç iki ay içerisinde borçlandırmalarını gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Söz konusu koşullar7269 Sayılı Kanun'un 40. Maddesine göre yürütülen işlemler kapsamında düzenlenir ve konut, ahır ve işyerlerinin borçlandırmaları yine bu madde çerçevesinde gerçekleştirilmiştir [1-3].

3. Sonuç

İki büyük depremle sarsılan Van ilinin, tüm bakanlık, kamu kurum ve kuruluşlarınca ilk andan itibaren başlatılan çalışmaları aralıksız olarak devam etmiştir. İki büyük deprem sonrasında Van'da yapılan iyileştirme çalışmaları; Van Merkez ve Erciş'te 13 adet çadır kent kuruldu. Çadır kentlerde yaklaşık 25 bin depremzede vatandaş barındırıldı. Ayrıca sıcak yemek, sıcak su, tuvalet ve duş imkanları, okul öncesi eğitim, sağlık ve psikolojik destek hizmetleri sağlandı. Konteyner kentler kuruldu. Erciş'te 15 Ocak 2012 ve Van Merkez'de 15 Şubat 2012 tarihi itibariyle tüm çadır kentler kapatılmış ve vatandaşlar konteyner kentlere yerleştirilmiştir. Van Merkez'de 24 binden fazla ve Erciş'te 5 binden fazla olmak üzere 30 bin yaşam konteyneri kurulmuştur. Toplam 175 binden fazla depremzede bu konteynerler de barınma ihtiyacını gidermiştir. Van Merkez'de 31 ve Erciş'te 4 olmak üzere toplam 35 konteyner kent kurulmuştur. Her konteyner 2 oda, banyo, tuvalet ve mutfak olarak 21m^2'lik alanlara kurulmuştur. Ayrıca battaniye, yatak, gıda, mutfak seti yardımı ,elektrik ve su ihtiyaçları gibi temel gereksinimler ücretsiz sağlanmıştır.

Kalıcı konutların temeli atıldı. Afetzede vatandaşlarının bir an evvel kalıcı konutlarına yerleştirmek için depremin henüz 39.gününde konutların temeli atıldı. Ayrıca camiler, ticaret merkezleri, sosyal donatılar yapılmıştır. Van'da 10.443 ve Erciş'te 4.080 olmak üzere toplam 15.323 konutun yapımı sağlanmıştır [4]. Depremden zarar gören vatandaşlarımızın yaralarını hızla sararken, normal hayata dönüş sağlanmış ayrıca gerçekleşen altyapı ve üstyapı çalışmaları ile Van'ın Kentsel Dönüşümü de yapılmış oldu.

Kaynaklar

[1] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD). Müdahale, İyileştirme ve Sosyoekonomik Açıdan 2011 Van Depremi. Ankara, 2014.

[2] Erdik, M., Tüzün, C., Vuran, E., Depreme Karşı Yapısal Risklerin Azaltılması ve Yapısal Güçlendirme.T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD), İstanbul, 2011.

[3] Gökçe, O., Tetik, Ç., Teoride ve Pratikte Afet Sonrası İyileştirme Çalışmaları.T.C.Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı,Ankara, 2012.

[4] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD).Van Depremi 23 Ekim'den - 23 Ekim'e Birlikte Başardık, Ankara, 2012.

TÜRKİYE'DE AFET RİSK ALGISI ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME: NEDEN HAREKETE GEÇMİYORUZ?

EVALUATION OF DISASTER RISK PERCEPTION IN TURKEY: WHY WE DON'T ACT?

Ali Utku ŞAHİN
Dr. Öğrencisi, Uludağ Üniversitesi, Bursa, Türkiye, E-posta: aliutkusahin@gmail.com

Özet

Her yönetim faaliyeti için geçerli kabul edilebileceği gibi, afet yönetiminin de en önemli unsurlarından birisi, insandır. Bir başka ifadeyle "insan", afet yönetimi için kullanılabilecek bir kaynak olduğu gibi, afet yönetimi faaliyetlerinin de hedef kitlesini oluşturmaktadır. Kısaca afet yönetimi; insanlar için, insanlarla birlikte yürütülen bir faaliyetler kümesidir. Ve bu nedenle de, afet yönetiminin bir öğesi konumundaki insanın bu alandaki başarısı, sistemsel başarının belirleyici unsurlarından birisidir. Karşılaştırmalı bir yöntemle hazırlanan bu çalışma, riskin farkında olan insanların neden gerekli hazırlıkları yapmadıklarını, Türkiye özelinde inceleme ve bu bağlamda Türkiye afet yönetim sistemini değerlendirme iddiasını taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler : Afet Yönetimi, Risk, Risk Paradoksu, Afet Risk Algısı

Abstract

As it could be admitted for every management activity, one of the most valuable factors of disaster management is human factor. Human factor could be referred as a resource for disaster management but it's also the target group of disaster management. Briefly, disaster management is a cluster of activities for the people which are conducted with the people. For this reason one of the indicators of institutional success of disaster management is the success of the people in disaster management. This study, which is focused on Turkey, is prepared with a comparative method aims to evaluate Turkish disaster management system with respect to analysis of why people aren't prepared even though they are aware of risks.

Keywords: Disaster Management, Risk, Risk Paradox, Disaster Risk Perception

1. Giriş

Dünya genelinde; afet olarak tanımlanabilecek olayların meydana geliş sıklık ve yoğunlukları, özellikle kentleşmenin gözle görülür bir biçimde artmaya başladığı 1950'li yıllar ile birlikte ciddi ve ölçülebilir bir artış eğilimi göstermekte; aynı zamanda afetler daha kompleks bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Bu durumun doğal bir sonucu olarak da, afetlerden etkilenen toplulukların ve coğrafyanın; afet öncesi duruma dönme çabaları, önceki dönemlere göre daha zor ve maliyetli olmakta, daha uzun bir süreci kapsamakta ve çoğu zaman da, bölgesel ve ulusal kalkınma faaliyetleri meydana gelen afetlerden olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Bu nedenle özellikle '90 ve sonrası dönemde devletler ve uluslararası organizasyonlar; bu konuda çözüm arayışlarına başlamış ve "risk yönetimi ve afet risklerinin azaltılması" faaliyetlerine ağırlık verilmesi gerekliliği üzerinde fikir birliğine varılmıştır. Kısaca günümüzde tüm dünyanın ortak aklı, afet risklerinin azaltılması faaliyetlerini etkin ve başarılı afet yönetim sistemlerinin "olmazsa olmazı" olarak değerlendirmektedir.

Belirli bir konuda eyleme geçebilmek, öncelikle eyleme geçilecek konu hakkında bilgi sahibi olmayı gerektirmektedir. Bu bağlamda günümüz modern afet yönetiminin temelini oluşturan risk yönetimi ve afet risklerinin azaltılması ifadesinin somut karşılığı, gerçekten de afet risklerinin yönetilebilmesi ve azaltılabilmesi olacaktır. Bu durumun başlangıç noktasını ise, bu risklere yönelik algı ve farkındalık ölçütleri oluşturmaktadır. Bu kapsamda sistemin beklentisi, afet risklerinin ve dolayısıyla da geleceğe dönük olası kayıplarının farkında olanların, bu kayıpları azaltmayı sağlayacak eylemleri gerçekleştireceği yönündedir.

Bu çalışma, afet risk algısı ve farkındalığı ile buna yönelik eylemler arasındaki ilişki üzerine hazırlanmıştır. Bir başka ifadeyle, Türk toplumunun afet farkındalığı ile eylemleri arasındaki bağlantıyı odak noktasına alan bu çalışma, bu bağlantı üzerinden ülkemizin afet yönetimindeki başarısını incelemek ve değerlendirmek iddiasını taşımaktadır. Karşılaştırmalı bir yöntemle hazırlanan bu çalışma, 2013 ve 2014 yıllarında yayımlanan iki araştırmayı referans almaktadır. Bunlardan birincisi Wachinger vd. tarafından hazırlanarak 2013 yılında yayımlanan "Risk Algısı Paradoksu" başlıklı ve son derece geniş kapsamlı bir literatür çalışmasıdır. 2000 yılından sonra yapılan araştırmalara odaklanan bu çalışma, doğal afetler ve afetlere hazırlıkta risk algısına odaklanan toplam 35 farklı araştırmanın bulgularından hareket etmiştir. 15 Avrupa ülkesini kapsayan bu 35 araştırmadan iki tanesi ise, Türkiye üzerinedir.

Referans olarak değerlendirilen ikinci çalışma ise, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından hazırlanarak 2014 yılında yayımlanan Türkiye Afet Farkındalığı ve Afetlere Hazırlık Araştırmasıdır. Araştırmanın sonuç bölümünde ifade edildiği üzere,

demografik tutarlılık ve örneklemlerin ülkemizdeki cinsiyet, eğitim gibi dağılımlarla uyumu açısından başarılı olarak değerlendirilen bu araştırma, ülkemizdeki insanların afet riski algısı ve farkındalığı ile afetlere hazırlık ve eğitim durumu hususlarında önemli bulgular içermektedir.

2. Afet ve Risk: Kavramsal Bir Açılım

Sosyal bilimler literatüründe yer alan çeşitli kaynaklarda, afet kavramına ilişkin birçok farklı tanımla karşılaşılmaktadır. Örneğin Drabek afet kavramını, toplumun şiddetli bir biçimde kayba uğradığı ve toplumsal kaynakların kullanılamadığı olaylar olarak tanımlamaktadır [1]. Pelling'e göre ise afet, tehlikelerin ve zarar görebilirliklerin çakışması sonucunda ortaya çıkmaktadır [2]. Tierney afetleri, "belirli bir coğrafi bölgede, nispeten aniden ortaya çıkan ve kolektif stres yaratan, belli ölçüde kayıp yaşanan ve toplumun yaşantısını sekteye uğratan olaylar" olarak tanımlarken [3] "Bolin ise afetleri belirli aralıklarla toplum yaşantısını engelleyen ve stres yaşatan çevresel olaylar olarak ele almaktadır" [4].

Twigg, afet kavramını; tehlikelerin doğası ve bu tehlikelerin zararlarına olan maruziyet ile bu maruziyet altında bulunan insanlar ve varlıkların zarar görebilirliği ve bunların olası tehlikeyi azaltma veya olası tehlikeyle başa çıkabilme kapasitelerinin bir araya gelmesinin sonucu olarak açıklamakta [5]; Birleşmiş Milletler ise, insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen ve etkilenen topluluğun kendi imkan ve kaynaklarını kullanarak üstesinden gelemeyeceği doğal, teknolojik veya insan kökenli olayların doğurduğu sonuçlar şeklinde tanımlanmaktadır [6]. Çoğaltılabilecek olmakla birlikte burada örneklenen tanımların ortak vurgusuna göre afet kavramı; bir olayın veya tehlikenin kendisini değil sonucunu tanımlayan bir kavramdır. Bir başka ifadeyle, olayın meydana gelmesinden sonra oluşan hasarın veya kayıpların boyutu, bahse konu olayın bir afet olarak sınıflandırılıp sınıflandırılamayacağına ilişkin önemli bir değerlendirme kriteri olarak değerlendirilmektedir.

Çalışma konusu bağlamında kavramsal açılımına yer verilmesi gereken bir diğer kavram ise, risk kavramıdır. Sosyal bilimlerin önemli kavramlarından birisi olan risk kavramı, Giddens'a göre "gelecekteki olasılıklar düşünülerek etkin biçimde değerlendirilen tehlikeleri" ifade etmektedir. Bilindiği kadarıyla geleneksel toplumlarda görülmeyen risk kavramı, 16. ve 17. yüzyıllarda dünyanın dört bir tarafına seyahat etmekte olan kaşifler tarafından üretilmiştir. Risk kelimesinin "bilinmeyen sulara yelken açmak" anlamına gelen İspanyolca ya da Portekizce bir kökten geldiği düşünülmektedir. Giddens risk kavramını iki başlık altında sınıflandırmaktadır. Bunlardan dışsal risk, dışarıdan kaynaklanan ve doğanın sabitliklerinden gelen risktir. İmal edilmiş risk ise, karşılaşma konusunda çok az deneyime sahip olunan riskleri tanımlamaktadır [7].

Risk kavramının tanımlanması üzerine çalışan bir diğer isim ise, Frank Furedi'dir. Risk ve tehlike kavramlarının birbirlerinden farklarına değinen Furedi'ye göre risk, belirli bir tehlikeyle bağlantılı olarak hasar, yaralanma, ölüm ve başka olumsuzlukların meydana gelme olasılığını ifade etmekte; tehlike ise genellikle insanlara ve onların değer verdikleri varlıklara yönelik bir tehdit şeklinde tanımlanmaktadır [8].
Alman sosyolog Beck risk kavramını, modernleşmenin doğurduğu tehlikelerle sistemli mücadele şeklinde tanımlamakta [9] ve sanayi sonrası toplumların riskin yeniden üretilmesine ve küreselleşmesine katkıda bulunan risk toplumları olduğunu belirtmektedir.

Burada yer verilen tanımlardan yola çıkılarak kısaca değerlendirilecek olursa riskin, belirli bir tehlikeye bağlı olarak geleceğe dönük olası olumsuz sonuçları ifade eden bir kavram olduğu çıkarımı yapılabilmektedir. Bu bağlamda risk kavramı, afet kavramı ile birlikte değerlendirildiğinde de benzer bir sonuca ulaşılabilmektedir.

Örneğin Pelling risk kavramını, zarar görmekle tehdit edilme durumu olarak tanımlamaktadır [2]. Charveriat'a göre doğal tehlikeler ve zarar görebilirliğin bir fonksiyonu olan risk, belirli bir mekan ve periyot içerisinde belirli bir doğal tehlikeye bağlı olarak beklenen insani ve ekonomik kayıpların olasılığı ve büyüklüğü olarak tanımlanabilmektedir [10]. Birleşmiş Milletler ise risk kavramını, bir olayın meydana gelme olasılığı ile aynı olayın olumsuz sonuçlarının bileşkesi olarak tanımlamaktadır [6].

Görüldüğü üzere afet kavramına ilişkin tanımlar, ağırlıklı olarak bir olayın olumsuz sonuçlarını vurgulamaktayken risk kavramına ilişkin tanımlar, olumsuz sonuçların meydana gelme olasılığı üzerine yoğunlaşmaktadır. Bir başka ifadeyle afet kavramı "geçmişi ve olmuşu" ifade ederken risk kavramı, "geleceği ve olabilecekleri" ifade etmektedir [11].

Bir anlamda bahse konu bu iki temel kavram arasındaki ilişkiyi de ifade eden "afet riski" kavramı ise Birleşmiş Milletler tarafından; yaşam, sağlık, geçim, varlıklar ve hizmetlerdeki potansiyel afet kayıplarının; gelecekteki bir periyotta bir toplum veya toplulukta gerçekleşmesi olarak tanımlanmaktadır [6].

Bu bağlamda "potansiyel kayıplar" ekseninde tanımlanan afet riski kavramının, esasen afetin meydana gelme olasılığını değil, bir doğal veya insan kaynaklı tehlikenin afete dönüşme veya afet sonucunu yaratma olasılığını ifade etmekte olduğu iddia edilebilir.

3. Risk Paradoksu

Risk kavramının önemli bir özelliği, göreceli olmasıdır. Bir başka ifadeyle, bazı toplumlarda risk olarak görülenler, diğer toplumlarda aynı şekilde değerlendirilmeyebilir; neyin risk sayılacağı, kültürel olarak değişkenlik göstermektedir [12]. Ancak bu görecelilik, riske bağlı olası kayıplar veya olumsuz sonuçlardan ziyade, riskin algılanması ve bu algıyı etkileyen faktörlerle ilgilidir.

Risk algısı veya riskin algılanması; olayların, faaliyetlerin veya teknolojinin belirsiz etkilerine yönelik işaretleri toplama, seçme ve yorumlama süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu işaretler, doğrudan edinilen bir tecrübeye bağlı olabildiği gibi, dolaylı yoldan edinilen tecrübeye de bağlı olabilir [13-14].

Risk algısı, riskin türü ve içeriğine, bireyin kişiliğine ve sosyal şartlarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bilgi, deneyim, değerler, tutumlar ve duygular; riskin ciddiliği ve kabul edilebilirliğiyle ilgili olarak bireylerin düşünce ve yargılarını etkilemektedir [13-14].

Wachinger vd.'nin, elde ettikleri bulgulara göre risk algısının dört belirleyici faktörü bulunmaktadır. Bunlardan riskin bilimsel karakteriyle ilişkili olan risk faktörleri, bir olayın meydana gelme olasılığına ilişkin algıyı veya tehlikeli bir olayın sıklığına ilişkin tecrübeyi ifade etmektedir. Dolaylı tecrübeyle bağlantılı olduğu belirtilen bilgisel faktörler, tehlikeli bir olayla ilgili doğrudan tecrübesi olmayan bireylerin riski anlamakta kullandıkları dışsal bilgileri işaret etmektedir. Yaş, cinsiyet, eğitim seviyesi, yetkililere olan güven gibi kişisel özellikler kişisel faktörler grubunu oluşturmaktadır. Son faktör grubu olan bağlamsal faktörler ise, sosyoekonomik durum, mülk sahipliği, aile durumu gibi; araştırmalar içerisinde kişisel faktörler başta olmak üzere diğer belirleyicilerle birlikte değerlendirilmesi gereken grubu oluşturmaktadır. Bu faktör gruplarını oluşturan belirleyiciler içerisinde doğrudan ve dolaylı tecrübe ile güven faktörünün, iki önemli değişken olduğu sonucuna ulaşılmıştır [13].

Risk algısı ve algılanan riske karşı harekete geçme ve önlem alma ilişkisi üzerine genel varsayım, yüksek risk algısına sahip olanların hazırlıklara ve önlem almaya aynı derecede önem verdiği yönündedir. Ancak birçok araştırma, yüksek risk algısı ve bu yönde bir tecrübe var olsa dahi, nadiren harekete geçildiğini ve önlem alındığını göstermektedir. Bu durumu "risk paradoksu"[1] olarak isimlendiren Wachinger vd. bu paradoksu şu üç nedenle açıklamaktadır [13]:

i. Bireyler riski algılamakta fakat algılanan riski kabul etmeyi seçmektedir. Çünkü riskli bir bölgede yaşamanın faydaları, olası olumsuz etkilere göre daha fazladır.
ii. Bireyler riski algılamaktadır fakat harekete geçme sorumluluğunu başka bir yere transfer etmektedir.
iii. Bireyler riski algılamaktadır fakat yeterli kaynağa sahip değillerdir.

Bireylerin riski kabul ettiği birinci neden, içerisinde üç farklı olasılığı barındırmaktadır. Bu olasılıklardan ilki, kişilerin endişelenmeleri gereken daha öncelikli durumların varlığıdır. Sosyal, ekonomik veya güvenlikle ilgili hususların belirleyici olduğu bu olasılıkta, günlük yaşamın sürdürülebilirliğine dair endişeler baskın olmaktadır [13].

İkinci olasılık ise esasen basit bir fayda maliyet analizini içermektedir. Şöyle ki, verimli tarım toprakları veya yaşanılan yerin güzelliği gibi faydalar, geleceğe dönük riski algılayan kişilerde riske karşı tercih edilmekte ve sonuç olarak bu insanlar, riskle birlikte yaşamayı tercih etmektedir [13].

Üçüncü ve son olasılık ise, aslında bir güvenlik endişesini içerisinde barındırmaktadır. Buna göre olası bir afet durumunda insanlar, bölgeden tahliye edildikten sonra çok daha kötü yaşam koşullarına sahip olacaklarını hatta tahliye edilenler için kurulan kamplarda hayatlarını kaybedeceklerini, ayrıca sahip oldukları mülklerinin de olası bir tahliye durumunda korumasız kalacağını düşünmekte; bu nedenle de riskleri göze alıp riskli bölgede yaşamlarını sürdürmeyi tercih etmektedir [13].

Risk paradoksunun ikinci nedeni ise, güven algısıyla ilgilidir. Buna göre, yapısal ve idari önlemlerin kendilerini emniyette tutacağına güvenen insanlar, kendi güvenliğini sağlamaktan başka çaresi olmayanlara göre, risklere karşı daha az eyleme geçmektedir. Ancak eylemsel ölçekte değerlendirildiğinde, batı toplumlarında bu durumun değişmeye başladığı ve bireylerin ve toplulukların da bu konuda sorumluluk alarak gereken önlemleri almaya başladıkları; fakat algı ölçütünde "vatandaşlarının güvenliğinden sorumlu olan yetkililer" algısının aynı hızda değişmediğinin ifade edilmesi gerekmektedir [13].

Risk paradoksunun üçüncü ve son nedenini ise, yeterli kaynağa sahip olamamak durumu oluşturmaktadır. Kapsamı geniş olan bu neden, ekonomik kaynakların eksikliğiyle birlikte bilgi eksikliğini de içerisinde barındırmaktadır. Buna göre ne yapacağını bilmeyen ve risk azaltmak için yeterli yatırımı yapamayan kişiler riskleri algılamalarına rağmen eyleme geçememektedir [13].

4. Türkiye'de Afet Risk Algısı ve Bireysel Hazırlıklar

Bilindiği üzere Türkiye, bir afet ülkesidir. Uzun yıllar boyunca, başta depremler olmak üzere ülkemizde meydana gelmiş birçok olay, çeşitli nedenlere bağlı olarak afetlere dönüşmüş ve çok acı sonuçlara neden olmuştur. Bugüne kadar meydana gelmiş olan olaylarda acı sonuçların ortaya çıkmasına neden olan sebepler, elbette ki çok çeşitlidir. Bunlar arasında plansız kentleşme, mühendislik hizmeti görmemiş yapıların varlığı, afet yönetiminin yalnızca müdahale odaklı görülmesi, afetler hakkında bilgisizlik ve eğitim eksikliği gibi; yapısal, çevresel, sosyal ve genel anlamda sistemsel sebepler gösterilebilir. Ancak tüm bu sebeplerin kök nedeni incelendiğinde, hepsinin insan unsuruyla bağlantılı olduğu ortaya çıkmaktadır.

Günümüzün afet yönetimi, artık yalnızca müdahale odaklı bir sistemi işaret etmemekte; aksine, afet öncesinde yapılacak çalışmalarla oluşabilecek olası zararın azaltılmasına odaklanmaktadır. Daha önce ifade edildiği üzere, bu risk ve zarar azaltma odaklı yaklaşım ve uygulamaların başarısı, öncelikle riskin algılanmasına bağlıdır. Bu ilişki, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de geçerli durumdadır. Bir başka ifadeyle ülkemizdeki insanların afet riski algısı, Türk afet yönetim sisteminin başarısı için temel bileşenlerden birisidir. Bu bağlamda, Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı tarafından hazırlanan Türkiye Afet Farkındalığı ve Afetlere Hazırlık Araştırması önemli bulgular içermektedir.

[1] Paradoks ifadesi, Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlükte "aykırı düşünce; çelişki; düşünceler arasında tartışmaya açık, kesin yardı içermeyen karşıtlık" şeklinde [15]; Oxford İngilizce Sözlükte ise "iki karşıt özellik içeren ve tuhaf görünen kişi, şey veya durum; iki karşıt düşünce içeren ve kendisini imkansız gösteren ifade" şeklinde [16] tanımlanmaktadır. Bu çalışma içerisinde risk paradoksu kavramının kullanımı dikkate alındığında kavram içerisinde yer alan "paradoks" ifadesinin; "çelişki" anlamında kullanıldığı ifade edilmelidir (Y.N.).

Araştırma bulgularına göre, bireylerin yaklaşık %23'ü doğrudan bir afete maruz kalmışken; bu oran yakınların maruziyeti dikkate alındığında %6'ya gerilemektedir [17]. Afete maruz kalmış olmanın, bilinçlenmeye etkisi üzerinden yapılan değerlendirmede ise, doğrudan afete maruz kalmış bireylerin %65,4'ünün, bir yakını afete maruz kalmış bireylerin ise %63,8'inin; yaşanılan afetin bireyin bilinçlenmesine katkı sağladığını ifade ettiği görülmüştür. Ancak bu yüksek oranlara rağmen afetlere karşı kendisini bilinçli olarak tanımlayan bireylerin oranı %35 olarak ortaya çıkmıştır [17].

Bir afet sonrasında yer değiştirme, bir başka ifadeyle afete bağlı zorunlu göç ve bu yöndeki eğilimler, günümüz afet yönetiminin önemli verilerinden bir tanesidir. Bu bağlamda afetlerin göç üzerine etkileri de araştırma içerisine dahil edilmiş ve afet nedeniyle göç eden bireylerin %71'inin deprem nedeniyle göç ettiği bulgusuna ulaşılmıştır. 2011 yılında meydana gelen Van Depreminin örneklendiği bulguda, Van ilinin 2011 yılında aldığı göçün yaklaşık üç katını verdiği, nüfusunun ise 2010 yılına oranla %1,24 oranında azaldığı görülmüştür [17].

Algı ve farkındalığın önemli bir göstergesinin, konu hakkında bilgi sahibi olmak olduğu; bilinen bir gerçektir. Bu bağlamda, bireylerin çevrelerindeki afet risklerinin farkında olup olmadığına ilişkin elde edilen bulgular dikkat çekicidir. Ülkemizin afetselliği en yüksek 42 ilinde yaşayan bireylerin %45'i yaşadıkları bölgede afet riski bulunduğunu ifade ederken, afetsel olmayan veya afetselliği düşük olan illerde yaşayan bireylerin ise %52'si yaşadıkları bölgenin afet riski altında bulunduğunu belirtmektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde ise bireylerin %53'ü yaşadıkları bölgede afet riski bulunmadığını; %47'si ise bölgelerinde afet riski bulunduğunu ifade etmektedir. Bireylerin yaşadıkları bölgelerde meydana gelebilecek bir afete yönelik endişe düzeyleri değerlendirildiğinde toplam %61,1'inin yaşam alanlarındaki bir afetten endişe duydukları görülmektedir [17].

Araştırmanın hazırlık başlığı altında elde edilen bulgular ise, özellikle dikkat çekici sonuçları ortaya çıkarmıştır. Kısaca değerlendirmek gerekirse afetlere karşı hazırlık düzeyi sorulan bireylerin %70'i hazırlıksız olduğunu ifade etmiştir. Afetlere karşı hazırlıklı olunabilmesi adına yapılabileceklerle ilgili bulgulara göre ise bireylerin %56,5'i; afetin varlığı konusunda bilgilendirilmeye ihtiyaç duyduğunu belirtmiş buna mukabil; afet bilinci veya afetler hakkındaki toplantılara katılım oranı sadece %10,6'da kalmıştır. Bir başka ifadeyle bireylerin %84,5'i bu yöndeki toplantılara katılmadığını ifade etmiştir [17].

2014 yılında yapılmış ve yayımlanmış olması münasebetiyle güncel verileri içerdiği değerlendirilen bu araştırma bulguları; görüldüğü üzere son derece ilginç ve bir o kadar da önemli sonuçları ortaya çıkarmıştır. Ancak, araştırmada eksik kalan veya sorgulanmamış bazı noktalar bulunduğu da görülmektedir. Örneğin, genel olarak afetler konusunda endişeli olan insanların, neden hazırlık yapmadığı veya afetlere karşı hazırlıklı olunabilmesi adına büyük oranda bilgilendirilmeye ihtiyaç duyan insanların bu yöndeki toplantılara neden katılmadığı; sorgulanmamıştır. Bu nedenle bir sonraki bölümde bu noktalar üzerinde durulacaktır.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Çalışmanın özet bölümünde de ifade edildiği üzere afet yönetimi; insanlar için, insanlarla birlikte yürütülen bir faaliyet kümesidir. Bu faaliyet kümesi içerisinde sistemsel başarıyı yakalayabilmek, ancak kümenin her elemanının kendisinden beklenen başarıya ulaşabilmesiyle mümkün olacaktır. Bu beklenen başarının yakalanmasında risk algısının önemli bir payının bulunduğu, önceki bölümlerde sıkça vurgulanmış ve özellikle riskin algılanması ile riske karşı harekete geçmek arasındaki bağlantı üzerinde durularak; risk algısının her zaman riske karşı eylemin oluşmasına neden olmadığı ve bu paradoksu doğuran sebepler incelenmiştir.

Wachinger vd.'nin paradoks olarak isimlendirdiği bu ilişki, ülkemiz özelinde değerlendirildiğinde de benzer sonuçların ortaya çıktığı, bir başka ifadeyle riskin farkında olan kişilerin bu farkındalıklarına karşılık gerekli hazırlıkları yapmadıkları, önceki bölümde değinilen araştırmayla ortaya konulmuştur. Bu bağlamda, Wachinger vd.'nin risk paradoksu bulgularının Türkiye'ye özelleştirilebilmesi amacıyla yapılacak karşılaştırılmalı analiz, bu bölümün konusunu oluşturmaktadır.

Hatırlanacağı üzere risk paradoksu, üç temel nedene bağlanmaktadır. Bunlardan birincisi olan riskin kabul edilmesi; önceliklerin farklılığı, riskle birlikte yaşamanın getirdiği faydalar ve güvenlik endişesi olmak üzere üç alt nedene ayrılmaktadır. Riskin kabul edildiği birinci grup ve alt nedenleri Türkiye özelinde incelendiğinde, öncelikle üçüncü olasılık olarak isimlendirilen güvenlik endişesinin ülkemiz insanları için geçerli olmadığı sonucuna ulaşılabilir. Hatırlanacağı üzere Türkiye'deki bulgulara göre insanların %71'i, deprem nedeniyle göç etmiştir. Ek olarak bir afet sonrasında tahliye edilenler için oluşturulan kamplarda yaşam koşulları normalden daha zor olsa da, kişinin yaşamından endişe edeceği koşullar bulunmadığı da bir gerçektir. Suriyeli sığınmacılar için oluşturulan kamplar, bu konuda örnek teşkil etmektedir.

Paradoksun birinci nedenine bağlı fayda olasılığının, ülkemiz özelinde geçerli olup olmadığı bu çalışma içerisinde kullanılan verilerle çözümlenememektedir. Şöyle ki, Türkiye bulgularına göre göç istatistikleri dikkate alındığında insanlar, bir afet sonrasında afet bölgesinde yaşamayı değil, göç etmeyi tercih etmektedir. Ancak bu değerlendirme, 2011 yılı Van Depremi üzerinden yapılmıştır. Ayrıca Türkiye İstatistik Kurumu 1980 – 2014 yılları arasındaki göç verilerine göre ülkemizde en çok göç alan illerin başında gelen İstanbul ve Ankara gibi büyükşehirler [18] aynı zamanda afetselliğin de yüksek olduğu illerdir. Ek olarak doğal afetler, insanların göç etmesine neden olan birçok faktörden sadece bir tanesidir. Bu bağlamda risk paradoksunu doğuran nedenlerden fayda olasılığının Türkiye bulgularıyla örtüşüp örtüşmediğine ilişkin bir değerlendirme yapılamamaktadır.

Paradoksun ikinci nedenini oluşturan güven algısı, bir parametre olarak Türkiye Afet Farkındalığı ve Afetlere Hazırlık Araştırması içerisinde yer almamaktadır. Bu nedenle bu parametre, yine 2014 yılında yayımlanan başka bir araştırmanın çıktılarından faydalanılarak değerlendirilecektir. Kundak vd.'nin İstanbul'daki afet risk algısı üzerine yaptıkları bir çalışmaya göre insanların yetkililere olan güvenin önceki yıllara göre yükselme

eğiliminde olduğu ancak, tam ve kesin bir güven durumunun halen söz konusu olmadığı görülebilmektedir [19]. Her ne kadar daha küçük bir coğrafi alanda ve daha küçük bir örneklem grubuyla yapılmış olsa da bu çalışmanın bulguları bu başlıktaki boşluğu doldurmakta ve risk paradoksunun ikinci nedeni olan güvene bağlı hazırlık yapmama durumunun ülkemiz için geçerli kabul edilemeyeceğine yönelik çıktılar sunmaktadır.

Risk paradoksunun buraya kadar değerlendirilen nedenleri, Türkiye'de afet riskinin farkında olan ve bu durumdan endişe duyan kişilerin neden hazırlık yapmadıklarını açıklamakta yetersiz kalmakta; bir başka ifadeyle bu nedenler Türkiye'deki araştırma bulgularıyla örtüşmemektedir. Ancak paradoksun birinci nedeninin öncelik olasılığı ile üçüncü neden olan kaynak yetersizliği, Türkiye özelinde değerlendirilebilmektedir.

Öncelikle belirtilmesi gerekir ki paradoksun üçüncü nedeni olan kaynak yetersizliği, yalnızca maddi kaynaktan yoksun olmayı ifade etmemekte; eğitim veya bilgi eksikliğini de kapsayacak şekilde kullanılmaktadır ve Türkiye bulgularıyla örtüşür niteliktedir. Hatırlanacağı üzere ülkemizde afet bilinci veya afetler hakkındaki toplantılara katılım oranı sadece %10,6'dır. Ek olarak, Türkiye araştırmasına katılan katılımcıların %88,5'i, afetlerle ilgili bir eğitim almadığını beyan etmiştir [17]. Bu bağlamda bu rakamlar, yaşam alanındaki bir afetten endişelenmesine rağmen herhangi bir önlem almayan insanların, neden önlem almadığının açıklanmasına yardımcı olmaktadır. Ancak yine de bu veriler, bahis konusu toplantı ve eğitimlere katılımın oranının neden bu kadar düşük seviyelerde kaldığını açıklamakta yetersiz kalmaktadır. Bu hususta risk paradoksunun öncelik olasılığı, belirleyici bir faktör olarak ortaya çıkmaktadır.

Hatırlanacağı üzere risk paradoksunun öncelik olasılığı, kişilerin endişelenmeleri gereken daha öncelikli durumların varlığını ifade etmekte ve günlük yaşamın sürdürülebilirliğine dair endişeler baskın olmaktadır. Bu bağlamda ülkemizdeki bireylerin sosyoekonomik durumları, önemli bir veri olarak değerlendirilmelidir. Bu noktada bazı uluslararası göstergeler bu değerlendirmede yardımcı olacaktır.

Bunlardan bir tanesi Birleşmiş Milletler tarafından kullanılan İnsani Gelişmişlik Endeksidir. 2014 yılında yayımlanan İnsani Gelişmişlik Raporuna göre Türkiye 187 ülkenin sınıflandırıldığı raporda 69. sırada yer almaktadır [20]. Türkiye bu sıralamayla, Wachinger vd. araştırmasına konu olan Türkiye dışında kalan 14 farklı Avrupa ülkesinin hepsinin gerisinde kalmıştır.

Dünya Bankasının 2012 yılı yoksulluk verilerine göre ise ülkemiz nüfusunun %38,17'si, günde 10 ABD Dolarının altında gelirle yaşamını sürdürmek durumundadır. 10 ABD Doları yoksulluk eşiği olarak dikkate alındığında Türkiye, Wachinger vd. araştırmasına konu 14 ülke arasında yalnızca Romanya'nın (%69,86) önünde yer alabilmiştir [21][2].

Verilerin de gösterdiği üzere Türkiye, gerek insani gelişmişlik gerekse yoksulluk gibi ülkelerin sosyoekonomik durumlarını gösteren temel göstergelerde, risk paradoksunun örneklem ülkelerinin gerisindedir. Bu verilere göre ülkemizdeki bireylerin günlük yaşamlarını sürdürebilmelerine yönelik endişelerinin baskın olduğu, bu nedenle de afet riskleri gibi geleceğe dönük olası olumsuz sonuçları bünyesinde barındıran durumları daha az önemsedikleri çıkarımı yapılabilmektedir. Dünya Bankası 2012 yılı yoksulluk verileri, Türkiye özelinde günlük 15 ABD Doları gelir üzerinden (T.C. Merkez Bankası 19 Kasım 2015 tarihli döviz kuruna göre aylık 1282 TL'ye denk gelmektedir) hesaplandığında, Türkiye'de günlük geliri bu değerin altında olan insanların oranı %61,42'ye yükselmektedir ki bu veri, elde edilen bulguyu kuvvetli bir şekilde desteklemektedir.

Riskin farkında olan bireylerin bu farkındalıklarına rağmen neden gerekli önlemleri almadıklarına ilişkin, daha önce yapılmış çalışmaların karşılaştırılarak Türkiye özelinde değerlendirilmesi ve elde edilen bulgularla Türk afet yönetim sisteminin başarısının ölçülmesi amacını taşıyan bu çalışma; esasen afet yönetiminin sorunlarının afet yönetimi içerisinde çözülemeyeceğini göstermektedir. Şöyle ki, çalışmanın Türkiye özelindeki verilerinin ele alındığı bölümünde de ifade edildiği üzere riskin farkında olan ve bu riskten endişe duyan; fakat buna rağmen hazırlık yapmayan bireylerin bu davranışlarının kök nedenlerinin sorgulanmamış olmasına dikkat çekilmişti. Nitekim dikkat çekilen bu nokta Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmada sorgulanmış ve elde edilen sonuçlara göre katılımcıların %26'sı hazırlık yapmanın çok pahalıya mal olacağına inandığını, %24'ü nasıl hazırlık yapacağını bilmediğini, %18'i hazırlık yapmak için yeterli zamanının bulunmadığını düşündüğünü ve %17'si ise gerekli bilgiyi toplamanın çok zor olduğunu düşündüğünü beyan etmiştir [22]. Her ne kadar Amerikan toplumunun görüşlerini yansıtıyor olsa da, dünyanın en zengin ve refah sahibi ülkelerinden olan Amerika Birleşik Devletleri vatandaşlarının %26'sının gerekçe olarak pahalılığı öne sürmesi; dikkat çekici olarak değerlendirilmektedir.

Sonuç olarak, elde edilen bulgular göstermektedir ki Türkiye, afet yönetimi için yaptığı yatırımın karşılığını birey ölçeğinde alamamakta ve bu durumun en önemli nedenini, bireysel önceliklerin afet yönetiminin önceliklerinden farklı ve daha baskın olması oluşturmaktadır. İfade edildiği üzere afet yönetiminin sorunları, aslında afet yönetimi içerisinde çözülemeyecek sorunlardan oluşmaktadır. Bu nedenle ileriki araştırmaların bu noktalar üzerine yoğunlaşması, hem afet yönetimini sistemsel olarak çözemeyeceği sorunlarla uğraşmaktan kurtaracak hem de ülkemizin sosyoekonomik gelişmesine katkı sağlayacak sonuçları ortaya çıkartacaktır.

[2] Günlük 10 ABD Doları gelir seviyesi, aylık olarak hesaplandığında T.C. Merkez Bankası 19 Kasım 2015 tarihli döviz kurlarına göre Türkiye'deki asgari ücrete denk bir değer (855 TL) verdiği için baz değer olarak kullanılmıştır. Dünya Bankasının yayımladığı yoksulluk indekslerinde araştırmaya konu olan ülkelerin tamamının bir arada yer aldığı en güncel indeks 2012 tarihlidir. Analiz PovcalNet üzerinden yazar tarafından yapılmıştır (Y.N.).

Kaynaklar

[1] Drabek, T. Sociology, Disasters and Emergency Management: History, Contributions, and Future Agenda, in Disciplines, Disasters and Emergency Management: The Convergence and Divergence of Concepts, Issues and Trends in the Research Literature (Ed. David A. McEntire), Charles C Thomas Publisher Ltd., 61 – 74, 2007.

[2] Pelling, M. The Vulnerability of Cities Natural Disasters and Social Resilience, Earthscan Publications Ltd. 2003.

[3] Tierney, K. J. The Social and Community Contexts of Disasters, in Pyschosocial Aspects of Disaster (Ed. R. Gist and Lubin), New York: John Wiley and Sons, 11 – 39, 1989 [Akt. Nuray Karancı, Afetzede Psikolojisi ve Hazırlıklı Olma / Zarar Azaltma Davranışları, Afet Yönetiminin Temel İlkeleri içinde, JICA Türkiye Ofisi Yayın No:1, Ankara, 93 – 99, 2005.]

[4] Bolin, R. Natural Disasters, in Pyschosocial Aspects of Disaster (Ed. R. Gist and Lubin), New York: John Wiley and Sons, 61 – 85, 1989 [Akt. Nuray Karancı, Afetzede Psikolojisi ve Hazırlıklı Olma / Zarar Azaltma Davranışları, Afet Yönetiminin Temel İlkeleri içinde, JICA Türkiye Ofisi Yayın No:1, Ankara, 93 – 99, 2005.]

[5] Twigg, J. Disaster Risk Reduction, Overseas Development Institute, 2015.

[6] United Nations International Strategy for Disaster Reduction (UNISDR), Terminology on Disaster Risk Reduction, 2009.

[7] Giddens, A. Elimizden Kaçıp Giden Dünya, (Çev. Osman Akınhay), Alfa Basım Yayım Dağıtım, 2000.

[8] Furedi, F. Korku Kültürü, (Çev. Barış Yıldırım), Ayrıntı Yayınları, 2014.

[9] Beck, U. Risk Toplumu Başka Bir Modernliğe Doğru, (Çev. Kazım Özdoğan ve Bülent Doğan), İthaki Yayınları, 2011.

[10] Charveriat, C. Natural Disasters in Latin America and the Caribbean: An Overview of Risk, Inter-American Development Bank, Washington D.C., 2000.

[11] Stallings, R. A. Sociological Theories and Disaster Studies, Preliminary Paper #249, University of Deleware Disaster Research Center, 1997.

[12] Giddens, A. ve Sutton, P. W. Sosyolojide Temel Kavramlar, (Çev. Ali Esgin), Phoenix Yayınları, 2014.

[13] Wachinger, G., Renn, O., Begg, C., Kuhlıcke, C., The Risk Perception Paradox – Implications for Governance and Communication of Natural Hazards, Risk Analysis, Volume 33, Issue 6, 1049 – 1065, 2013.

[14] Wachinger, G., Renn, O., Risk Perception and Natural Hazards, WP-3 Review of the EU Project CAPHAZ-NET, Contract No. 227073, 2010.

[15] Türk Dil Kurumu Güncel Türkçe Sözlük, http://www.tdk.gov.tr/index.php?option=com_bts&arama=kelime&guid=TDK.GTS.569245fdc88566.47638303 (Erişim Tarihi: 02.01.2016)

[16] Oxford Advanced Learner's Dictionary, Ed. Margaret Deuter, Jennifer Bradbery, Joanna Turnbull), Oxford University Press, 2015.

[17] Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Türkiye Afet Farkındalığı ve Afetlere Hazırlık Araştırması, Ankara, 2014.

[18] Türkiye İstatistik Kurumu, İllerin Aldığı, Verdiği Göç, Net Göç ve Net Göç Hızı 1980 – 2014, http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=1595 (Erişim tarihi: 16 Kasım 2015)

[19] Kundak, S., Türkoğlu, H., İlki, A., Risk perception in Istanbul: An earthquake-prone city, ITU Journal of the Faculty of Architecture, Volume 11, No 1, 117 – 137, 2014.

[20] United Nations Development Programme, Human Development Report 2014, New York, 2014.

[21] The World Bank PovcalNet, http://iresearch.worldbank.org/PovcalNet/index.htm?0, (Erişim tarihi: 15 Kasım 2015)

[22] Federal Emergency Management Agency, Preparedness in America, 2014, http://www.fema.gov/media-library-data/1409000888026-1e8abc820153a6c8cde24ce42c16e857/20140825_Preparedness%20in%20America_August%202014%20Update_508.pdf, (Erişim tarihi: 15 Kasım 2015).

AFET SONRASI GÜVENLİK İHLALLERİ VE KARŞI TEDBİRLER

THE POST-DISASTER SECURITY VIOLATIONS AND COUNTER MEASURES

Mustafa ARSLAN
Nevsehir Haci Bektas Veli Universitesi IIBF Kamu Yonetimi Bolumu, E-posta: arslan_mstf@yahoo.com

Özet

Afet sonrasında kamu otoriteleri kolluk birimleri dahil tüm olanakları arama-kurtarma, beslenme ve barınma süreçlerinde kullanma eğilimindedirler. Bu politika kolluğun kamu düzenini yeniden tesis etme yeteneğinin bozulmasına neden olmaktadır. Kolluk birimlerinin de birer afetzede olduğu ortamda kamu düzeninin yeniden teşkil edilmesinde yaşanacak aksaklıklar potansiyel suçluları veya suç gruplarını afet bölgesine çekecektir. Afetzedelerin can ve mal güvenlikleri yanında vücut bütünlüklerinin ve temel hak ve özgürlüklerinin korunması, yağma, gasp, insan ticareti, insan kaçakçılığı, yasadışı organ ve doku ticareti, çocuk kaçırma gibi suçlardan korunmaları kamu otoritelerinin üzerinde özenle durmaları gereken hayati hususlardır.

Anahtar kelimeler: Afet, Afet Yönetimi, Güvenlik.

Abstract

After disaster, public authorities are in tendency to use all resources, including law enforcement, in the search and rescue, food and housing processes. This policy cause malfunction on restouring public order capability of law enforcement. In the circumstances that law enforcement units are also victims of disaster, the failure within the reinstalling public order magnetizes the criminals or cime groups into the disaster area. In addition to their security of life and property, securing physical integrities and fundamental rights and freedoms of disaster-victims, guarding them from such crimes like looting, usurpation, human trade, human smuggling, illegal trading of organs and tissuesand child abduction are vital issues that public authoroties have to pay sufficient attention

Keywords: Disaster, Disaster Management, Security.

1. Giriş

Türkiye'de ve dünyada, afet sonrası kurtarma ve iyileştirme çalışmalarında ve çalışmalar sonrasında hazırlanan raporlarda, emniyet ve asayişin sağlanmasına yönelik tedbirlere ve alınan derslere yeterince yer verilmediği görülmektedir. Bu çalışmanın hazırlanması sürecinde yapılan alan taramasında da çalışmanın konusuna ilişkin kaynak teşkil edecek çalışmaların sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Afet sonrası çalışmalarda ve düzenlenen raporlarda arama-kurtarma, gıda ve barınma gibi temel ihtiyaçlara vurgu yapılmış, güvenlik konusuna değinilmemiştir. Hâlbuki afet dönemlerinde yaşanan güvenlik ihlalleri, hem afetzedeler hem de toplum üzerinde kamu vicdanına zarar verici, toplum hafızasından silinmeyen onarılması güç zararlara neden olmaktadır. Suç işleme niyetinde olan bireyler ve özellikle örgütler, yakalanma riskinin düşük olduğu şartlarda suç eylemini gerçekleştirmeyi tercih ederler. Afet sonrası yaşanan kargaşa ve kontrolsüzlük bu kişilere eyleme geçmek için kolladıkları fırsatı sunar. Kazazedelerin istismara açık oldukları ve kolluk birimlerinin mücadelede yetersiz kaldığı bu dönemlerde hırsızlık, yağma, gasp, kasten yaralama, cinayet, cinsel istismar, tecavüz, zorla alıkoyma, çocuk kaçırma, insan kaçakçılığı gibi suçlarda yoğunluk yaşanmaktadır. Bu suç türlerinin bir kısmı organize suç grupları tarafından işlenmekte olup, mağdurlarına ve faillerine ulaşmak afet dışı dönemlerde dahi özel çaba gerektirmektedir.

Türkiye'de afetler sonrasında alınması gereken emniyet tedbirleri hususunda ayrıntılı bir yasal düzenleme mevcut değildir. İl İdaresi Kanunu, Jandarma Teşkilat Görev ve Yetkileri Kanunu, Polis Vazife ve Salahiyetleri Hakkında Kanun ve TSK İç Hizmet Kanunu'nda genel ifadeler yer almaktadır. Konu, akademisyenlerin ilgi alanları dışında kalmakta, adli mercilere yansıyan olaylar hakkında yargılama süreci içerisinde bilgi alınamamakta, yapılan çalışmalar kolluk birimleri tarafından düzenlenen ve kurumların itibarlarını kurtarma düşüncesiyle, yapılan hataları göz ardı eden raporlarla sınırlı kalmaktadır. Bu raporlar yapılan hataları da içerecek biçimde şeffaf ve sonraki afetlerde aynı hataların yapılmasını önleyecek seviyede tarafsızlık içinde hazırlanmalı, kurumsal hafızayı güçlü tutma ve akademik çalışmalara kaynak sağlama adına basılıp yayınlanmalıdır. Çalışma, deprem sonrası yaşanabilecek asayiş ihlalleri, suçun önlenmesine yönelik emniyet tedbirler ve kamu düzeninin sağlanmasına yönelik yasal mevzuatla sınırlı tutulmuştur.

2. Tanımlar

Birleşmiş Milletler'in tanımlamasına göre afet, insan, malzeme, ekonomik ve çevresel değerler üzerinde büyük çaplı kayıp yaratan, bir topluluk veya toplumun işlevlerini kendi öz kaynaklarıyla baş edemeyeceği şiddette bozan ciddi yıkımı ifade eder. Genel manada, tehlikeye maruz kalma, bu tehlikeye karşı savunmasızlık ve olumsuz

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

sonuçları ortadan kaldıracak veya azaltacak tedbirleri almaktan acizlik durumlarının kombinasyonudur. Bunun yanında can kayıplarına, hastalıklara ve insanın fiziksel, zihinsel ve sosyal yapısını bozan diğer sorunlara yol açabilir, mülklerini yıkabilir, kamu hizmetlerini engeller, sosyal, ekonomik ve çevresel yapıyı bozar.[1] Uluslar arası Kızılay ve Kızılhaç komitelerine göre ise aniden gelişen, büyük çaplı ve tahmin edilemeyen olayı ifade eder. Dar anlamıyla, büyük çaplı hastalıklar, ölüm ve sosyal felaketleri çağrıştırırken geniş anlamıyla bir sel, yangın, deprem, tarım ürünlerinde tahribat, salgın hastalık veya çatışma ortamından kaçma gibi durumları çağrıştırır.[2] Kavramın dünya çapında kabul gören bir tanımı olmamakla birlikte, tanımlamalarda yer alan ortak nitelikler; aniden gerçekleşmesi, tahmin edilememesi, insani, maddi, ekonomik ve çevresel kayıplara neden olması ve etkilediği topluluğun ancak dış yardımla yıkımdan kurtulabilmesidir.[3]

Afet öncesinde, esnasında ve sonrasında yapılması gereken eylem ve işlemler ise “Disaster Management- Afet Yönetimi” kelime ikilisiyle kavramlaştırılmıştır. Kadıoğlu afet yönetimini; afet yaratacak olayların önlenmesi veya zararlarının azaltılması amacıyla, afetlere hazırlık, olası risk ve zararların azaltılması, afet sonrasında müdahale ve iyileştirme çalışmalarında yapılması gereken çalışmaların, tüm toplumu kapsayacak biçimde planlanması, yönlendirilmesi, desteklenmesi, koordine edilmesi, mevzuat ve kurumsal yapılanmanın bu doğrultuda düzenlenmesi ve etkin ve verimli bir uygulamanın sağlanabilmesi için tüm kaynaklarının bu amaca dönük yönetilmesi biçiminde tanımlamıştır.[4] Erkal ve Değerliyurt’a göre afet yönetimi, insanların yaşadıkları çevrede meydana gelen doğal olaylardan ve nedenlerinden haberdar olmaları, bu tür olayların yinelenmesi durumunda bu olaylardan en az seviyede etkilenmelerini sağlayan çalışmaların tümüdür.[5]

Çalışmada güvenlik kelimesi Kadıoğlu’nun da vurguladığı anlamda, toplum yaşamında yasal düzenin aksamadan yürütülmesi, kişilerin korkusuzca yaşayabilmesi [6] anlamında kullanılmıştır. Kamu düzeninin iki temel unsuru olan emniyet ve asayişin sağlandığı durumun ifadesidir. Emniyet; devlete, topluma, kişilere, mal ve eşyalara yönelik sabotaj tehlike ve kazaları önlemek için alınan hukuka uygun önlemlerin tümünü ve bu önlemlerin alınmış bulunduğu hali belirtirken asayiş; hukuka uygun ve gerekli önlemlerin alınması sonucu; devlete, topluma, kişilere, mal ve eşyalara yönelik tehlike, kaza ve sabotajların söz konusu olmadığı bir ortamı; düzensizlik ve karışıklıkların önlendiği, hayatın normal akışının sağlandığı hali; dirlik ve düzenin varlığı konusunda kamuda yaratılan yerleşik ve yaygın inancı ifade eder.[7]

3.Türkiye’de Afet Sonrası Emniyet Tedbirlerini Düzenleyen Yasal Mevzuat

Türkiye’de ülke çapında emniyet ve asayişin sağlanmasından İçişleri Bakanlığı sorumludur. İçişleri Bakanlığı bu görevi Emniyet Genel Müdürlüğü (EGM) ve Jandarma Genel Komutanlığı (J.Gn.K.) vasıtasıyla yerine getirir. İllerde ise emniyet ve asayişin sağlanmasından vali sorumludur. İl İdaresi Kanunu’na göre vali, il sınırları içinde bulunan genel ve özel bütün kolluk kuvvet ve teşkilatının amiridir. Vali, suç işlenmesini önlemek ve kamu düzen ve güvenini korumak için gereken tedbirleri alır. Bu maksatla devletin genel ve özel kolluk kuvvetlerini istihdam eder, bu teşkilat amir ve memurları vali tarafından verilen emirleri derhal yerine getirmekle yükümlüdür. Müdahale gerektiren olay veya durum ilde görevli kolluk kuvvetlerince önlenemeyeceğini değerlendirmesi durumunda vali diğer illerden kolluk görevlisi talebini İçişleri Bakanına iletir veya Türk Silahlı Kuvvetleri’nden (TSK) destek talep eder. İlçelerde kamu düzeninin sağlanmasından kaymakam sorumludur. Kaymakam emrinde bulunan kolluk teşkilatlarıyla müdahalede yetersiz kalırsa destek talebini valiye iletir.[8]

Afet durumunda alınacak emniyet tedbirleri İl İdaresi Kanunu yanında 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısiyle Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun’da ve güvenlikten sorumlu kurumların özel kanunlarında da düzenlenmiştir. Polis Vazife ve Selahiyeti Kanunu’nda polisin ve jandarmanın yangın, su baskını, yer sarsıntısı gibi afetlerde olay yerinde gerekli tedbirleri alacağı, herhangi bir sebeple tıkanan yolların trafiğe açılacağı ve yetkili amir tarafından verilecek sözlü emirler derhal yerine getirileceği düzenlenmiştir.[9] Jandarma Teşkilat, Görev Ve Yetkileri Kanunu’nda ise jandarmanın emniyet ve asayiş ile kamu düzenini sağlamak, korumak ve kollamak, suç işlenmesini önlemek için gerekli tedbirleri alacağı ve uygulayacağı düzenlenmiş olup[10] ilgili kanunun uygulama yönetmeliğinde emniyet kavramı devlete, topluma, kişilere, mal ve eşyalara yönelik sabotaj tehlike ve kazaları önlemek için alınan hukuka uygun önlemlerin tümü ve bu önlemlerin alınmış bulunduğu hal olarak tanımlanırken asayiş kavramı hukuka uygun ve gerekli önlemlerin alınması sonucu; devlete, topluma, kişilere, mal ve eşyalara yönelik tehlike, kaza ve sabotajların söz konusu olmadığı bir ortamı; düzensizlik ve karışıklıkların önlendiği, hayatın normal akışının sağlandığı hali; dirlik ve düzenin varlığı konusunda kamuda yaratılan yerleşik ve yaygın inancı ifade eder biçiminde tanımlanmıştır.[11] TSK İç Hizmet Kanunu’nda yer sarsıntısı, yangın, sel, toprak kayması, kaya düşmesi, çığ ve benzeri tabii afetler meydana geldiğinde TSK’nın 7269 sayılı kanun ve ekleri hükümleri dahilinde hareket edeceği düzenlenmiştir.[12] 7269 Sayılı kanunda afet bölgelerinde veya civarında bulunan ordu, jandarma, kıta birlik ve müessese komutanlarının, barış şartlarında, kendilerinden vali veya kaymakamlar tarafından istenilecek yardımları üstlerinden emir beklemeksizin yapmaya mecbur oldukları düzenlenmiştir. Kanunda emniyet ve asayişin temininden sorumlu birimin mülki amir komutasında toplanan İl/ilçe Acil Yardım Teşkilatı olduğu düzenlenmiştir.[13]

4. Afet Sonrası Yaşanan Güvenlik İhlalleri

Uluslararası Kızılhaç ve Kızılay topluluklarına göre “Müdahale” aşamasındaki eylemlerin başarısı büyük oranda “Hazırlıklı Olma” evresinde gerçekleştirilen ön çalışmalara bağlıdır.[14] Bu tez emniyet ve asayiş tedbirleri içinde geçerlidir. Büyük çaplı krizlerde kamu düzeni bozulur, kamu kurumları çöker, suç eylemleri artar, yolsuzluk artar ve cezasız kalır, suçla yasadışı müdahaleye başvurular artar, afetzedeler kurtuluş için enformel yollara başvurur.[15] Afetin hemen sonrasında başlayan ve iyileşme aşamasının gerçekleşmesiyle son bulan süre içinde afetzedeler gerçekleşmesi muhtemel pek

çok suçun kurbanı olmayı açıktırlar. Bu süreçte yöneticiler arama-kurtarma, beslenme ve barınma gibi temel ihtiyaçlara odaklanıp kolluk personel dahil tüm görevlileri ve kaynakları bu alanlarda kullandıkları için afet sonrası emniyet tedbirleri ikinci planda kalmakta, kolluk birimleri yaşanan kaos ve koşuşturmaca esnasında gözleme yeteneklerini yitirmekte, önleyici kolluk tedbirleri almada yetersiz kalmaktadırlar. Bunun yanında, afet bölgesinde görevli kolluk birimlerinin de birer afetzede oldukları, en denetimsiz yapıların kamu binaları olması nedeniyle kamu kurumlarının da büyük çaplı zarar görmüş olmaları[16] ve dışarıdan gelen destek kuvvetlerin bölgenin beşeri ve fiziki yapısına uzak oldukları dikkate alındığında kaos bir kat daha artmaktadır.

Kolluk birimlerinin içine düştüğü kaos ortamını fark eden suç işleme niyetindeki kişi veya kişiler yakaladıkları fırsatı kazanca dönüştürmeye yönelmektedirler. Afet sonrasında yaşanan güvenlik ihlallerini ortaya koyan az sayıda çalışma vardır ve bu çalışmalar yoğunluklu olarak Amerika Birleşik Devletleri kurumlarınca yapılmıştır. Anekdotlara ve yapılan küçük çaplı araştırmalara göre afet sonrası ihlaller; ebeveyn şiddeti, çocuk istismarı ve cinsel istismar ağırlıklıdır. Afet, uzun dönemde suç ve şiddet olaylarında artışı körükler.[17] Özellikle tek ebeveynli ailelerin, hamile veya emziren annelerin, ruhsal ve fiziksel engellilerin, çocukların ve yaşlıların afet dönemlerinde daha ciddi risk altında olduklarını göstermektedir.[18] Afet sonrasında kadınlar bilinçsizce güvenmek zorunda kaldıkları kişiler tarafından mağdur edilmekte, temel ihtiyaçlarını karşılama amacındaki kadın ve çocuklar cinsel istismara uğrama riskiyle karşı karşıya kalmaktadırlar. Dünya Sağlık Örgütü, Gine'de ve Tanzanya Birleşik Cumhuriyeti'nde su ve odun toplayan kadın ve çocukların tecavüze uğradıklarını rapor etmiştir.[19]

Afetlerin insanları karşı karşıya bıraktığı tehlikelerden birisi de suç gruplarıdır. İnsan kaçakçıları, suç eylemlerinin çapını genişletmek amacıyla, iş ve göç gibi olanaklar sunarak, hileli ve istismar içeren yöntemlerle, insani yardıma muhtaç toplulukların içinde bulundukları durumu fırsata dönüştürmektedirler.[20] Doğal afetler, afetzedelerin hassasiyetlerini istismara açarak, suç grupları için uygun ortam yaratmakta ve riski artırmaktadır. İnsan kaçakçıları kurbanlarına, özellikle toplumların ekonomik sıkıntı içine girdiği veya doğal afetlerin yaşandığı dönemlerde ulaşmaktadır. Ebeveynlerin iş bulamadığı, toplumun kıtlık çektiği dönemlerde, tren garlarında veya otobüs duraklarında geceleyen çocuklara ulaşarak, iş bulma, evlendirme, para verme gibi asılsız vaatlerle kandırmakta ve beraberlerinde götürmektedirler.[21]

Hint Okyanusu Depremi sonrasında etkilenen Haiti ve Filipinler'de çocuklara yönelik istismar bunun örneğidir. Uluslararası Göç Örgütü, Haiti örneğinde bireyler, örgütler ve suç gruplarının kazazedelerin içinde bulunduğu hassasiyet ve kaostan yararlanarak gerçekleştirdikleri istismarın altını çizmektedir.[22] Kongo ve Gine'den rapor edildiği üzere, mülteci konumunda bulunan ve evsiz kalan kadın ve çocuklar kendileri ve aileleri için yiyecek ve barınak karşılığında sekse zorlanmaktadırlar.[23] Nepal'de de aynı şekilde, yedi bin kişiden fazla insanın öldüğü ve yüz binlerce kişinin evlerini ve servetlerini kaybettiği 7,8 şiddetindeki deprem sonrasında kızlar ve kadınlar suç gruplarının hedefi olmuş, bu insanlar kaçırılarak seks köleliğine zorlanmıştır.[24] Başlık parası ve çocuk evliliğin görüldüğü geleneksel toplumlardaysa yoksulluğun da katkısıyla, afet dönemlerinde yetişkin kızların karşı karşıya kaldıkları risk oranı artmaktadır.[25] Bu gelenekler insan kaçakçıları tarafından istismar edilmektedir.[26] Organize suç gruplarının kazazedeleri ağlarına düşürdükleri bir diğer yer ise mülteci kamplarıdır. Mülteci kampları, ucuz veya ücretsiz işgücü, fuhuş ve diğer yasadışı sektörlere işgücü temin etmek bakımından, insan kaçakçıları ve diğer suç gruplarının istismarına açık yerlerdir.[27]

Suç gruplarını afet bölgesine çeken bir diğer neden de bölgeye aktarılan mali kaynaklardan kaynaklanan ranttır. Suç grupları afet bölgesinde özellikle yerel yönetimlere nüfuz ederek bu kaynakları talan etme gayreti içinde olurlar. Bu duruma örnek 1980 depreminde İtalya'da yaşanmıştır. Basilicata, Campania ve Apulia kentlerinde meydana gelen depremler nedeniyle bölgeye ayrılan yüksek miktardaki parasal kaynak ve kamu yatırımları suç gruplarının ilgisini bölgeye çekmiştir. Daha önceden belirlenmiş bir kriz yönetim stratejisinin olmaması yerel idareleri ayrımcılık yapmaya sevk etmiş ve suç gruplarının taciz ve baskılarına maruz bırakmıştır.[28]

Yukarıda sıralanan suç türlerinin bir kısmı, devlet otoritesinin sadece afet bölgesinde değil yurt genelinde de tesis edilemediği ülkelerde yoğunluk gösterir. Türkiye'de son dönemde gerçekleşen Kocaeli, Gölcük ve Van depremlerinin her üçünde de devlet otoritesinin tesisinde sorun yaşanmamakla birlikte, kriz yönetiminin prensipleri ifa edilememiştir. Bu depremlerde kolluk güçlerinin karşılaştığı suç türleri hırsızlık, talan[29], cinsel saldırı, çocukların cinsel istismarı, evrakta sahtecilik ve kasten yaralama suçlarıdır.

Meydana gelen depremlerde yardım etme bahanesiyle afet bölgesine gelen ve afetzedelerin evlerindeki, göçük altında kalan afetzedelerin üzerlerindeki mal varlıklarını çalan bireysel ve örgütlü çok sayıda hırsızlık olayı hakkında işlem yapılmıştır. Depremzedelere gönderilen yardım malzemeleri yağmalanmıştır.[30] Ekmek ve su karaborsaya düşmüş, dükkânlar yağmalanmıştır.[31] Özel hastaneler fiyatlarını fahiş seviyeye çıkarmışlardır.[32] Bunların dışında, Kocaeli'nin kozmopolit yapısı, Gölcük'ün ise turizm merkezi olması nedeniyle insanların birbirlerini tanımaları zordur. Deprem sonrasında insan kaçakçıları ve insan tacirleri tarafından kaçırılan çocuk veya kadın olup olmadığı hususu gizemini korumaktadır. Polis kayıtlarına böyle bir bilginin girmemiş olması bu tür olayların gerçekleşmemiş olduğu anlamına gelmez.

Van depreminde yaşanan suçların boyutu ise daha farklıdır. Adliye kurumunun da depremde zarar görmesi nedeniyle arama, yakalama, el koyma kararları gibi temel adli işlemlerde aksamalar yaşanmış, bölgede asayiş deneyimi ve asayiş görevi ifa edecek teknik malzemeleri olmayan J.Gn.K. ve Kara Kuvvetleri Komutanlığı'na (KKK) bağlı komando birliklerinin görevlendirilmesi ve bu birliklerin yanlarında polis olmadan müstakil görev ifa etmeleri nedeniyle Genel Bilgi Toplama (GBT) sorguları yapılamamış, suçlular ve firariler toplumun içinde gizlenebilmiştir. Güvenlik güçleri tarafından Ceza Muhakemesi Kanunu'nun 168. maddesinde düzenlendiği biçimde[33], suç şüphesi altında bulunan kişilerin yakalanması için zor kullanmak gereği doğduğunda, bu durum basın-yayın organlarınca "Depremzede vatandaşa güvenlik kuvvetinin zulmü, keyfi muamelesi" olarak lanse

edilmiş, halk güvenlik güçlerine karşı kışkırtılmıştır. Bölgede PKK Terör Örgütü'ne müzahir altyapının varlığı nedeniyle güvenlik kuvvetleri afetzedelere yardım yanında kendi güvenliklerini de düşünmek durumunda kalmışlardır.

Deprem sonrasında PKK Terör Örgütü, kendine müzahir basın yayın organları yoluyla örgüte ait banka hesap numaralarını depremzedelere yardım amacıyla açılmış hesap numarası gibi lanse etmiştir.[34] Bir ön hazırlık olmaksızın, gelişigüzel imal edilen ve kopyalanması kolay olan "Depremzede Tanıtma Kartları" yetkisiz kişiler tarafından çoğaltılmış, bu yöntemle yardım malzemelerinin adil dağıtımı önlenmiş, hak etmediği halde, içerisinde PKK Terör Örgütü üyelerinin de bulunduğu bazı kimseler konteynır kentlerde barınmıştır. Depremzedelere dağıtılan yardım malzemelerine, PKK Terör Örgütü'ne yönelik operasyonlarda kırsaldaki sığınak ve barınaklarda rastlanmıştır.

Merkezi yönetimle yerel yönetim arasındaki siyasi görüş farkına dayalı husumete kamu kurumlarının yetersizliğinden kaynaklı aksaklıkların da eklenmesiyle durum yerel çevrelerce devlet aleyhine propaganda malzemesi olarak kullanılmak istenmiş, halk galeyana getirilmeye çalışılmıştır. Aralarında husumet bulunan aile veya grupların aynı çadır kent veya konteynır kentlere yerleştirilmeleri sonrasında, bu gruplar arasında silahlı çatışmaya varan kavgalar yaşanmıştır.

Deprem bölgesine gönderilen yardım kamyonlarından bazıları yollarda yağmalanmıştır. İstismarcı kimselerce Patnos ilçesi girişindeki şehir tabelası Erciş olarak değiştirilmiş, bölgeyi bilmeyen kamyon ve tır şoförlerinin yardım malzemelerini Patnos ilçesine indirmeleri sağlanmıştır. Depremzede olmadıkları halde devletin depremzedelere verdiği kira yardımından yararlanmaya çalışan kimseler olmuştur.

Ceza evinin depreme dayanıksız inşa edilmiş olması dolayısıyla yıkılması sonrasında, içlerinde ağır cezalık olanlar ve terör suçlularının da bulunduğu hükümlü ve tutuklular firar etmiştir.

5. Afet Sonrası Emniyet Ve Asayişin Tesisi Açısından Alınan Dersler

Afetlerde görevli diğer kamu kurum ve kuruluşlarının yetersizlikleri, genel kolluk kuvvetleri ile kapatılmamalıdır. Görev bölümü yapılarak, arama-kurtarma faaliyetlerine, kamu düzenini sağlama görevi olan kolluk birimleri dışında, farklı askeri kuvvetler veya polis kuvvetleri katılmalıdır. Bu yöntemle kolluk birimleri afet bölgesinin emniyet ve asayişini sağlayabilecek, kurtulan afetzedelerin hırsızlık, yağma, insan ticareti, çocuk kaçırma gibi suçların kurbanı olmasını önleyecektir. Bu kuvvetler arasında iletişim ve koordinasyon tesis edilmeli, birimlerin içerisinde karşılıklı irtibat elemanları olmalıdır. Kocaeli depreminde güvenlik tedbirlerinin alınmasında polis, jandarma ve askeri birlikler arasında emir komuta birlikteliği sağlanamamıştır.[35] Yasal mevzuat uygulanabilir hale getirilmeli, günümüz şartlarına uygun biçimde yeniden düzenlenmelidir. Bu düzenlemeler ülke genelinde standartlık sağlar, planlamaları, organizasyon yapılanmalarını ve önleme tedbirlerini kolaylaştırır, temel sorumlulukları yasal platforma taşıyarak sorumlularına yükümlülük doğurur.[36]

Afet sonrasında bölge sıkı kontrol altına alınmalı, bölgeye girişler ve bölgeden çıkışlar kontrollü yapılmalı, yetkisiz kişilerin giriş çıkışlarına müsaade edilmemeli, muhtemel suçluların girişi önlenmelidir. Evsiz kalan ebeveynlerini yitiren çocuklar kayıt altına alınmalı, korunmaları ve gözetilmeleri üzerinde önemle durulmalı, bu çocukların aile yakınlarına teslim edilmeleri sağlanmalıdır.[37] Bu çocukların çocuk tacirleri ve organ mafyası gibi grupların kurbanı olmaları önlenmelidir.

Kamu binalarının afete dayanıklılık denetimleri yapılmalı, afet durumunda bu kurumların ayakta kalarak kamu hizmetlerini devam ettirmeleri sağlanmalıdır. Deprem öncesinde de konteynırlarda iskân edilmekte olan jandarma komando birlikleri depremden etkilenmemiş ve afet bölgesine taze kuvvet olarak sevk edilip sıcağı sıcağına kontrolü ele almış ve çalışmalara katılmışlardır.

Bölgede görevli kamu personelinin eş ve çocukları afet bölgesi dışında özel dinlenme kamplarına yerleştirilerek rahat ve huzurlu çalışmaları sağlanmalıdır.[38] Van depreminin hemen sonrasında jandarma personelinin ailelerinin kiralanan otobüslerle memleketlerine gönderilmeleri ile personelin tüm dikkat ve enerjisini görevine dönük sarf etmesi sağlanmıştır.

Afet dönemlerinde insanların karşı karşıya kaldıkları sorunlardan birisi de belirsizliktir. Afetzedeler içinde yaşadıkları durumdan ve gelişmelerden haberdar olmak istemektedir. Bilgilendirmenin yapılamaması durumunda toplumda söylentiler hakim olmaktadır. Valiliklerce oluşturulacak basın ve halkla ilişkiler birimleri tarafından halkın ve medyanın doğru ve zamanında bilgilendirilmesi sağlanmalı, bilimsel açıklamalar yerine söylenti ve fısıltılara inanma temayülü içinde bulunan halka gerçek bilgiler ulaştırılmalıdır.[39]

EGM, J.Gn.K. ve TSK'nın iletişim altyapısının alternatif iletişim vasıtası olarak kullanılması planlanmalıdır. Bu birimlerin kendi aralarında ve diğer kamu kurumlarıyla aralarında iletişim vasıtası tesis edilmeli, iletişim altyapısının yıkılması durumunda bu yapı kullanılmalıdır. Afetin sivil kamu kurumlarının olanaklarıyla yönetilememesi durumunda ordu derhal göreve çağrılmalıdır. Kocaeli depremi sonrasında yaşanan kargaşa ordunun müdahil olmasıyla önemli oranda çözülmüştür. TSK tarafından oluşturulan Afet Bilgi Sistemi ve Deprem Bölgesi Lojistik Destek Üssü Koordinasyon Merkezi ve bağlı alt birimleri sayesinde gelen dış ve iç yardımlar bir lojistik üssünde toplanıp buradan koordineli biçimde dağıtımı yapılmıştır.[40]

Müdahale evresindeki faaliyetler devletin tüm olanaklarının hızlı ve etkin biçimde kullanımını gerektirdiğinden, ön hazırlık, koordinasyon ve olağanüstü yetkiye ihtiyaç gösterir.[41] Bu bağlamda kolluk birimlerinin yetkileri genişletilmeli, Adli ve Önleme Aramalar Yönetmeliği'nin 8. maddesinde düzenlenen, kolluğun yetkili mahkemeden arama kararı almaksızın arama yapılabileceği hallere[42] afet durumlarında afet bölgesinin giriş çıkışlarında yapılacak aramalar da dahil edilmelidir. Van Depreminde adliye kurumunun da afetten etkilenmiş olması nedeniyle arama ve el koyma kararlarının alınmasında gecikmeler

yaşanmış, bu durum kolluğun görevini yapmasını geciktirmiştir.

Kolluk birimleri kamu düzenini, can ve mal güvenliğini sağlama gibi standart kolluk görevleri yanında enkaz bölgesindeki ve kritik noktalardaki insan hareketi kontrol altına alır, tahliye işlemlerini hızlandırır, zayilerle ilgili standart kolluk işlemlerini yerine getirir.[43] Önemli kolluk işlemlerinden birisi de otopsilerdir. Kolluk görevlisi mesleki tecrübelerine dayanarak, cesedin bir başka nedenle öldürülmüş ve suçu gizlemek için afet bölgesine bırakılmış bir maktul olma ihtimalini göz ardı etmemelidir.

Cezaevlerinde bina dış duvarına sınır olan hükümlü ve tutuklu koğuşlarında ağır cezalık suçların ve terör suçlarının sanık ve hükümlüleri tutulmamalı, bu tür suçların hükümlü ve tutukluları firar etmelerini önlemek için iç kesimlerdeki koğuşlarda tutulmalıdır. Muhtemel bir afet durumunda bu tür suçlulardan ziyade hırsızlık, mal bildiriminde bulunmama gibi daha basit suçların faillerinin firar etmesi hem kamu güvenliğini daha az tehdit edecek, hem de kamu vicdanını daha az yaralayacaktır.

6. Sonuç

Gerek Türkiye'de ve gerekse diğer ülkelerde afet yönetimine ilişkin yapılan çalışmalarda, afet sonrasında asayişin sağlanması ve suçun önlenmesine yeterli vurgunun yapılmadığı görülmektedir. Halbuki, afet sonrasında hayatta kalmayı başaran insanların yeme, içme ve barınma gibi temel ihtiyaçlarının, topluma optimum fayda sağlayacak biçimde sunulması, afet bölgesinde kamu düzeninin sağlanmasıyla doğrudan bağlantılıdır.

Afet yönetim planlarında kamu düzeninin sağlanmasına yönelik olarak kolluk güçleri ve TSK birliklerine görevleri ayrıntılı verilmeli, yasal mevzuat ve planların yazılı hale getirilmesiyle yetinilmemeli, zaman zaman tatbikatlar yapılmalıdır. Genel güvenlikten sorumlu kolluk birimleri ilk aşamada arama kurtarma görevlerinde kullanılmalı ancak en kısa sürede ilave güvenlik kuvveti görevlendirilip kolluk birimlerinin kendi asli görevlerine dönmeleri sağlanmalıdır. Kolluk birimlerinin afet sonrasında alacağı tedbirlere ilişkin yetkileri genişletilmeli, bu yetkileri kullanmayan veya istismar eden kamu görevlilerine yönelik cezalar ağırlaştırılmalı, bu hususlar kanun ve yönetmeliklerle düzenlenmelidir. Kolluk kuvvetleri muhtemel afetler sonrasında karşı karşıya kalabilecekleri suç türleri hakkında belirli aralıklarla eğitilmeli, afet sonrası emniyet tedbiri algısı canlı tutulmalıdır.

Mülki makamların onayladığı ve kolluk birimlerinin sekretaryasını yaptığı Önleme, Müdahale ve Yardım Planları detaylı ve karşılaşılması muhtemel durumları içerecek biçimde yenilenmelidir. Afet sonrasında karşı karşıya kalınan sorunlar ve suçlar, sonraki muhtemel afetlerde ve akademik çalışmalarda yetkililer ve araştırmacılar tarafından kullanılmak üzere rapor haline getirilmelidir.

Mülki makamlar tarafından afetzedelere sürekli bilgi akışı sağlanmalı, kulaktan duyma, gerçeği yansıtmayan bilgilerle yanlış yönlendirmelerin önüne geçilmelidir. Basın yayın organları anayasal sınırlar çerçevesinde sınırlandırılmalı, bu sınırlandırmada basının yetkililer üzerinde bir denetim işlevi gördüğü de hatırdan çıkarılmamalıdır.

Afet sonrasında gerçekleştirilen eylem ve işlemler mutlaka yazılı, sesli veya görsel olarak mutlaka kayıt altına alınmalıdır. Kaos ortamı sona erdiğinde kamu görevlileri ile suç işleme şüphesi altında bulunan diğer kişilerin eylem ve işlemlerinin incelenebilmesi için bu kayıtlar önemli birer belge niteliğinde olacaktır.

Kaynaklar

[1] UNISDR, Terminology on Disaster Risk Reduction 2009, Switzerland, 2009, s.9. http://www.unisdr.org/files/7817_UNISDRTerminologyEnglish.pdf, Erişim Tarihi: 17.10.2015.

[2] The Johns Hopkins and the International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Public health guide for emergencies,s.26. http://www.jhsph.edu/research/centers-and-institutes/center-for-refugee-and-disaster-response/publications_tools/publications/_CRDR_ICRC_Public_Health_Guide_Book/Chapter_1_Disaster_Definitions.pdf, Erişim Tarihi: 17.10.2015.

[3] EU, http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/insurance/definitions_en.pdf, Erişim Tarihi: 17.10.2015, s. 24.

[4] Kadıoğlu, M., Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği Yayını: 2011, Yayın No: 65, İstanbul, 2011, s. 48.

[5] Erkal, T., Değerliyurt, M., Türkiye'de Afet Yönetimi, Doğu Coğrafya Dergisi 22, (147-164) s. 151.

[6] Kadıoğlu, M., Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği Yayını: 2011, Yayın No: 65, İstanbul, 2011, s. 34, 35.

[7] Jandarma Teşkilatı Görev Ve Yetkileri Yönetmeliği.

[8] İl İdaresi Kanunu

[9] Polis Vazife ve Selahiyeti Kanunu

[10] Jandarma Teşkilatı Görev ve Yetkileri Kanunu.

[11] Jandarma Teşkilatı Görev ve Yetkileri Kanunu Uygulama Yönetmeliği.

[12] Türk Silahlı Kuvvetleri İç Hizmet Kanunu

[13] 7269 Sayılı Umumi Hayata Müessir Afetler Dolayısiyle Alınacak Tedbirlerle Yapılacak Yardımlara Dair Kanun.

[14] The Johns Hopkins and the International Federation of Red Cross and Red Crescent Societies, Public health guide for emergencies, s. 28. http://www.jhsph.edu/research/centers-and-institutes/center-for-refugee-and-disaster-response/publications_tools/publications/_CRDR_ICRC_Public_Health_Guide_Book/Chapter_1_Disaster_Definitions.pdf, Erişim Tarihi: 17.10.2015.

[15] IOM, Addressing Human Trafficking and Exploitation in Times Of Crisis, International Organization for Migration, July 2015, s. 6.

[16] Türkiye Cumhuriyeti İstanbul İli Sismik Mikro-Bölgeleme Dahil Afet Önleme/Azaltma Temel

Planı Çalışması Sonuç Raporu –Ana Rapor, http://www.ibb.gov.tr/tr-TR/SubSites/DepremSite/PublishingImages/JICA-TUR.pdf, Erişim Tarihi: 24.10.2015.
[17] World Health Organization, Violence and disasters, Department of Injuries and Violence Prevention Geneva, 2005.
[18] Carter W. N., Disaster Management; A Disaster Manager's Handbook, ADB, 2008, s. 327.
[19] World Health Organization, Violence and disasters, Department of Injuries and Violence Prevention Geneva, 2005.
[20] IOM, Addressing Human Trafficking and Exploitation in Times Of Crisis, International Organization for Migration, July 2015, s. 6.
[21] IOM, The Child-Captives of the Land. The Status Report on in-country trafficking and seasonal bonded labour in Children in Bangladesh. Unpublished Draft Final Report, Dhaka, 2008.
[22] IOM, Addressing Human Trafficking and Exploitation in Times Of Crisis, International Organization for Migration, July 2015, s. 5.
[23] World Health Organization, Violence and disasters, Department of Injuries and Violence Prevention Geneva, 2005.
[24] http://www.theguardian.com/world/2015/may/05/nepal-quake-survivors-face-threat-from-human-traffickers-supplying-sex-trade, 5 May 2015.
[25] World Health Organization, Violence and disasters, Department of Injuries and Violence Prevention Geneva, 2005.
[26] IOM, Addressing Human Trafficking and Exploitation in Times Of Crisis, International Organization for Migration, July 2015, s. 6.
[27] IOM, Addressing Human Trafficking and Exploitation in Times Of Crisis, International Organization for Migration, July 2015, s. 6.
[28] PAC, Rapporto sulla Camorra. Commissione parlamentare d'inchiesta sul fenomeno della Mafia'dan aktaran Pinotti, P., The Economic Costs of Organized Crime: Evidence from Southern Italy, Universita a Bocconi, January, 2014, s. 7.
[29] 5237 Sayılı Türk Ceza Kanunu 142. maddesinin 2. fıkrasında hırsızlık eyleminin nitelikli hali olarak düzenlenmiş ve "*Kişinin malını koruyamayacak durumda olmasından veya ölmesinden yararlanarak…. Doğal bir afetin veya sosyal olayların meydana getirdiği korku veya kargaşadan yararlanarak…*" biçiminde tanımlanmıştır.
[30] Milliyet, 21.08.1999.
[31] Milliyet, 18.08.1999.
[32] Milliyet, 18.08.1999.
[33] Ceza Muhakemesi Kanunu
[34] http://www.sabah.com.tr/gundem/2012/02/24/van-paralari-pkknin-kasasina-nasil-girdi
[35] Kadıoğlu, M., Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği Yayını: 2011, Yayın No: 65, İstanbul, 2011, s. 124.
[36] Carter W. N., Disaster Management; A Disaster Manager's Handbook, ADB, 2008, s. 72.
[37] World Health Organization, Violence and disasters, Department of Injuries and Violence Prevention Geneva, 2005.
[38] Kadıoğlu, M., Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği Yayını: 2011, Yayın No: 65, İstanbul, 2011, s. 121.
[39] Kadıoğlu, M., Afet Yönetimi Beklenilmeyeni Beklemek, En Kötüsünü Yönetmek, Marmara Belediyeler Birliği Yayını: 2011, Yayın No: 65, İstanbul, 2011, s. 121.
[40] Akdağ, S.E., Mali Yapı ve Dnetim Boyutuyla Afet Yönetimi, Mart- 2002, Sayıştay Araştırma Dizisi-20, s. 69.
[41] Şahin, N., Afet Yönetimi Ve Acil Yardım Planları, TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, (131-143), s. 135.
[42] Adli ve Önleme Aramalar Yönetmeliği.
[43] Carter W. N.,, Disaster Management; A Disaster Manager's Handbook, ADB, 2008, s. 87.

DİSASTER RİSK MANAGEMENT AND DEVELOPMENT

AFET RİSK YÖNETİMİ VE KALKINMA

Çağdaş KOÇKAN
İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, *cagdas.kockan@afad.gov.tr*

Özet

Türkiye'nin başlıca maruz kaldığı doğal afetler depremler, kuraklıklar, şiddetli yağışlar, seller, heyelanlar, kaya düşmesi, yangınlar ve endüstriyel patlamalardır. Afet yönetim sistemi can ve mal kaybını azaltmalı ve ülkeleri doğal afetler ve diğer insan kaynaklı afetleri de içeren bütün tehlikelerden korumalıdır. Ülkemizde uzun zaman afetlerle sürdürülebilir kalkınma arasındaki güçlü bağlantı maalesef anlaşılamamıştır. Afet risklerini azaltmak sürdürülebilir kalkınma için en mantıklı yatırımdır. Dünya ülkelerinin de sürdürülebilir kalkınmayı engelleyen en önemli etkenlerden biri olan doğal afetler, afet riski ve zararların azaltılması konusuna özel önem vermeleri gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı doğal afetler ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkinin ve ülkemizin afet yönetim sisteminin daha iyi ve kapsamlı anlaşılmasının sağlanmasıdır. Bu bağlamda ülkemizdeki mevcut afet yönetim sistemimizin iyileştirilmesi için neler yapılabileceği tartışılmıştır. Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır: a) Giriş, b) Bütünleşik Afet Yönetim Sistemi, c) Ulusal Afet Yönetim Sistemi, ç) Sonuçlar ve Öneriler, d) Kaynaklar

Anahtar kelimeler: Afet, Risk Yönetimi, Sürdürülebilir Kalkınma.

Abstract

The natural hazards Turkey is mainly exposed to are earthquakes, droughts, heavy rainfall and floods, landslides, rock falls, fires, and industrial explosions. The disaster management system should reduce the loss of life and property and protect the nations from all hazards, including natural disasters and other man-made disasters. Unfortunately, the strong relationship between disasters and sustainable development in our country have not understood for a long time. The most reasonable investment for sustainable development is disaster risk reduction. World countries must give special attention to the issue of natural disasters, disaster risk and mitigation that is one of the most important factors impeding sustainable development. This study aims to provide better understanding of the relationship between natural disasters and sustainable development and national disaster management system. Also, what can be done to improve our existing disaster management system is discussed in the light of the given knowledge. This presentation consists of five subsections: a) Introduction, b) Integrated Disaster Management System, c) National Disaster Management System ç) Conclusion and Recommendations d) References

Keywords: Disaster, Risk Management, Sustainable Development.

1. Giriş

Afet risk yönetimi kavramı dünyada yeni kabul gören bir kavram olup, gelişmiş ve gelişmekte olan hemen her ülke, plan ve politikalarını bu yöne ağırlık vererek geliştirmeye çalışmaktadır.
Türkiye'nin başlıca maruz kaldığı doğal afetler depremler, kuraklıklar, şiddetli yağışlar, seller, heyelanlar, kaya düşmesi, yangınlar ve endüstriyel patlamalardır. Afet yönetim sistemi can ve mal kaybını azaltmalı ve ülkeleri doğal afetler ve diğer insan kaynaklı afetleri de içeren bütün tehlikelerden korumalıdır. Toplumlar riske dayalı bütünleşik afet ve acil durum yönetim sisteminde desteklenmelidir.
Ülkemizde uzun zaman afetlerle sürdürülebilir kalkınma arasındaki güçlü bağlantı maalesef anlaşılamamıştır. Dünya ülkelerinin de sürdürülebilir kalkınmayı engelleyen en önemli etkenlerden biri olan doğal afetler, zarar azaltma ve afet risk yönetimi konularına özel önem vermeleri gerekmektedir.

1.1. Genel Tanımlar

İnsanlar için fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen, etkilenen topluluğun yerel imkânlarını kullanarak baş edemeyeceği doğal, teknolojik veya insan kökenli olayların sonuçlarına **afet** denilmektedir. Acil durum ise olumsuz etkilerini en aza indirmek için acil önlemler alınmasını gerektiren beklenmedik ve ani gelişen olay olarak tanımlanabilir. Ayrıca; acil müdahale gerektiren ve yerel kapasitenin olayları belirleme ve yönetmede yetersiz kaldığı durumlarda afetler sonrası oluşan olay olarak da tanımlanabilir [1].

Acil durumlar; ölümler, yaralanmalar, insanların yerlerini terk etmeleri, hastalık, sakatlık, gıda güvensizliği, altyapının hasar görmesi ya da kaybedilmesi, zayıflamış ya da zarar görmüş kamu yönetimi ve azalmış kamu emniyeti ve güvenliği durumlarını içerebilir. Afetten etkilenen ülkelerde, bu durumlar çoğu kez aynı anda ortaya çıkar, yerel kapasiteyi zorlar ve ekonomik ve sosyal faaliyetleri aksatır [1].

Tehlike; doğal, teknolojik veya insan kökenli olan ve fiziksel, ekonomik, sosyal kayıplara yol açabilecek tüm olayları ifade eder. Afet, tehlikenin sonucudur.

Risk, belirli bir alanda, tehlike olasılığına göre kaybedilecek değerlerin ölçüsünü veya bir olayın doğurabileceği olumsuz sonuçların toplamını ifade eden kavramdır [1].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Afet yönetimi; afetlerin önlenmesi ve zararların azaltılabilmesi için afet öncesi, afet sırası ve afet sonrasında yapılması gereken idari, yasal ve teknik çalışmaları belirleyen ve uygulamaya aktaran, bir olaya zamanında, uygulama yapabilmeyi sağlayan ve her olaydan çıkarılan derslerin ışığında mevcut sistemi geliştiren yönetim biçimidir. Afet risk yönetimi ise ülke, bölge, kent ve yerel ölçekte risk türleri ve düzeylerini tespit etme, azaltma ve paylaşma çalışmaları ile bu alandaki planlama esaslarını ifade eder. Tehlike ve riskin belirlenmesi ve analizi ile imkân, kaynak ve önceliklerin dikkate alınarak idare edildiği süreçtir [1].

Sürdürülebilir kalkınma; gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme imkânlarını ortadan kaldırmadan, bugünkü kuşakların ihtiyaçlarını karşılayarak kalkınabilmesi ve ekonomik, sosyal, çevresel hedefler arasında denge kurulması esasına dayanan bir kalkınma ve gelişme yaklaşımıdır. Afetler açısında ise; günümüzde ve gelecekte toplumsal eşitsizliğe, çevre ve afet sorunlarına yol açmadan ekonomik gelişmenin sağlanabilmesi ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi süreci olarak ifade edilebilir.

1.2. Dünyada Gözlenen Afet Türleri

Dünya genelindeki doğal afetler ele alınınca, 31 çeşit doğal afetin 28 tanesini meteorolojik afetlerin oluşturduğu görülür. Meteorolojik afetler atmosfer olayları sonucu ortaya çıkan afetlerdir. Bunlar, atmosfer olaylarının, insan için yararlı olduğu en uygun sınırı aşmasıyla meydana gelirler. Meteorolojik olaylar, atmosfer olayları ve özelliklerinin insana yararlı olma sınırını aştığı andan itibaren afet özelliğini kazanmaktadır. Başka bir ifadeyle bunlar normale göre; aşırı, fazla şiddetli ya da eksik olduğu zaman, zararlı olmakta ve artık afet şeklinde nitelendirilmektedir. Yeryüzündeki doğal afetlerin çok büyük bir bölümü meteorolojik tehlikelerden kaynaklanır. Atmosferdeki hava hareketleriyle, okyanus yüzeyi ve yeryüzü şartlarına bağlı olarak gelişir, yer yer büyük zararlar doğururlar. Ülkeler ve mevsimlere göre değişen etkileri vardır.

Doğal afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye de değişmektedir. Örneğin, Akdeniz Bölgesinde doğal afetler kuraklık, seller, orman yangınları, heyelan, dolu fırtınaları, çığlar, donlardır. Ülkemizde ise en sık görülen meteorolojik karakterli doğal afetler dolu, sel, taşkın, don, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, şiddetli rüzgâr, yıldırım, çığ, kar ve fırtınalardır. Dünya Meteoroloji Örgütüne(WMO) göre sadece 1980'li yıllarda dünyada 700.000 kişi meteorolojik afetlerden dolayı hayatını kaybetmiştir (MMO, 1999). Yavaş gelişen doğal afetler; şiddetli soğuklar, kuraklık, kıtlık vb. ani gelişen doğal afetler; deprem, seller, su taşkınları, toprak kaymaları, kaya düşmeleri, çığ, fırtınalar, hortumlar, volkanlar, yangınlar, vb.dir. İnsan kaynaklı afetler; nükleer biyolojik kimyasal kazalar, taşımacılık kazaları, endüstriyel kazalar, aşırı kalabalıktan meydana gelen kazalar, göçmenler ve yerlerinden edilenler vb.dir. Dünyada gözlenen afet türleri aşağıdaki Tablo 1'de özetlenmiştir: [1]

Tablo 1 Dünyada gözlenen afet türleri

JEOLOJİK	METEOROLOJİK	BİYOLOJİK	TEKNOLOJİK
Deprem	Sıcak Dalgası	Erozyon	Maden Kazaları
Heyelan	Soğuk Dalgası	Orman Yangını	Biyolojik, nükleer, kimyasal silahlar ve kazalar
Kaya Düşmesi	Kuraklık	Salgınlar	Sanayi kazaları
Volkanik Patlamalar	Dolu	Böcek İstilası	Ulaşım kazaları
Çamur Akıntıları	Yıldırım		Savaşlar
Tsunami	Tayfun		
	Sel		
	Çığ		
	Su Baskını		

1.3. Türkiye'de Gözlenen Afet Türleri

Türkiye'deki olası afetler genellikle depremler, kuraklıklar, şiddetli yağış ve seller, heyelanlar, kaya düşmeleri, orman yangınları, sanayi patlamaları ve yangınları, rüzgâr ve kar fırtınaları, çığlar, sıcak hava dalgası, sis, ulaşım kazaları ve terör saldırılarıyla bağlantılıdır. Türkiye'nin büyüklüğü ve başlıca afet şeklinin deprem olduğu göz önüne alınınca çoğu afetin belirli bölge veya şehirlerle sınırlanmış olduğu ve tüm ülkeyi etkilemediği görülmektedir [2]. Türkiye jeolojik özellikleri, topoğrafik yapısı ve iklimi nedeniyle doğal afetleri sıkça yaşayan ülkelerden birisidir. Doğal afetler neden oldukları can kaybı yanında önemli ekonomik kayıplar da meydana getirmektedirler.

Bu konudaki istatistikler incelendiğinde, doğal afetlerin her yıl Türkiye gayri safi milli hâsılasının %1'i oranında doğrudan ekonomik kayba yol açtığı görülmektedir. Ancak doğrudan ekonomik kayıpların yanında Pazar kaybı, üretim kaybı, işsizlik gibi dolaylı ekonomik kayıplar da göz önünde bulundurulduğunda toplam kayıp yılda gayri safi milli hâsılanın %2-5'ine (2-5 milyar dolar) yaklaşmaktadır. [3].

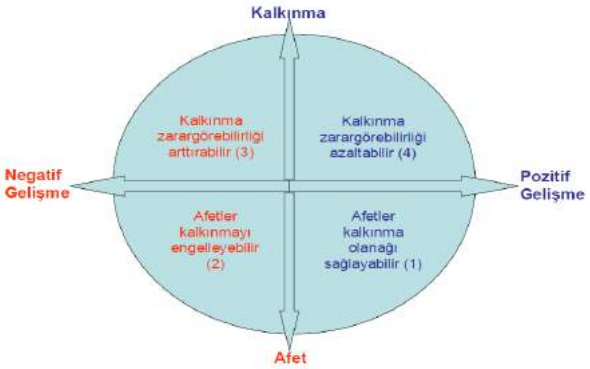
Türkiye başta depremler olmak üzere sel, heyelan, çığ, kuraklık, orman yangınları gibi afetlere sürekli maruz kalmaktadır. 1900-2010 yılları arasında 285 tane hasar yapan deprem meydana gelmiş ve bu depremler nedeniyle 100.000 kişi hayatını kaybetmiş, 170.000 kişi yaralanmış ve 650.000 konut ağır hasara uğramıştır [4]. 1999-2015 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen bazı doğal afetlere ilişkin bilgiler aşağıdaki Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2 Türkiye'de meydana gelen bazı doğal afetlere ilişkin bilgiler

NO	İL	TARİH	TÜR	AÇIKLAMA
1	İzmit Körfezi	17.08.1999	Deprem	17.480 ölü, 43.953 yaralı
2	Düzce	12.10.1999	Deprem	763 ölü, 4.948 yaralı
3	Afyon	03.02.2002	Deprem	42 ölü, 327 yaralı
4	Bingöl	01.05.2003	Deprem	177 ölü, 520 yaralı
5	İstanbul	09.09.2009	Sel	31 kişi öldü.
6	Rize	27.08.10	Sel, Heyelan	12 kişi öldü, 1 kayıp
7	Kayseri	20.08.14	Sel	4 kişi yaralandı.
8	Zongul dak	16.07.15	Heyelan	124 kişi tahliye edildi.
9	Artvin	24.08.2015	Sel	8 kişi öldü, 3 kayıp
10	Antalya	07.09.2015	Deprem	5.2
11	Bingöl	03.12.2015	Deprem	5.3
12	Kırşehir	10.01.2016	Deprem	5.0

2. Afetler ve Kalkınma Arasındaki İlişki

Kalkınma ile afetler arasındaki ilişki şematik olarak Şekil 1 ile ifade edilmiştir.



Şekil 1 Kalkınma ile afetler arasındaki ilişki

Bu şekilde de ifade edildiği gibi afetlerle kalkınma arasındaki ilişki olumlu ve olumsuz yöndeki gelişmeler olmak üzere şöyle özetlenebilir.

Olumlu (pozitif) gelişme yaklaşımları:

1. Afet tehlike ve risklerini dikkate alan yerleşme ve yapılaşma kararları, altyapı ve ekonomik ve sosyal gelişme planlaması var olan zarar görebilirlikleri önemli ölçüde azaltacaktır. (Maalesef ülkemizden verilebilecek örnek bulunmamaktadır.)
2. Afet sonrasında, gelecekteki tehlike ve riskleri azaltmayı amaçlayan planlı, kapsamlı ve bütüncül iyileştirme ve yeniden inşa programları gelecekteki afet tehlike ve risklerini önemli ölçüde azaltabilir.(Örnek; 1992 Erzincan Uygulaması)

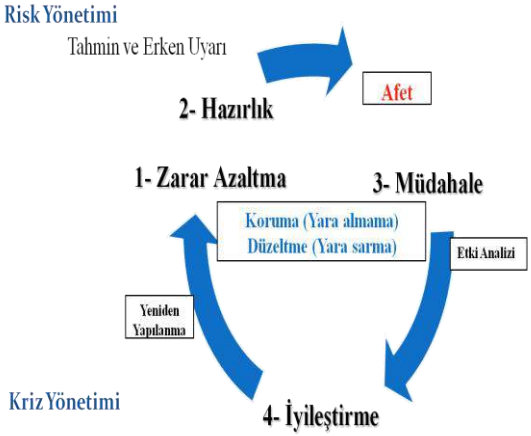
Olumsuz (negatif) gelişme yaklaşımları:

3. Afetler neden olabilecekleri fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıp ve zararlarla yerel, bölgesel ve ülke ölçeğindeki kalkınma ve gelişmeyi uzun süre engelleyebilir.(Örnek; 1971 Gediz ve 1999 depremleri)
4. Afet tehlike ve risklerini dikkate almadan uygulanan kalkınma ve gelişme programları riskli bölgelerdeki değerleri (nüfus, altyapı, sanayi vb.) artıracağı için gelecekteki afet risklerini de artıracaktır. (Örnek. İstanbul ve Marmara bölgesi) [5].

3. Bütünleşik Afet Yönetim Sistemi

Afet yönetimi her türlü tehlikeye karşı hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale etme ve iyileştirme amacıyla mevcut kaynakları organize eden, analiz, planlama, karar alma ve değerlendirme süreçlerinin tümüdür.

Kapsamlı afet yönetiminin evreleri bir afet olayını izleyen ve bir sonraki afete kadar birbirini takip eden aşamaların tümünü ifade eder. Bu evreler; ***Zarar azaltma, Hazırlık, Müdahale, İyileştirme*** olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2 Afet yönetimi

Böylece bütünleşik afet yönetim sisteminde,

- Kayıp ve Zarar Azaltma
- Hazırlık
- Tahmin ve Erken Uyarı
- Afetler,
- Etki Analizi gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalara **risk yönetimi** denilirken;
- Müdahale
- İyileştirme
- Yeniden Yapılanmagibi afet sonrası düzeltmeye yönelik olarak yapılan çalışmalara ise **kriz yönetimi** denilmektedir.

Afet riski yönetimi literatüründe, risk yönetiminin ana elemanları iki aşamaya ayrılır:

Afet öncesi aşama:

-Risk Tanımlaması
-Zarar Azaltma
-Risk Transferi
-Hazırlık

Afet sonrası aşama:

-Acil Durum Müdahalesi
-Rehabilitasyon ve İyileşme
-Yeniden Yapılanma

Kapsamlı bir risk yönetim programı tüm bu bileşenlere hitap eder [6].

4. Ulusal Afet Yönetim Sistemi

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri nedeniyle 18.242 kişinin ölmesi, 48.901 kişinin yaralanması ve 93.145 konutun yıkılması veya ağır hasar görmesi, çok geniş bir alanı etkilemesi ve ortaya çıkan sorunlarla baş etmede karşılaşılan sorunlar nedeniyle Türkiye, Afet Yönetim Sistemini yeniden sorgulamaya başlamış ve yeni yasal düzenlemelerin yapılması gereği ortaya çıkmıştır [3].

Geçmiş yıllarda yaşanmış olaylara baktığımız zaman Türkiye'nin afetlerle başarılı bir şekilde mücadele edemediği, afet risklerini azaltamadığı çok açık bir şekilde görülmektedir. Bu mücadelenin başarılı bir şekilde olamamasının nedenleri arasında afetlerle ilgili birçok kurumun bulunması ve bunlar arasında iyi bir işbirliğinin ve koordinasyonun sağlanamaması, yetki karmaşalarının yaşanması gibi faktörlerde sayılabilir. Afet yönetimindeki bu çok başlılığı ortadan kaldırmak amacıyla 29.05.2009 tarihinde 5902 sayılı "Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun" TBMM'de kabul edilmiş ve 17.06.2009 tarih ve 27261 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla; afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere, Başbakanlığa bağlı "Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı" kurulmuştur. Kanun; afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetlerin ülke düzeyinde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması ve olayların meydana gelmesinden önce hazırlık ve zarar azaltma, olay sırasında yapılacak müdahale ve olay sonrasında gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarını yürüten kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanması ve bu konularda politikaların üretilmesi ve uygulanması hususlarını kapsar [3].

27.02.2014 tarih ve 28926 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren 6525 Sayılı Kanunun 35. Maddesince, 5902 Sayılı Kanunun Üçüncü Bölüm başlığı "Taşra Teşkilatı" olarak ve 18 inci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

"MADDE 18: (1) İllerde bütünleşik afet ve acil durum yönetiminin tüm unsurlarını içerecek şekilde, Başkanlığın taşra teşkilatı olarak valiye bağlı il afet ve acil durum müdürlükleri kurulmuştur. Müdürlüğün sevk ve idaresinden, ildeki afet ve acil durum faaliyetlerinin yönetiminden birincil derecede vali sorumludur. İl afet ve acil durum müdürleri, Başkanın teklifi ile Başbakan veya yetkilendirdiği Başbakan Yardımcısı tarafından atanır. Diğer personel ise il müdürlüklerinin norm kadroları dâhilinde vali tarafından atanır. Müdürlük personelinin il dışı geçici görevlendirmesi Başkanlık ve/veya vali tarafından yapılır.

AFAD'a bağlı sekiz daire başkanlığı ve üç kurul vardır: Planlama ve Zarar Azaltma Dairesi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, İyileştirme Dairesi Başkanlığı, Sivil Savunma Dairesi Başkanlığı, Müdahale Dairesi Başkanlığı, Yönetim Hizmetleri Dairesi Başkanlığı, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Bilgi Sistemleri ve Haberleşme Dairesi Başkanlığı. Bu sekiz daire başkanlığına bağlı çalışan çeşitli alanlarda birçok çalışma grubu oluşturulmuştur.

AFAD, illerde Başkanlığın taşra teşkilatı olarak doğrudan valiye bağlı İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri ve 11 ilde bulunan Sivil Savunma Arama ve Kurtarma Birlik Müdürlükleri vasıtasıyla çalışmalarını yürütmektedir. Afet ve acil durum hizmetlerinin koordinasyonundan, eğitim politikalarının oluşturulmasından ve bu konuda mevzuat düzenlemeleri yapılmasından AFAD sorumludur.

AFAD, misyonunu "Afetlere dirençli toplum oluşturmak" olarak, amaçlarını ise aşağıdaki gibi belirlemiştir:

- Sürekli gelişen ve öğrenen kurum olmak,
- Risk odaklı bütünleşik afet yönetimi sistemi kurmak,
- Afet yönetimi standartlarını yaygınlaştırmak,
- Afetlere hazırlık için eğitim seferberliği başlatmak,
- Uluslar arası alanda öncü kuruluş olmak.

Afet doğası gereği yerel nitelikte olup afet risk ve tehlikeleri de ağırlıklı olarak yerel karakter taşımaktadır. Bu nedenle afetlerle mücadele ve afet ve acil durumlara müdahalede yerel kapasitenin gücü ve yetkinliği büyük önem arz etmektedir. İllerde bütünleşik afet ve acil durum yönetiminin tüm unsurlarını içerecek şekilde, Başkanlığın taşra teşkilatı olarak valiye bağlı il afet ve acil durum müdürlükleri kurulmuştur. Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ulusal ve yerel düzeyde müdahale yönetim sistemini açıklamaktadır. İl Afet Müdahale Planının hazırlanmasından valiler sorumludur. İl afet müdahale planı İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından ilçeleri de dikkate alacak şekilde hazırlanır. Ulusal düzeyde ana çözüm ortağı bakanlık, yerel düzeyde kurum ve kuruluşun il teşkilatı, il hizmet grubu operasyon planını diğer destek çözüm ortakları ile birlikte hazırlayacaktır. Yerel düzeyde koordinasyon, Başbakanlık/AFAD Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi (AADYM) ile irtibatlı olarak vali tarafından, vali yardımcıları ve İl Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi ile sağlanacaktır.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Türkiye, tektonik oluşumu, jeolojik yapısı, topoğrafyası ve meteorolojik özellikleri gibi nedenlerle, her zaman doğal afet riskine sahip olan bir ülkedir. Türkiye coğrafyası, deprem, sel, heyelan, kuraklık gibi doğal afetler açısından riskli bir bölgededir. Kentleşme yaklaşımlarının doğal afetlerde karşılaşılan can ve mal kayıplarında başat bir etkisi olmaktadır. Bununla birlikte; çarpık kentleşme, afet altyapısının yetersiz oluşu, özellikle seller açısından üst havzalardaki arazi bozulmaları ve erozyon ve çölleşme doğal afetlerden etkilenebilmeyi artırmaktadır. Doğal afet riski olan bir coğrafyada yaşamanın getirdiği risk yönetimi kavramı giderek önem kazanmaktadır. Çarpık kentleşme, iklim ve çevre koşullarındaki bozulmanın da etkisiyle dünyada ve ülkemizde doğal afetlerin şiddeti ve sıklığı artmış, ekonomik ve sosyal maliyetleri ciddi boyutlara ulaşmıştır. Yaşanan afetler **risk yönetimine** özel önem atfeden bütüncül bir yaklaşımın gereğini bir kez daha ortaya çıkarmış, risk azaltma, can ve mal kaybının en aza indirilebilmesi için afet yönetiminin önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere 29/5/2009 tarihli ve 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun ile Başbakanlığa bağlı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı kurulmuştur. Afet risk ve tehlikesi altında bulunan ülkemizde Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının 17/12/2009 tarihinde faaliyete geçmesi ile birlikte afet yönetimi anlamında bütünleşik afet yönetim sistemi benimsenmiştir. Bu sistemin en önemli unsurlarından biri yerelde etkin ve verimli bir sistem kurmak olup bunun en önemli ayağını da yerel teşkilat

yapısı oluşturmaktadır. Ülkemizde afet yönetiminin etkin ve bütüncül bir kurumsal ve yasal yapıya kavuşturulması amacıyla, afet yönetiminden sorumlu Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı kurulmuştur. Ancak, afet yönetimi ile ilgili merkez-yerel ilişkisinin güçlendirilmesi ihtiyacı önemini korumaktadır. Afet risklerinin azaltılması yönündeki faaliyetlerin etkinliğinin artırılması için halkın bütün süreçlere katılımının sağlanmasına, tehlike ve risk azaltma konusunda bilinçlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Daha öncede belirtildiği üzere, özellikle geleneksel merkezi yönetim sisteminin zaafları ve eksikleri olan koordinasyon bozukluğu önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu anlamda yukarıdan aşağı inen yönetim modeli yerine aşağıdan yukarı doğru çıkan yönetim modeli daha etkin kılınmalıdır. Bununla birlikte ideal olanın her iki yaklaşımı da dengeli ve beraber yürütebilmek olduğu da söylenebilir. Afet yönetimini gerek ulusal gerekse de uluslararası ihtiyaçlar, gelişmeler ve yaklaşımlar çerçevesinde Afet Risk Azaltımı Stratejisi odaklı hale getirmek yönetimsel anlamda da önemli avantajlar sağlayacaktır. Afet yönetimini tek elde birleştirme çabaları olumlu görünmekte ve koordinasyon-yönetim kargaşasına çözüm getirebilir görünmektedir. Yetişmiş ve yetişmekte olan personeli de bu görüşler çerçevesinde eğitmek önemli olacaktır. Bu şekilde afet risk yönetiminde sürdürülebilirlik sağlanacaktır [7].

Birçok STK ve kamu yardımlaşma grubu kendi, toplumu bilinçlendirme faaliyetlerini ve topluma dayalı çalışmalarını koordine etmektedir. Birçoğu hafif arama ve kurtarma, yapısal olmayan riskleri azaltma ve ilk yardım eğitmenlerini eğitmektedir. Tüm bu özel çabalara ek olarak olası afetlerle başa çıkabilmek için müdahale planları hazırlama aşamasında olan bazı belediyelerin girişimleri de vardır. Elbette tüm bu girişimler her toplumda bölgesel ve ulusal düzeyde tüm müdahale örgütleri ve devlet kurumları arasında oluşabilecek karışıklıkları önlemek ve istenen etkililiği yaratabilmek için uyumlu hale getirilmelidir [2]. Gerek risk azaltımı için strateji ve proje üretmede gerekse de bu çalışmaların uygulanmasını sağlamada ciddi finansal gereksinimler duyulmaktadır. Toplumların afetlere dirençli hale getirilmesi için yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulan kaynakların oluşturulması hem merkezi hem de yerel yönetimlerin çaba ve işbirliği ile olabilecektir. Özellikle kaynak yaratmada sadece ulusal değil uluslararası alanlarda da kaynak arayışı ve temini için çalışmalar yapılmalı, stratejiler geliştirilmeli, merkezi ve yerel yönetimler tarafından teşvikler yapılmalıdır. Tüm bu stratejiler geliştirilirken şu konu dikkate alınmalıdır; her ne kadar afet öncesi çalışmalar toplum tarafından gereksiz harcamalar listesine konulsa da, afet olduktan sonra ihtiyaç duyulan finansal kaynakların yanında daha küçük bir tutar olduğu bilinmelidir [7].

Eğitim faaliyetleri afet risk yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Ancak afet eğitimi sağlamak ve bilinç oluşturmak sadece resmi (formal) eğitimin sorumluluğu değil aynı zamanda sivil toplumun ve gayri-resmi (informal) eğitim sisteminde önemli bir sorumluluğudur. Dolayısıyla eğitim alanında atılacak adımlar ve iyileştirmeler bir yandan resmi eğitimi güçlendirme (okulların, eğitim kurumlarının, eğitim müfredatının, altyapının iyileştirilmesi, yenilenmesi ve afet yönetiminin bu sistem içine entegrasyonu) yolu ile olurken, buna paralel şekilde gayri-resmi eğitim (bireyden aileye, mahalleden ilçeye kadar farklı kategorilerde yerel eğitim, STK'lar, özel sektörün) sisteminde güçlendirilmesi ve afet bilincinin kazandırılması gerekmektedir. Bilinçli olma ve bilgili olma süreçlerinin insan hayatında belli bir zaman dilimine ait eğitimle olmadığını, aksine hayat boyu eğitim stratejileri ile bunun daha etkin ve gerekli olduğu bilinmeli, eğitim stratejileri buna göre hazırlanmalıdır. Eğitimin ve bilinçlenmenin tüm araçları (görsel, yazınsal, işitsel) bu doğrultuda yapılandırılmalı, eğitimin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır [7].

Yukarıda özetlenen çalışmalardan anlaşılacağı gibi, Türkiye artık afet problemini sadece "bir müdahale sorunu" olarak görmemekte; "bir kalkınma problemi" olarak ele almaktadır. Ülkenin politikaları daha kapsamlı bir düzeye erişmektedir ancak kanunlar farklı kuruluşlara aynı yetki ve sorumluluk verdiği için hala afet yönetimi politikalarının geliştirilmeye ihtiyacı vardır [2].

Afetler ne yazık ki özellikle yoksul ülkeler ile afetleri göz ardı eden, kontrolsüz ve hızla kentleşen ülkeleri vurmaktadır. İyi yönetilmediği takdirde afetler can kayıplarıyla birlikte ulusal ve küresel sermayeye büyük darbeler vurmaya devam edecektir. Bu da işsizlik, yoksulluk, açlık, hastalık, çatışma ve yokoluş olarak bize geri dönebilir. Stratejimiz doğayı değil insanı dönüştürmek olmalıdır [8]. Son 20-30 yıldır uluslararası arenada afetlerin önlenmesi ve risklerinin azaltılması çalışmaları sürdürülebilir kalkınmanın bir unsuru olarak değil, ön koşulu olarak değerlendirilmektedir.

Bu noktada afet yönetimi sisteminin döngüsel bir sistem olduğu, her zaman iki afet arasında yaşadığımız bilinci ile hareket edilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Bu noktada son olarak belirtilmesi gereken, afet risk azaltımı yaklaşımının sürdürülebilir bir yaklaşım olduğu ve sürekli kendisini yenileyen, geliştiren bir yapısı olduğudur [7].

Kaynaklar

[1] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, **http://www.afad.gov.tr/TR/Index.aspx**, Resmi İnternet Sayfası, 2009.

[2] Kadıoğlu, M., Türkiye Katılım Öncesi Destek Amaçlı Ülke İhtiyaçları Değerlendirme Raporu, UNDP, WMO, 2009.

[3] Özmen, B., Başbuğ, B., Türkiye'nin Yeni Afet Yönetimi Sistemi, Dünya Bankası Uzaktan Öğrenim Enstitüsü, Doğal Afetler Risk Yönetimi Programı, 2011.

[4] Pampal, S., Özmen, B., Depremler Doğal Afet midir? Depremlerle Baş Edebilmek, Eflatun Yayınevi, Ankara. 2009.

[5] Ergünay, O., Doğal Afetler ve Sürdürülebilir Kalkınma, Deprem Sempozyumu, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 11-12 Kasım 2009.

[6] Kadıoğlu, M., Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri. *JICA Türkiye Ofisi Yayınları Ankara* No: 2, 1-34. 2008.

[7] Özden, A.T., Kapsamlı Doğal Afet Risk Yönetimi Programı, Dünya Bankası Uzaktan Öğrenim Enstitüsü, Kurs Bitirme Projesi, ODTÜ, Ankara, 2007.

[8] Ersoy, Ş. 2014 Dünya Afet Raporu. Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, Ankara, 2014.

AFET RİSKLERİNİN AZALTILMASINDA ÇAĞDAŞ YÖNTEMLER

MODERN METHODS FOR DISASTER RISK REDUCTION

Murat NURLU
TMMOB Jeoloji Mühendisleri Odası, BTK Üyesi, Ankara, TÜRKİYE, E-posta: murat.nurlu@outlook.com

Özet

Bilindiği gibi, 21. yüzyılda çağdaş afet yönetimi temelde toplum odaklı risk azaltma çalışmalarının ağırlıklı olduğu stratejilerle şekillenmiştir. Ülkemiz gibi doğa kaynaklı afetlerin (deprem, heyelan gibi) maddi ve manevi açıdan oldukça büyük zararlara yol açtığı ülkeler için öncelik risk azaltma çalışmaları afet stratejilerinde öne çıkmak zorundadır. Özelliklede afet konusunda jeoloji mühendisliği mesleğinin koordinesinde yerbilimleri ve inşaat disiplinlerinde çok disiplinli çalışmalar planlanmalıdır. Maalesef afet yönetimimizde eski dönemlerden günümüze kadar süregelen çalışmalar kriz yönetimi odaklı planlanmış, risk yönetimine geçilememiştir. Bilgi ve iletişim teknolojilerinin sürekli geliştiği çağımızda diğer ülkelerde afet risklerinin azaltılması çalışmalarında kullanıcı kolaylıklı ve toplum odaklı çağdaş uygulamalar göze çarpmaktadır. Bu makalede bu uygulamalardan afet gözlem sistemleri, ön hasar tahmin sistemleri ve bütünleşik afet tehlike haritalarından bahsedilecektir. Bir afet ülkesi olan ve bu yöntemlerin yeni denendiği ülkemizde afet yönetimimize getireceği faydalar üzerinde durulacaktır.

Deprem konusunda ülkemizin ilk ve tek strateji belgesi olan Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planında (UDSEP) belirtildiği gibi afet risklerinin azaltılması çalışmalarında öncelikli olarak deprem gerçeğimizi öğrenmek ve bu gerçeklere göre tedbirleri almak zorundayız. Bu amaçla yaşadığımız yerin (zeminin) özelliklerini belirlemek, sürekli hareket halinde olan zeminin veya kritik yapılarımızın afet gözlem sistemleriyle eş zamanlı izlenmesi ne kadar önemliyse bu gözlemlerle risk azaltma çalışmalarına temel olacak ön hasar tahmin sistemleri ve bütünleşik afet tehlike haritalarının da üretilmesi çağdaş afet yönetiminin temel önceliklerinden biridir. Jeoloji mühendisliği mesleğinin mevcut bilgi birikimi ve konuyla ilgili tecrübesinin diğer disiplinlere de aktarılmasını sağlayacak mevzuat düzenlemelerinin yapılması ve toplumun afet konusunda bilinçlendirilmesi de afet risklerinin azaltılması açısından çok önemlidir.

Anahtar kelimeler: Afet Yönetimi, Risk Azaltma, Bütünleşik Afet Tehlike Haritaları, Hasar

Abstract

As its known, 21st century modern disaster management has been shaped on strategies with a focus on community based approaches. For countries like Turkey where natural hazards cause huge material and non-material losses, risk reduction activities must become prominent in disaster strategies. Especially on hazard studies, multi disciplinary studies must be planned among earth scientists and civil engineers, under coordination geological engineering discipline. Unfortunately, disaster management has been shaped on predominantly on crisis management where risk reduction has not been implemented as necessary. With increasing development of information and communication Technologies, community based and user friendly modern applications draw the attention on disaster risk reduction activities. In this study, among the modern applications, hazard monitoring systems, preliminary damage assessment systems and multi-hazard mapping applications will be discussed. The benefits of those applications on the disaster management system of Turkey will also be discussed.

As stated in National Earthquake Strategy and Action Plan of Turkey (UDSEP-2023) which is the first strategy document for earthquake mitigation, in order to reduce risk of disasters we need to know the earthquake facts of our country and we need to take necessary measures accordingly. Fort his purpose, it is important to establish preliminary damage assessment systems and multi-hazard maps in addition to real time monitoring of critical structures with monitoring systems. It is important to make necessary legislative regulations in order to transmit the existing experience and knowledge of geological engineering discipline into other disciplines. It is also equally important to increase the awareness of the community on disasters.

Keywords: Disaster management, risk reduction, multiple hazard mapping, damage

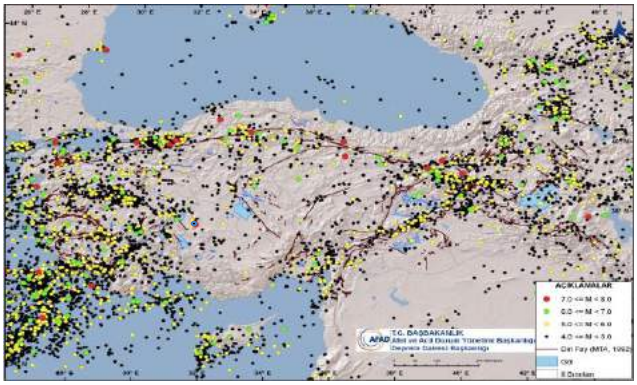
1. Giriş

Çağdaş afet yönetiminin temel unsurlarından birisi toplumun güvenle yaşayacağı yerleşim alanlarını tespit ederek, mevcut olan afet tehlikelerini saptamak, gerekli önlemleri almak ve karşılaşabilecek riskleri ortaya koymaktır.

Bilindiği gibi ülkemiz başta depremler olmak üzere heyelan, kaya düşmesi, taşkın, çığ gibi afetlerle sıkça karşılaşan ve bu afet olayları yüzünden çok büyük can ve mal kaybına uğramış bir konumda bulunmaktadır. Deprem olayları sonucunda ülkemizde AFAD Başkanlığının istatiksel değerlendirmelerine göre yaklaşık 90 bin vatandaşımız hayatını kaybetmiş yaklaşık 500 bin konutumuz ağır hasar görmüştür. Bir deprem ülkesi olan yurdumuzda AFAD Başkanlığı Deprem Araştırma Dairesinin ulusal deprem gözlem istasyonları ağından elde

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

edilen verilerin istatiksel dağılımına bakıldığında yıllık çözümü yapılan deprem sayısının 22000 ile 25000 arasında değiştiği ve oldukça yoğun bir deprem aktivitesinin varlığı saptanmıştır (Şekil 1). Günümüzün teknoloji ve bilgi birikimi ile depremlerin önceden tahmin edilmesi mümkün değildir ancak deprem zararlarının minimum seviyelere indirilmesi alınacak önlemlerle gerçekleştirilebilir. Deprem dışındaki diğer afet olayları da benzer şekilde olmasına karşın diğer afetlerin önceden tahmin edilebilme olasılığı mümkündür.



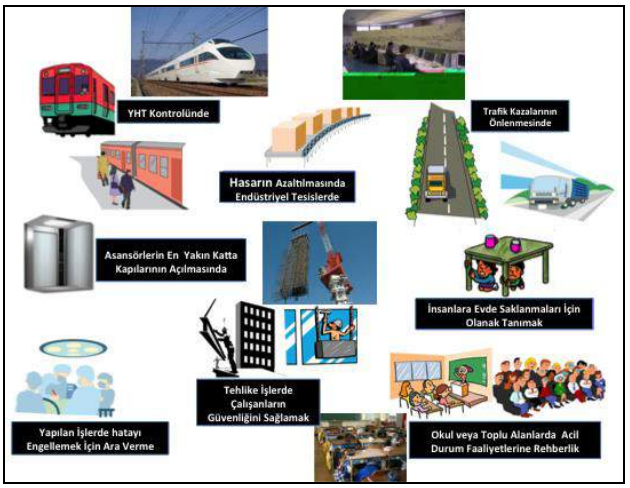
Şekil 1: AFAD Deprem Dairesi Başkanlığı verilerine göre 1900 den günümüze kadar depremlerin (M≥4.0) dağılımı.

Afet kaynaklı olaylarla sıkça karşı karşıya kalan ülkelerde afet zararlarını azaltmak için son yıllarda ileri teknoloji ürünleri sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Maliyet açısından daha düşük ve her türlü iletişi kanallarına açık gözlem sistemleri, bir afet esnasında afetin boyutu ve risk hesaplamalarını hızlıca kriz yöneticisine aktaran bilgi sistemleri ve afet öncesinde risk azaltma çalışmalarına altlık olacak toplum odaklı tehlike ve risk haritaları bu teknolojilerden öne çıkanlarıdır.

2. Afet Gözlem Sistemleri

Doğa kaynaklı afet olaylarının tahmin edilebilirliği çok parametreli ölçüm istasyonlarının kurulmasına bağlıdır. Deprem gözlem istasyonları temelde yerkabuğunda depreme neden olan sarsıntıları ölçmek ve depremin genel özellikleri hakkında bilgi sağlamak temel amacıyla kullanılmaktadır. Depremler meydana gelmeden önce doğadaki diğer parametrelinde sürekli gözlemlenip birbirleri arasındaki ilişkilerin ortaya konması gerekir. Örneğin basıncın, hava ve su sıcaklığının, nemin, iletkenliğin, radon miktarının, gerilmelerin vb. Parametrelerin ölçülüp sürekli gözlemlenmesi afet olaylarının önceden tahmininde ve ikincil afetlerin izlenmesinde çalışılması gereken önemli konulardır.

Doğa kaynaklı afet olaylarında özelliklede depremlerden önce meydana gelen kabuktaki yükselme, alçalma, eğilme, gerilme ve gerilme değişimleri gibi kabuk deformasyonlarının aranmasına eskiden beri süre gelen bir ilgi vardır. Kabuktaki deformasyon ölçümleri düşey kabuk deformasyonu ve yatay kabuk deformasyonu ölçümleri olmak üzere iki şekilde yapılmaktadır. Bu deformasyonların belirli alanlardaki değişimlerini tespit etmek için tiltmetre ve gerilme ölçerlerle ölçümler yapılmaktadır (Şekil 2).



Şekil 2: Deprem erken uyarı sistemlerinin genel kullanım alanları.

Depremlerden önce oluşan gerilme birikimini ölçmek için gerilme ölçerler ile santimetreden daha az olan seviyelerde yapılan ölçümler hem zemin tabanlı hem de uydu tabanlı teknikler kullanarak yapılabilir. Fakat gerilme ölçümü, bir depremin başlangıcı için gerekli olan gerilme miktarı bilinmediği için depremlerin tahmininde doğrudan yardımcı olamaz (Turcotte, 1991).

Cicerone et all., (2009)' a göre yüzey düzleme (surface leveling) ve lazer uzaklık belirleme jeodezik ölçümleri, ölçülerde onlarca kilometre uzakta olan bölgeler üzerindeki deformasyonları göstermek için en doğru yoldur. Fakat bu tarz ölçümler zaman alıcı ve masraflıdır ve bu ölçümler arasındaki zaman aylar hatta yıllar sürmektedir. Günümüzde modern GPS ve uydu tabanlı SAR interferometre ölçümleri ile günlere hatta dakikalara varan ölçeklerde yer kabuğunda meydan gelen jeodezik konum değişikliklerini ortaya koymak mümkündür.

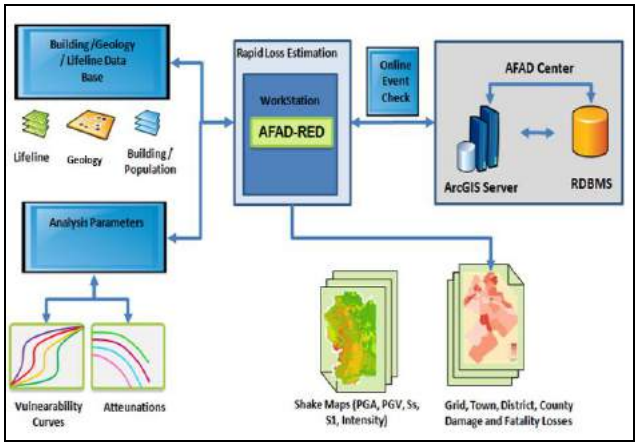
Depremlerden önce kabukta meydana gelen deformasyon değişimleri özellikle Çin, Japonya, Amerika Birleşik Devletleri ve eski Sovyetler Birliği'nde rapor edilmiştir. Bunun en tipik örneklerinden birisi 1964' te Japonya'da 7.5 büyüklüğünde meydana gelen Niigata Depremi ile ilişkili olanıdır. Tekrarlanan nivelman araştırmaları sonucunda deprem meydana gelmeden 7-8 yıl önce bir kaç noktada yükselmeler olduğu keşfedilmiştir. Depremin merkez üssü ile anormallik gözlenen noktalar arasındaki mesafenin onlarca kilometreyi bulduğu gözlenmiştir.

Bir bölge tektonik kuvvetlerle basınç altında kaldığında o bölgedeki kayaçlarda sonsuz sayıda çok küçük çatlakların meydana gelmesi ve çatlak içerisindeki havanın iyi bir iletken olmaması kayaçların elektrik iletkenliğini azaltmaktadır. Ayrıca yer kabuğu içerisindeki kayaçları oluşturan mineraller genellikle elektriğin zayıf iletkenleridir. Dolayısıyla sert kayaçların elektrik iletkenliği düşüktür. Kayaç içerisindeki gözeneklilik arttıkça kabuktaki sıvı dağılımı değiştiğinden kayacın iletkenliği azalır.

3. Ön Hasar Tahmin Sistemleri

Ön hasar tahmin sistemleri; bir afet sonrası erken hasar tahminini yaparak bölgede müdahale ve iyileştirme çalışmalarına önemli bir katkı sağlamak amacıyla kurulmaktadır. Afet ile ilgili ön hasar tahmin sistemleri ağırlıklı olarak deprem olayında kullanılmasına rağmen kurulan yapı sağlığı izleme sistemleri veya erken uyarı sistemleriyle de bütünleşik olarak çalışmaktadır. Ön hasar tahmin sistemlerinin temeli; afet türüne göre beklenebilecek hasarın olacağı alanda farklı sensörler (gözlem istasyonları) yardımıyla eş zamanlı olarak oluşturulan merkeze verilerin aktarılması ve bu verilerin afet anında kullanılan azalım ilişkileri yardımıyla hasar alanlarının ve derecelerinin belirlenmesi mantığına dayanmaktadır.

Ülkemizde ön hasar tahmin sistemine örnek olarak AFAD Başkanlığınca kurulmuş olan AFAD-Red sistemi verilebilir (Şekil 3). Bu sistem ülkemizin önemli bir deprem potansiyeli olan Doğu Anadolu Fay sisteminin Kahramanmaraş-Hatay illeri arasına kurulmuş olup sistem sürekli geliştirilmektedir.

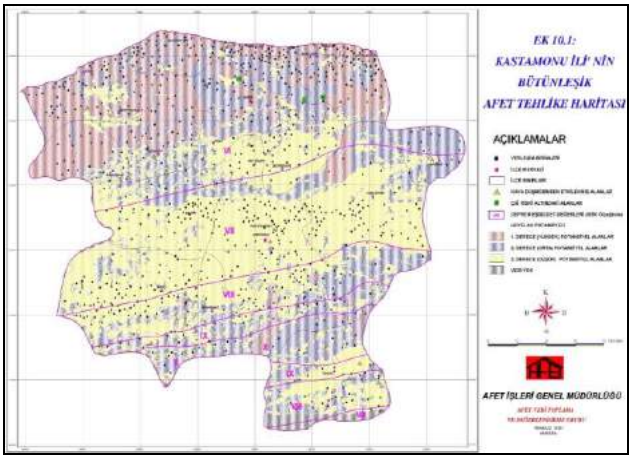


Şekil 3: AFAD-Red sisteminin temel çalışma prensibi.

Ön hasar sistemleri sadece depremler için düşünülmemeli, diğer afet olayları içinde benzer sistemlerin kurulması mümkün olup hatta sistemi erken uyarı sistemine genişletmek bile zor değildir. Baraj gibi kritik tesislerin, yüksek hızlı tren gibi ulaşım ağlarının sürekli gözlenerek doğa kaynaklı bir afet olayında olabilecek hasar durumları hızlı ve güvenilir şekilde ortaya konabilmektedir.

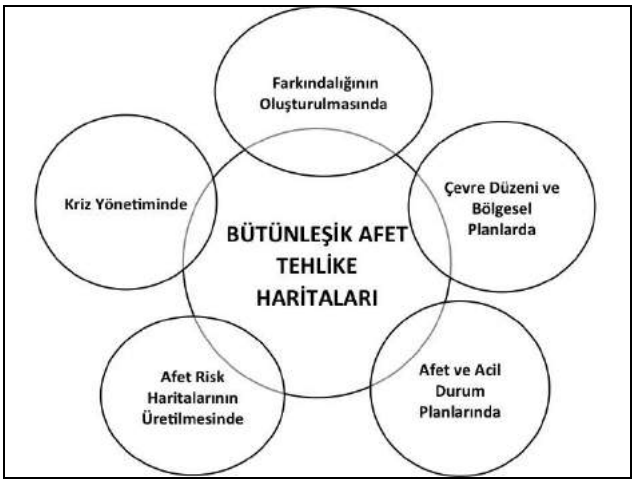
4. Bütünleşik Afet tehlike Haritaları

Bütünleşik afet tehlike haritaları literatürde "multihazard mapping" konulu yurtdışı araştırmaların bir ürünü olarak ülkemizde kullanılmaya başlanmıştır. Bütünleşik afet tehlike veya risk haritaları ile ilgili yurtdışında çok sayıda araştırmaya rastlanılmaktadır (FEMA, 1997, ISDR, 2004, Schmidt, J. 2011, Zhongqiang L. et al. 2015). Ülkemizde 2000 li yıllarda kapatılan Afet İşleri Genel Müdürlüğü bünyesinde bu çalışmalar başlamış olup (AİGM 2001, 2007 ve 2009, Nurlu, 2007) Kastamonu (Şekil 4), Karabük ve Bartın illeri için bütünleşik afet tehlike haritaları tamamlanmıştır. AFAD Başkanlığının bu konuda 2015 yılı içerisinde standartların ortaya konması ve haritaların üretimi ile ilgili çalışma başlatmış olduğu bilinmesine rağmen (AFAD, 2015) bu çalışmayı gerçekleştirecek olan özellikle yerbilimleri camiasında konu yeterince bilinmemektedir. Bütünleşik afet tehlike haritalarının "mikrobölgeleme haritaları" yla karıştırılmaması da önemlidir. Öncelikle ölçek farklıdır bütünleşik afet tehlike haritaları amacına göre bölge veya yerleşim alanları gözetilerek küçük ölçekli haritalar (1/25.000-1/100.000 arası), mikrobölgeleme haritaları ise amacına göre genelde imar amaçlı olmak üzere yerleşim alanı veya parsel gözetilerek büyük ölçekli haritalar (1/5.000-1/1.000 arası) olmak üzere üretilirler.



Şekil 4: Kastamonu ilinin bütünleşik afet tehlike haritası.

Bütünleşik afet tehlike haritaları kentlerin afet tehlikelerini belirleyerek afet risklerinin hesaplanması, afet acil yardım planlarına esas olacak bilgilerin hazırlanması, bölgesel ve çevre düzeni planlarının hazırlanması için plancılara gerekli olabilecek afet ile ilgili bilgilerin düzenlenmesi, karar verici ve uygulayıcı mekanizmaya doğru, hızlı, güvenilir ve güncel sonuçları aktarmak, pratik uygulamayı sağlamak amacıyla yapılmaktadır. Bir afet olayı esnasında karar verici mekanizma yani afeti yönetecek kişi önemlidir, bu mekanizmanın canlı tutulması hızlı ve doğru karar vermesi mevcut bilgiler çerçevesinde gerçekleşir. Bütünleşik afet tehlike haritaları bu amaca da hizmet etmektedir (Şekil 5).



Şekil 5: Bütünleşik afet tehlike haritalarının kullanım alanları.

Bütünleşik afet tehlike haritalarının kullanımının temel faydaları;

a) Mekansal planlama: Bütünleşik tehlike haritaları toplum ve yerel mekansal planlama işlemleri için temel göstergelerdir,
b) Risk azaltma önlemleri: Bütünleşik afet tehlike haritaları boyut ve konum açısından tehlikelerden korunma yöntemlerine (taşkın korunma yapıları, çığ bariyerleri vb.) destek sağlarlar.
c) Acil durum planlarında bir araç olarak kullanılırlar: Afet tehlike haritaları en büyük riskin nerede ve hangi sıklıkla olabileceğini göstermektedir. Bu bilgiler acil durum planlarında temel veri olarak kullanılabilir.
d) Toplumda farkındalığın yükseltilmesinde: Bütünleşik afet tehlike haritaları toplumda potansiyel risklerin algılanmasında ve koruyucu tedbirler veya müdahale planlarındaki farkındalığın artırılmasına yardım eder.

Bütünleşik afet tehlike haritalarının üretilmesinde en önemli aşama "veri tabanı" yani envanter oluşturmadır. Çalışmanın diğer temel aşamaları modelleme, analiz ve haritaların üretilmesidir.. Bütün çalışmalarda olduğu gibi "eğitim" göz ardı edilmemesi gereken önemli bir gerçektir. Envanterin toplanmasında, haritanın oluşturulmasında, analiz ve güncellemelerin yapılmasında, bütün bilgilerin coğrafi bilgi sistemlerine aktarılmasında ve yönetilmesinde konusunda uzman eğitimli kişilerden oluşan ekiplere ihtiyaç vardır. Bir diğer önemli hususta karar vericilerinde (Vali, Belediye Başkanı, Kaymakam, İl Afad Müdürü gibi) mutlak surette oluşturulacak bu sistemi kullanabilmeleri, çıktı haritaları yorumlayarak hızlı kararlar vermesi sağlanmalıdır.

Günümüzde bütünleşik afet tehlike haritaları yalnız başına bölgenin/yerleşim alanının tehlikelerini ortaya koyan bir harita özelliği ile beraber risk analizini de içeren bir şekilde yapılmasıdır. Yani oluşturulan tehlike haritalarından hareketle özellikle karar verici mekanizmaya daha çok bilgi verebilmek amacıyla bu tehlikelerin gerçekleştiğinde bölgede/yerleşim alanında nasıl bir can ve mal kaybıyla karşılaşılacağı, ikincil afetlerin etkilerinin ne olacağı hakkında da bilgileri içeren türev haritalar bu başlık altında üretilmektedir. Bir çeşit risk haritaları olan bu türev haritalarının yanı sıra kriz yöneticisinin hazırlıklı olmasını sağlamak amacıyla tehlike haritalarından farklı olaylar oluşturularak senaryolar da üretilmektedir.

5. Sonuçlar

Çağdaş afet yönetiminde temel amaç; toplumun güvenli yerleşimlerde afet olaylarında en düşük seviyede zarar almalarını ağlayacak sistemleri kurmaktır. Bu amaç doğrultusunda toplum odaklı olmak üzere afet gözlem sistemleri, hasar ve erken uyarı sistemleri ile risk haritalamaları sürekli geliştirilerek bireyin hizmetine sunulmaktadır. Unutulmaması gereken bir diğer önemli hususta bireyin afet konusunda farkındalığını artırmak olmalıdır. Yerleşim alanlarında deprem afeti açısından «Güvenli Yaşam Güvenli Yerleşim» standartlarına ulaşmak için;

a) Deprem bölgesine ait otomatik ve manuel hesaplama yapabilen tahmini şiddet, hız ve ivme dağılım haritalarının yanı sıra farklı derecelerdeki yaralanmalar, can kaybı ve yapıların hasar durumları hakkında bilgi verecek «Ön Hasar Tahmin ve Erken Uyarı Sistemleri» oluşturulmalı,
b) Yerleşim alanlarında bu sistemlere veri sağlayacak gerekli gözlem ağları kurulmalı,
c) Yerel yöneticiler sorumlu oldukları yerleşim alanının tüm verilerini mekânsal olarak sayısal ortama aktarmalı ve afet planlarını güncel tutmalıdır.

Kaynaklar

[1] AFAD, Bütünleşik afet tehlike haritalarının hazırlanması: Çığ temel kılavuzu, 130 s., 2015.
[2] AFAD, Bütünleşik afet tehlike haritalarının hazırlanması: Heyelan-Kaya düşmesi temel kılavuzu, 152 s., 2015.
[3] AİGM, Kastamonu İlinin Afet Tehlikesi ve Riskinin Belirlenmesi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Yayınları, 2 Cilt., 2001
[4] AİGM, Karabük İlinin Afet Tehlikesi ve Riskinin Belirlenmesi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Yayınları, Rapor No: 5606-1.,2007.
[5] AİGM, Bartın İlinin Afet Tehlikesi ve Riskinin Belirlenmesi, Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Yayınları, 2009.
[6] FEMA, Multi-Hazard Identification and Risk Assessment: The Cornerstone of the National Mitigation Strategy. Washington, D.C. http://www.fema.gov/library/viewRecord.do?id=2214, 1997.
[7] International Strategy for Disaster Reduction, Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives. Annexes. Vol. 2 (Vol. 2). United Nations Publications, 2004.
[8] Nurlu, M., Kuterdem, K. ve Özsaraç, V., Multi-hazard Approach to Disaster Risk Reduction in Regional Level by Using Geographic Information Systems and Remote Sensing, 2007 Geohazards Week, 5-9 November 2007, Frascati., 2007.
[9] Schmidt, J., Matcham, I., Reese, S., King, A., Bell, R., Henderson, R., & Heron, D., "Quantitative multi-risk analysis for natural hazards: a framework for multi-risk Modeling." *Natural hazards*, *58*(3), 1169-1192, 2011.
[10] Zhongqiang Liu, Farrokh Nadim, Alexander Garcia-Aristizabal, Arnaud Mignan, Kevin Fleming and Byron Quan Luna, A three-level framework for multi-risk assessment, GeoRisk, Volume 9, Issue 2, 59-74 p, 2015.
[11] UDSEP, Ulusal Deprem Stratejisi ve Eylem Planı, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2012.

İŞYERLERİNDE ACİL DURUMLAR HAKKINDA YÖNETMELİK KAPSAMINDA ACİL DURUM PLANI VE İLGİLİ HUSUSLARIN İNCELENMESİ

INVESTIGATION OF EMERGENCY PLAN AND RELATED MATTERS UNDER THE REGULATION ON EMERGENCY SITUATIONS IN WORKPLACES

Ebru İNAL[a] ve Edip KAYA[b]
[a] Yalova Üniversitesi Yalova Meslek Yüksekokulu, Yalova, Türkiye, E-posta: ebru.inal@hacettepe.edu.tr
[b] Hacettepe Üniversitesi Halk Sağlığı Enstitüsü, Ankara, Türkiye, E-posta: edipkaya65@hotmail.com

Özet

Çalışma, *İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliği* işyerlerinde acil durumlar için gerçekleştirilmesi öngörülen acil durum planları ile ilgili hususlar kapsamında tartışmayı amaçlamaktadır. Araştırmacılar tarafından çeşitli kaynaklardan faydalanılarak işyerlerinde afet ve acil durum planlarında bulunması gereken hususlar için bir kontrol listesi hazırlanmıştır. Yapılan değerlendirmelerde kontrol listesinde bulunan 10 ana başlığın 8'inin yönetmelikte geçtiği tespit edilirken 2 başlığa ise hiçbir şekilde değinilmediği belirlenmiştir. Yönetmelikte değinilen 8 ana başlığın 4'üne yeterli bir şekilde değinilirken, 4 başlığa ise yetersiz/yüzeysel olarak değerlendirilmiştir. Bu planın tüm unsurları ile eksiksiz olması sağlanmalı, uygulanmalı ve tatbik edilmelidir.

Anahtar kelimeler: Acil durum planı, işyeri, yönetmelik.

Abstract

The study aims at discussing regulations on emergency situations in workplaces within the scope of emergency plans which are foreseen to be performed for emergencies in workplaces and relates matters. A checklist have been prepared by researchers for issues to be included in disaster and emergency plans by benefiting from various sources. It was stated that while 8 out of 10 main topics, which are in the checklist, have been taking part in the regulation, 2 main topics have not even been mentioned. while 4 out of 8 main topics are capably mentioned in the regulation, 4 main topics are evaluated inadequately/superficially. This plan should be ensured to be completed regarding all factors and it should be applied and carried out.

Keywords: Emergency plan, workplace, regulation.

1. Giriş

20.06.2012 tarihinde yayınlanan 6331 sayılı *İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu*, işyerlerinde iş sağlığı ve güvenliğinin sağlanması, mevcut sağlık ve güvenlik şartlarının iyileştirilmesi için işveren ve çalışanların görev, yetki, sorumluluk, hak ve yükümlülüklerini düzenlemeyi amaçlamaktadır [1]. Bu kanun 5 bölüm ve 39 maddeden oluşmaktadır. Bu kanunun 11., 12. ve 30. maddelerinde işyerlerinde acil durum planlarının hazırlanması, önleme, koruma, tahliye, yangınla mücadele, ilk yardım ve benzeri konularda yapılması gereken çalışmalar ile bu durumların güvenli olarak yönetilmesi ve bu konularda görevlendirilecek çalışanların belirlenmesi ile ilgili usul ve esaslar yer almaktadır. Bu maddelere dayanılarak 18.06.2013 tarihinde 28681 sayılı *İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik* yayınlanmıştır. Bu yönetmelik işverene ve çalışanlara çeşitli sorumluluklar yüklemektedir [2]. İşverenin acil durum planlarını hazırlaması, tatbikatları yapması, acil durumları belirlemesi, önleyici ve sınırlandırıcı tedbirleri alması, ilgili konularda yeterli sayıda eğitimli çalışanı görevlendirmesi gibi yükümlülükleri bulunurken, çalışanların ise acil durum planında belirtilen hususlara uymak, olay yerine intikal eden ekiplerin talimatlarına uymak gibi sorumlulukları bulunmaktadır.

İşyerleri için gerçekleştirilecek acil durum (eylem) planları, işyerlerinde meydana gelmesi muhtemel olayların olası olumsuz etkilerinden korunabilmek veya bu olayları en az zararla atlatabilmek için acil durumlar veya afetler sırası ve sonrasında nasıl davranılması, ne yapılması gerektiği gibi konuların önceden planlandığı bilgiler ve uygulamaya yönelik eylemlerin yer aldığı plan olarak ifade edilebilir. Mevcut yönetmelikte işyerlerindeki acil durum planlarıyla ilgili, tüm işyerleri için tasarım veya kuruluş aşamasından başlamak üzere acil durumların belirlenmesi, bunların olumsuz etkilerini önleyici ve sınırlandırıcı tedbirlerin alınması, görevlendirilecek kişilerin belirlenmesi, acil durum müdahale ve tahliye yöntemlerinin oluşturulması, dokümantasyon, tatbikat ve acil durum planının yenilenmesi gibi aşamalardan bahsedilmektedir [2]. Bu çalışmanın amacı; *İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliği* işyerlerinde acil durumlar için gerçekleştirilmesi öngörülen acil durum planları ile ilgili hususlar kapsamında tartışmaktır.

2. Gereç-Yöntem

Bu çalışma için araştırmacılar tarafından çeşitli kaynaklardan faydalanılarak işyerlerinde afet ve acil durum planlarında bulunması gereken hususlar için bir kontrol listesi hazırlanmış [3–7] ve bu kontrol listesi çerçevesinde

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliği tartışılmıştır (Tablo 1).

İşyerlerinde Acil Durum Planları hakkındaki hususlar oluşturulan kontrol listesi ile gerçekleştirilmiştir. Kontrol listesinde işyerlerinde oluşturulacak acil durum (eylem) planlarında yer alması gerekenler 10 ana başlık altında toplanmıştır. Kontrol listesini oluşturan her bir başlık faydalanılan kaynaklarda yer almakta ve eylem planına dair gerekliliği konusunda mutlak gerekçelere dayandırılmaktadır. Kontrol listesindeki her bir ana başlık yönetmelikte yer alma durumuna göre üçlü derecelendirildi. Bu derecelendirme; ‘‘yeterli’’, ‘‘yetersiz/yüzeysel’’ ve ‘‘hiçbir şekilde değinilmediği’’ şeklindedir.

Tablo 1: İşyerleri İçin Acil Durum Planlarında Bulunması Gerekli Hususlar [3-7]

Kontrol Listesi
1. Genel Esaslar
2. Planlama İçin Ekiplerin Oluşturulması
3. İş Yerinde Tehlike ve Risk Analizinin Yapılması
4. Zarar Azaltma Çalışmaları ve Zarar Azaltmanın Planlaması
5. Olay Komuta Merkezi, Acil Durum Servislerinin Saptanması
6. Standart Operasyon Prosedürleri ve Kontrol Listeleri
7. Karşılıklı Yardımlaşma ve İşbirliği Protokolleri
8. Eğitim ve Tatbikatlar
9. Acil Durum Malzemeleri
10. Ekler *Acil durum formları, *Acil durum kat ve bina vaziyet planları *Tehlike profili formları *Krokiler

3. Bulgular

Yapılan değerlendirmelerde kontrol listesinde bulunan 10 ana başlığın 8’inin yönetmelikte geçtiği tespit edilirken 2 başlığa ise hiçbir şekilde değinilmediği belirlenmiştir. Yönetmelikte değinilen 8 ana başlığın 4’üne yeterli bir şekilde değinilirken, 4 başlığa ise yetersiz/yüzeysel olarak değerlendirilmiştir (Tablo 2).

Tablo 2: İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmeliği’nin Kontrol Listesine Göre Değerlendirilmesi

Kontrol Listesi	Yönetmelikte Yer Alma Durumu
1. Genel Esaslar	Yeterli
2. Planlama İçin Ekiplerin Oluşturulması	Değinilmemiştir
3. İş Yerinde Tehlike ve Risk Analizinin Yapılması	Yeterli
4. Zarar Azaltma Çalışmaları ve Zarar Azaltmanın Planlaması	Yeterli
5. Olay Komuta Merkezi, Acil Durum Servislerinin Saptanması	Yetersiz/Yüzeysel
6. Standart Operasyon Prosedürleri ve Kontrol Listeleri	Değinilmemiştir
7. Karşılıklı Yardımlaşma ve İşbirliği Protokolleri	Yetersiz/Yüzeysel
8. Eğitim ve Tatbikatlar	Yeterli
9. Acil Durum Malzemeleri	Yetersiz/Yüzeysel
10. Ekler *Acil durum formları, *Acil durum kat ve bina vaziyet planları *Tehlike profili formları *Krokiler	Yetersiz/Yüzeysel

Gerçekleştirilecek planın ilk aşamasında; uygun görüleceğine dair imzalı onaylar, planın amacı, kapsamı, hedefleri, planın sorumluluğu ve plan içinde kullanılacak terimlerin tanımları ve planın yürütülmesindeki sorumluluk ve yürürlüğe giriş tarihi gibi ayrıntılar yer almalıdır [5,7]. Bu aşama her planda olduğu gibi planın tanımlanmasını ve var olmasının nedenlerini içerecek düzeyde temel bilgilerden oluşan ilk aşamadır. *Yönetmelikte Genel Esaslar aşaması ile ilgili acil durum planında işyerinin unvanı, adresi, işverenin adı, hazırlayanın adı, soyadı, unvanı ve hazırlandığı tarih ile geçerlilik tarihi gibi asgari hususları kapsayacak şekilde dokümante edilmesi gerekliliği ifade edilmektedir. Aynı zamanda acil durum planının sayfalarının numaralandırılarak, hazırlayan kişiler tarafından her sayfasının paraflanıp, son sayfasının imzalanması ve söz konusu planın, acil durumla mücadele edecek ekiplerin kolayca ulaşabileceği şekilde işyerinde saklanması gerekliliği belirtilmektedir.* **Bu aşama belirtilen gerekçeler doğrultusunda yeterli bulunmuştur.**

Bütün planlarda olduğu gibi işyeri afet ve acil durum planlarında da yapılması gereken öncelikli işlerden birisi planlama ekibinin kurulmasıdır. Planlamayı yapacak ekibin kurulması planlamanın ilk basamağıdır. Bu nedenle planlama yapılmasına karar veren otoritenin yapması gereken ilk iş planlama ekibini oluşturmaktır. Ekip oluşturulurken ilk önce teknik sorumlular belirlenir daha sonra teknik kadro oluşturulur [8]. Planlama ekibinin büyüklüğü; işyerinin ihtiyaçları, büyüklüğü, faaliyetleri ve kaynaklarıyla ilgilidir. Ancak kurulacak planlama ekibinin uzman ve farklı birimlerde çalışan kişilerden oluşması şarttır. Üst yönetim planlama ekibini yönlendirmeli ve planın hazırlanmasında gerekli adımları atma konusunda ekip üyelerine tam yetki vermelidir. Ekibin üyeleri ile ekip lideri arasında net bir yetki paylaşımı kurulmalı ve hangi üyelerin hangi çalışmaları yapacağı açık bir şekilde belirlenmelidir [3, 4]. Yönetmelikte işyerlerinde acil durum planlarının hazırlaması ayrıntılı bir şekilde işlenmiş ve acil durum planının nasıl ve hangi aşamalar izlenerek hazırlanacağı belirtilmiştir. **Ancak acil durum planın oluşturulması için bir planlama ekibinin oluşturulmasına hiçbir şekilde değinilmemiştir.**

Planlama ekibi oluşturulduktan sonra yapılması gereken işyerinin tehlike ve risk analizini yapmaktır. Durum saptama olarak da tanımlanan bu aşamadaki çalışmaların amacı, mevcut durum hakkında bilgi edinmek, sorunları ve

ağırlık derecelerini belirlemek, önlem alınmadığı takdirde bu sorunların gelecekte erişeceği boyutla ilgili projeksiyonlar yapmaktır. Bu aşamada iyi bir durum değerlendirilmesi ile işletmenin mevcut tehlike ve riskleri belirlenerek mevcut tehlike ve risklere göre önlem alınır [8]. Günlük yaşamda çoğunlukla birbirleri yerine kullanılan 'tehlike' ve 'risk' kavramları aslında birbirlerinden çok farklıdır. Tehlike, belirli bir zaman veya coğrafyada ortaya çıkarak yaşamı tehdit eden, toplumun sosyoekonomik düzen ve etkinliklerine, zarar verme potansiyeli olan doğa, teknoloji ya da insandan kaynaklanan fiziki olay ve olgu olarak tanımlanmaktadır. Risk ise; bir olayın belirli koşul ve ortamlarda doğurabileceği can, mal, ekonomik ve çevresel gibi değerlerin kaybının gerçekleşme olasılığı olarak tanımlanmıştır [9]. Dolayısı ile tehlike, can ve mal kaybına yol açma potansiyeline sahip olay iken, risk; tehlike yaratan bir olayın ortaya çıktığında vereceği zararların boyutudur. Öncelikle yapılması gereken işletmeyi tehdit eden tehlikelerin belirlenmesidir. Her işletmeyi tehdit eden tehlikeler birbirinden farklı olabilir. Bu işletmenin konumu ve yaptığı işe göre farklı olabilir. Deprem, sel gibi doğa kaynaklı afetler ya da işletmeden kaynaklı gaz sızıntısı, yangın, elektrik gibi birçok durum işletme için tehlike oluşturabilir. Tehlikeler belirlendikten sonra bu tehlikelerin oluşturduğu risk sayısal verilerle ortaya konulur ve hangi tehlikelerin işletme için daha büyük risk oluşturulduğu ortaya konur [3]. *Yönetmelikte, işverenin yükümlükleri arasında çalışma ortamı, kullanılan maddeler, iş ekipmanı ile çevre şartlarını dikkate alarak meydana gelebilecek ve çalışan ile çalışma çevresini etkileyecek acil durumları önceden değerlendirerek muhtemel acil durumları belirlemesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca acil durum planların hazırlamasında tüm işyerleri için tasarım ve kuruluş aşamasından başlamak üzere çeşitli aşamalar izlenerek hazırlanması gerektiği belirtilmiştir. Bu aşamaların ilk basamağını ise acil durumların belirlenmesi oluşturmaktadır. Acil durumlar belirlenirken risk değerlendirmesi sonuçları, yangın, tehlikeli kimyasal maddelerden kaynaklanan yayılım ve patlama ihtimali, ilk yardım ve tahliye gerektirecek olaylar, doğal afetlerin meydana gelme ihtimali ve sabotaj ihtimali gibi hususların dikkate alınarak oluşturulması gerektiğinden söz edilmektedir.* **Bu aşama belirtilen gerekçeler doğrultusunda yeterli bulunmuştur.**

Tehlike ve risk analizi yapıldıktan sonra yapılması gereken var olan riskleri azaltmak ve ortaya çıkabilecek zararları azaltma çalışmaları yapmaktır. Riskleri azaltmak için ya o riski oluşturan tehlikenin ortaya çıkma olasılığı ya da tehlikenin verebileceği zararların azaltılması gerekmektedir. Tehlikenin ortaya çıkma olasılığının azaltılması çoğu zaman mümkün olmayabilir bu yüzden tehlikenin oluşma durumunda tehlikenin oluşturabileceği zararların azaltılması esastır. Örneğin deprem tehlikesinin oluşma olasılığı azaltılamaz ancak binanın güçlendirilmesi, çalışanların eğitilmesi ve işyerindeki eşyaların sabitlenmesi gibi alınan çeşitli önlemlerle depremlerden kaynaklanan zararlar en aza indirilebilir. Zarar azaltma çalışmaları her işletmenin belirlediği tehlike ve risklere göre yapılır. Ancak birçok işletme için yangın hem tek başına bir tehlike hem de deprem gibi bazı tehlikelerden sonra da oluşma riski yüksek olduğu için yangına özel zarar azaltma çalışmaları yapılmalıdır. İşletmeler yangınla ilgili zarar azaltma çalışmalarında kaçış yolları, kaçış merdivenleri, kazan daireleri, yakıt depoları, asansörler, elektrik tesisatları, yangın algılama ve uyarı sistemleri gibi birçok konuda gerekli önlemleri alıp iyileştirme çalışmaları yapmalıdırlar [3]. *Yönetmelikte işverenin belirlediği mümkün ve muhtemel acil durumların oluşturabileceği zararları önlemek ve daha büyük etkilerini sınırlandırmak üzere gerekli tedbirleri alması, acil durumların olumsuz etkilerinden korunmak üzere tedbirler belirlenirken gerekli olduğu durumda ölçüm ve değerlendirmeler yapılması ve alınacak tedbirlerin, risklerden korunma ilkelerine uygun olup, toplu korumayı esas alması gerekliliği belirtilmektedir. Ayrıca, işverenin acil durumlarda enerji kaynaklarının ve tehlike yaratabilecek sistemlerin olumsuz durumlar yaratmayacak ve koruyucu sistemleri etkilemeyecek şekilde devre dışı bırakılması ile ilgili gerekli düzenlemeleri yapması gerektiği belirtilmiştir. Çalışanların da acil durum planında belirtilen hususlar dâhilinde alınan önleyici ve sınırlandırıcı tedbirlere uyma yükümlülüklerinin olduğunu belirtmektedir.* **Bu aşama belirtilen gerekçeler doğrultusunda yeterli bulunmuştur.**

Planın en önemli aşamalarından biri de afetler için oluşturulacak olay komuta merkezi, acil durumlar için ise oluşturulacak acil durum servisleridir. Planlama çalışması zarar azaltma çalışması kadar müdahale çalışmalarını da kapsamalıdır. Bir afet ya da acil durum anında yapılacak işler etraflıca düşünülmeli ve kimlerin ne iş yapacağı, koordinasyon ve komutanın nasıl işleyeceği gibi pek çok konu netleştirilip planlara dâhil edilmelidir. Bu organizasyon Olay Komuta Sistemi (OKS) olarak ifade edilmekte ve tüm tehlikeler ve her düzeyde acil durum müdahalesinde kullanılabilen bir sistemdir [3,4]. OKS, Olay Komuta merkezi dâhilinde Finans ve Yönetim Servisi, Lojistik ve Bakım Servisi, Operasyonel ve Müdahale Servisi ve Planlama ve Bilgi Servisi oluşturulmalıdır. Her bir serviste alt birimlerde sorumlu olacak bireyler belirlenmelidir. Örneğin, operasyonel ve müdahale servisinde ilkyardım, tahliye, arama-kurtarma, ulaşım vb. gibi acil durum (alt) servisleri oluşturulmalıdır. Her bir görevin görev tanımı, kontrol listeleri oluşturulmalıdır. Planlarda tahliyenin nasıl yapılacağı ve kimlerin sorumlu olacağına ayrı bir önem verilmelidir [6,7]. Olay komuta merkezi dâhilinde Lojistik ve Bakım birimi işyerinin boşaltılmasına yardımcı olmakla sorumlu tutulmalıdır. Kimlerin nereye tahliye edildiği ile ilgili dokümantasyonu yapan kişi ise planlama amiri olmalıdır. Toplanma yerleri açık olarak müdahale planları içerisinde belirtilmelidir. Tahliye anında dikkat edilecek hususlarla ilgili kontrol listesi oluşturulmalı ve bunlar ekte yer almalıdır [6,7].
Yönetmelikte 'acil durum müdahale ve tahliye yöntemleri' başlığı açılmış ve acil durumların meydana gelmesi halinde uyarı verme, arama, kurtarma, tahliye, haberleşme, ilk yardım ve yangınla mücadele gibi uygulanması gereken acil durum müdahale yöntemleri işveren tarafında belirlenip ve yazılı hale getirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca işverenin herhangi bir acil durumun meydana gelmesi halinde çalışanların korunması ve güvenli yere götürülmesi amacı ile acil durum planlarında uygun tahliye düzenlemelerinin yapması ve çalışanlara bu konuda önceden gerekli talimatları vermesi gerektiği belirtilmektedir. Tahliye esnasında işyerlerinde yaşlı, engelli, gebe veya kreş var ise çocuklara refakat edilmesi için tedbirler alınması gerektiği belirtilmiştir. Bunun yanı sıra acil durum müdahale ve tahliye yöntemleri oluşturulurken çalışanlar dışında müşteri, ziyaretçi gibi işyerinde bulunması muhtemel diğer kişiler de göz önünde bulundurulması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca,

görevlendirilecek çalışanların belirlenmesi konusunda ise çok tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde 30, tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde 40 ve az tehlikeli sınıfta yer alan işyerlerinde 50 çalışana kadar arama, kurtarma ve tahliye, yangınla mücadele, konularının her biri için uygun donanıma sahip ve özel eğitimli en az birer çalışanı destek elemanı olarak görevlendirilmesi ve ekiplerin koordineli olarak görev yapması gerekliliğini belirtmektedir. Müdahale aşamasına dair görevlendirmelerin ve özellikle tahliye gibi önemli bir durumla ilgili belirtilen düzenlemeler yeterlidir; ancak diğer servisler (Finans ve Yönetim Servisi, Lojistik ve Bakım Servisi, Planlama ve Bilgi Servisi vb.) ile ilgili düzenlemelerin varlığı ve gerekliliğinden bahsedilmemektedir. Bu nedenle **bu aşama belirtilen gerekçeler doğrultusunda yetersiz/yüzeysel bulunmuştur.**

Plan dâhilinde gerçekleştirilecek en önemli hususlardan biri de acil durum ve afetler için standart operasyon prosedürleri ve kontrol listeleri oluşturmaktır [3]. Standart operasyon prosedürleri herhangi bir afet ya da acil durumda hangi konularda nasıl davranılması gerektiği ile ilgili önceden hazırlık yapılmasını sağlayan önemli bir araçtır. Örneğin bir yangın durumunda işletme içindeki haberleşmenin nasıl sağlanacağı, yangını gören ilk kişinin ne yapması gerektiği tahliyenin nasıl yapılacağı ve hangi formların kullanılacağı gibi konular önceden belirlenirse olaya müdahale çok daha kolaylaşır. Ayrıca bu prosedürler bir işin ilgili tüm kişiler tarafından aynı şekilde yapılmasını sağlayarak önemli bir standardizasyon oluşturur [3]. **Yönetmelikte bu hususla ilgili herhangi bir madde yer almamaktadır.**

İşyerleri arasında mevcut araç ve imkânlara göre birbirlerine yapabilecekleri acil durum/afet öncesinde tespit olunan hususlarda karşılıklı yardımlaşma planlanmalı ve protokol haline getirilmelidir. Bunlar sığınaklar, malzeme ve yedekleri, alarm ve irtibat, sağlık, diğer servis hizmetleri ve iyileştirme ile zarar azaltma hizmetlerine dair konuları içerebilir [3]. Her işletme kendi ihtiyaçlarına göre kısa veya orta vadede bu işbirlikleri geliştirmelidir. *Yönetmelikte bu hususla ilgili; özellikle ilk yardım, acil tıbbi müdahale, kurtarma ve yangınla mücadele konularında, işyeri dışındaki kuruluşlarla irtibatı sağlayacak gerekli düzenlemelerin yapılmasının işverenin yükümlülüğü olduğu belirtilmiştir***.** Yönetmeliğin bu husus ile ilgili yalnızca afet yönetiminin müdahale aşaması sürecine vurgu yapması yeterli değildir. Afet yönetiminin diğer süreçlerinde de (zarar azaltma, hazırlık ve özellikle iyileştirme) bu işbirliklerin yapılması gerekmektedir. Bu nedenle **bu aşama belirtilen gerekçeler doğrultusunda yetersiz/yüzeysel bulunmuştur.**

Eğitim ve tatbikatlar afet durumunda planın mümkün olduğunca en doğru bir şekilde işlemesini sağlayan önemli bir uygulamadır. Bunun için işyeri planlarında eğitim ve tatbikatlara yer verilmesi de hayati önemdedir. Eğitim ve tatbikatlar kişilerin planlarda yazılı olanların bilinmesinin yanı sıra planlarda yer alan görevlerini uygulaya bilmeleri için gerekli bilgi ve beceriyi de kazanmalarına yardımcı olmaktadır. İşyerinde işletmenin ihtiyacına göre afete hazırlık, yangın söndürme, ilk yardım, arama kurtarma, afet psikolojisi gibi birçok konuda eğitimler verilebilir. Kimlere hangi eğitimlerin verileceği, kimler tarafından verileceği, eğitimlerin hangi tarihlerde ve nerelerde verileceği planlar içerisinde netleştirilmelidir. Aslında bir çeşit uygulamalı eğitim olan tatbikatlar da her işletmede yılda en az bir defa yapılmalıdır [3,4]. Tatbikatlar da işletmelerin durumuna göre farklı boyutlarda ve konularda tasarlanabilir. Deprem anında davranış, deprem sonrası tahliye, yangın sonrası tahliye, arama kurtarma, ilk yardım gibi pek çok konuda tatbikat yapılabilir. *Yönetmelikte eğitim ve tatbikat ayrı başlıklar altında incelenerek ayrıntılı bir şekilde ele alınmıştır. Tüm çalışanlar acil durum planları ile arama, kurtarma ve tahliye, yangınla mücadele, ilkyardım konularında görevlendirilen kişiler hakkında bilgilendirilmesi gerektiği belirtilmiş ve işe başlayan herkesin iş sağlığı ve güvenliği eğitiminin yanı sıra acil durum planları hakkında da bilgilendirilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bunun yanı sıra acil durum konuları ile ilgili özel olarak görevlendirilenlerin yürütecekleri faaliyetlerle ilgili özel olarak eğitilmesi gerektiği belirtilmiştir. Yönetmelikte tatbikat ile ilgili; hazırlanan acil durum planının uygulama adımlarının düzenli olarak takip edilebilmesi ve uygulanabilirliğinden emin olmak için işyerlerinde yılda en az bir defa olmak üzere tatbikat yapılması, denetlenmesi ve gözden geçirilerek gerekli düzeltici ve önleyici faaliyetlerin yapılması gerekliliği belirtilmektedir. Gerçekleştirilen tatbikatın tarihi, görülen eksiklikler ve bu eksiklikler doğrultusunda yapılacak düzenlemeleri içeren tatbikat raporun da hazırlanması gereklidir. Gerçekleştirilen tatbikat neticesinde varsa aksayan yönler ve kazanılan deneyimlere göre acil durum planları gözden geçirilerek gerekli düzeltmeler yapılır. Birden fazla işyerinin bulunduğu iş merkezleri, iş hanlarındaki işyerlerinde tatbikatlar yönetimin koordinasyonu ile yürütülmesi gerekliliği yer almaktadır*. **Bu aşama belirtilen gerekçeler doğrultusunda yeterli bulunmuştur.**

İşyeri afet ve acil durum planlarında bulunması gereken diğer bir husus ise acil durum malzemeleridir. İşletmeler afet ve acil durumlarda ihtiyaç duyabilecekleri acil durum malzemelerini önceden planlamalıdırlar. Bu malzemelerin planlamasında ilk 72 saat dışardan yardım alınamayacağı ihtimaline göre yapılır Afet ve acil durum planlarında acil durum malzemeleri ile ilgili aşağıdaki hususlar göz önünde bulundurulmalıdır [3]:

- ✓ Acil müdahale ekiplerinin, işletme çalışanlarının ve ziyaretçilerin de olası ihtiyaçları düşünülerek ihtiyaç duyulacak malzemelerin listesi çıkartılmalıdır.
- ✓ Malzemeler güvenli ve uygun yerlerde saklanmalı ve hangi malzemelerin kimin sorumluluğunda olduğu belirlenmelidir.
- ✓ İşletmenin mutlaka ihtiyaç duyabileceği ancak önceden işletmenin temin edip depolayamayacağı malzemeler için dışardaki kurum ve kuruluşlarla anlaşmalar imzalanarak olay anında temin edilmesi sağlanmalıdır.
- ✓ Bu malzemeler düzenli olarak kontrol edilmeli, eskime ve zarar görme durumunda yenilenmeli veya tamir edilmelidir.
- ✓ Acil durumlara yönelik yeterli gıda stoku da yapılmalıdır. Gıda stoku yapılırken saklanma koşullarına dikkat edilmeli ve gıdaların son kullanma tarihleri geçen gıdalar yenilenmelidir.
- ✓ Tüm tıbbi malzemelerin depolanma ve saklanma koşulları özel olarak ele alınmalıdır.

Yönetmelikte bu hususla ilgili işyerlerinde yangın söndürme amaçlı kullanılanlar da dahil olmak üzere acil durum ekipmanları ve ilk yardım malzemelerinin bulunduğu

yerlerin krokilerinin acil durum planlarında dökümante edilmesi gerektiği belirtilmiştir. Bu gerekliliğe yönetmelikte yalnızca yerlerinin belirtilmesi şeklinde değinilmesi ancak yukarıda belirtilen hususların da dikkate alınması ve standardize edilmesi gerekirdi. Bu nedenle **bu aşama belirtilen gerekçeler doğrultusunda yetersiz/yüzeysel bulunmuştur.**

İşyeri acil durum planlarında mutlaka ekler bölümü olmalıdır. Acil durum formları, acil durum kat ve bina vaziyet planları, tehlike profili formları ve işyerinde acil durum ekipmanlarının ve acil durum malzemelerinin olduğu yerler, kaçış yolları, toplanma yerleri gibi bilgileri gösteren çeşitli krokiler hazırlanıp acil durum planlarının eklerine konulmalıdır. Acil durum formları olarak; haber alma formu, acil durum kayıt formu, basın bildirisi, yaralı ve kayıp formu, triyaj tutanağı, bina durum raporu ile ilgili formlar standardize edilmeli ve eklerde yer almalıdır [5,7]. *Yönetmelikte bu aşama ile ilgili işyerini veya işyerinin bölümlerini gösteren ve acil durum planı kapsamında hazırlanan krokinin bina içinde kolayca görülebilecek yerlerde asılı olarak bulundurulması ve yangın söndürme amaçlı kullanılacaklar da dâhil olmak üzere acil durum ekipmanlarının bulunduğu yerler, ilkyardım malzemelerinin bulunduğu yerler, kaçış yolları, toplanma yerleri ve bulunması halinde uyarı sistemlerinin de yer aldığı tahliye planının acil durum planlarında dökümante edilmesi gerekliliği belirtilmektedir.* Yönetmeliğin bu hususla ilgili daha çok ayrıntılandırılması ve yukarıda belirtilen acil durum formlarının da gereklilikleri konusunda yol gösterici olması gerekmektedir. Bu nedenle **bu aşama belirtilen gerekçeler doğrultusunda yetersiz/yüzeysel bulunmuştur.**

4. Tartışma

İşyerleri için acil durum (eylem) planları hayati önem taşırlar. Bu planlar; zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme süreçlerini kapsayacak dinamik bir yapıda olmalıdırlar [4]. Planlama; eğitim, tatbikat uygulama, malzeme test etme, çalışanlar ile aktiviteleri koordine etme süreçlerini kapsamalıdır [4,5]. Doğru bir işyeri acil durum planı, işyerinin maddi kayıplarının iyileştirmesine, pazar kaybının azaltılmasına, iş sürekliliğinin sağlanmasına, çalışan, çevre ve toplumun refahına katkı sağlayan önemli bir unsurdur [10]. Bu nedenle planın tüm aşamaları değerlidir ve vazgeçilmez olmalıdır.

Çalışma kapsamında hiç değinilmediği olarak saptanan ‘‘Planlama İçin Ekiplerin Oluşturulması’’ ve ‘‘Standart Operasyon Prosedürleri ve Kontrol Listeleri’’ mutlaka iş yeri planlarında dikkate alınmalıdır. Başarılı bir işyeri acil durum planı için çalışanların ve yöneticilerin desteği ilk şarttır. Planlama işlemine mümkün olduğu kadar çok personel ve birimin katılımının sağlanması gerekmektedir [7]. Farklı birimlerden gelenler farklı görüş ve fikirler ile planı zenginleştirip güçlendirecek, gerekli ekiplerin oluşturulmasına katkı sağlayarak problemin çözümü için daha fazla çözüm ve kaynak elde edilmesine yardımcı olacaktır. Bir acil durum anında tüm personel görevini ve ne yapması gerektiğini bilmelidir. Bu nedenle acil durum kaçış prosedürlerinin, tahliye öncesi kritik operasyonların tamamlanmasını gerçekleştirecek personeller için gerekli prosedürlerin, tahliye tamamlandıktan sonra çalışanlar ve ziyaretçiler için gerekli prosedürlerin, gerçekleşmesi muhtemel acil durumlar öncesi, esnası ve sonrasında yapılacakların belirtildiği kontrol listelerinin oluşturulması büyük fayda sağlamaktadır [5,7]. Bu iki başlığın karar alıcılar tarafından mutlaka dikkate alınması gerekmektedir.

Çalışma kapsamında yetersiz/yüzeysel olarak saptanan 4 başlık birbirlerinin tamamlayıcısıdır. Öncelikle plana konu olacak acil durumların saptanması ve bu acil durumların mekan, personel ve üretim üzerindeki etkilerini saptamaya yarayacak olan profil formlarının oluşturulması ve planlarda yer alması gereklidir [5-7]. Bu başlıklar altında planlama yalnızca acil durumlarda müdahale aşamasına yönelik olmamalı, daha bütünsel bir yönetim sürecini kapsamalıdır [4-7]. Acil durum servisleri işletmenin büyüklüğüne ve acil durumun oluşturacağı zarara ilişkin tespitler doğrultusunda daha geniş bir bakış açısı ile ele alınmalıdır. Bu bakış açısı işbirliği protokollerinde de göz ardı edilmemelidir. Bu hususlar özenle incelendikleri durumlarda işletmelerin iş sürekliliği konusunda büyük yarar sağlayacaktır [10].

5. Sonuç

Oluşturulan kontrol listesi kapsamında *İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik*'te yetersiz/yüzeysel olarak görülen 4 ana başlığın ve hiç değinilmediği saptanan 2 ana başlığın karar alıcılar tarafından tekrar değerlendirilmesi ve planı uygulayıcılar tarafından dikkate alınması yarar sağlayacaktır. İşyerlerinde başarılı bir acil durum (eylem) planı can, mal kaybını azaltacak, iş sürekliliği üzerinde ise olumlu bir katkı sağlayacaktır. Bu planın tüm unsurları ile eksiksiz olması sağlanmalı, uygulanmalı ve tatbik edilmelidir.

Kaynaklar

[1] 20.06.2012 tarihli 6331 Kanun No. İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120630-1.htm. Erişim Tarihi: 15.11.2015.
[2] 18.06.2013 tarihli 28681 sayılı İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik. http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130618-8.htm. Erişim Tarihi: 15.11.2015.
[3] Kadıoğlu, M., Sanayi ve İşyerleri İçin Afete Acil Yardım Planlama Rehberi, İstanbul İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, İstanbul Sismik Riskin Azaltılması ve Acil Durum Hazırlık Projesi (İSMEP), İstanbul, 2009.
[4] Emergency Management Guide for Business and Industry, Federal Emergency Management Agency (FEMA), October 1993.
[5] Guide for All-Hazard Emergency Operations Planning, State and Local Guide (SLG) 101, September 1996.
[6] Afet Yönetim Merkezleri Eğitmenleri. Acil Durum Planlaması, İstanbul Teknik Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi, ITU Press, 2005.
[7] Afet Yönetim Merkezleri Eğitmenleri. Eğitim Kurumları için Afet Acil Yardım Planı Klavuzu, ITU Press, 2005.
[8] Öztek, Z., Sağlık Hizmetleri Planlamasının Temel İlke ve Teknikleri, T.C. Sağlık Bakanlığı, Uyum Eğitimi Eğitim Materyali, Ankara, 2001.
[9] Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü. Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Kasım – 2014.
[10] Komut M., İş Sürekliliği Organizasyonu. İ.Ü. Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi No:49. (Ekim 2013). ss.101-116.

KÜME KAPSAMA MODELİ İLE YARALI TOPLANMA MERKEZLERİNİN YERLEŞTİRİLMESİ

DEPLOYMENT OF CASUALITY COLLECTION CENTERS WITH SET COVERING MODEL

Hakan Murat ARSLAN [a] ve Mehmet Selami YILDIZ [b]

[a]Düzce Turgut Özal Anadolu Lisesi, E-posta: hma1973@mynet.com
Düzce Üniversitesi, İşletme Fakültesi, E-posta: selamiyildiz@düzce.edu.tr

Özet

Yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılması, muhtemel afet durumlarında halkın acil yardım talebine etkili ve hızlı şekilde cevap verilmesi bakımından önemlidir. Bu çalışmanın amacı, Düzce ili Konuralp bölgesinde yetkililerce belirlenen sayıda yaralı toplanma merkezinin optimum konumunu Küme Kapsama Modeli ile belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda Konuralp bölgesine bağlı 7 yerleşim biriminin her biri aday yaralı toplanma merkezi olarak kabul edilmiştir. Problem, literatürde geçen kapsama uzaklıkları 0.5 ve 1 km ile tasarlanmış ve *Sitation* yazılımı ile çözümlenmiştir. Sonuçlar kıyaslandığında, kapsama mesafesi arttığında talebin karşılanma oranının arttığı görülmüştür. Yetkililerin Konuralp için önerdiği YTM sayısına bağlı kalarak, 0.5 km kapsama mesafesi için % 58.51 kapsama oranı ve 1 km kapsama mesafesinde % 100 ile tespit edilen yaralı toplanma merkezi konumunun optimum yer olduğu ve sonuçların yetkililerle paylaşılmasının toplumsal fayda oluşturacağı düşünülmüştür.

Anahtar kelimeler: Tesis Yeri Seçim Problemleri, Küme Kapsama Modeli, Yaralı Toplanma Merkezi

Abstract

The optimum deployment of casuality collection centers is important in terms of that urgent aid demand of people is met quickly and effectively in possible disaster conditions. The aim of this study is to determine the optimum location of casuality collection centers in the number fixed by the authorities through Set Covering Model. Within this aim, each one of the 7 residence areas in the coverage of Konuralp district of Düzce Province was verified as possible casuality collection center. The problem was solved taking the covering distances 0.5 to 1 kms mentioned in the regulations as well as the software called Sitation. When the results were compared, it was seen that the more covering distance increased, the more the rate of meeting of demand increased. Depending on the number of casuality collection centers the authorities recommended for Konuralp, it was thought that the location of casuality collection center determined by 58.51 percent covering rate for 0.5 km covering distance and by 100 for 1 km covering distance were optimum points and that sharing the results with authorities would be socially benefical

Keywords: Facility Location Problems, Casuality Collection Centers, P-Median Facility Location Model

1. Giriş

Yerleşim ve barınma insanlığın başlangıcından beri çok önemli iki unsurdur. Bu nedenle tesislerin en uygun yer seçimi oldukça eski ve üzerinde uzun zamandır çalışılan bir konudur. Özellikle özel sektör işletmeleri müşteri talebinin daha hızlı karşılanması ve ihtiyacı olan ürünlere kolay ulaşabilmeleri açısından tesislerin optimum konuşlandırılmasını her zaman önemsemişlerdir. Özel ve kamu işletmeleri kuruluş yeri seçim kararlarını alırken oldukça dikkatli davranırlar. Bu nedenle tesislerin optimum yerleştirilmesi düşüncesi nisbeten uzun vadeli karardır. İşletmeler arası rekabetin giderek arttığı ve finansal kararlar vermenin giderek arttığı son asırda tesislerin en uygun yerlere kurulması artarak önemli hale gelmiştir [1]. Tesis yer seçimi problemlerinin uygulama olarak karşımıza çıktığı diğer bir konuda afetler sonrasında afetten etkilenen bölgede yaşanacak kargaşa durumunu azaltıcı faaliyetlerden olan yaralı toplanma noktalarının yer seçimidir. Gelen başlıklarda YTM'leri ile iligili literatür çalşmaları, 2.bölümde; uygulama bölgesinin afet geçmişi, çalışmanın modelinde kullanılan küme kapsama Modeli, 3. Bölümde; bulgular, 4.bölümde; sonuç ve sonraki çalışmalar için önerilere yer verilmiştir.

1.1 Yaralı Toplanma Merkezlerinin Yer Seçimi

Acil yardım hizmetleri veren tesisler içinde kabul edilen yaralı toplanma merkezlerinin yer seçimi, kamu tesislerinin optimum yerleştirilmesi problemlerinin özel bir halidir [2]. Drezner 2004'te bir model önererek yaralı toplanma merkezi (YTM) gibi afetlerde ilk yardım hizmeti sunacak tesislerin optimum konuşlandırılmasını başarmıştır. Bu model, yaralı toplanma merkezleri olarak kullanılacak p sayıda tesisin yerleştirilmesini ifade eder [3]. Yaralı toplanma merkezleri; yaralıların toplandığı, durumlarına göre sınıflandırıldığı, çok acil hastaların tedavilerinin yapıldığı, gerek görülen hastaların afet bölgesinde ayakta kalan hastanelere ya da afet bölgesi dışındaki hastanelere sevkedildiği ve afetlerin hemen sonrasında afetzedeler için lojistik malzemelerin temin edildiği kalıcı tesislerdir [4].

Yaralı toplanma merkezleri, çok sayıda yaralıya acil sağlık hizmeti gerektiren büyük afetlerde (deprem, sel, hortum vb.) derhal faaliyete başlamalıdır. Aksi takdirde, hastanelere yoğun talep sonucunda ilk yardım personelinin zamanının ve ihtiyaç malzemelerinin yardıma gerek olmadan iyileşecek yaralılara harcanması

kaçınılmazdır [5]. Daha önceki çalışmalar incelendiğinde acil yardım tesislerinin ve yaralı toplama noktalarının optimum yerleştirilmesini konu alan çalışmalar yapılmıştır ancak bu çalışmada geçen yaralı toplanma merkezleri, yaralı toplama noktalarını içine alan daha kapsamlı tesisler olarak kabul edilmiştir. Aşağıda sıralanan özellikler ile yaralı toplanma merkezlerinin, yaralı toplama noktalarından farklı olduğu varsayılmıştır [4]:

1- Yaralı toplama noktaları afetlerden hemen sonra kurulan geçici yerler iken yaralı toplanma merkezlerinin kalıcı tesislerden oluşturulduğu kabul edilmiştir.

2- Yaralı toplama noktalarında sağlık personeli olarak bir hemşire veya bir sağlık memuru yeterli görülmesine rağmen, toplanma merkezlerinde daha önceden belirlenmiş, sayıları en az bir olmak üzere doktor, hemşire, sağlık memuru, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) görevlisi ve bir ambulans bulundurulması gerektiği kabul edilmiştir.

3- Sınırlı sayıdaki toplanma merkezinin AFAD koordine merkeziyle haberleşme ağının afetlerden önce oluşturulduğu varsayılmıştır.

4- Yaralı toplama noktalarında yaralı afetzedelere ilk yardım hizmeti esas alınırken yaralı toplanma merkezlerinde afetzedelerin diğer ihtiyaçları için lojistik destek sağlandığı kabul edilmiştir.

5- Yaralı toplama noktaları il sağlık müdürlükleri tarafından oluşturulurken yaralı toplanma merkezlerinin AFAD ve il valilikleri tarafından oluşturulduğu kabul edilmiştir.

6- Afetlerden önce yaralı toplanma merkezleri yerlerinin yetkililer tarafından halka duyurulduğu kabul edilmiştir.

Yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılmasında P-Medyan Tesis Yerleştirme Modelinin uygulanabilirliğinin gösterilmeye çalışıldığı bu çalışmanın ikinci bölümünde Düzce'nin afet geçmişi ve optimum yerleştirilmesi düşünülen yaralı toplanma merkezleri için önerilen model üzerinde durulmuştur. Çalışmanın son bölümünde ise, Düzce ili merkeze bağlı 56 yerleşim birimi arasından belirlenen kriterler açısından en uygun üç yaralı toplanma merkezinin P-Medyan Tesis Yerleştirme Modeli kullanılarak optimum fayda sağlayacak şekilde yerleştirilmesi analizi ve sonuçları yer almaktadır.

2. Yöntemler

2.1 Düzce'de Olası Bir Afette Konuşlanacak Yaralı Toplanma Merkezlerinin Yer Seçimi

2.1.1 Düzce ve Afet geçmişi

Türkiye, coğrafik durumu sebebiyle çok sık doğal afetlere maruz kalmaktadır. Bu doğal afetlerin ilk sırasında %76 oranı ile depremler gelmektedir. Çalışmanın uygulandığı bölge olan Düzce ilinin en etkili depremleri 1957 (6.8 Mw, Abant) ,1967 (7.0 Mw, Mudurnu) ve 1999 (7.2 Mw, Kaynaşlı) depremleri olduğu ve bu depremlerin Kuzey Anadolu Fay Hattı üzerinde bulunan Düzce yakınındaki segmentlerin kırılması neticesinde oluştuğu bilinmektedir [6].

2.1.2 Düzce Konuralp Bölgesi için Aday Yaralı Toplanma Merkezleri

Düzce'de olası bir afette kullanılmak üzere 2015 yılı için AFAD tarafından oluşturulmuş aday yaralı toplanma merkezleri aşağıda belirtilmiştir. *Konuralp Bölgesi için Oluşturulan Aday Yaralı Toplanma Merkezleri:* Çiftepınarlar, Hüseyin Kıl, Kemal Işıldak, Murat Demir, Terzi Aliler, Bayram Gökmen, Orhangazi Yaralı toplanma merkezlerinin her biri, bu merkezlere ulaşan veya ulaştırılan afetzedelere il yardım hizmeti vereceği için birer tesis olarak varsayılmış, ilk yardım hizmeti alacak yaralıların bulundukları yerleşim birimleri de talep noktaları olarak kabul edilmiştir. Düzce için düşünülen Yaralı toplanma merkezlerinin optimum konuşlandırılmasında kullanılan Küme Kapsama Modelinin amaç fonksiyonunda değişkenler olarak yaralı toplanma merkezlerinin yerleşim birimlerine olan uzaklıkları ve her bir yerleşim biriminin nüfus yoğunluğu kullanılmıştır. Her bir yerleşim birimi uygun kapsama uzaklıkları ile en yakın yaralı toplanma merkezlerine atanmış ve bulunan sonuçlar yorumlanmıştır. Çalışmanın problemi, esasen n tane düğüm noktasına hizmet sunabilecek p tane tesisin optimum konuşlandırılması ile ilgili olduğundan Küme kapsama Problemi olarak ele alınmıştır. Sınırlı bir bölge içinde afet anında topluma ilk yardım hizmetinin hızlı ve planlı olması hayati önem taşıdığından kapsama mesafesinin afetzedelere en fazla yürüme mesafesinde ya da sedye ile yaralıların taşınabilecek uzaklıkta olması gerekir [7]. Araştırmacılar kapsama mesafesinin 2 km'yi aşmaması gerektiğini belirtmişlerdir [3]. Bu çalışmada literatüre uygunluk açısından optimum kapsama uzaklığı (Dc) 0.5 ve 1 km kabul edilerek yaralı toplanma merkezleri ile kapsanan yerleşim birimleri ve nüfusları gözlemlenmiştir [4].

2.1.3. Küme Kapsama Problemi

Küme kapsama probleminde, her bir talep düğümünün en az bir tesis tarafından kapsanabilmesi için sonlu bir aday tesis kümesi içinden minimum maliyetli bir tesis kümesi seçilir [3].

Küme kapsama problemi;

$$Min \sum_{j\in J} f_j x_j \qquad (2.1)$$

$$\sum_{j\in J} a_{ij} x_j \geq 1 \qquad \forall i \in I \qquad (2.2)$$

$$x_j \in \{0,1\} \qquad \forall j \in J \qquad (2.3)$$

biçiminde formüle edilebilir. Burada,

I: Talep düğümlerinin kümesi,

J: Aday tesis yerlerinin kümesi,

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & , \text{ i nin talabi j tarafından karşılanıyorsa} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

f_j: j aday yerine tesis yerlestirme maliyeti,

$$x_j = \begin{cases} 1 & , \text{ tesis j aday yerine yerleştirilirse} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

(2.1) matematiksel ifadesinde problemin amaç fonksiyonu seçilen tesislerin toplam maliyetini minimum yapacak şekilde gösterilmiştir. (2.2) eşitsizliği bir kısıt olarak, her i

talep düğümünün en az bir tesis tarafından kapsanmasını sağlar. (2.2) kısıtının sol tarafı, i talep düğümünü kapsayabilen, optimum yerlestirilmiş tesis sayısını verir. (2.3) ifadesi ise bütünlük kısıtı olarak karar değişkenidir.

3. Bulgular

Düzce İli Konuralp bölgesi 7 yerleşim biriminden oluşan sınırlı alanı için oluşturulan yaralı toplanma merkezlerinin konuşlandırılmasında afetzedelerin ne kadarının kapsandığı yerleşim birimlerinin nüfusu ve kapsama uzaklığı değişkenlerine bağlı 0.5 ve 1 km kapsama mesafesi için analiz edilmiştir.

3.1 Küme Kapsama Modeli ile Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması ve Analizi

Düzce Konuralp bölgesi için yaralı toplanma merkezlerinin konuşlandırılmasında Küme Kapsama Modelinin seçilmesinde sabit sayıdaki yaralı toplanma merkezi ile uygun ilk yardım hizmeti uzaklığı (Dc) içinde kapsanabilen afedzedenin en fazla olması amaçladığından Düzce Konuralp Yaralı Toplanma Merkezlerinin konuşlandırılması Küme Kapsama Problemi olarak ele alınmış ve (2.1) ve (2.3) ifadelerine göre;

$i=1,2,3,\ldots,7$ (3.1)

$$a_i = \begin{cases} 1 & , \text{ i yerleşim biriminin talebi karşılanıyorsa} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

$$x_j = \begin{cases} 1 & , \text{ YTM j aday yerine yerleştirilirse} \\ 0 & , \text{ aksi halde} \end{cases}$$

$N_i = \{ j \in J : d_i \leq D_c \}$ (3.2)

N_i= i yerleşim biriminin talebini karşılayabilen tüm yaralı toplanma merkezleri

h_i=i.yerleşim biriminin nüfusu

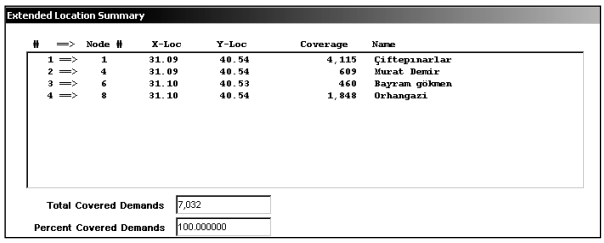
d_{ij}=i. yerleşim birimi ile j aday yaralı toplanma merkezi arasındaki uzaklık

I =Yerleşim birimleri kümesi

J =Yaralı toplanma merkezleri için aday yerler kümesi

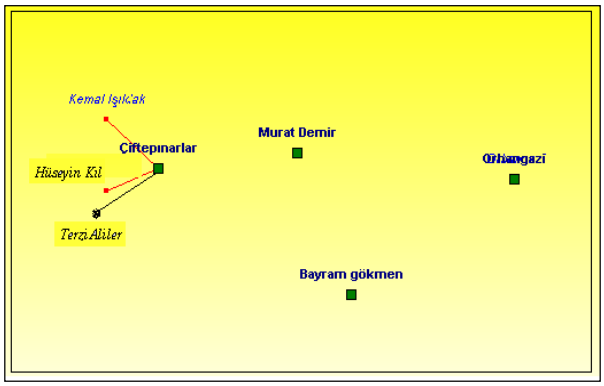
3.1.1. D_c =0.5 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması Modeli Sonuçları

Model *Sitation* yazılımı ile geleneksel optimizastyon yöntemlerinden Lagrange Çarpanları temel alınarak bir yaralı toplanma merkezi ve kapsama mesafesi 0.5 km için çalıştırıldığında elde edilen sonuçlar gelen tablo ve şekillerde ifade edilmiştir.



Şekil 3.1. D_c=0.5 km için Yaralı Toplanma Merkezlerinin Kapsadığı Talep Miktarı

Şekil 3.1'de Düzce Konuralp bölgesi nüfusu olan 7032 kişinin tamamının talebi 0.5 km kapsama mesafesi için Çiftepınarlar, Murat Demir, Bayram Gökmen ve Orhangazi Yaralı Toplanma Merkezleri ile karşılanabildiği yani 4 YTM ile bölge nüfusunun tamamının afet anındaki talebinin karşılanbildiği ifade edilmiştir.



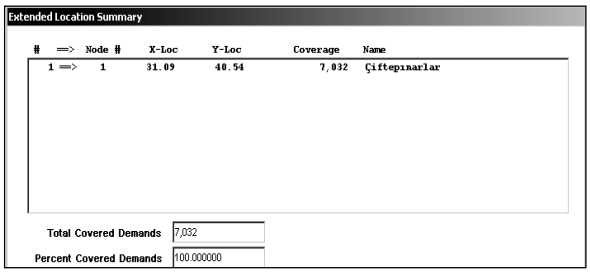
Şekil 3.2. D_c =0.5 km ve 1 Yaralı Toplanma Merkezi için Çözüm Haritası

Şekil 3.2'de Kapsama uzaklığı 0.5 km alındığında elde edilen çözüm haritası görülmektedir. Bu haritada 7 yerleşim biriminden belirlenen 4 yaralı toplanma merkezinin hangi yerleşim bölgelerini kapsadığı gösterilmiştir.

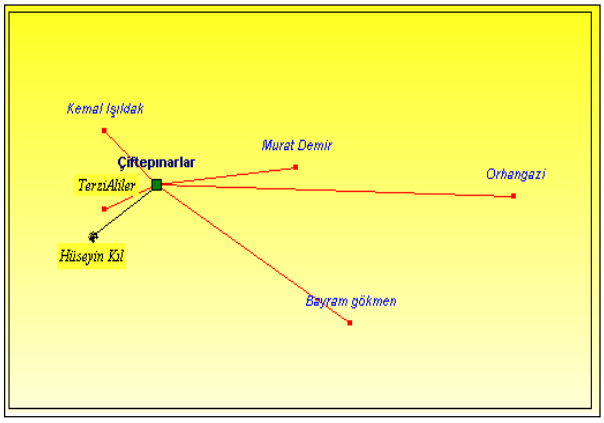
3.1.2. D_c=1 km ve 1 Yaralı Toplanma Merkezi'nin Konuşlandırılması Modeli Sonuçları

Düzce Konuralp bölgesi Yaralı Toplanma Merkezleri Konuşlandırılması Modeli, kapsama uzaklığı 1 km ve 1 yaralı toplanma merkazi için *Sitation* yazılımı ile çalıştırıldığında elde edilen sonuçlar gelen tablo ve şekillerde ifade edilmiştir.

Şekil 3.3'de Düzce Konuralp bölgesi nüfusu olan 7032 kişinin tamamının talebi *Çiftepınarlar* Yaralı Toplanma Merkezi ile karşılanabildiği ifade edilmiştir. Bu kapsama analizinde kapsama mesafesi 1 km' ye çıkartıldığından Çiftepınarlar adlı YTM'nin bölge nüfusu olan 7032 kişinin afet anındaki talebinin tamamını karşıladığı ifade edilmiştir.



Şekil 3.3. D_c=1 km ve 1 Yaralı Toplanma Merkezi için Kapsanan Talep Miktarı



Şekil 3.4. Dc=1 km ve 1 Yaralı Toplanma Merkezi için Çözüm Haritası

Şekil 3.4'de kapsama uzaklığı 1 km ve Çiftepınarlar Yaralı toplanma merkezine ait çözüm haritası görülmektedir. Bu harita Konuralp bölgesi nüfusu olan 7032 kişinin tamamının talebinin karşılandığı gösterilmiştir. Şekil 3.1 ve Şekil 3.3'de görüldüğü üzere kapsama mesafesine bağlı Düzce ili Konuralp bölgesinde 7 yerleşim birimi arasından seçilecek yaralı toplanma merkezlerinin yerleştirlmesinde kapsama mesafesi kademeli artırıldığında D_c=0.5 km için 4 yaralı toplanma noktası ile Konuralp nüfusunun % 100'ü kapsanırken D_c= 1 km kapsama mesafesi için çalışmanın modeli *Sitation* yazılımı ile analiz edildiğinde 1 yaralı toplama merkezi ile çalışmanın uygulama bölgesi olan Düzce konuralp nüfusunun %100'ü kapsanabilmektedir.

Afet anında en fazla sayıda afetzedeye ilk yardım hizmeti götürebilmek için bu çalışmada iki yol izlenmiştir. Dc=0.5 km kapsama mesafesi ile 7032 kişiden oluşan Konuralp bölgesinin kaç YTM ile maksimum kapsanabileceği ikincisi de kapsama mesafesini 1 km'ye çıkartarak 1 YTM ile toplam nüfusun ne kadarının kapsandığı incelenmiş ve sonuçlardan yorum çıkartılmıştır. Ancak birinci yol yetkililerce maliyetli olduğundan ikinci yolu yani makul kapsama mesafesi Dc =1 km için açılacak bir YTM ile maksimum afetzedenin kapsandığı durum tercih edilmiştir.

4. Tartışma Ve Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre Düzce ili Konuralp bölgesindeki 7 yerleşim birimi için Küme Kapsama modeli Düzce valiliği AFAD yetkililerinden alınan veriler çerçevesinde *Sitation* yazılımı kullanılarak öncelikle 0.5 km kapsama mesafesi için analiz edilmiş olup toplam talebin % 100'üne 4 yaralı toplanma merkezi ile cevap verilebildiği ve bu merkezler; Çiftepınarlar, Murat Demir, Bayram Gökmen ve Orhangazi Yaralı Toplanma Merkezleri olduğu, aynı verilerle model kapsama mesafesi 1 km ve 1 toplanma merkezi ile optimum yerleşim için analiz edildiğinde toplam talebin % 100' ünün *Çiftepınarlar* Yaralı Toplanma Merkezi ile karşılanabildiği görülmüştür.

Kullanılan makul kapsama mesafeleri literatüre ve AFAD yetkilerinin verilerine bağlı kalarak belirlenmiştir. Maksimum kapsama uzaklığı arttırıldığında talebin karşılanma oranının da artacağı açıktır ancak afetzedelere hizmetin hızlı olması gerekliliği dikkate alındığında, afetzedelere olan maksimum kapsama uzaklığının 2 km'yi geçmesi halinde yaralı toplanma merkezlerinin hayat kurtarmada etkili olamayabilir. Çalışmanın paralelinde yapılacak çalışmalarda optimum konuşlandırılacak tesisler için kapsama modeli ve modelin değişkenleri optimum yerleştirilecek tesislerin kurulum şartlarına göre değiştirilebilir. Ayrıca çalışmanın toplumsal fayda sağladığı düşünülen sonuçları il afet koordinasyon yetkilileri ile paylaşılmıştır.

Kaynaklar

[1] Correıa, I., Nickel, S. ve Saldanha-da-Gama, F. (2009). Single-Assignment Hub Location Problems with Capacity Choice, CIO − *Working Paper* 9/2009, 4–27

[2] ReVelle, C., Bigman, D., Schilling, D., Cohon, J. and Church, R. (1977). *Facility location*: *a review of context-free and EMS models,* Health Services Research. *12 (2), 129-146*

[3] Darende, B. (2009). *Tesis Yer Seçimi ile Deprem Durumunda Yaralı Toplama Noktalarının Modellenmesi,* Yüksek lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi İstatistik Anabilim dalı, Ankara.

[4] Arslan, H.M. (2015). Yapay Zekâ Optimizasyon Yöntemleri İle Yaralı Toplanma Merkezlerinin Konuşlandırılması, Basılmamış Doktora Tezi, Düzce Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim Dalı, Düzce

[5] Drezner, T., Drezner, Z. and Salhi, S.A. (2006). *Multi-objective heuristic approach for the casualty collection points location problem,.* Journal of the Operational Research Society.*57 (6), 727-734,*

[6] Kundak, S. ve Türkoğlu, H. (2007). *Analysis of earthquake risk in Düzce*, magazine of Istanbul Technical Univesity, 6(2), 37- 46, Istanbul

[7] Altıntaş, H. (2005). *Disasters and disaster medicine*, section 12 page 646. Hacettepe Üniversity Publishment, Ankara.

KİMYASAL KÖKENLİ TEKNOLOJİK AFETLERİN YÖNETİMİNDE PRAGMATİK BİR YAKLAŞIM: SEVESO DİREKTİFİ

A PRAGMATIC APPROACH IN MANAGEMET OF TECHNOLOGICAL DISASTERS WITH CHEMICAL ORIGIN: THE SEVESO DIRECTIVE

Gazanfer ERBAY [a], Bora BALUN [a] ve Cevdet GÖLOĞLU [b]

[a] İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Karabük, Türkiye, gerbay1966@hotmail.com
[a] İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Karabük, Türkiye, borabalun @hotmail.com
[b] Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük, Türkiye, cgologlu@hotmail.com

Özet

Modern endüstriyel üretim süreçlerinin önemli bir girdisi olan kimyasal maddeler, başta sanayi üretimi olmak üzere kullanım kategorisi ve özelliğine bağlı olarak hemen her alanda sıklıkla kullanılmaktadır. Kimyasal maddelerin yoğun şekilde kullanılması, toplum ve çevre sağlığı açısından kimyasal kökenli kazalar şeklinde betimlenen birtakım riskleri de beraberinde getirmektedir. Bu çalışmada; yüksek risk potansiyeline sahip kimyasal kökenli kazaların önlenmesi, denetimi ve olası etkilerini en aza indirgenmesi için geliştirilen Seveso Direktifi'nin uygulama alanı ve uygulamaya yönelik sonuç odaklı öneriler tartışılmıştır. İlgili alanı kapsayan bir Erasmus+ projesi hakkında da özet bilgi sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Kimyasal Kökenli Kazalar, Seveso Direktifi, Teknolojik Afetler.

Abstract

The chemical substances, which are one of the important inputs of modern production processes, are used based on their usage categories and properties in almost all areas. Intensive use of chemical substances also brings certain risks which are named as chemical origin accidents in terms of environmental health. In this study, the Seveso Directive which is developed for minimizing, prevention, control of possible effects of chemical origin with a high potential risk are elaborated. The application areas and results-oriented proposals for development of applications of The Seveso Directive are discussed. An Erasmus+ project related to field is also briefly presented.

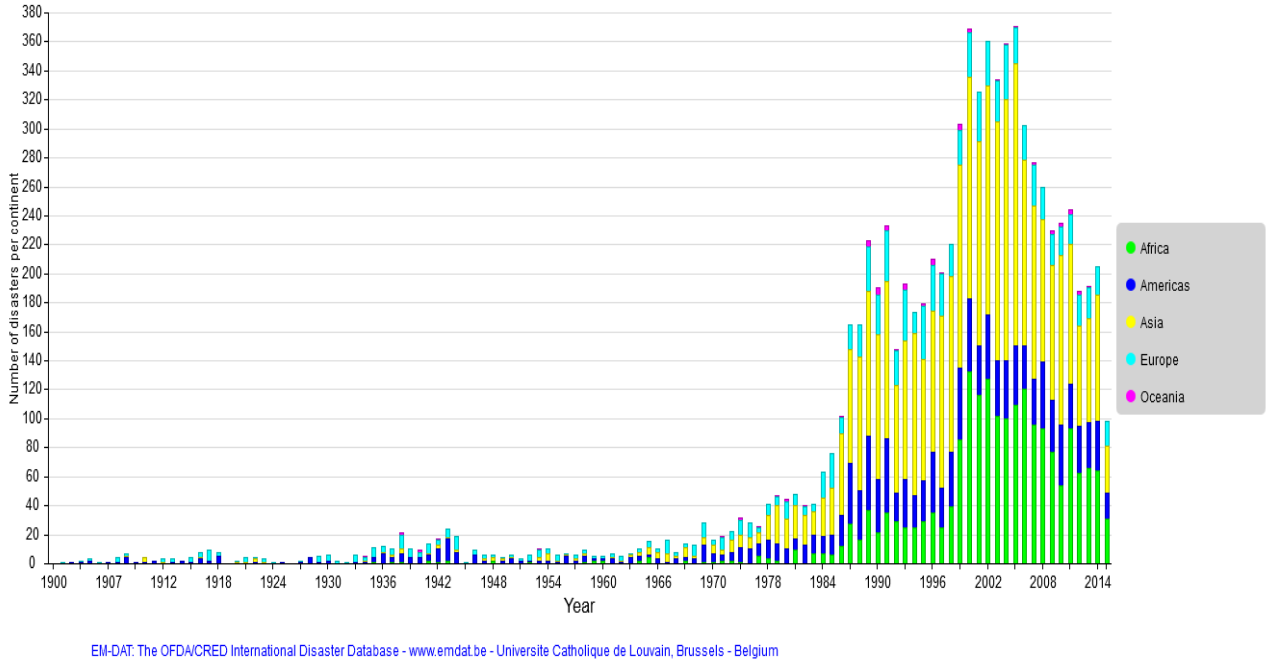
Keywords Chemical Origin Accidents, The Seveso Directive, Technological Disasters.

1. Giriş

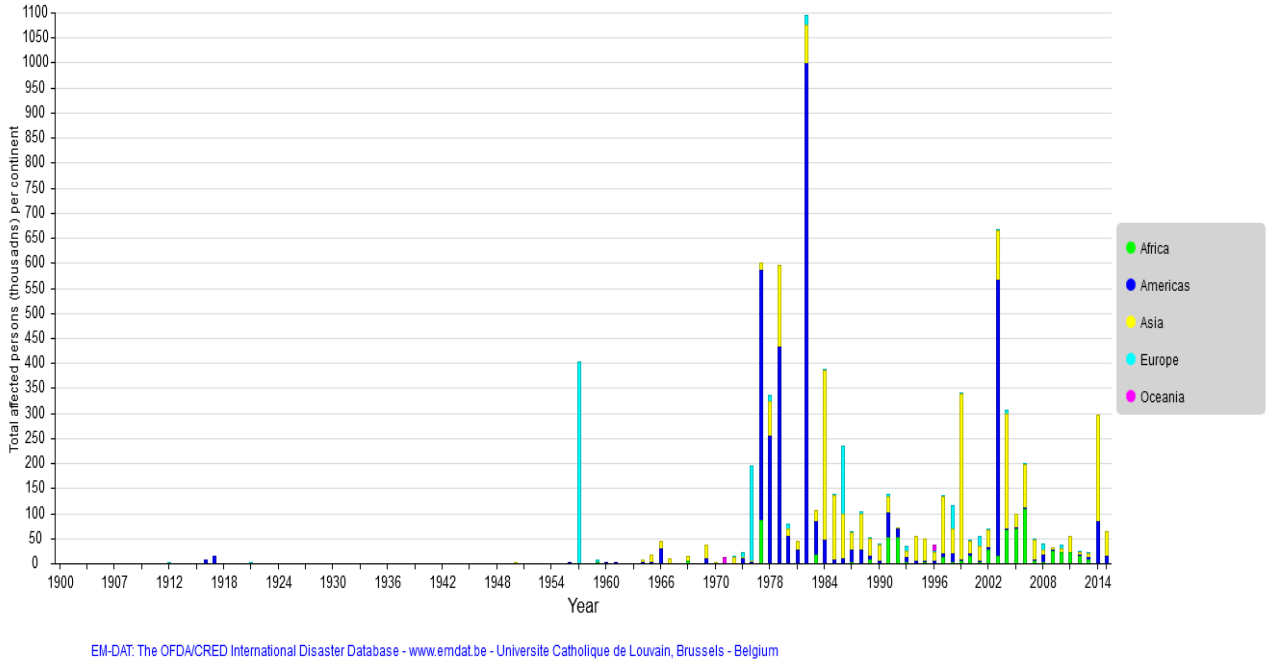
Hızla gelişen teknoloji ve küresel bazda gerçekleşen modernleşme dalgası; klasik kalıplar çerçevesinde yaşamlarını sürdüren toplumların daha modern toplumlara doğru evrilmesinde önemli bir rol oynamıştır. Bu faktörler toplumların refah seviyelerini daha üst noktalara taşırken, dağınık halde bulunan toplulukları site yaşamına yönlendirmiştir. Yükselen toplumsal refah düzeyi, nüfus artış trendini olağan üstü seviyelere taşımıştır. Buna bağlı olarak kalabalıklaşan kentlerin kronik sorunu olan sağlıksız kentleşme ile alt yapı sorunları; toplum açısından bir takım olumsuz sonuçları da beraberinde getirmiştir. Bu meyanda doğal afetler yaklaşımı; doğal afetler ve insan kaynaklı afetler veya teknolojik afetler şeklinde yeni bir kodifikasyona yönelmiştir. Teknolojik Afetler, insan faaliyetleri veya doğa kaynaklı afetlerin tetiklemesi sonucunda oluşan endüstriyel, maden, nükleer ve ulaşım kazaları, kritik yapılara yönelik tehditler, siber tehlikeler, büyük yangınlar, terörizm (kimyasal, biyolojik, radyolojik, nükleer tehditler) ile çevresel tehlikeler gibi can kaybına, hastalıklara, sosyal, ekonomik ve çevresel bozulmalara neden olan afet ya da acil durumlar olarak tanımlanmaktadır [1].

Kimyasal maddeler, teknolojik ilerlemelere paralel olarak özellikle 1950'li yıllardan sonra sanayi üretiminin ana aktörü haline gelmiştir. Bu durum aynı zamanda kimyasal maddelerin kullanım yoğunluğunu arttırmıştır. Kimyasal kökenli maddelerden kaynaklanan sorunlar neticesinde; insan kökenli teknolojik afetlerin sayısının ülkemizde ve dünyada artmasına neden olmuştur (Şekil 1). Teknolojik afetlerin sayısındaki dramatik artış, doğal olarak etkilenen insan sayısının da ülkemizde ve dünyada artmasına neden olmuştur. Meydana gelen afetlerde binlerce insan yaşamını yitirmiş ve yaralanmıştır (Şekil 2).Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde 1917- 2011 yılları arasında gerçekleşen 347 kimyasal teknolojik afetin incelenmesinden elde edilen verilere göre etkiler; toksik salınım, yangın ve patlama şeklinde kendisini göstermektedir (Şekil 3). Meydana gelen hasar üzerinde patlamalar %58 ağırlıklı etkiye sahip olup; yangınlar %27, toksik salınım %15 oranları ile toplam etki üzerinde pay sahibi olarak ölçülmüştür. Kimyasal kökenli kazaların çevresel boyutlardaki etki parametresi ufuk hattının; öngörülebilirlik ve yayılım derecesi açısından bölgesel seviyeden daha geniş alanlara doğru rasyonel ve realist değerlendirmelerde yaklaşımını zorunlu kılmaktadır.

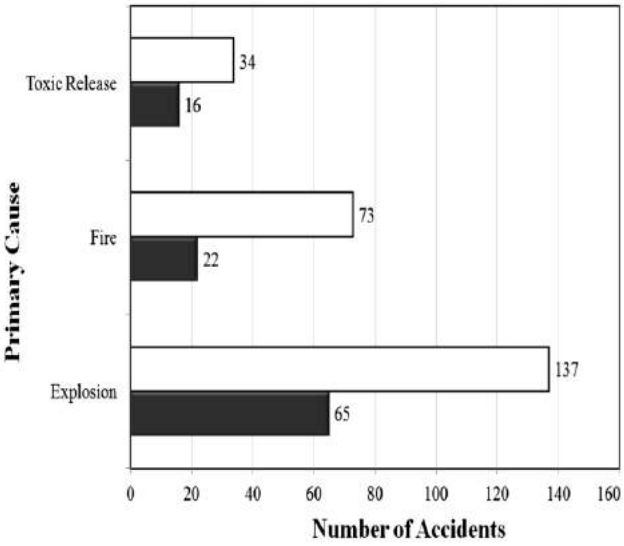
© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye



Şekil 1. Teknolojik afetler (1900-2014) [2]



Şekil 2. Teknolojik afetlerden etkilenen insan sayısı (1900-2014) [2]

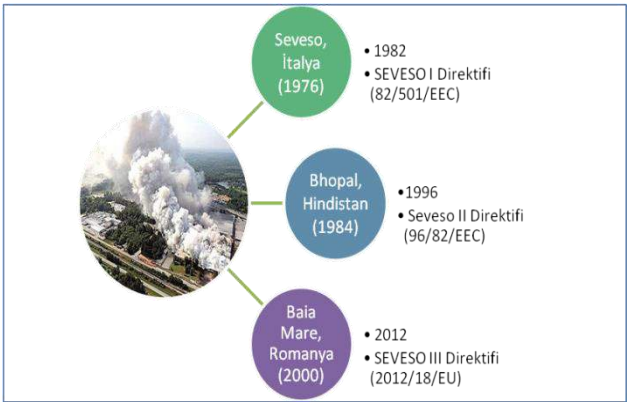


Şekil 3. Endüstriyel kazaların başlıca nedenleri (1917-2011) (Beyaz skala: gelişmiş ülkeler; Siyah skala: gelişmekte olan ülkeler [3]

2. Seveso Direktifi Süreci

Modern toplum açısından etkin bir işleve sahip olan kimyasal maddelerin; üretimi, depolanması, kullanımı ve satışı, büyük endüstriyel kazalar şeklinde nitelendirilen bir takım riskleri de özünde barındırmaktadır. Büyük endüstriyel kazalar; insan yaşamı ve doğal çevre üzerinde büyük ölçüde zarara yol açan, aynı zamanda ekonomik ve sosyal yaşam üzerinde bozukluklara neden olaylardır. Endüstriyel kazaların hükümetler, kurumlar ve topluluklar olmak üzere üç ana paydaşı vardır [4-5]. Üç paydaşı bir araya getiren ortak özellik kimyasal kökenli kazaların etki alanının keskin sınırlar ile çizilmesinin (toksik salınımın rüzgâr yolu ile geniş çevrelere yayılım özelliği) mümkün olamamasından kaynaklanmaktadır. İtalya Seveso'da 1976 yılında meydana gelen kimyasal kökenli kaza, zorunlu olarak ülkelerin bu konuda senkronize hareket zorunluluğunu ortaya koymuş, kimyasal kazaların önlenmesi hazırlık ve müdahalesi açısından psikolojik alt yapının tesisinde hayati bir rol oynamıştır.

Seveso kazasından sonra tehlikeli maddelere dair riskleri içeren büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ve kontrolü açısından özel bir yaklaşım ile Seveso Direktifi yayımlanmıştır. Bu direktif büyük endüstriyel kazaların önlenmesi açısından kolektif hareketin öncülü olup, gelişen teknoloji ve daha sonraki yıllarda meydana gelen, Hindistan Bhopal'de 1984 yılında ve Romanya Baia Mare'de 2000 yılında gerçekleşen Seveso benzeri olayların kitlesel çapta ortaya çıkan etkilerinden dolayı, Direktifin güncellenme ihtiyacı doğmuş ve sonraki aşamalarda Seveso II ve Seveso III Direktifleri yürürlüğe girmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Seveso Direktifi Kronolojisi

Seveso Direktifinin temel amacı toplum açısından kimyasal kökenli olayların önlenmesi veya en az hasarla atlatılmasıdır. Bu konuda Direktif temel ilkeleri [6];

(a) büyük endüstriyel kazaların önlenmesi,

(b) risklerin en aza indirilmesi,

(c) etkilerinin sınırlandırılması olarak belirlenmiştir.

3. Seveso Direktifi'nin Uygulama Alanı

Afetler, ülkelerin ekonomik büyümelerinin önünde önemli bir engel olmakla birlikte aynı zamanda toplum açısından sosyal etkilerinin sınırlarının oldukça geniş olduğu kitlesel bir sorundur [7]. Deprem ve heyelan gibi doğal afetler, etkilerini belirli bir bölge veya alanda gösterebilirken; kimyasal kökenli teknolojik afetlerin etkileri çoğunlukla çok daha geniş kitleleri etkileyebilmektedir. Bu durum teknolojik afetlerin, bireylerin günlük yaşamlarının hemen her alanını etkileyebilmesine yol açabilmekte; afetlerin ikincil etkileri kapsamında sosyal yaşamı sınırlandırarak baskı yaratmaktadır. Bu sorun, teknolojik afetlerin sınırlarından, gerçekte sınır tanımamalarından kaynaklanan özel durumuna, devlet kumumu ve özel işletmeler tarafından atıf yapılmasını zorunluluğa dönüştürmektedir. Seveso Direktifi, büyük endüstriyel kazaların önlenmesi açısından bir takım ödevler getirmiştir. Devlet (kamu) ve işletmeler bu yaklaşımın temel uygulayıcılarıdırlar. Kamu, gerekli kanuni düzenlemeleri oluşturmak, idari yaptırım ve ceza uygulamak, gerekli tedbirlerin aldırılmasını sağlamak, kontrol etmek ve denetlemekten sorumlu olup, toplum güvenliği ve sağlığı açısından asli role sahiptir. İşletmeler ise devlet tarafından getirilen kuralları uygulayarak, gerekli tedbirlerin alınması, gerekli bildirimlerin yapılması ve ortaya çıkan değişikliklerin bildirilmesi, risk analizinin gerçekleştirilmesi, eğitimlerin gerçekleştirilmesi ve raporların hazırlanmasından sorumludur.

Direktif doğrultusunda, tehlikeli maddeye sahip kuruluşların; büyük endüstriyel kazaların önlenmesi ile zararlarını asgari seviyeye indirilmesi amacıyla, yüksek seviyede, etkin ve kesintisiz korumayı sağlamak için alınması gerekli önlemler ile ilgili usul, esas ve yöntemler belirlenmektedir [8-9]. Seveso kapsamında kuruluşlar kapsam dışı (tehlikesiz), alt seviyeli ve üst seviyeli kuruluşlar şeklinde sıralanmaktadır. Önceden belirlenen sınırlara eşit veya bu sınırların üstündeki miktarlarda kimyasal bulunduran kuruluşlarda meydana gelebilecek büyük endüstriyel kazaların önlenmesi, etkilerinin en aza indirgenmesi ve uzun süreli korunma sağlanması için kuruluşların seviyelerine bağlı olarak "büyük kaza önleme politikası", "güvenlik raporu" ve "acil durum planı" hazırla(t)maları zorunludur. Sınır değerlere göre "alt seviyeli kuruluşlar" yalnızca "büyük kaza önleme politikası" belgesini hazırlamakla yükümlüyken "üst seviyeli kuruluşlar" buna ek olarak "güvenlik raporu" ve "acil durum planı" da hazırlamak ve bu rapor/planları tatbik etmek ile de yükümlüdür (Çizelge 1) [8-10-11].

Çizelge 1 Seveso Kategorileri

Kuruluş	Büyük Kaza Önleme Politikası	Güvenlik Raporu	Acil Durum Planı
Kapsam Dışı (Tehlikesiz)			
Alt Seviyeli	√		
Üst Seviyeli	√	√	√

Açıklamalar: Beyan edilen tehlikeli maddelerin miktarında kuruluşun seviyesini etkileyecek bir değişiklik olması; beyan edilen tehlikeli maddelerin niteliğinde veya fiziki şeklinde değişiklik olması; uygulanan süreçlerde değişiklik olması, kuruluşun faaliyetine son vermesi veya devredilmesi durumlarında işletmeler tarafından gerekli düzenlemeler yapılır.

Büyük kaza önleme politika belgesi (alt ve üst seviyeli kuruluşlar); güvenlik yönetim sistemi, büyük kazaların belirlenmesi ve değerlendirilmesi, organizasyon ve personel, acil durumlar için planlama, işletme kontrolü, değişim yönetimi, performans takibi, denetleme ve inceleme konularını içerir. Güvenlik raporu hazırlanması (üst seviyeli kuruluşlar); büyük kaza önleme politikası, kuruluşun genel tanımı, kuruluşun çevresi, organizasyon, genel koruyucu hizmetler, öngörülebilir tehlikelerin açıklanması, dâhili acil durum planlarının açıklanmasını içerir. Dahili ve harici acil durum planları (üst seviyeli kuruluşlar); gereken önlemlerin belirlenmesi ve uygulanması, ilgili kuruluşlara gerekli bilgileri zamanında iletmek, önemli bir kaza sonrasında restorasyon ve temizliğin sağlanması amacıyla ilgili ve sorumlular, kaynaklar güvenlik ekipmanları ve görevlerin ve karşılıklı yardımlaşma prosedürlerine ait bilgileri içerir [6-11].

4. Sonuç ve Öneriler

Seveso yapılanması; roller ile sorumlulukların devlet, işletme ve toplum açısından belirlendiği çok bileşenli bir yapıya sahiptir. Kimyasal kökenli afet yönetiminin kapsam alanında; sağlık kuruluşları, güvenlik kuruluşları, üniversiteler, arama ve kurtarma çalışmaları üzerine eğitim yürüten kuruluşlar, şirketler, araştırma ve geliştirme merkezleri, sivil toplum kuruluşları olmak üzere verimlilik ve işbirliğinin arttırılması gerekmektedir. Birbirinden farklı insan kaynakları enstrümanlarının bir araya geldiği yapılanmanın; teknik hacminin, güvenilirliği ve işlerliği açısından birbirine entegre olmasını ve tüm paydaşlar açısından ortak bir dil geliştirilmesini (teknolojik afet yönetimi dibacesi) zorunlu kılmaktadır.

Bilgi ve teknoloji çağı olarak tanımlanan içerisinde bulunduğumuz yüzyılda teknoloji ekseninde gelişimini sürdüren teknik altyapılar, teknik sistemler ve cihazlar sürekli yenilenmekte ve nitelik olarak bir sonraki aşamada daha gelişmiş düzeylere ulaşmaktadır. Bu açıdan işletmeler tarafından kullanılan teknolojiye dayalı güvenlik ve alt yapı sistemlerinin, belirlenen ihtiyaçlar doğrultusunda yenilenmesini mecburiyet haline dönüştürmektedir. İşletmeler açısından kantitatif yöntemler ile belirlenen risklerin, işletme güvenlik yönetimi yaklaşımında belirleyici role sahip olduğu düşünülmektedir. Tehlike ve risk arasında kesintisiz bir korelasyon olduğu göz önünde bulundurulduğunda risk değerlendirmelerinin sürekli güncellenmesi ve iş gören farkındalığının canlı tutulmasını gerektirmektedir.

Bu bağlamda, kimyasal kökenli kazaların önlenmesi, hazırlık ve müdahalesi alanında yenilik ve iyi uygulamaların değişimi için işbirliği konusunda örnek metodoloji geliştirilmek üzere; Karabük İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü koordinatörlüğünde Kimyasal Kazaların Önlemesi Hazırlık ve Müdahale İçin Yetkinlik Bazlı Eğitim Modülü Geliştirme başlıklı Erasmus+ KA2 projesi 01 Eylül 2015 tarihinde başlamıştır [12]. Projenin ortakları arasında Türkiye'den Karabük Üniversitesi ve KARDEMİR A.Ş., İspanya'dan TESICNOR S.L., Portekiz'den PREVIFORM, Finlandiya'dan Lahti Üniversitesi ve Häme üniversiteleri olmak üzere üç üniversite ve üç şirket bulunmaktadır. Proje sonucunda, ilgi alanda görev alan; arama ve kurtarma ekiplerinden ve sanayi çalışanlarından teşekkül edilmiş 25 kişilik hedef kitleye kimyasal kökenli kazalara hazırlık ve müdahale konularında pilot eğitimler verilip; iyi uygulama örnekleri, alternatif akademik yaklaşımlar, pratik ölçekte alınabilecek önlemler, Avrupa'da ve Türkiye'de yer alan mevcut uygulamaların zayıf ve güçlü yönleri konularında eğitim müfredatı üretilecektir.

Teşekkür

Yazarlar, Forming The Competency Based Education Modules For Chemical Accident Prevention, Preparedness And Response, Erasmus+ KA2 Projesi (2015-1-TR01-KA202-021323) için fon sağlayan EU Erasmus+ programına ve Türk Ulusal Ajans'ına teşekkür ederler.

Kaynaklar

[1] National Science and Technology Council, Committee on Environment and Natural Resources, Grand Challenges for Disaster Reduction, A Report of the Subcommittee on Disaster Reduction, 4, 2005.

[2] The International Disaster Database, http://www.emdat.be/disaster_trends/index.html, Erişim Tarihi: 20 Ekim 2015.

[3] Mihailidou, E., K., Antoniadis, K., D., and Assael, M., J. The 319 Major Industrial Accidents Since 1917, International Review of Chemical Engineering (I.RE.CH.E.), Vol. 4 (6), 537, 2012.

[4] Shirivastava, P. Preventing Industrial Crises: The Challenges of Bhopal, International Journal of Mass Emergencies and Disasters, Vol. 5 (3), 201, 1987.

[5] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), OECD Guiding Principles for Chemical Accident Prevention, Preparedness and Response, OECD Environment, Health and Safety Publications, Series on Chemical Accidents No. 10, Second Edition, France, 3, 2003.

[6] SEVESO Directive, Council Directive 96/82/EC of 9 December 1996 on The Control of Major- Accident Hazards Involving Dangerous Substances, 1996L0082-EN-13.08.2012- 004.001.

[7] Mitchell, T., Jones, L., Lovell, E. and Comba, E. Disasters Risk Management in Post-2015 Development Goal, Overseas Development Institute, UK., 18, 2013.

[8] Official Journal of The European Union, Directive 2012/18/EU Of The European Parliament And of The Council of 4 July 2012 on The Control of Major-Accident Hazards Involving Dangerous Substances, Amending and Subsequently Repealing Council Directive 96/82/EC, 1, 2012.

[9] Salvi, O., Jovanovic, A., Bolvin, C., Dupuis, C., Vaquero, C., Balos, D. and Villamizar, A., M. F-Seveso Study of The Effectiveness of The Seveso II Directive, Final Report, 6, 2008.

[10] Queen's University, Technology, E ngineering, And Management (TEAM), The Control of Major Accidents Hazards in Canada, Canadian Society for Chemical Engineering, 15, 2009.

[11] Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Büyük Endüstriyel Kazaların Önlenmesi ve Etkilerinin Azaltılması Hakkında Yönetmelik, Sayı: 28867, 2013.

[12] Forming The Competency Based Education Modules For Chemical Accident Prevention, Preparedness And Response, Erasmus+ KA2 project (2015-1-TR01-KA202-021323), 2015.

NÜKLEER RİSK ALGISI VE SOSYAL KABUL ARASINDAKİ İLİŞKİ: ACİL YARDIM VE AFET YÖNETİMİ BÖLÜMÜ ÖĞRENCİLERİ ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA

THE RELATIONS BETWEEN NUCLEAR RISK PERCEPTION AND SOCIAL ACCEPTANCE: A STUDY ON EMERGENCY AND DISASTER MANAGEMENT STUDENTS

Ömer Yavuz[a] ve Muhammed Recep Yüce[b]
[a] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye, E-posta: omeryavuz@comu.edu.tr
[b] Çanakkale İl Sağlık Müdürlüğü, Çanakkale, Türkiye, E-posta: m.recep.yuce@gmail.com

Özet

Bu çalışmanın amacı, Acil Yardım ve Afet Yönetimi bölümü öğrencilerin nükleer risk algısı ve sosyal kabul oranları ile bu iki faktör arasındaki ilişkiyi incelemektir. Çalışma kapsamında Türkiye'deki 5 devlet üniversitesinin ilgili bölümünde okuyan 238 öğrenciye *online* anket uygulanmıştır. Araştırmaya katılanların nükleer santralleri destekleme oranı %34,9'dur. Katılımcıların sadece %10,9'u Türkiye'de nükleer kaza olma riskini yüksek olarak değerlendirmektedir. Korelasyon analizi sonuçlarına göre, nükleer risk algısı ve sosyal kabul arasında pozitif yönlü bir ilişki vardır. Yani beklenilenin aksine risk algısı arttıkça sosyal kabul düzeyi de artmaktadır.

Anahtar kelimeler: Acil Durum, Afet, Nükleer Enerji, Risk Algısı, Sosyal Kabul.

Abstract

The purpose of this study is to examine the nuclear risk perception, social acceptance and the relationship between these two factor of students in Emergency and Disaster Management Depertman. In this context, it was conducted online survey to students who studying in the 5 state universty inTurkey. The proportion of the support the nuclear power plant in those surveyed is 34,9%. Only 10,9% of participants think that nuclear accident risk is high in Turkey. According to results of Correlation Analiysis, there is a positive relationship between nuclear risk perception and social acceptance. That is in the contrast to expected, when risk perception is go up, the social acceptance level is increase.

Keywords: Emergency, Disaster, Nuclear power, Risk perception, Social Acceptance.

1. Giriş

Nükleer enerji üretimi ve nükleer tesis yatırımları tüm dünyada gerek politikacılar gerekse bilim insanları arasında ve kamuoyunda bir hayli tartışılmaktadır. Bu konu ile ilgili tüm dünya genelinde birbiriyle zıt iki görüş rekabet etmektedir. Birinci görüşü savunan kişiler, nükleer enerjiye olumlu bakmakta ve nükleer enerjinin, mevcut enerji açığını kapatmak ve gelecekte ihtiyaç duyulan enerjiyi karşılamak için kullanılması gerektiğini vurgulamaktadırlar. Nükleer enerjiye karşı çıkan ikinci görüşü savunan kişilerin ise hareket noktaları, nükleer enerjinin dezavantajlarının avantajlarından çok olduğu ve nükleerden elde edilecek enerjinin yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılanabilir olduğudur [1]. Türkiye'de de nükleer destekçileri ve karşıtları benzer bir tartışma içerisindedir. Yukarıda belirtilen sebeplere ek olarak Türk kamuoyunda nükleer enerji destekçilerinin nükleer enerji üretimini aynı zamanda bir prestij unsuru olarak öne çıkardıkları görülmektedir. Diğer taraftan nükleer enerji yatırımlarına karşı çıkan kesimler ise eleştirilerini daha çok çevresel etkenler üzerine kurgulamaktadır.

Türkiye'de bu tartışmalar 1950'li yıllardan itibaren devam etmektedir. Bu tartışmalardaki en önemli hususlardan biri halkın nükleer enerjiye karşı sosyal kabulüdür. Ancak Türkiye'de halkın sosyal kabulünü ve nükleer enerjiye karşı tutumunu inceleyen ampirik çalışma sayısı oldukça azdır. Aynı şekilde halkın nükleer risk algısını ölçmeye yönelik, bilimsel çalışmaların sayısı da yetersizdir. Bu çalışmada nükleer enerjinin avantajları ya da dezavantajları üzerinde durulmamaktadır. Dahası herhangi bir grubun argümanlarını çürüterek söz konusu tartışmalara taraf olmak da hedeflenmemektedir. Çalışmanın amacı katılımcıların nükleer enerjiye yönelik bazı genel bilgilerini incelemek, nükleer risk algısını tespit etmek ve risk algısı ile sosyal kabul düzeyi arasındaki ilişkiyi analiz etmektir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Bu kapsamda, Acil Yardım ve Afet Yönetimi (AYAY) bölümünde okuyan öğrenciler üzerine ampirik bir çalışma yapılmıştır. AYAY bölümünden mezun olan öğrencilerin, Türkiye'deki çeşitli acil yardım ve afet yönetimi kurumlarında çalışması öngörülmektedir. Bu nedenle söz konusu öğrencilerin meslek hayatlarında nükleer riskler ile karşılaşması beklenmektedir. Dolayısıyla bu öğrencilerin nükleer risk algısı, nükleer enerjiye karşı sosyal kabul düzeyi ve bu iki faktör arasındaki ilişki araştırmaya değer bulunmuştur.

2. Nükleer Risk Algısı ve Sosyal Kabul

2.1. Nükleer Risk Algısı

Risk, bir tehlikenin belli bir zaman ve mekanda gerçekleşmesi durumunda tehdit altında olan unsurların alacağı hasarın düzeyine bağlı olarak oluşacak potansiyel kayıplardır [2]. Yani insanın hem kendisinin hem de değer verdiği şeylerin tehdit veya tehlike altında olması sonucu ortaya çıkan belirsiz durum risk olarak ifade edilmektedir [3]. Risk, bireylerin kendi aldıkları kararlar ile ilgili bir kavramdır. Anlamı itibariyle risk kavramı insanlık tarihi ile yaşıt olmasına rağmen, bu kavramın kullanılmaya başlaması ilk olarak 15. yüzyıl İtalya'sına rastlamaktadır. Bu dönemde İtalya'dan Akdeniz dışına ticari, askeri ya da keşif amacıyla gönderilen gemilerin kötü hava koşulları ya da korsan saldırıları gibi çeşitli nedenlerle zarara uğraması durumunda ortaya çıkacak hasarın tazmin edilmesi ile ilgili olarak, risk kavramı kullanılmaya başlandı. Bu bağlamda risk sözcüğü, tamamen olumsuz bir anlam taşımamakta, insanların yapmış oldukları eylemlerin olası sonuçlarından biri olarak düşünülmektedir [4].

Risk kavramının yaygın bir kullanım kazanması geleneksel toplumdan modern topluma geçiş ile birlikte olmuştur. Diğer taraftan risk kavramı, özellikle 1970'li yıllardan itibaren öne çıkmaya başlamıştır. Günümüzdeki riskler, geçmişteki risklerden daha farklıdır. Her şeyden önce günümüzdeki risklerin boyutu ve büyüklüğü geçmişteki riskler ile kıyaslanmayacak ölçüde değişmiştir. Geçmişte yerel bir nitelik taşıyan riskler, günümüzde modernleşmenin ve teknolojik gelişmelerin de etkisiyle küresel bir görünüm kazanmıştır [5].

Nükleer enerji ile risk kavramının günümüzde yaygınlaşması ve gündemde kalması arasında yakın bir ilişki vardır. Özellikle ikinci dünya savaşından sonra nükleer silahlar, modern toplumun ürettiği en büyük risklerden biri olurken, Çernobil, Three Mile Island ve Fukushima nükleer santrallerinde meydana gelen kazalar da tüm dünya genelinde risk üretmeye devam etmektedir.

Giddens riskleri ilk etapta dışsal risk ve imal edilmiş risk olmak üzere iki kategoriye ayırmaktadır. Dışsal risk, hasadın kötü geçmesi, sel, deprem, salgın hastalık vb. gibi beklenmedik bir anda meydana gelen olayların oluşturduğu risklerdir. İmal edilmiş riskler ise özellikle bilimsel ve teknolojik gelişimlerin sonucu olarak ortaya çıkan risklerdir. Giddens bu iki sınıf riskin dışında üçüncü bir risk grubu olarak, yüksek maliyetli risklere vurgu yapmaktadır. Bu riskler beraberinde telafi edilemez hasarlar getiren risklerdir. Çünkü uzun vadede sonuçları bilinmez ve tam olarak değerlendirilemezler. Örneğin Çernobil nükleer santralinde meydana gelen kazanın uzun vadeli sonuçları hala tam olarak hesaplanabilmiş değildir [5]. Dolayısıyla nükleer riskler, Giddens'ın risk gruplamasında yüksek maliyetli riskler grubuna dahil edilebilir. Risk kavramı, toplumdan topluma farklılık gösteren göreceli bir kavramdır. Bu farklılık, riskin toplumda nasıl algılandığına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Risk algısı kavramı riskin özelliği ve sonuçlarıyla ilgili halk nezdinde oluşan fikir, düşünce ve yargıları ifade etmektedir [6].

Günümüzde özellikle mühendislik ve iş güvenliği ile ilgili çalışma yapan uzmanlar, riski sayısal hesaplamalar ile belirleme eğilimindedir. Bu yaklaşıma göre risk, tehlikeli bir olayın ortaya çıkma olasılığı ile bu olayın beklenen şiddetinin çarpımı olarak ifade edilmektedir. Bu yaklaşım ile değerlendirildiği zaman, bir nükleer santralin yakınında 50 yıl yaşamak ile günde bir paket sigara içmenin neden olduğu ölüm riski birbirine eşittir. Ancak nükleer kazalar gibi olma olasılığı düşük bir olay ile sigara içmek gibi rutin bir olay arasında ayrım yapmak risk yönetimi açısından doğru bir yaklaşım değildir [3]. Dahası rakamsal sonuçları aynı olsa dahi bu iki olayın kişiler tarafından algılanması birbirinden farklıdır. Bu durum, risk algısının kişiden kişiye değişen subjektif yapısının bir sonucudur.

İnsanlar, zihinsel kabulleri ya da önyargılarıyla, faydalı olduğuna inandıkları ya da katlanmaya razı oldukları riskleri olduğundan daha düşük seviyede kabul etmektedir. Bunun tam aksi olarak, katlanamayacakları ya da olumsuz kanaate sahip oldukları konular ile ilgili riskleri, olduğundan fazla derecede önemseyebilmektedir [1]. Bu nedenle risk algısı kavramına tereddütle yaklaşmakta fayda vardır [7]. Çünkü kişilerin risk algısı çeşitli faktörlere ve durumsal belirleyicilere bağlı olarak değişebilmektedir.

Risk algısını etkileyen birçok faktör vardır. Bunlar; maruziyetin insanın kendi rızasıyla veya mecburi olması, oluşacak etkilerin geç veya erken ortaya çıkması, sonucunun kesin olup olmaması, oluşan etkinin tek bir birey yahut toplu felaket olması, sonucun şiddeti, sonucun olağan olup olmaması, risk düzeyinin bilinip bilinmemesi, kontrol edilebilirlik, riskin bilinmesi veya ilk kez karşılaşılmasıdır [6]. Belirtmek gerekir ki risk algısı, kesin ve kalıcı değildir. Yani yukarıda sayılan faktörlerden bir ya da bir kaçında meydana gelen değişiklikler, risk algısının da zamanla değişmesine neden olabilmektedir [8]. Nükleer enerji ve nükleer santraller açısından değerlendirildiğinde ise risk algısı, geçmişte yaşanan kazalar, nükleer güç kaynağına olan yakınlık, yaş, cinsiyet, eğitim düzeyi gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca halkın ve uzmanların risk algıları birbirinden farklıdır. Uzmanlar, olabilecek muhtemel kaza risklerine teknik yönleriyle, halk ise yatırımda oluşabilecek bir olumsuzluğun ortaya çıkardığı toplam zarara bakmaktadır. Dolayısıyla uzmanların risk algısı, halkın risk algısından daha düşüktür [1].

2.2. Sosyal Kabul

Sosyal kabul, herhangi bir yatırım ile ilgili karar alma sırasında, yatırım kararının ilgilendirdiği bölgede yaşayan halkın bu karara katılması ve bu kararla ilgili bilgilendirilmesidir. Sosyal kabul bir bakıma yatırımcı, devlet ve halk arasında oluşan uzlaşmadır. Sosyal kabulün asıl amacı ön yargılarla oluşan karşı düşüncenin önüne geçmek, açık ve objektif bir şekilde halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır [9].

Genel olarak yapılacak olan bütün yatırımlarda özelde ise nükleer enerji ile ilgili yatırımlarda halkın bu çalışmalara yönelik tutumu ve düşünceleri çok önemlidir. Siyasal açıdan düşünüldüğünde de hükümetler, yapacakları yatırımlar için halkı ikna etmek durumundadır. Bu nedenle yatırımlar sadece teknik ve mali özellikleri ile ele alınmamalı, konunun sosyal yönü de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu çalışmalar, bilimsel, sosyal, siyasal çevreler ve halkın desteği alınarak faaliyete geçirilmelidir. Dahası yatırımlar uygulamaya konulduktan sonra da belirli periyotlarla halkın sosyal kabul düzeyi ölçülmeye devam edilmelidir [1].

Nükleer enerji açısından düşünüldüğünde sosyal kabulü etkileyen faktörler toplumun nükleer enerjiye karşı bilgi sahibi olamadığı konulardır. Özellikle nükleer reaktörlerin askeri amaçlı kullanılabileceği düşüncesi, kaza riski, atıkların imhası sorunu, sağlık ve çevresel sorunlar ve kurumlara karşı olan güvensizlik sosyal kabulü etkileyen en önemli faktörlerdir [1]. Nükleer enerjinin sosyal kabulünü artırmak için aktörler arasındaki iletişim süreci açık tutulmalıdır. Bu bağlamda sorumlu kurum ve kuruluşlar, nükleer santrallerin kurulumu, enerjinin üretimi ve atıkların imhası ile ilgili süreçte yaşanabilecek çevre ve sağlık sorunları hakkında halka bilgi vermeli, alınan önlemler ile ilgili ikna edici açıklamalarda bulunmalıdır [8].

Nükleer enerjiye yönelik halkın tutumu tarihsel süreçte dalgalı bir seyir izlemektedir. Nükleer enerjinin ortaya çıktığı ilk yıllarda halkın bu enerjiyle ilgili görüşü genellikle olumludur. Özellikle dünyada yaşanan bazı petrol krizleri ve fosil yakıtlara alternatif arayışları sosyal kabulü artırmıştır. Ancak daha sonra ABD'de yaşanan Three Miles adası ve Çernobil nükleer kazaları ile birlikte insanlar nükleer enerji üretimine karşı muhalefet geliştirmeye başlamıştır [10-11]. 2000'li yılların başlarında ise nükleer enerjiye karşı olumsuz görüşler azalmaya başlamıştır. Bu yıllarda bir araştırma şirketi tarafından yapılan bir çalışmaya göre nükleer enerjiyi destekleyenlerin oranı karşı çıkanların oranından daha fazladır [10]. 2011 yılında meydana gelen Fukuşima nükleer felaketi, nükleer enerjinin sosyal kabulü açısından yeni bir dönüm noktası olmuştur. Kazadan sonra dünya genelinde halkın nükleere yaklaşımı çarpıcı bir şekilde olumsuzlaşmıştır [12-13].

3. Materyal ve Metot

3.1. Evren ve Örneklem

Araştırmanın evrenini Türkiye'deki devlet üniversitelerinde eğitim gören Acil Yardım ve Afet Yönetimi Bölümü öğrencileri oluşturmaktadır. 2015 yılı ÖSYM verilerine göre bu bölüm Türkiye genelinde 5 devlet üniversitesinde faal olarak bulunmakta ve toplam 1280 öğrenci eğitim görmektedir. Evren içerisinden sistematik rastgele örnekleme metodu ile 300 kişilik bir örneklem belirlenmiştir. Elde edilen anket formlarından hatalı ve eksik olanlar ayıklanmış ve geriye kalan 238 kişi çalışmaya dahil edilmiştir.

3.2. Veri Toplama Aracı

Veri toplama aracı olarak anket yöntemi tercih edilmiştir. Anket soruları, ilgili literatürdeki bilgilerden yararlanarak araştırmacılar tarafından geliştirilmiştir. Soru hazırlama aşamasında özellikle Choi vd. [14], Palabıyık vd. [1] ve Ekşi'nin [15] yayınlarından faydalanılmıştır. Anket formu dört bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde katılımcıların nükleer enerji ile ilgili bazı genel bilgilerini belirlemeyi amaçlayan 5 adet soru yer almaktadır. İkinci bölümde nükleer enerjinin sosyal kabulünü inceleyen 3 soruya yer verilmiştir. Üçüncü bölüm, nükleer risk algısını ölçmeyi amaçlayan 4 adet sorudan oluşmaktadır. Son bölümde ise katılımcıların bazı sosyo demografik özelliklerini araştırmak için 5 adet soru sorulmuştur. Hazırlanan ölçeklerin güvenirliliği, Cronbach Alpha güvenirlilik katsayısı ile hesaplanmıştır. Buna göre, sosyal kabul ölçeğinin güvenirlilik katsayısı 0.89, nükleer risk algısı ölçeğinin güvenirlilik katsayısı ise 0.74 olarak hesaplanmıştır. Cronbach Alpha güvenirlilik katsayısı, 0.70'den fazla olduğunda kullanılan ölçeğin güvenilir olduğu genel olarak kabul görmektedir [16].

3.3. Metot

Anket soruları *google forms*'da *online* olarak hazırlanmış ve katılımcılara sosyal medya ve mail üzerinden ulaştırılmıştır. Araştırma Ekim-Kasım 2015 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Araştırma için örneklemde yer alan öğrencilerin öğrenim gördükleri bölümlerin bölüm başkanlıklarından yazılı izin alınmıştır. Elde edilen bulgular, SPSS 20.0 nicel veri istatistik programı ile analiz edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde sayı, yüzde, ortalama ve standart sapma değerleri hesaplanmıştır. Verilerin normal dağılıp dağılmadığına, Kolmogorov-Smirnov testi ve Shapiro-Wilk testi ile bakılmıştır. İki farklı grubun ortalamalarının karşılaştırılmasında Mann-Whitney U testi, ikiden fazla grubun ortalamalarının karşılaştırılmasında Kruskal Wallis testi uygulanmıştır. Nükleer risk algısı ve sosyal kabul arasında ilişki olup olmadığını ortaya koymak için Spearman Korelasyon Analizi yapılmıştır. Nükleer risk algısının sosyal kabul düzeyini nasıl yordadığını incelemek için Basit Doğrusal Regresyon Analizi yapılmıştır.

4. Bulgular

Araştırmaya katılan öğrencilerin sosyo-demografik özelliklerine göre dağılımı Çizelge 1'de yer almaktadır. Buna göre katılımcıların %47,1'i 20-21 yaş aralığında, %53,8'i erkek, %35,3'ü 3. sınıfta, %40,8'i Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde ve %43,7'sinin nükleer santrale olan uzaklığı 251-500 km arasındadır.

Çizelge 1. Katılımcıların Bazı Sosyo-Demografik Özellikleri

Özellikler	Sayı(n)	Yüzde(%)
Yaş		
17-19	73	30,7
20-21	112	47,1
22-26	53	22,3
Cinsiyet		
Kadın	110	46,2
Erkek	128	53,8
Sınıf		
1.sınıf	57	23,9
2.sınıf	84	35,3
3.sınıf	64	26,9
4.sınıf	33	13,9
Üniversite		
ÇOMÜ	97	40,8
GÜ	43	18,1
MAEÜ	61	25,6
MKÜ	22	9,2
NKÜ	15	6,3
Uzaklık		
0-250	60	25,2
251-500	104	43,7
500+	74	31,1
Toplam	**238**	**100**

Katılımcıların nükleer santraller ile ilgili genel görüşleri Çizelge 2'de yer almaktadır. Buna göre katılımcıların %86,6'sı nükleer santrallerin Acil Yardım ve Afet Yönetimi bölümünün ilgi alanına girdiğini belirtmekte, %63'ü bu konu ile ilgili bilgi düzeyinin halka göre daha fazla olduğunu düşünmektedir. Nükleer afetler ve acil durumlar ile ilgili bilgi düzeyinin yeterli olduğunu söyleyenlerin oranı ise %35,7'dir. Katılımcıların %29,9'u nükleer afetler ve acil durumlar ile ilgili konulara derslerde yeterince yer verildiğini düşünmektedir. Ders dışında bu konu ile ilgili eğitime katılanların oranı ise %23,9'dur.

Öğrencilerin okudukları üniversite ile sosyal kabul puanları ve nükleer risk algısı arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığını incelemek için Kruskal Wallis testi yapılmıştır. Test sonuçlarına göre farklı üniversitelerde okuyan öğrencilerin sosyal kabul puanları arasında istatistiki olarak anlamlı bir fark bulunmamaktadır ($p>0,05$). Nükleer risk algısı ise öğrenim görülen üniversiteye göre istatistiki olarak anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır ($p<0,05$). Farkın hangi üniversiteler arasında olduğunu saptamak için Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Test sonuçlarına göre Mehmet Akif Ersoy Üniversitesinde okuyan öğrencilerin nükleer risk algısı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi'nde ve Namık Kemal Üniversitesi'nde okuyan öğrencilerin nükleer risk algısından anlamlı oranda daha yüksektir ($p<0,05$). Gümüşhane Üniversitesi'nde okuyan öğrencilerin risk algısı ise Namık Kemal Üniversitesi'nde okuyan öğrencilerin risk algısından istatistiki olarak anlamlı düzeyde daha yüksektir ($p<0,05$).

Çizelge 2. Katılımcıların Nükleer Santraller İle İlgili Genel Görüşleri

Genel Bilgiler	Sayı(n)	Yüzde(%)
Nükleer santral ile ilgili konular, Acil Yardım ve Afet Yönetimi bölümünü doğrudan ilgilendirir.		
Kesinlikle katılmıyorum.	10	4,2
Katılmıyorum.	8	3,4
Kararsızım.	14	5,9
Katılıyorum.	84	35,3
Kesinlikle katılıyorum.	122	51,3
Nükleer enerji konusundaki bilgi düzeyim halka göre daha fazladır.		
Kesinlikle katılmıyorum.	7	2,9
Katılmıyorum.	25	10,5
Kararsızım.	56	23,5
Katılıyorum.	114	47,9
Kesinlikle katılıyorum.	36	15,1
Nükleer afetler/acil durumlar ile ilgili bilgi düzeyimin yeterli olduğunu düşünüyorum.		
Kesinlikle katılmıyorum.	13	5,5
Katılmıyorum.	63	26,5
Kararsızım.	77	32,4
Katılıyorum.	68	28,6
Kesinlikle katılıyorum.	17	7,1
Nükleer afetler/acil durumlar ile ilgili konular, derslerde yeterince işleniyor mu?		
Kesinlikle hayır.	15	6,3
Hayır.	88	37,0
Kararsızım	64	26,9
Evet	58	24,4
Kesinlikle evet	13	5,5
Nükleer afetler/acil durumlar ile ilgili ders dışında bir eğitime katıldınız mı?		
Evet	57	23,9
Hayır	181	76,1
Toplam	**238**	**100**

Katılımcıların yaşları ile nükleer risk algısı ve sosyal kabul düzeyleri arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p>0,05$). Kız öğrencilerin hem nükleer risk algısı hem de sosyal kabul düzeyleri erkek öğrencilere oranla anlamlı bir şekilde daha yüksektir ($p<0,05$).

Farklı sınıflarda okuyan öğrencilerin, sosyal kabul düzeyleri arasında anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$). Nükleer risk algısı ise, sınıflara göre anlamlı düzeyde farklılaşmaktadır ($p<0,05$). Farkın hangi sınıflardan kaynaklandığını incelemek için Mann-Whitney U testi yapılmıştır. Bu testin sonuçlarına göre 1. sınıfta okuyan öğrencilerin nükleer risk algıları 4. sınıfta okuyanlardan, 3. Sınıfta okuyanların risk algısı ise 2. ve 4. sınıfta okuyanlardan istatistiki olarak anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0,05$).

Uzaklık ile sosyal kabul arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p>0,05$). Uzaklık ile nükleer risk algısı arasında da anlamlı bir ilişki yoktur ($p>0,05$).

Nükleer risk algısı açısından, nükleer santrallerle ilgili konuların Acil Yardım ve Afet Yönetimi bölümünü ilgilendirdiğini düşünüp düşünmeme ile ilgili verilen cevaplar istatistiki olarak anlamlı bir şekilde farklılaşmaktadır ($p<0,05$). Bu farkın hangi cevaplardan kaynaklandığını incelemek için yapılan analiz sonucunda, "katılıyorum" ve "kesinlikle katılıyorum" cevabı veren kişilerin risk algısı, "kesinlikle katılmıyorum" diyen kişilerden ve "kararsızım" cevabı verenlerden anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0,05$). Sosyal kabul açısından ise bu soru ile ilgili anlamlı bir farklılık yoktur ($p>0,05$).

Sosyal kabul düzeyi ile kendini halka göre daha bilgili hissetme arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p>0,05$). Kendini halka göre daha bilgili hissetme sorusuna verilen cevaplar ile risk algısı arasında anlamlı bir ilişki vardır ($p<0,05$). Farkın hangi cevaplardan kaynaklandığını incelemek için yapılan test sonuçlarına göre "kesinlikle katılıyorum" diyenlerin risk algısı, "kesinlikle katılmıyorum", "katılmıyorum" ve "katılıyorum" diyenlerden anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0,05$).

Nükleer afetler ve acil durumlar ile ilgili ders dışında bir eğitime katılanlar ile katılmayanlar arasında risk algısı ve sosyal kabul açılarından anlamlı bir ilişki bulunmamıştır ($p>0,05$).

Risk algısı açısından, nükleer afetler ve acil durumlar ile ilgili konuların derslerde yeterince işlendiğini düşünüyor musunuz sorusuna verilen cevaplar arasında anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0,05$). Bu farkın hangi cevaplar arasında olduğunu incelemek için yapılan testin sonuçlarına göre "kesinlikle evet" diyenlerin risk algısı "hayır", "kararsızım" ve "evet" diyenlerden anlamlı oranda daha yüksektir ($p<0,05$). Sosyal kabul puanı ile nükleer afetler ve acil durumların derslerde yeterince işlendiğini düşünüp düşünmeme arasında ise anlamlı bir ilişki bulunmamaktadır ($p>0,05$).

Öğrencilerin sosyal kabul düzeyi ile risk algısı düzeyi arasında bir ilişki olup olmadığını incelemek için, Spearman Korelasyon Analizi yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre sosyal kabul ile risk algısı arasında pozitif yönde ve anlamlı düzeyde bir ilişki vardır ($r=0,42$, $p<0,05$). Risk algısının, sosyal kabulü ne şekilde yordadığını ortaya koymak için yapılan basit doğrusal regresyon analizi sonucunda, nükleer risk algısı ile sosyal kabul arasında anlamlı bir ilişki gözlenmiş ($R=0,391$, $R^2=0,153$), nükleer risk algısının sosyal kabul düzeyinin anlamlı bir yordayıcısı olduğu görülmüştür ($F_{(1-236)}=42,478$, $p<0,05$).

5. Tartışma ve Sonuç

Araştırmada katılımcıların nükleer santralleri destekleme oranı %34,9 olarak bulunmuştur. Bu bulgu, Palabıyık vd tarafından Türkiye'de nükleer enerjiye yönelik sosyal kabulün araştırıldığı çalışmanın sonuçları ile tutarlıdır. Palabıyık vd. [1], halkın nükleer enerjiye karşı olumlu tutumunu %35,8 bulmuşlardır. Ekşi [15] ise çalışmasında Türkiye'de sosyal kabul oranını %20,7 bulmuş ve bu durumun sebebini 2011 yılında Japonya'da meydana gelen nükleer felaket nedeniyle halkın nükleer santrallere karşı sosyal kabulünün azalması ile açıklamıştır. Bizim çalışmamızda ise sosyal kabul oranı yeniden %35 seviyesine çıkmıştır. 2011 yılındaki nükleer felaketin üzerinden 4 yıl geçmesi ve nükleer kazanın kamuoyundaki ilgisini kaybetmesi sosyal kabul oranını artırmış olabilir. Türkiye'de yeni bir nükleer santral kurulmasını isteyenlerin oranı (%33,6), nükleer enerjiyi destekleyenlerin oranına yakındır. Ancak kendi yaşadığı şehre nükleer santral kurulmasını isteyenlerin oranı, benzer çalışmalarda [1,15] olduğu gibi çarpıcı şekilde daha düşüktür (%21,4).

Katılımcıların sadece %10,9'u Türkiye'de nükleer kaza olma riskini yüksek olarak değerlendirmektedir. Diğer taraftan katılımcıların yaklaşık dörtte üçü nükleer santrallerin, çevre kirliliği, hastalık oranları ve terör olayları açısından riskli olduğunu belirtmektedir. Bu tezat durumun sebebi "iyimser yanlılık" olabilir. İyimser yanlılık, olumsuz olayların başkalarının başına gelip kişinin kendisine bir şey olmayacağı inancıdır. İyimser yanlılık, benim başıma bir şey gelmez yaklaşımı ile kişinin kendini güvende hissetmesine neden olur ve kişilerin afet ve acil durumlara karşı tutum ve davranışlarına yansır [7].

Katılımcıların nükleer risk algısı arttıkça sosyal kabul düzeyi de artmaktadır. Literatürde ise risk algısı arttıkça sosyal kabulün azaldığı görülmektedir [1]. Bu farklılık, öğrencilerin okudukları bölümden kaynaklanıyor olabilir. Çünkü nükleer enerji konusunun Acil Yardım ve Afet Yönetimi bölümünü ilgilendirdiğini düşünen katılımcıların risk algısı, diğerlerine oranla daha yüksektir. Benzer şekilde nükleer afet ve acil durumlar ile ilgili konuların derslerde yeterince işlendiğini düşünenlerin oranı, diğerlerine oranla daha yüksektir. Bu verilerden yola çıkarak, katılımcıların okudukları bölüm nedeniyle risklere karşı duyarlı oldukları, ancak bu duyarlılıklarının nükleer enerjiye karşı tutumlarını olumsuz etkilemediği söylenebilir.

Araştırmaya katılan kişilerin yaşları ile nükleer risk algısı ve sosyal kabul oranları arasında anlamlı bir ilişki yoktur. Bu durumun sebebi, örneklemin üniversite öğrencilerinden seçilmesi, dolayısıyla hepsinin birbirine yakın yaş aralığında yer alıyor olması olabilir. Corner vd [10], çalışmasında ise yaş arttıkça sosyal kabul düzeyi de artmaktadır.

Cinsiyet açısından değerlendirildiğinde kadınların hem sosyal kabul oranları hem de nükleer risk algıları erkeklere göre daha yüksektir. Literatürde bu konu ile ilgili farklı bulgular vardır. Choi vd. [14] çalışmasında kadınların nükleer risk algısı erkeklerden daha yüksek, sosyal kabul düzeyi ise erkeklerden daha düşük bulunmuştur. Avrupa'da gerçekleştirilen bir araştırmada ise kadınların sosyal kabul oranları erkeklere oranla daha düşüktür [17]. Palabıyık vd. [1] ile Özdemir ve Çobanoğlu'nun [18] çalışmalarında da kadınların sosyal kabul düzeyi erkeklerden daha düşük çıkmıştır.

Bu çalışmada afet ve acil durumla ilgili eğitim alan kişilerin nükleer enerjiye yönelik tutumları ile risk algıları incelenmiştir. Katılımcıların %90'a yakını nükleer enerji ile ilgili konuların, kendi uzmanlık alanlarını ilgilendirdiğini düşünmektedir. Dolayısıyla katılımcıların bu konu ile ilgili halka oranla daha teknik bir yaklaşım göstermesi beklenmektedir. Çalışma sonuçlarında da katılımcıların risk algılarının arttıkça, sosyal kabul düzeyinin azalmaması, bu teknik yaklaşım ile açıklanabilir. Diğer taraftan öğrencilerin çok büyük bir kısmı, nükleer enerji ile ilgili konuların kendi uzmanlık alanlarına girdiğini söylemelerine rağmen, sadece %35,7'si nükleer afetler ve acil durumlar ile ilgili bilgi düzeyini yeterli bulmaktadır. Ayrıca yalnızca beş öğrenciden biri nükleer afetler ve acil durumlar ile ilgili konuların derslerde yeterince ele alındığını belirtmiştir. Dolayısıyla bu bölümün müfredatında nükleer afetler ve acil durumlar ile ilgili konulara daha fazla yer verilmesi faydalı olacaktır.

Bu çalışmada, AYAY öğrencilerinin nükleer enerji ile ilgili bazı bilgileri, nükleer risk algıları, sosyal kabul düzeyleri ve bu iki faktör arasındaki ilişki incelenmiştir. Gelecek çalışmalarda, bu bölümdeki öğrencilerin nükleer risk algısı ve sosyal kabul düzeyleri, halkın parametreleri ile ya da nükleer ile ilgili konuların yer almadığı diğer bölümlerdeki öğrencilerin verileri ile karşılaştırılabilir.

Araştırmada bazı kısıtlılıklar bulunmaktadır. Öncelikle anketler online olarak katılımcılara dağıtılmıştır. Elde edilen bulgular, her şeyden önce katılımcıların doğru cevap vermelerine bağlıdır. Dolayısıyla katılımcıların soruları doğru bir şekilde cevapladığı varsayılmaktadır. İkinci olarak araştırma örneklemi 300 kişi olarak belirlenmiş, ancak hatalı ve eksik veri içeren formlar ayıklandıktan sonra geriye 238 adet form kalmıştır. Bu nedenle analizler, 238 form üzerinden yapılmıştır.

Kaynaklar

[1] Palabıyık, H., Yavaş, H., Aydın, M., Nükleer Enerji ve Sosyal Kabul. USAK Yayınları, Ankara, 2010.

[2] Yavuz, Ö., Afetler Sonrası Yapılan Sosyal Yardımlar ve Hizmetler. İdeal Yayıncılık, İstanbul, 2014.

[3] Kalkan, M. E., Deniz, V., Risk kavramı üzerine. Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 43-48, Nisan, Mayıs, Haziran 2013.

[4] Çelebi, A., Risk ve olumsallık:sosyal teori-sosyal felsefe ilişkisini anlamaya yönelik iki anahtar kavram. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 56/1: 23-52, 2001.

[5] Soydemir, S., Modernizmin karanlık yüzü: risk toplumu. Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi,3/2: 169-178, 2011.

[6] Manavgat, S. S., Mandıracıoğlu, A., Ege üniversitesi tıp fakültesi hastanesinde kişisel dozimetre taşıyan çalışanların mesleksel iyonlaştırıcı radyasyon risk algısı. Türk Tabipler Birliği Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi, 34-43, Ocak, Şubat, Mart 2012.

[7] Fişek, G.O., Bilgi, güven, değerlendirme: deprem sonrasında halkın görüşleri. (içinde Afet ve İnsan, der. Fişek, G.O., Kabasakal, H.), Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi, 60-80, 2008.

[8] Çakır, T., İtibar risklerinin yönetiminde risk iletişiminin rolü. Marmara İletişim Dergisi, 19:94-111, 2012.

[9] Ekşi, A., Özer, Y. E., Çevre ile ilgili kamusal kararlarda sosyal kabulü etkileyen durumların değerlendirilmesi. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 11/1:107-116, 2015.

[10] Corner, A., Venables, D., Spence, A., Pootinga, W., Demski, C., Pidgeon, N,. Nuclear power, climate change and energy securty: exporing the British public attitudes. Energy Policy, 39: 4823-4833, 2011.

[11] Özdemir, N., Sosyo-bilimsel esaslar çerçevesinde sosyo-bilimsel konuları tartışmak tutumları nasıl etkiler? Nükleer santraller. Turkish Studies, 9/2: 1197-1214, 2014.

[12] Hasegawa, K., Facing nuclear risks: lessons from the fukushima nuclear disaster. International Journal of Japanese Sociology, 21: 84-91, 2012.

[13] Srinivasan, T. N., Rethinaraj, T.S.G., Fukushima and thereafter: reassesment of risk of nuclear power. Energy Policy, 52: 726-736, 2013.

[14] Choi, Y. S., Kim, J. S., Lee, B. W., Publics perception and judgment on nuclear power. Annals of Nuclear Energy, 27: 295-309, 2000.

[15] Ekşi, A., Nükleer Kaza ve Saldırılarda Bütünleşik Kriz Yönetimi, Ege Üniversitesi Yayınları, 2013.

[16] Johnson, B., Christensen, L., Educational research. 4th edition, Sage, 2012.

[17] Eurobarometer, Attitudes towards radioactive waste.Opninon and Social Fieldwork, 2008.

[18] Özdemir, N., Çobanoğlu, E. O. Türkiye'de nükleer santrallerin kurulması ve nükleer enerji kullanımı konusundaki öğretmen adaylarının tutumları. Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi, 34: 218-232, 2008.

DISASTER RISK ANALYSIS AND CLASSIFICATION: A CASE STUDY

AFET RİSK ANALİZİ VE SINIFLANDIRMASI: BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

Yusuf ŞAHİN[a] ve Yusuf UYAN[b]
[a] MAKÜ, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Burdur, Türkiye, E-posta: ysahin@mehmetakif.edu.
[b] Isparta İl AFAD Müdürlüğü, Isparta, Türkiye, E-posta: yusufuyann@hotmail.com

Özet

Afet riski, belirli bir yerde doğal veya insan kaynaklı etkileşimler neticesinde zararlı sonuçların veya kayıpların (hayat, sağlık, varlık, hizmet vb.) ortaya çıkma olasılığını ifade eder. Risk değerlendirmesi bir aktiviteden ziyade çok disiplinli bir süreçtir. Bir toplum veya topluluğun karşı karşıya kalabileceği tehlikelerin belirlenmesi, ölçülmesi ve anlaşılması için risk analizi çalışmaları yapılır. Riskin analizi ve değerlendirmesi gerek ilgili kamu kurumları gerekse diğer paydaşlar tarafından kapsamlı ve sağlam bir yönetişim süreci çerçevesinde ele alınması gereken önemli bir konudur. Afet sonrası evrede etkili çalışmalar yapabilmek için afet öncesinde hazırlanacak olan afet müdahale planlarında tüm tehlike ve riskler göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılacak çalışmalar neticesinde elde edilecek risk değerlendirme sonuçlarının karar vericiler ve kamuoyuna bildirilmesi gerekir. Bu çalışmada, Isparta İli için afet risklerinin belirlenmesine yönelik bir analiz çalışması yapılmıştır. Belirlenen 16 afet türü için tehlikelerin, savunmasızlığın ve yönetilebilirliğin İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nde görevli 6 teknik personel tarafından değerlendirilmesi istenmiş ve elde edilen değerlerin geometrik ortalaması alınarak bir grup kararı ortaya konmuştur. Ardından, değerlendirmeye tabi tutulan tehlikeler K-ortalamalar yöntemi kullanılarak yüksek, orta ve düşük olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde, Deprem, Toprak Kayması, Sel ve Su Taşkını, Orman Yangınları ve Bulaşıcı Hastalık Salgınının en yüksek risk grubunda yer aldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Afet Riski Analizi, Kümeleme, K-ortalamalar

Abstract

Disaster risk represents the probability of occurrence of harmful consequences or losses (life, health, assets, services, etc.) at a particular place as a result of natural or human-induced interactions. Risk assessment is a multidisciplinary process rather than a single activity. Risk analysis is done in order to determine, assess or understand the dangers that may be faced by a society or community. Risk analysis and assessment is a critical issue that should be handled within the frame of comprehensive and strong governance by both relevant public institutions and other stakeholders. In order to work effectively in the post-disaster phase, all hazards and risks should be taken into consideration in the disaster response plans prepared before a disaster strikes. Decision results to be obtained as a result of the risk assessment should be reported to decision makers and the public. In this study, an analysis is made in order to determine the disaster risks of Isparta province. 6 technical staff working at Provincial Disaster and Emergency Department were asked to assess dangers, vulnerability and manageability of the selected 16 type of disasters and a group decision is taken by calculating the geometric mean of obtained values. As a result of this study, flood, landslide and epidemic infectious diseases showed up to have the highest risk value while industrial accidents and avalanche have a minimum risk value. Then, the dangers are divided into three groups as high, intermediate and low risk using K-means methods. As a result of studies, It is determined that Earthquake, Landslide, Floods, Forest Fires and infectious disease outbreaks located in the highest risk group.

Keywords: Disasrter Risk Analysis, Clustering, K-means

1. Giriş

Toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan, normal hayatın akışını ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olaylar *afet* olarak nitelendirilir [1]. Bir olayın afet olarak değerlendirilebilmesi için doğrudan insan yaşamını fiziksel, ekonomik ve sosyal açıdan etkilemesi, ani gelişmesi, birçok kurum ve kuruluşun koordineli görev alması doğal teknolojik ve insan kökenli gerçekleşmesi gerekir [2]. Toplum ve yerleşim yerleri üzerinde etkisi olmayan olaylar ise *doğal olay* olarak adlandırılır. Afetin etki alanında insanların bulunması konuyu sosyolojik bir olgu haline getirmektedir. Bu noktada, afeti kayıpsız veya mümkün olan en az kayıpla atlatabilmek için örgütlü bir şekilde hazırlık yapılması oldukça önemlidir.

Günümüzde benimsenen modern afet yönetim sistemi zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme olmak üzere dört ana aşamadan oluşmaktadır. Afet yönetimi her türlü tehlikeye karşı hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale etme ve iyileştirme amacıyla mevcut kaynakları organize eden, analiz, planlama, karar alma ve değerlendirme süreçlerinin birleşiminden oluşan çok aşamalı bir sistemdir. Afetler sonucunda yaşanan can kayıplarını en aza indirmek için afet öncesinde yapılan planlamalar hayati önem taşır. Etkin planların hazırlanması yasal, yönetimsel, ekonomik, teknik ve sosyal yönden uygulanabilir politikaların önerilmesi ile yakından ilgilidir [3].

Can ve mal kayıplarına neden olmak ile birlikte sosyo-ekonomik düzen ve etkinliklere, tabi ve kültürel kaynaklara zarar verme potansiyeli olan her şey *tehlike (hazard)* olarak değerlendirilir [3]. Bir olayın belirli koşul ve ortamlarda

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

doğurabileceği can, mal, ekonomik ve çevresel gibi değerlerin kaybının gerçekleşme olasılığına ise *risk (risk)* denir. Farklı tür ve büyüklükteki tehlikeler karşısında, insanların ve yaşam çevrelerinin uğrayabileceği fiziksel, toplumsal, ekonomik veya çevresel zarar ve kayıpların ölçüsü *zarar görebilirlik (vulnerability)* ile ifade edilir [1].

Dünya genelindeki afetler yer hareketleri, iklim değişikliği ve siyasi problemler ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği görülmektedir. Meydana gelen bu değişiklikler ülkelerin kalkınma planlarını doğrudan etkilemekte ve bu nedenle yapılacak çalışmaların afet yönetimiyle bütünleşmiş bir şekilde devam ettirilmesini gerekmektedir. Kabul edilen uluslararası standartlar çerçevesinde 2009 yılında 5902 sayılı kanun ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın kurulmasıyla ülkemizde de bütünleşik bir afet yönetim sistemi ile birlikte "*kriz yönetiminden*" "*risk yönetimine*" geçiş yapılmıştır. 2013 yılına gelindiğinde ise afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait rolleri ve sorumlulukları tanımlamak, afet öncesi, sırası ve sonrasındaki müdahale planlamasının temel prensiplerini belirlemek için Türkiye Afet Müdahale Planı hazırlanmıştır. Bu plana bağlı olarak, ulusal düzeyde ana çözüm ortağı bakanlık, kurum ve kuruluşun il teşkilatı, yerel düzeyde il hizmet grubu operasyon planını diğer destek çözüm ortakları ile birlikte hazırlaması kararlaştırılmıştır [4]. Afet Müdahale Planları daha çok olası deprem senaryosu kullanılarak hazırlanmakla birlikte diğer afet türleri için de görev ve sorumlulukları kısmen tanımlaması bakımından iyi bir başlangıç olmuştur.

Bu çalışmada, Isparta İlinde yaşanması muhtemel afetlere yönelik olarak bir risk analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Her bir afet türü Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi'nin risk hesaplamalarında kullandığı bir yöntem ile tehlike, savunmasızlık ve yönetilebilirlik durumlarına göre 6 teknik personel tarafından değerlendirilmiş, verilen puanların geometrik ortalaması alınarak ortak bir grup kararı ortaya konmuştur. Daha sonra, 16 afet türü için elde edilen risk puanları K-ortalamalar yöntemi kullanılarak gruplandırılmış ve risk puanlarına göre afetler 3 grup altında toplanmıştır. Çalışmanın 2. bölümünde meteryal ve metot, üçüncü bölümünde uygulama ve dördüncü bölümde sonuçlar yer almaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Isparta Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde yer alan, 30.09 ve 31.06 doğu boylamları ile 37.35 ve 38.48 kuzey enlemleri arasında bulunan bir şehirdir. 8.933 km^2'lik yüzölçümüne sahip olan Isparta, kuzey ve kuzeybatıdan Afyon İli'nin Sultandağı, Çay, Şuhut, Dinar ve Dazkırı, batıdan ve güneybatıdan Burdur İli'nin Merkez, Ağlasun ve Bucak, güneyden Antalya İli'nin Serik ve Manavgat, doğu ve güneydoğudan ise Konya İli'nin Akşehir, Doğanhisar ve Beyşehir İlçeleri ile çevrilmiştir. Ortalama 1050 metrelik rakıma sahip olan ilin büyük bölümü 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. İlin birinci, ikinci ve üçüncü derece deprem bölgesinde yer alan kısımları Şekil 1'de gösterilmektedir [5].

Isparta'da meydana gelen afetlerin tarihçesine bakıldığında daha çok deprem, heyelan-feyezan, çığ, yangın ve kaya düşmesi olaylarının meydana geldiği görülmektedir. Tarihsel depremler içinde en fazla can kaybı ve hasara neden olanı 03 Ekim 1914 tarihinde 7.1 büyüklüğünde meydana gelen Burdur depremidir. 1995 yılında Senirkent İlçesinde meydana gelen çamur akması (feyezan) olayında 74 kişi hayatını kaybetmiştir. 1966 yılından günümüze kadar yaşanan kaya düşmesi olaylarında can kaybı yaşanmazken, toplamda 248 ev hasar görmüştür. Zemin yapısı ve kışları bol yağış alması sebebiyle sel baskınları da sıklıkla görülen afetlerden biridir. 74'ü Senirkent feyezanında, 5'i Sütçüler su baskınında, 2'si Yalvaç su baskınında olmak üzere toplam bugüne kadar 81 vatandaşımız sel baskınları nedeniyle hayatını kaybetmiştir [5].



Şekil 1 Isparta Deprem Haritası (Deprem Araştırma Dairesi-1996)

2.2. Kullanılan Yöntemler

2.2.1. Kullanılan Risk Analiz Yöntemi

Afetlerde risk yönetimi dünyada yeni yeni kabul görmeye başlayan bir kavram olmakla birlikte, gelişmiş ve gelişmekte her ülkenin afet ile ilgili plan ve politikalarında ağırlık vermesi gereken bir konudur. Tehlike veya tehdit algılaması ile risk analizi ve risk yönetiminin önem taşıdığı afetler için çeşitli risk analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, risk puanlarının hesaplanması için Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi'nin risk hesaplamalarında kullandığı bir yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntemde afet riskinin hesaplanmasında tehlike, risk ve zarar görebilirlik arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikle gösterilmektedir [7].

$$Risk = \frac{TehlikexSavunmasızlık}{Yonetilebilirlik} \quad (1)$$

Yapılan risk analizi çalışmasında ele alınan afet türleri aşağıda listelenmiştir.

- ✓ Deprem
- ✓ Volkanik Patlama
- ✓ Toprak Kayması(Heyelan)
- ✓ Sel ve Su Taşkını
- ✓ Orman Yangınları
- ✓ Çığ Düşmesi
- ✓ Kaya Düşmesi
- ✓ Endüstriyel Kaza
- ✓ Trafik-Ulaştırma Kazaları

- ✓ Radyolojik/Nükleer Kazalar
- ✓ Terörist Atak
- ✓ Sivil kargaşa
- ✓ Mülteci akını/Nüfus Hareketleri
- ✓ Bulaşıcı Hastalık Salgını
- ✓ Kimyasal/Biyolojik Kazalar
- ✓ Kuraklık

İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nde görevli teknik personellerden tehlikeler, savunmasızlık ve yönetilebilirlik ile ilgili sorulan sorulara çeşitli puanlar vermeleri istenmiştir. Tehlikeler ile ilgili yönetilen sorular ve puanlamalar aşağıda listelenmiştir.

Çizelge 1. Tehlike puanının hesaplanması için sorular

Tehlikenin ne zaman olmasını bekliyorsunuz?	5 Yıl (10)	10 Yıl (5)	20 Yıl (1)
Ne kadar ağır ya da potansiyel olarak hasar verici olacaktır?	ÇOK (10)	ORTA (5)	HAFİF (1)
Tehlike ne kadar sürebilir?	> 2 Hft. (10)	> 1 Hft. (5)	Gün (1)
Herhangi bir zamanda olabilir mi ya da önceden tahmin etmek olası mı?	Herhangi (10)	Mevsimsel (5)	Belirli değil (1)

Çalışanlara savunmasızlık ile yöneltilen sorular ve puanlama Çizelge 2'de, yönetilebilirlik ile ilgili sorular ve puanlar Çizelge 3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2. Savunmasızlık puanının hesaplanması için sorular

Etkilenmesi olası alanlarda nüfus yoğunluğu nedir?	Yoğun (10)	Orta (5)	Düşük (1)
Potansiyel etki alanlarında yüksek risk grupları var mı?	Evet (10)	Hayır (1)	
Bina standartlarını nasıl derecelendiriyorsunuz?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Ekonomi sağlam mı yoksa önemli zayıflıkları var mı?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Alt yapı sağlam mı?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Hayati hizmetler sağlıklı mı?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)

Çizelge 3. Yönetilebilirlik puanının hesaplanması için sorular

Mevcut kurumsal sistemler ne kadar iyi?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Hazırlıklı olma ve planlama standardı nedir?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Sağlıklı ve gözetilen bir mevzuat var mı?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Mevcut kaynak düzeylerini nasıl derecelendirirsiniz?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Acil yardım hizmetlerinin eğitim standartları ne kadar iyi?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Halk bilincinin standardı nedir?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)

2.2.2. K-ortalamalar Yöntemi

K-ortalamalar yöntemi, kümeleme probleminin çözümünde kullanılan ve temel mantığı n adet veri nesnesinden oluşan bir veri kümesini (X), giriş parametresi olarak verilen k (k≤n) adet kümeye bölmek olan bir kümelendirme yöntemidir [8]. Çok değişkenli istatistiksel bir teknik olan ve verilerin benzerliklerine göre sınıflandırılması ve homojen alt gruplara ayrılması için kullanılan K-ortalamalar yöntemi, en çok bilinen kümeleme yöntemlerinden biri olup hiyerarşik olmayan bir yapıya sahiptir [9]. Bu yöntemde, yüzlerce veriyi işleyebilen bir algoritma kullanılarak, belirli karakteristik özelliklere göre birbiriyle ilişkili olan göreceli homojen gruplar oluşturulur. Elimizde hiçbir sınıf bilgisi olmadan n sayıdaki veriyi k adet kümeye ayırmak için kullanılabilecek bu yöntemin özü, kümelere atanan noktaların küme merkezine olan uzaklığının kareleri toplamının minimize edilmesidir. Bu sayede birbirine benzer özellikler taşıyan veriler aynı kümeye atanırken, minimum benzerlikte olan veriler farklı kümelere atanmaktadır. Yöntemin kümeleme açısından zayıf yönü uygun küme sayısının yapılacak denemelerle bulunabilmesidir. K-ortalamalar yönteminin kümeleme için kullanılan bir diğer yöntem olan Hiyerarşik Küme Analizine göre avantajı çok hızlı olmasıdır [10]. Yöntem SPSS 21 paket programı yardımıyla uygulanmıştır.

3. Uygulama

Çalışma kapsamında ilk olarak, Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi'nin risk hesaplamalarında kullandığı yöntemin uygulaması için İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünde görevli personele sorular yöneltilmiştir. Her bir personelin bu sorulara verdiği cevapların ortalaması alınmış ve bu ortalama değerlerin de geometrik ortalaması alınarak bir grup kararı ortaya konmaya çalışılmıştır. Denklem (1) kullanılarak her bir afet türü için risk puanları belirlenmiştir. Elde edilen risk puanları Çizelge 4'te gösterilmektedir.

Yapılan ilk değerlendirmede Sel ve Su Baskını tehlikesinin en yüksek, Kuraklığın ise en düşük risk puanına sahip olduğu görülmüştür. Bu tehlikelerin yüksek, orta ve düşük seviyeli risk gruplarına ayrılabilmesi için hızlı bir kümelendirme metodu olan K-ortalamalar yönteminde faydalanılmış ve bu yöntemi için SPSS 21 paket programı kullanılmıştır. Elde edilen risk puanlarının SPSS 21 paket programı veri editörüne girişi Şekil 2'te gösterilmektedir.



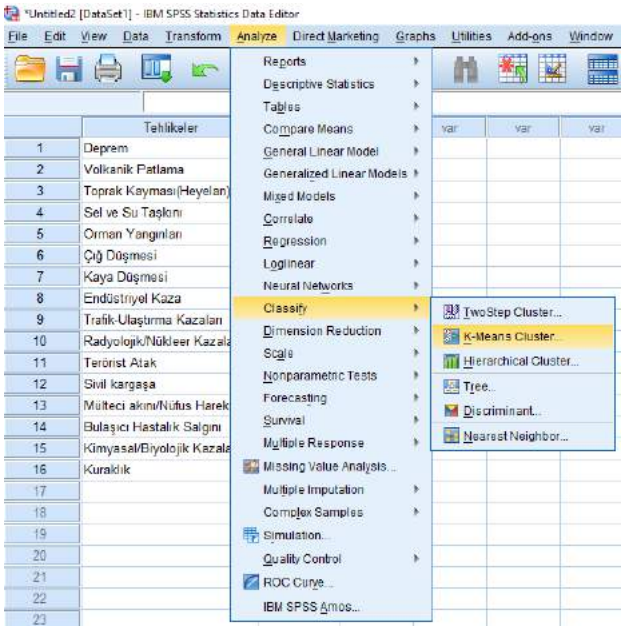
	Tehlikeler	Risk
1	Deprem	7,92
2	Volkanik Patlama	3,74
3	Toprak Kayması(Heyelan)	8,25
4	Sel ve Su Taşkını	9,12
5	Orman Yangınları	7,67
6	Çığ Düşmesi	2,66
7	Kaya Düşmesi	6,69
8	Endüstriyel Kaza	2,99
9	Trafik-Ulaştırma Kazaları	5,59
10	Radyolojik/Nükleer Kazalar	4,63
11	Terörist Atak	3,54
12	Sivil kargaşa	3,16
13	Mülteci akını/Nüfus Hareket	5,04
14	Bulaşıcı Hastalık Salgını	8,10
15	Kimyasal/Biyolojik Kazalar	5,55
16	Kuraklık	3,72

Şekil 2. Verilerin SPSS veri editörüne girilmesi

Çizelge 4 Risk değerlerinin hesaplanması

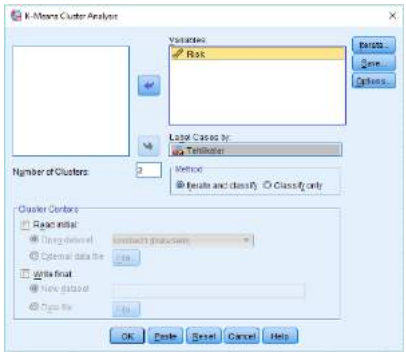
	TEHLİKE (T)							SAVUNMASIZLIK (S)							YÖNETİLEBİLİRLİK (Y)							RİSK (T*S/Y)
Tehlikeler	1	2	3	4	5	6	GEO. ORT.	1	2	3	4	5	6	GEO. ORT.	1	2	3	4	5	6	GEO. ORT.	
Deprem	3	10	6,5	7,75	2	6,5	5,16	10	10	10	7,75	5,83	8,04	8,59	5	6,8	10	3,8	3,17	5,3	5,60	**7,92**
Volkanik Patlama	1	5,5	5,5	4,25	3	3,25	3,28	9,1	10	13,75	4,33	3,67	3,67	7,17	10	8,5	10	2,3	3,17	3,8	6,29	**3,74**
Toprak Kayması(Heyelan)	6,2	6,25	6,25	3,25	6,25	3,25	5,63	10	6,83	8,33	3	5,83	4,33	6,25	7,5	5,2	6,67	2,3	2,33	3,8	4,27	**8,25**
Sel ve Su Taşkını	6,2	5,25	6,25	3,25	6,25	3,25	5,44	9,1	8,33	7,5	3,83	5,83	3,67	6,38	5	5,2	5,83	2,3	2,33	3,8	3,80	**9,12**
Orman Yangınları	7,7	5,25	5,25	3,25	5,5	3,25	5,16	6,1	4,5	4	3	5,83	3	4,27	1,6	3,8	3	2,3	3	3,8	2,88	**7,67**
Çığ Düşmesi	4,2	3	5	2	1	2	3,06	8,3	7	5,33	3	3,67	3	4,89	9,1	7,7	9,17	2,3	2,33	3,8	5,62	**2,66**
Kaya Düşmesi	7,7	6,5	6,25	3,25	3	3,25	5,20	10	6	6	3	5,83	3,67	5,52	6,6	5,2	9,17	2,3	2,33	3,8	4,30	**6,69**
Endüstriyel Kaza	1	4,25	4,25	3,25	3	3,25	3,33	7	5,33	3,83	3	5,17	3	4,37	6,6	6,8	8,33	2,3	2,33	3,8	4,87	**2,99**
Trafik-Ulaştırma Kazaları	6,5	5,5	3,25	3,25	5,5	3,25	4,88	9,1	5,33	3	3,67	5,83	3,67	4,78	5,8	4,7	8,33	2,3	2,33	3,8	4,17	**5,59**
Radyolojik/Nükleer Kazalar	7,7	7,75	1	2	7,75	1	4,39	8,5	8,5	9,16	3	3,67	3	6,18	9,1	8,3	10	2,3	2,33	3,8	5,86	**4,63**
Terörist Atak	7,7	2	1	2	7,75	1	3,17	9,1	7,66	7,5	3	4,5	3	5,90	5,8	7,7	10	2,3	2,33	3,8	5,29	**3,54**
Sivil kargaşa	5,9	1	1	2	7,75	1	2,70	7,6	6,83	6,67	3	5,17	3	5,64	3,8	5,2	10	2,3	3	3,8	4,82	**3,16**
Mülteci akını/Nüfus Hareketleri	8,7	3	2	3,25	5,5	3,25	4,12	9,1	6,6	6,67	3,67	5,17	3,67	5,98	5	4,3	10	2,3	3	3,8	4,88	**5,04**
Bulaşıcı Hastalık Salgını	10	4,25	4,25	2	4,25	1	4,64	10	5,5	6,67	3	6,67	3	6,28	5	2,3	7,5	2,3	2,33	3,8	3,59	**8,1**
Kimyasal/Biyolojik Kazalar	8,7	7,75	2	1	6,5	1	4,11	9,1	8,5	9,16	3	4,5	3	6,47	5	7,5	10	2,3	2,33	3,8	4,79	**5,55**
Kuraklık	7,7	6,25	6,25	1	1	2	3,41	10	4,83	6,83	3	4,67	3	5,37	9,1	5,2	7,5	2,3	2,33	3,8	4,92	**3,72**

Veri editörüne verilerin girilmesinin ardından kullanılacak olan yöntem Analyze > Classify > K-means Cluster seçenekleri takip edilerek seçilmiştir. Analiz türünün seçimi Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Kümeleme yönteminin seçimi

Kümeleme yönteminin seçilmesinin ardından, etiket ve değişkenlerin tanımlandığı ekran karşımıza gelmektedir. Bu ekranda, tehlikeler (afet türleri) etiket ve risk puanları değişken olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaların yapıldığı ekran Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Etiket ve değişkenin tanımlanması

Yapılan analiz sonucunda elde edilen küme merkezleri Çizelge 5'te gösterilmektedir. Bir nolu kümenin merkezi 5.50, 2 nolu kümenin merkezi 3.30 ve 3 nolu kümenin merkezi 8.21 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. Nihai küme merkezleri

Final Cluster Centers			
	Cluster		
	1	2	3
Risk	5,50	3,30	8,21

Çizelge 4'te verilen küme merkezleri incelendiğinde, 3. kümede yer alan tehlikelerin en fazla risk puanına, 2. kümede yer alan tehlikelerin ise en az risk puanına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Hangi tehlike türünün hangi kümeye ait olduğu Çizelge 6'da, risk seviyeleri ise Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6. Küme üyelikleri

Sıra No	Tehlikeler	Küme	Mesafe
1	Deprem	3	,292
2	Volkanik Patlama	2	,438
3	Toprak Kayması(Heyelan)	3	,038
4	Sel ve Su Taşkını	3	,908
5	Orman Yangınları	3	,542
6	Çığ Düşmesi	2	,642
7	Kaya Düşmesi	1	1,190
8	Endüstriyel Kaza	2	,312
9	Trafik-Ulaştırma Kazaları	1	,090
10	Radyolojik/Nükleer Kazalar	1	,870
11	Terörist Atak	2	,238
12	Sivil kargaşa	2	,142
13	Mülteci akını/Nüfus Hareket	1	,460
14	Bulaşıcı Hastalık Salgını	3	,112
15	Kimyasal/Biyolojik Kazalar	1	,050
16	Kuraklık	2	,418

Çizelge 7. Tehlike türlerinin risk seviyeleri

No	Tehlike Türü	Küme	Risk Seviyesi
1	Deprem	3	Yüksek
2	Toprak Kayması(Heyelan)	3	Yüksek
3	Sel ve Su Taşkını	3	Yüksek
4	Orman Yangınları	3	Yüksek
5	Bulaşıcı Hastalık Salgını	3	Yüksek
6	Kaya Düşmesi	1	Orta
7	Trafik-Ulaştırma Kazaları	1	Orta
8	Radyolojik/Nükleer Kazalar	1	Orta
9	Mülteci akını/Nüfus Hareket	1	Orta
10	Kimyasal/Biyolojik Kazalar	1	Orta
11	Volkanik Patlama	2	Düşük
12	Çığ Düşmesi	2	Düşük
13	Endüstriyel Kaza	2	Düşük
14	Terörist Atak	2	Düşük
15	Sivil kargaşa	2	Düşük
16	Kuraklık	2	Düşük

4. Sonuç

Bu çalışmada, meydana gelmesi olası 16 afet türü için Isparta İlinde risk analizi çalışması yapılmıştır. Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi'nin risk hesaplamalarında kullandığı yöntem ile hesaplanan risk puanları ve K-ortalamalar yöntemi yardımıyla afet türleri yüksek seviyeli, orta seviyeli ve düşük seviyeli risk gruplarına ayrılmıştır. Elde edilen nihai kümeler incelendiğinde, Deprem, Toprak Kayması (Heyelan), Sel ve Su Taşkını, Orman Yangınları ve Bulaşıcı Hastalık Salgını tehlikelerinin yüksek seviyeli; Kaya Düşmesi, Trafik-Ulaştırma Kazaları, Radyolojik/Nükleer Kazalar ve Mülteci akını/Nüfus Hareketleri orta seviyeli; Volkanik Patlama, Çığ Düşmesi, Endüstriyel Kaza, Terörist Atak, Sivil kargaşa ve Kuraklık tehlikelerinin ise düşük seviyeli risk grubuna girdiği belirlenmiştir. Isparta'da geçmiş yıllarda meydana gelen afetler, coğrafi konumu ve sanayileşme özellikleri dikkate alındığında sonuçların tutarlı olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışma ile hazırlanan ve gelecekte hazırlanacak olan afet müdahale planlarında özellikle hangi tehlikeler üzerinde durulması gerektiği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu noktada, yüksek risk grubunda yer alan Deprem, Toprak Kayması (Heyelan), Sel ve Su Taşkını, Orman Yangınları ve Bulaşıcı Hastalık Salgını tehlikelerine karşı alınacak önlemler üzerinde biraz daha titizlikle durulmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, yüksek riskli afetler için GPS teknolojisi ve sensörler yardımıyla yaklaşan tehlikenin belirlenmesi gibi çalışmalarla bilişim teknolojilerinin sağlamış olduğu imkânlardan yararlanılabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

[1] Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Açıklamalı Afet Terimleri Sözlüğü, Ankara, 2014.

[2] Şahin, C., Sipahioğlu, Ş., Doğal Afetler ve Türkiye (İkinci Baskı), Ankara, Gündüz Yayıncılık, 2003.

[3] Kadıoğlu, M., 2008: Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 1-34, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.

[4] Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ulusal Afet Müdahale Planı, Ankara, 2013.

[5] Isparta Afet Çalışma Rehberi, Isparta, 2014.

[6] Güler, H., M., Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), " Zarar Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 35-50, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara, 2008.

[7] Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi, Afet Yönetim Kursu Risk Değerlendirmesi Alıştırması, 2005.

[8] Çalişkan, S.K. Ve Soğukpinar, İ., 2008. KxKNN: K-Means ve K En Yakın Komşu Yöntemleri ile Ağlarda Nüfuz Tespiti. 2. Ağ ve Bilgi Güvenliği Sempozyumu, 16-18 Mayıs, Girne, 120-124.

[9] Fırat, M., Dikbaş, F., Koç, A.C., Güngör, M., 2012. K-ortalamalar Yöntemi ile Yıllık Yağışların Sınıflandırılması ve Homojen Bölgelerin Belirlenmesi. İMO Teknik Dergi, 2012, 6037-6050.

[10] Şahin, Y., Supçiller, A.A., Tedarikçi Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 3(3), 91-104, 2015.

THE RELATIONSHIP BETWEEN MULTI-ACTOR AND TRANSFORMATIONAL LEADERSHIP IN DISASTER MANAGEMENT

AFET YÖNETİMİNDE ÇOK AKTÖRLÜLÜK VE TRANSFORMASYONEL LİDERLİK ARASINDAKİ İLİŞKİ

Ömer Yavuz[a] ve Salih Köseoğlu[b]
[a] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye, E-posta: omerfrkyavuz@hotmail.com
[b] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye, E-posta: s.koseoglu254@gmail.com

Özet

Afetler belirsizlik ve karmaşıklığın üst düzeyde olduğu durumlardır. Hiçbir kamu kurumu ya da yerel yönetim, afet yönetiminde gerekli olan kapasite, kaynak ve tecrübeye tek başına sahip değildir. Bu nedenle normal zamanlarda farklı görevler icra eden yüzlerce kamu kurumu, sivil toplum kurumu ve özel sektör kuruluşları afetlerle başa çıkabilmek için çok aktörlü afet yönetimi ağları kurmak durumundadır. Çok aktörlü afet yönetimi için gerekli olan liderlik özellikleri ve becerileri ile dönüşümcü liderlik özellikleri birbiri ile örtüşmektedir. Dönüşümcü liderlikteki, esneklik, çok yönlü olmak, değişime açıklık, katılımcılığı teşvik etme, örgütsel öğrenmeyi sağlamak, paylaşımcı olmak gibi özellikler, afet yönetiminde kurumlar ve sektörler arasındaki işbirliğini güçlendirmek için uygun bir zemin sunmaktadır. Dahası özellikle son yıllarda afet yönetiminde yaşanan değişimler ve dönüşümler, afet yönetimi ağlarında görev alan kurum ve kuruluşların yöneticilerinin dönüşümcü liderlik özellikleri taşımasını zorunlu kılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Afet, Afet yönetimi, Belirsizlik, Dönüşümcü liderlik.

Abstract

Disaster is a situation where high level of uncertainty and complexity. Any local or governmental agency do not have alone capacity, resources and experience required for disaster management. So hundres of public institutions, private sector agency and NGO's that perform different task in normal times must establish multi-actor disaster management network to cope with disasters. The leadership qualities and skills required for multi-actor disaster management and characteristics of transformational leadership are similar with each other. Features of transformational leadership such as flexibility, be versatile, openness the change, encourage participation, provide organizational learning offers an appropriate basis to strengthen inter-agency and inter-sectoral collaboration in disaster management. Furthermore, in especially recent years changes and transformations in disaster management requires to have transformational leadership qualities agency executives involved disaster management network.

Keywords: Disaster, Disaster managament, Uncertainty, Transformational leadership.

1. Giriş

Afetler, beklenmedik zamanlarda ve öngörülemeyen büyüklüklerde meydana gelerek birey ve toplumların olağan yaşantılarını kesintiye uğratabilme potansiyeline sahip olaylardır. Son yıllarda gerek deprem, tsunami gibi doğal afetlerin gerekse iş kazası ve nükleer kazalar gibi insanların neden olduğu afetlerin görülme sıklığı eskiye nazaran artmaktadır. Dahası afet kaynaklı ölüm ve yaralanma ile ekonomik kaybın miktarı geçmişle kıyas edilemeyecek oranda artmıştır [1]. Afetlerin artan trendi, afet yönetimi faaliyetlerini daha önemli hale getirmektedir. Afet yönetimi; afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afetlere karşı hazırlıklı olunması, afet anında hızlı ve etkili bir arama-kurtarma, ilk yardım, geçici barınma ve yeniden inşa çalışmalarının yürütülebilmesi için, mevcut bütün imkân ve kaynakların akılcı bir şekilde yönetilmesini gerektiren çok genel bir kavramdır [2]. Başka bir ifade ile afet yönetimi; zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme çalışmalarını bütüncül bir yaklaşımla ele alarak toplumun tümünü kapsayacak şekilde planlanmasını, yönlendirilmesini, desteklenmesini, koordinasyonunu, mevzuat ve kurumsal yapıların oluşumunu ve kaynakların etkin ve verimli kullanımını çağrıştıran bir kavramdır [3].

Hiçbir kamu kurumu ya da yerel yönetim, afet yönetiminde gerekli olan kapasite, kaynak ve tecrübeye tek başına sahip değildir. Bu nedenle afet yönetimi, normal zamanlarda farklı görevler ifa eden yüzlerce kamu kurumu, sivil toplum kurumu ve özel sektör kuruluşlarını içeren çok aktörlü bir doğaya sahiptir. Başarılı bir afet yönetimi, görev, yetki ve örgütsel kültürleri birbirinden farklı örgütlerin aynı amaç doğrultusunda, koordinasyon ve işbirliği içerisinde etkili bir şekilde çalışabilmelerine bağlıdır [4,5]. Bu örgütlerin ortak bir amacı gerçekleştirebilmek için birlikte çalışmaları, kurum yöneticileri ya da liderlerinin davranışları ve kararları ile doğrudan ilgilidir. Diğer taraftan küreselleşme süreci ile birlikte yönetim alanında bir değişimin zemini hazırlanmıştır. Özellikle devletlerin rolü ve kamu yönetiminin işlevselliği tartışılmaya başlanmıştır. Bu süreçte kamusal faaliyetlerin sunumunda sivil toplum kuruluşları, uluslararası örgütler vb. gibi yeni aktörler gün yüzüne çıkmış, kamu-özel ortaklığı gibi yeni yaklaşımlar benimsenmeye başlanmıştır. Yönetim ve organizasyon stratejilerinde yaşanan bu değişimler, toplum merkezli olmayı ve aktif katılımcılığı ortaya çıkarmıştır. Başka bir ifade ile devletin tek başına merkezde olduğu bir yönetim stratejisi yerini çok aktörlü bir anlayışa bırakmıştır [6,7]. Ortaya çıkan bu yeni tabloda yönetimin başarılı olmasını belirleyen faktörler, hızlılık, esneklik, bütünleşme ve yenilikçilik olmuştur [8].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Yönetim pratiklerinde yaşanan bu değişim, lider işlevlerinde de bir takım değişiklikleri beraberinde getirmektedir. Liderler, bir taraftan aynı amaç doğrultusunda faaliyet gösterdiği diğer aktörler ile koordinasyon ve işbirliği sağlamalı, diğer taraftan ise örgütü sürekli değişen karmaşık bir çevrede geleceğe taşıyabilmelidir. Bu iki amacın gerçekleştirilebilmesi için, liderler yeniliğe açık olmak, geçmiş tecrübelerden ders çıkarmak ve öğrenmek, esnek olmak ve katılımcı olmak gibi davranışlar sergilemelidir. Bu özellikler, transformasyonel (dönüşümcü) liderlik stilinin davranışları ile örtüşmektedir.

Bu çalışmanın temel sorusu, afet yönetiminin çok aktörlü doğası ile transformasyonel liderlik arasında bir ilişki olup olmadığıdır. Çalışma, literatür taramasına dayalı kavramsal bir araştırmadır. Bu bağlamda ilk olarak transformasyonel liderlik konusu ele alınmış ve bu liderlik stilinde bulunması gereken özellikler vurgulanmıştır. İkinci bölümde belirsizlik perspektifinden afetlerin etkileri ve afet yönetimi ele alınmıştır. Üçüncü bölümde afet yönetiminin çok aktörlü yapısı anlatılarak, bu yapıda görev alan liderlerin göstermesi gereken davranışlar ortaya konmuştur. Daha sonra ise değerlendirme ve sonuç kısmında transformasyonel liderlik özellikleri ile afet yönetiminde görev alan liderin göstermesi gereken özellikler karşılaştırılarak, ortak noktalar belirlenmiş ve araştırma sorusuna cevap verilmiştir.

2. Transformasyonel (Dönüşümcü) Liderlik

İnsanlar, sosyal bir varlıktır. Bu nedenle yaşamlarını diğer insanlar ile etkileşim halinde sürdürürler. Bu etkileşim bazen eşitler arasındaki bir ilişki şeklinde gerçekleşirken bazen de bu bağlamdan çıkar ve bir yöneten-yönetilen ilişkisine dönüşür [9]. Yöneten ve yönetilen ilişkisi, bazı insanların diğer insanları sevk etme ve yönetme durumunu ortaya çıkarır. Liderlik olarak ifade edilen bu durum grup içindeki insanları belli bir amaca ulaşmak için yönlendirme ihtiyacından doğmuştur. Aynı zamanda gruptaki bazı bireylerin diğerleri üzerinde otorite uygulayabilme istediği de liderlik kavramının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.

En kısa ifadesi ile liderlik, bir grup insanı belirli amaçlar etrafında toplayabilme ve bu amaçları gerçekleştirebilmek için harekete geçirme bilgi ve yeteneklerinin toplamıdır. Liderlik kavramının ortaya çıkışı, insanlık tarihinin başlangıcına kadar dayanır. Çünkü insanlar ilk zamanlardan itibaren grup ve topluluklar halinde yaşamını devam ettirmiştir. Bundan sonra da yine aynı şekilde yaşamaya devam edecektir. Sosyal yaşam içerisinde aile, okul, dernek, parti vb. gibi organizasyonlar içerisinde yaşamını devam ettiren insanlar, bu organizasyonları yönetecek ve amacına ulaştıracak lider ve yöneticilere her zaman ihtiyaç duyacaklardır[10].

Liderlik kavramı, otorite kavramı ile yakından ilgilidir. Çünkü liderler, grubun diğer üyelerine emir verebilme ve onları yönlendirebilme yetkisine sahiptir. Otorite kavramı, liderlerin bu yetkilerini diğer insanlar üzerinde kullanmalarını meşrulaştırır. Otorite kavramı, başkalarının üzerinde meşru güç kullanabilme yetkisi olarak açıklanmaktadır. Otoritenin geleneksel, ussal ve karizmatik olmak üzere üç farklı türü olduğunu vurgulamaktadır. Geleneksel otoritede gücün kaynağı geleneksel kurallar ve yerleşik inançlardır. Ussal otoritede gücün kaynağını akıl ve kurallar oluşturur. Otoriteyi kullanacak kişinin gelişi ve gidişi bir takım hukuk kurallarına bağlanmıştır. Karizmatik otorite ise liderin olağanüstü gibi görünen özelliklerinden doğar. Otoritenin kaynağı liderin sahip olduğu bir takım üstünlüklerdir.

Liderlik kavramının ortaya çıkışı insanlık tarihi kadar eski olmasına rağmen, bu konunun bilimsel yöntemlerle açıklanmaya çalışılması son derece yenidir. Liderlik ile ilgili yapılan çalışmalar zaman içerisinde bir takım dönüşümler geçirmiştir. Bu konu ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda liderlerin özellikleri üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda özellikle yaşadığı dönemde liderlik özellikleri gösteren asker, bürokrat ve yaşadığı dönemde iz bırakan liderlerin liderlik özellikleri incelenerek, lider ile lider olmayan arasındaki ayrım ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu yaklaşıma özellikler liderlik kuramı ismi verilmektedir. Özellikler liderlik kuramı, liderliğin doğuştan gelen bir takım özelliklere dayandığını öne sürmektedir. Daha sonraki dönemlerde liderlerin özelliklerinden ziyade etrafındakilere nasıl davrandığını inceleyen davranışsal liderlik kuramı ortaya çıkmıştır. Bu kuram liderlerin özelliklerinin yanı sıra, karar verme tarzları, yetki devredip devretmemeleri, gruptakilere karşı yaklaşımları, haberleşme şekilleri davranışları ele alarak liderlerin etkinliklerini incelemeye çalışmıştır. Ancak hem özellikler liderlik kuramlarında hem de davranışsal liderlik kuramlarında çevresel faktörler ve liderin içerisinde bulunduğu durumsal faktörler göz ardı edilmiştir. Bu nedenle liderlik çalışmalarında çevresel faktörleri de göz önünde bulunduran yeni bir yaklaşım benimsenmiştir. Durumsallık liderlik kuramı olarak isimlendirilen bu yaklaşımda liderlerin değişken hallerde ve durumun gerekliliklerine uygun davranması üzerinde durulmuştur [11].

Günümüzde liderlik ile ilgili yapılan çalışmalarda transaksiyonel (etkileşimci) ve transformasyonel (dönüşümcü) liderlik olmak üzere iki sınıflandırma göze çarpmaktadır. Etkileşimci liderlik, örgütsel hedeflere yönelik yüksek performans karşılığında, bireysel ihtiyaçların giderilmesi yoluyla takipçilerin motive edilmelerini içeren, geleneklere ve geçmişe bağlı bir liderlik tarzıdır. Etkileşimci liderlikte çoğunlukla rutin faaliyetlerin daha etkin ve verimli yapılması hedeflenmektedir. Dönüşümcü liderlik ise geleceğe, yeniliğe, değişime ve reforma dönük olup bu tip liderlikte, çalışanların yaratıcı ve yenilikçi yönleri üzerinde durulur [12].

Dönüşümcü liderlik kavramı, liderlik literatürüne yeni girmiştir. Dönüşümcü liderlik, liderlik paradigmalarının en çağdaş yaklaşımlarından biridir [13]. Bu kurama göre lider, izleyicilere belirli bir vizyon yükleyen; bu vizyon sayesinde onlara misyonlar ve görevler veren bulunduğu ortamda değişim ve dönüşüm yaparak izleyicilerine neler yapabileceklerini ve başarabileceklerine inandıran kişidir [14]. Dönüşümcü liderlik değişim ve dönüşümü çok etkin ve başarılı bir şekilde uygulamaya koymak, bu değişim ve dönüşüme rehberlik edecek ileri görüşlülüğü yaratmak ve dönüşüm için duyulan ihtiyacı tamamlamak için gerekli olan yeteneklerin tamamıdır. Dönüşümcü liderler, izleyicilerinden daha fazlasını yapmaları konusunda onları isteklendirmektedir.

Dönüşümcü liderliğin ortaya çıkışında yukarıda bahsedilen dünyanın değişen yapısının, değişen ve gelişen şartların, çevrenin büyük payı vardır [15]. Dönüşümcü liderlik kavramından ilk olarak 1973 yılında Dawston'un ''isyan liderliği'' adlı kitabında bahsedilmiştir. Bu yaklaşımın sistematize edilmesi ise 1978 yılında Burns tarafından gerçekleştirilmiştir. Burns dönüşümcü liderlik kavramına ''liderlik'' adlı kitabında yer vermiştir. Burns'a göre dönüşümcü lider, örgüt içinde izleyicilerine yüksek motivasyon, performans ve moral aşılayan kişidir. Dönüşümcü lider, örgüt içinde dönüşümün tek sahibidir. Çünkü modern anlamda organizasyonlarda yeni çalışma alanları ve örgüt kültürü oluşturmak için gerekli olan beceriye dönüşümcü lider sahiptir [13].

Dönüşümcü liderlik kavramı ortaya çıktığı tarihten sonra çeşitli bilim insanları tarafından yapılan farklı katkılarla zenginleştirilmiştir. Bu bağlamda dönüşümcü liderlik kavramına; "örnek oluşturan", "vizyon oluşturma", "kendine güvenin geliştirilmesi yeteneği" "örgütsel sınırları değiştirme" ve "geçmiş ve gelecek boşluklarını, bugüne yaklaştırabilme" gibi özelikler eklenmiştir [15].

Dönüşümcü liderlerin özellikleri şunlardır;

- Dönüşümcü liderler cesaretlidir.
- Yaşamları boyunca öğrenen ve ders alan bireylerdir.
- Bu liderler, kendilerini değişim unsuru olarak tanımlamaktadır.
- Kavramsal yeteneklerini iyi kullanırlar.
- Astlarına ve çevrelerindeki insanlara inanırlar.
- İzleyicileri üzerinde özdeşleşme ve içselleştirme güçlerini yüksek düzeyde uygulayabilme yeteneğine sahiptirler.
- Vizyon belirleyebilen kişilerdir.
- Değerler tarafından yönlendirilebilirler.

Dönüşümcü liderlik, değişime yönelik bir liderlik modeli olup, dönüşüm sürecinin çeşitli aşamalarında gerekli davranışları göstererek değişimin başarıyla gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Yani dönüşümcü liderlik, özellikle dinamik ve istikrarsız çevrelerde, belirsizliğin hakim olduğu kriz ve afet gibi durumlarda ve karmaşık yapıya sahip işlerde işlevsel bir zemin sunmaktadır [16].

Karizma, güven verme ve motive etme dönüşümcü liderlik için önemli unsurlardır. Karizma, dönüşümcü liderlik için bir avantajdır. Ancak her karizma sahibi olan lider, dönüşümcü liderlik özelliklerini taşımaz. Bu bağlamda, dönüşümcü liderler kesin olarak karizmatik olmak zorunda değildir. Vizyon sahibi ve ileri görüşlü olmaları değişimi başlatmaları için yeterlidir. Dönüşümcü liderler, izleyicilerinin kendilerine güvenmelerini sağlarlar. Dolayısıyla dönüşümcü liderler, izleyicilerinin başarı, irade, güven gibi özelliklerinin farkına varmalarını sağlayarak onların kişisel gelişimlerine yardımcı olurlar. Dönüşümcü liderlikte diğer bir unsur, motive etmedir. Dönüşümcü liderler izleyicilerini, örgüt için daha yararlı olmaları konusunda motive ederler ve bu şekilde onları kişisel kazanç ve çıkarlardan uzak tutarlar [15].

Dönüşümcü liderliğin bileşenleri aşağıdaki gibidir;

- **Karizma veya İdealleştirilmiş Etki**

Lider, izleyici ile ortak bir amaç ve vizyon paylaşır; izleyicilerin sorunlarını çözmek için yenilikçi ve radikal çözümler bulur. İzleyenlerin kendine olan inanç ve güvenini almıştır. Lider, aldığı kararlarda kararlıdır. Diğer taraftan uzlaşma ve ikna yetenekleri kuvvetlidir. Bu nedenle aldıkları kararlar için izleyicilerini ikna edebilirler [17].

- **Esinlenmiş Motivasyon (İlham Verme, Telkinle Güdüleme)**

Liderin amaçlara ulaşılması için izleyicilerini etkileyip onlara ilham vermesidir. Dönüşümcü liderliğin telkin edici boyutu izleyicilerin işlerini benimsemelerini sağlayıp onları motive eder. İzleyiciler liderlerine güvendikleri için hedeflere ulaşmak için liderlerinin çizdiği plan doğrultusunda çalışmalarını daha inançlı, istekli ve gönüllü şekilde yaparlar [18].

- **Entelektüel Uyarım**

Entelektüel uyarım boyutunda dönüşümcü lider, izleyicilerine yapılan işleri eski usulle yapmak yerine onları farklı düşünmeye yönelterek yapılan işlerde daha yaratıcı fikirler ortaya çıkmasını sağlayan kişilerdir. İzleyicilerin karşı karşıya kaldıkları sorunları anlama, analiz etme ve çözüm üretmeleriyle kendilerini gösterirler [15].

- **Bireysel Destek**

Dönüşümcü lider, örgüt içindeki tüm izleyicilerinin kendi özelliklerine göre farklı kişisel sorunlarının olduğunun farkındadır. İzleyicilerine özgüven yaratmak için çalışmakta, olası durumlarda onları ideallerine ulaşmaları için gerekli tüm kaynağa sahip olduklarını gösterir [19].

3. Belirsizlik Çağında Afetlerle Mücadele Etmek

Amerika Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (FEMA), uzun dönemli bir stratejik plan belgesinde içinde bulunduğumuz çağı belirsizlikler çağı olarak ifade etmiştir [20]. Modern toplumun geçirdiği hızlı değişim ve dönüşümler, çığır açan teknolojik yenilikler, nüfus artışı ve nüfus hareketleri geleceği öngörmeyi bir hayli zorlaştırmaktadır. Diğer taraftan yaşanan bu değişim ve dönüşümler, canlı ve cansız varlıklar için bir takım yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Belirsizlik kavramı her geçen gün sosyal bilimcileri daha fazla meşgul etmeye başlamıştır. Afet yönetiminde de yaklaşık çeyrek asırdır belirsizlik ile ilgili çalışmalara daha sık yer verilmeye başlanmıştır.

Afet tanımlarını sistematik bir şekilde gruplandırmayı amaçlayan [21], çok sayıda afet kuramını içerik ve kronolojik olarak sınıflamış ve afet tanımlarını birbirini takip eden üç farklı paradigmada ele alındığını ortaya koymuştur. Bunlar sırasıyla, savaş paradigması, sosyal zarar görebilirlik paradigması ve belirsizlik paradigmasıdır. Birinci paradigma, afetleri savaş ile ilişkilendirmektedir. Bu paradigma insan topluluklarını, dışarıdan gelen tehlikelere karşı reaksiyon gösteren örgütlü toplumlar olarak görmektedir. Afetler ise, insanların dışarıdan gelen saldırılara (yaşamı tehdit eden her türlü olay) karşı

koyabilme yeteneklerini test eden ciddi olaylar olarak bu paradigmada kavramsallaştırılmıştır.

Afetleri anlamak için sadece yıkıma neden olan dış etken üzerinden bir açıklama yapmak olayın yalnızca bir boyutunu ortaya koymaktadır. Oysa afete neden olan etkenin toplumu nasıl etkilediği bilinmez. Çünkü afete neden olan dış etken ile toplum arasında doğrudan mekanik bir ilişki yoktur. Bu nedenle afet kavramını açıklamak için yeni bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmuştur. "Sosyal zarar görebilirlik" yaklaşımı olarak ifade edilen yeni paradigmanın hareket noktası afetin sadece neden olan dış etken ile değil aynı zamanda meydana geldiği toplumun özellikleri ile de ilgili olduğudur. Dahası bu paradigmaya göre, dış etken yıkıma yol açan olayın nedeni olabilir, ancak afet durumu direkt olarak sosyal yapı ile ilgilidir. [21]

Üçüncü paradigma, daha önceki paradigmalara yeni bir açılım getirmekte ve afetleri, toplum içerisinde ortaya çıkan bir kriz durumu olarak incelemektedir. Bu paradigmada afet olayına neden olan etken, açıklayıcı faktör olarak kullanılmaya devam edilmiştir. Ancak afet kavramı, toplumda çoğu zaman iletişim problemlerinin tetiklediği ciddi aksaklıklar olarak yeniden yorumlanmıştır. Başka bir ifade ile afet, her şeyden önce toplum içerisindeki bilgi alıp verme sürecinde yaşanan kriz olarak ifade edilmiştir. Yani afetlerin fiziksel ve sosyal etkilerinden ziyade iletişim ve haberleşme üzerine olan etkileri öncelenmiştir. Belirsizlik yaklaşımı, son yıllarda kamu politikaları, yönetim ve organizasyon, uluslararası krizler vb. gibi çok sayıda sosyal bilimler alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yaklaşım 80'li yılların sonundan itibaren afetlerle ilgili çalışmalarda da kullanılmaya başlanmıştır.[21]

Afetler belirsizlik ve karmaşıklığın üst düzeyde olduğu durumlardır [22]. Afetin meydana geldiği bölge, meydana geliş zamanı, büyüklüğü, şiddeti, dönemi, bilgi ve iletişimin varlığı/yokluğu ya da yeterliliği gibi çok sayıda faktör, belirsizlik üretmekte ve özellikle karar alıcı liderler üzerindeki baskıyı çarpıcı bir şekilde artırmaktadır.[23] Afet yönetimi organizasyonunda görev alan örgütler açısında değerlendirildiğinde, ilişkide bulunulan diğer organizasyonlar benzerlik ve farklılıklar, çevrede meydana gelen değişimin hızı ve seviyesi, karşı karşıya bulunulan riskin derecesi ve diğer organizasyonlarla olan bağlantı belirsizliğin derecesinin belirlenmesine etki etmektedir [22].

Belirsizlik çoğu zaman toplumsal aktörlerin ve kurumların, afet ya da kriz durumunda normal faaliyetlerini yerine getiremediği durumlarda ortaya çıkar. Bu durum afetin bir sonucu değil, ürünüdür. Toplumsal aktör ve kurumlar, içinde bulundukları durumu anlamlandırmaya çalışır ve ortaya çıkan bozuk düzen içerisinde serbest bir şekilde faaliyet yürütürler. Dolayısıyla normal düzende var olan bilgi akışı ve iletişim ağları bozulur. Ancak belirsizliğin tek sebebi bilginin eksikliği veya yokluğu değildir. Aynı zamanda aşırı bilgi fazlalığı da belirsizliği ortaya çıkarır. Afet nedeniyle derinden etkilenen siyasal, yönetsel ve bilimsel anlamlandırma süreçleri, çok sayıda ama düzensiz bilgi üretir ve belirsizlik durumunun ortaya çıkmasına neden olur [21].

Karmaşıklık, ise afetlerin etkilerinin doğrusal olmamasını ifade eder. Karmaşıklık bilimi, başlangıç değişkenlerindeki ufak değişikliklerin sonuçta çok büyük farklılıklara yol açabilmesini başlangıç koşullarına hassas bağımlılık olarak nitelemektedir. Bu doğrusal dışılık tüm karmaşık sistemlerde ortaya çıkmaktadır. Sistemin elemanları değişebildiğinden dolayı, ilişkiler doğrusal dışıdır. Beklenmedik davranışlardan ve küçük değişikliklere hassasiyetten dolayı, hiçbir karmaşık sistemin davranışı ayrıntılı olarak öngörülemez [24].

Belirsizlik ve karmaşıklık nedeniyle afetleri tahmin etmek ve önceden bir takım planlar hazırlamak oldukça güçtür [23] Örgütlerin afetler gibi belirsizlik ve karmaşıklığın egemen olduğu dinamik çevrede başarılı olabilmesi için adaptasyon kapasitelerini artırması gerekmektedir. Adaptasyon kapasitesi ise örgütlerin hız, yenilik, esneklik ve öğrenmeye odaklanması ile mümkündür [22].

4. Afet Yönetiminde Çok Aktörlülük ve Liderlik

Afetler, insanlar ve yerleşim alanları üzerinde kayıplar meydana getirmekte, normal yaşamın ve karar alma mekanizmasının kesintiye uğramasına neden olmakta, iletişim ve haberleşmeyi kısa süreliğine bile olsa çökertmekte, altyapı ve üstyapı yatırımlarının zarar görmesine yol açmaktadır [4,25,26].

Çoğu zaman beklenmedik dönemlerde ortaya çıkan afetler, olağan dönemlerden farklı olarak, hızlı karar alma, çabuk hareket etme, uzun zamanlı eğitim ve planlama gibi özel nitelikli bir takım uygulamalar gerektirmektedir [27]. Diğer taraftan hiçbir kamu kurumu ya da yerel yönetim, afet yönetiminde gerekli olan kapasite, kaynak ve tecrübeye tek başına sahip değildir. Bu nedenle normal zamanlarda farklı görevler ifa eden yüzlerce kamu kurumu, sivil toplum kurumu ve özel sektör kuruluşları afetlerle başa çıkabilmek için birlikte hareket etmek durumundadır. Başarılı bir afet yönetimi için, görev, yetki ve örgütsel kültürleri birbirinden farklı örgütlerin aynı amaç doğrultusunda, koordinasyon ve işbirliği içerisinde çalışabildiği çok aktörlü yönetişime ihtiyaç vardır [4,5]. Bu durum afet yönetiminde statükocu ve merkeziyetçi bir yaklaşımdan ziyade, görev ve sorumlulukların paylaşıldığı, merkezi idarenin elindeki yetki ve kaynakların yerel yönetimlerle ve diğer aktörlerle paylaşıldığı bir yaklaşım gerektirmektedir.

Afet ve acil durum yönetimi, bir paradoksu içinde barındırmaktadır. Özellikle afetlerin etkilerinin büyüklüğü, afet yönetimi faaliyetlerinde planlama ve organizasyonun oldukça titiz yapılmasını gerektirmektedir. Ancak diğer taraftan olay meydana geldikten sonra acil durum faaliyetleri kendiliğinden oluşmaya başlamaktadır. Bu durumda afet ve acil durum yönetiminde görev alan kurum ve kuruluşların liderleri, ne kadar iyi bir plana sahip olurlarsa olsunlar, ortaya çıkan yeni duruma örgütlerini adapte edebilmelidir. Dolayısıyla afet yönetiminin çok aktörlü doğasında, faaliyetlerin etkinliği, örgütlerin teknik kapasitelerinden ya da becerilerinden ziyade liderlerinin kişiler arası iletişim performanslarına bağlıdır [28].

Afet ve acil durum liderleri, müdahale operasyonunun koordinatörü ve kolaylaştırıcısı konumundadır. Bu kişiler, afete müdahalede görev alan kurumlar arasında iletişim

sağlayarak ve politika yapıcılarla gerekli bağlantıları kurarak müdahale operasyonun başarılı olmasını sağlarlar. Çok sayıda ulusal ve uluslar arası örgütün yer aldığı ve farklı sektörlerden kurum ve kuruluşların bulunduğu müdahale operasyonlarında, liderlerin bu koordinatif rolü oldukça önemlidir [28].

Afet ve acil durum yönetiminde başarılı olabilmek için bir takım liderlik özelliklerinin bulunması ve bu özelliklerin etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu liderlik özellikleri; kesinlik/kararlılık, esneklik, bilgi paylaşma, sorun çözme, değişim ve yaratıcılığı yönetme, çevre koşullarını iyi tarayıp yönetme, stratejik planlama yapma, ortaklıklar ve işbirliği ağları oluşturma, var olan işbirliği ağlarını sürdürmedir. Tüm bu özellikler bir kişinin üstesinden gelebileceği işler değildir. İşte burada liderin ekibini bu faaliyetleri gerçekleştirmek üzere yönlendirebilmesi ve yetkilerinin bir kısmını onlara devredebilmesi gerekmektedir. Belirsizlik ve karmaşıklık üst düzeyde olduğu dinamik bir çevrede, dar bir ekibin kendi başlarına aldıkları kararlarla başarılı olması beklenemez. Dolayısıyla lider, bir yandan astlarına yetki devrederek onları amaçlar doğrultusunda motive etmelidir. Diğer taraftan devrettiği görev ve sorumlulukların yerine getirilip getirilmediğinden emin olmak için denetim mekanizmasını işletmelidir [4].

Afete müdahale etmek için gerekli olan liderlik ile afet yönetiminin gerektirdiği liderlik becerileri birbirinden farklıdır. Dahası afete müdahale aşaması, afet yönetiminin sadece bir alt grubudur. Ve gerek insan kaynaklı afetlerde gerekse doğa kaynaklı afetlerde müdahale aşamasında yapılacak faaliyetler birbirine benzerdir. Yani afete müdahale aşamasında yapılan faaliyetler, afetin türünden bağımsız olarak hayat kurtarmayı amaçlamaktadır. Ancak afet yönetimin diğer aşamalarında özellikle de afet öncesi dönemde yapılacak olan faaliyetler, büyük ölçüde afetin türüne bağlı olarak değişmektedir. Örneğin deprem ile ilgili hazırlık çalışmaları ile tehlikeli kimyasal maddelerle çalışılan bir işyerinde alınacak önlemler çok farklıdır. Bu nedenle esnek bir afet ve acil durum yöneticisi ya da lidere ihtiyaç vardır. Esnek liderlik biçiminde lider, bilgi paylaşımı ve daha fazla işbirliği yapmaları konusunda izleyicilerini cesaretlendirir ve örgütsel öğrenmeyi teşvik eder [28].

Afet yönetiminde görev alan kurumlar arasındaki işbirliğinin kuvvetlendirilmesi, ortak kaygıların dillendirilmesi ve ortak beklentilerin paylaşılması için söz konusu kurumların resmi veya gayri resmi ilişkilerin güçlendirilmesi gerekir. Çünkü birbirine bağımlı hareket etmek durumunda olan farklı örgütlerin daha yoğun bir işbirliği geliştirmesi afet yönetiminin etkinliğini ve başarısını doğrudan etkiler [4]. Kurumlar arasındaki işbirliğinin geliştirilmesi, bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımı ile doğrudan ilgilidir. Bu nedenle liderler, hem bilgi iletişim teknolojilerini iyi bir şekilde kullanmalı hem de örgütündeki kişileri bu teknolojileri kullanması için yönlendirmelidir.

4. Değerlendirme ve Sonuç

Bu çalışmada afet yönetiminde çok aktörlülük ve transformasyonel (dönüşümcü) liderlik arasındaki ilişki incelenmiştir. Modern anlamda afet yönetimi yüzlerce kamu kurumu, sivil toplum ve özel sektör kuruluşunun koordinasyon ve işbirliği içerisinde çalıştığı, çok aktörlü ve dinamik bir yapıdır. Bu yapı içerisindeki aktörlerin davranışları ve ilişkileri belirsiz bir çevre ortaya çıkarmaktadır. Bu çok aktörlü ve dinamik doğada, afet yönetiminin başarısını artırmak için, örgütlerin teknik kapasitelerinin yanı sıra liderlik becerileri geliştirmek gerekmektedir. Liderlik becerileri, afetlerin ürettiği belirsizliği azaltmanın en önemli araçlarından biridir.

Çok aktörlü afet yönetiminde liderden beklenilen özellikler yukarıdaki bölümlerde belirtilmiştir. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Afet yönetimi faaliyetleri için diğer örgütler ile işbirliği ağları kurabilmeli ve bu ağları sürdürebilmelidir.
- Paylaşımcı olmalı, hem astları ile hem de afet yönetiminde işbirliği yaptığı diğer kurumlarla bilgi paylaşmalıdır.
- Bilgi iletişim teknolojilerini iyi kullanmalı ve ekibini de bu teknolojileri kullanmaya yönlendirmelidir.
- Ekipteki diğer üyeleri karar alma mekanizmasına dahil etmeli ve onların fikirlerini almalıdır.
- Hızlı karar almalı ve aldığı kararda tutarlı olmalıdır.
- Kendi örgütünü, afet yönetimi ağında yer alan diğer örgütlere koordine etmelidir.
- Sorun çözme becerisine sahip olmalı ve inisiyatif alabilmelidir.
- Değişime açık olmalı ve ekip üyelerini değişim için cesaretlendirmelidir.
- Dinamik çevre koşullarını iyi kavramalıdır.
- Afet yönetimi ile ilgili yetki ve sorumlulukları kendi üzerinde toplamamalı, ekip üyelerine yetki devredebilmelidir.
- Esnek bir yönetim anlayışına sahip olmalıdır.

Çok aktörlü afet yönetişimi için gerekli olan liderlik özellikleri ve becerileri ile dönüşümcü liderlik özellikleri birbiri ile örtüşmektedir. Dönüşümcü liderlikteki, esneklik, çok yönelimli olmak, değişime açıklık, katılımcılığı teşvik etme, örgütsel öğrenmeyi sağlamak, paylaşımcı olmak vb. gibi özellikler, afet yönetiminde kurumlar ve sektörler arasındaki işbirliğini güçlendirmek için uygun bir zemin sunmaktadır. Dahası özellikle son yıllarda afet yönetiminde yaşanan değişimler ve dönüşümler, afet yönetimi ağlarında görev alan kurum ve kuruluşların yöneticilerinin dönüşümcü liderlik özellikleri taşımasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle afet yönetiminde etkinliği artırmak için afet ve acil durum yöneticilerine ve afet yönetiminde görev alan aktörlerin liderlerine dönüşümcü liderlik ile ilgili eğitim verilmeli ve liderlik davranışlarında dönüşümcü liderliğe doğru bir tutum değişikliği sağlanmalıdır.

Bu çalışmada dönüşümcü liderliğin afet yönetimindeki çok aktörlülük için uygun bir liderlik stili olduğu teorik olarak ortaya konmuştur. Gelecek çalışmalarda afet yönetimindeki liderlerin hangi tür liderlik davranışları sergilediği analitik olarak incelenebilir. Ya da dönüşümcü liderlik özelliği gösteren liderler ile etkileşimci liderlik özelliği gösteren kişilerin afet yönetiminde işbirliği ağları oluşturma, bilgi paylaşma, bilgi iletişim teknolojilerini kullanma gibi davranışları arasındaki farklılık nicel olarak analiz edilebilir.

Kaynaklar

[1] Yavaş, H., Yavuz, Ö., Yönetişim kavramının afet yönetimine yansımaları ve Türk afet yönetim sisteminin durumu. Uluslararası Afet 14 Kongresi, İstanbul, Türkiye, 31 Ekim-2 Kasım 2014.

[2] Şengün, H., Afet yönetimi sistemi ve Marmara depremi sonrası yaşanan sorunlar. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2007.

[3] Aktel, M., 5902 sayılı yasa ile Türkiye'de afet yönetiminde oluşan değişim. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı 27, 169-180, 2010.

[4] Kapucu, N., Afet ve kriz durumlarında yönetişim: Amerikan ulusal müdahale planları, [içinde, Yönetişim, der. Çukurçayır, M.A., Eroğlu, H.T.], Çizgi Kitabevi, Konya, 169-199, 2013.

[5] Çelik, S., Çorbacıoğlu, S., Türk afet yönetimi sisteminin reorganizasyonu bağlamında başbakanlık afet ve acil durum yönetimi başkanlığını yapılandırma çalışmalarının eleştirel analizi. Hukuk, Ekonomi ve Siyasal Bilimler Aylık İnternet Dergisi, Sayı 110, 2011.

[6] Eroğlu, H.T., Kamu yönetiminde hiyerarşi, ağ, piyasa ve aktörler düzleminde yönetişim, [içinde, Yönetişim, der. Çukurçayır, M.A., Eroğlu, H.T.], Çizgi Kitabevi, Konya, 2013.

[7] Yavaş, H., Doğal afetler yönüyle Türkiye'de belediyelerde kriz yönetimi. Orion Yayınevi, Ankara, 2005.

[8] Çınar, F., 21. Yüzyılda organizasyonel formlar ve karmaşıklık [complexity] paradigması. Riskonomi Dergisi, 2011.

[9] Şahin, Y., Yönetim bilimi ve Türk kamu yönetimi. Beta Yayım, İstanbul, 2013.

[10] Parlak, B., Yönetim bilimi ve çağdaş yönetim teknikleri. Asil Yayın, Ankara, 2006.

[11] Turan, M., Acil yardım ve kurtarma çalışanlarının liderlik stilleri ile çatışma yönetim stratejilerinin ilişkisi üzerine bir çalışma: Erzurum il örneği. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, 2014.

[12] Ergeneli, A., Örgüt ve insan. Hacettepe Üniversiteleri Hastaneleri Basımevi, Ankara, 2006.

[13] Eraslan, L., Liderlikte post-modern bir paradigma: dönüşümcü liderlik. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 1-32, 2006.

[14] Berber, A., Dönüşümsel ve etkileşimsel liderlik kavramı, gelişimi ve dönüşümsel liderliğin yönetim ve organizasyon içerisindeki rolü. Yönetim, Sayı 36, 33-50, 2000.

[15] Bolat, T., Aytemiz, O., Örgütlerde iş etiğinin yerleştirilmesinde "dönüşümcü liderlik tarzı"nın üzerine bir değerlendirme. Sosyal Bilimler Dergisi, 1-27, 2007.

[16] Ataman, G., İşletme yönetimi temel kavramlar&yeni yaklaşımlar. Türkmen Kitabevi, İstanbul, 2001.

[17] Akbolat, M., Işık, O, Yılmaz, A., Dönüşümcü liderlik davranışının motivasyon ve duygusal bağlılığa etkisi. International Journal of Economic and Administrative Studies, 35-50, 2011.

[18] Erdal, M., İşletmelerde dönüştürücü liderlik davranışlarının analizi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 2007.

[19] Murat, G., Açıkgöz B., Değişim çağının vazgeçilmez Aktörleri: dönüşümcü liderler. Kamu- İş,10:153-171, 2008.

[20] FEMA, Crisis Response and Disaster Resilience 2030: Forging Strategic Action in an Age of Uncertainty, Progress Report Highlighting the 2010-2011 Insights of the Strategic Foresight Initiative, 2012.

[21] Gilbert, C., Studying disaster: changes in the main conceptual tools. [içinde, What is a Disaster, ed, Quarentelli, E. L.], Roudledge, 1998.

[22] Çorbacıoğlu, S., Çevrelerindeki değişime adapte olabilen sosyo-teknik sistemler ve afet yönetimi. Çağdaş Yerel Yönetimler, 14/2:5-21, 2005.

[23] Rocha, J., Becerra-Fernandez, I., Xia, W., Gudi, A., "Dealing with Task Uncertainty in Disaster Management: The Role of Knowledge Sharing for Exploration and Exploitation". AMCIS 2009 Proceedings. Paper 714, 1-15, 2009.

[24] Baykal, N., Beyan, T., Koçgili, O.D., Kompleks adaptif sistem olarak sağlık sistemleri, yönetim ve performans. Ankara, 2015.

[25] Coppola, D. P., Introduction to international disaster management. Elsevier, New York, 2011.

[26] Atlı, A., Afet yönetimi kapsamında deprem açıcından Japonya ve Türkiye örneklerinde kurumsal yapılanma. Asil Yayın, Ankara, 2006.

[27] Tortop, N., vd., Yönetim bilimi, Nobel, Ankara, 2010.

[28] Waugh W.L. and Streib G., Collaboration and leadership for effective emergency management. Public Administration Review, December 2006:131-140.

ACİL TOPLANMA MERKEZİNİN BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMİ İLE SEÇİMİ: KARABÜK ÖRNEĞİ

THE SELECTION OF EMERGENCY CENTER BY USING FUZZY MULTIPLE CRITERIA DECISION MAKING: CASE OF KARABUK

Yasemin ALTUN TÜRKER[a], Turgay TÜRKER[a]
[a]Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük Üniversitesi, 78050, Karabük, TÜRKİYE
E-posta: yaseminaltun@karabuk.edu.tr, tturker@karabuk.edu.tr

Özet

Afet yönetimi kavramının bir parçası olan acil toplanma merkezi konumlandırılması, afet sonrası şartlara göre en kısa sürede ve etkin bir şekilde insanlara hizmet sağlanması açısından önemlidir. İnsanlara yardım sağlayacak, içinde farklı hizmetleri de barındıracak acil toplanma merkezlerinin önceden belirlenmesi gerekmektedir. Bu çalışmada belirlenen kriterler doğrultusunda Karabük ili için alternatif acil toplanma merkezi konumlarının önem ağırlıkları hesaplanarak en önemli iki yer belirlenmiştir. Çalışmada yer seçimi, karar problemi olarak düşünülmüş olup Çok Kriterli Karar Verme tekniklerinden Klasik Analitik Hiyerarşi Prosesi yerine karar vericilerin düşüncelerini daha iyi yansıtan Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi kullanılmıştır.

Anahtar kelimeler: Afet Yönetimi, Acil Toplanma Merkezi, Çok Kriterli Karar Verme, Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi

Abstract

After a disaster, Disaster Management become more essential to provide service for people with minimum time and maximum efficiency. For this reason, the selection of Emergency Center location which is the important subject of disaster management is crucial. The emergency center including different services should be determine in advance. In this study according to defined criteria the alternatives weight of emergency location for Karabuk City is calculated and the most important two site is determined. Site selection is considered as a decision problem. Therefore Multiple Criteria Decision Making technique is used for the site selection. Instead of Analytic Hierarchy Process, Fuzzy Analytic Hierarchy Process better reflecting the thinking of decision-makers is applied.

Keywords: Disaster Management, Emergency Center, Multiple Criteria Decision Making, Fuzzy Analytic Hierarchy Process

1. Giriş

Bilgi ve teknoloji dünyasındaki gelişmeler şu an için insanoğlunun doğa kökenli doğal afetlerin (deprem, volkanik patlama vb.) oluşumu üzerinde herhangi bir müdahalede bulunmasını mümkün kılmamaktadır. Yapılabilecek en iyi şey gerek bu afetlerin gerekse meydana gelmesinde insanoğlunun doğrudan ya da dolaylı olarak etkisinin olduğu diğer afetlerin (heyelan, orman yangınları vb.) zararlı etkilerini minimuma indirmeye yönelik çalışmalar (planlama, örgütleme vb.) yapmaktır. İnsanların afetler konusunda bilinçlendirilmesi, afete yol açabilecek risklerin belirlenmesi, oluşabilecek afetlere karşı hazırlıklı olunması ve bu sayede olası zararların azaltılması adına yapılabilecek tüm çalışmalar afet yönetimi kapsamında değerlendirilmektedir.

İstatistiklere göre, insanların hayatlarına güçlü etkileri olan doğal afetlerin sayısı son yıllarda artmaktadır [1]. Bu anlamda artan afet olaylarının zararlarını minimuma indirmeye yönelik etkili stratejiler geliştirilerek, bunların planlanması, uygulanması ve kontrolüne yönelik bir afet yönetimi benimsenmelidir. Saeidian ve ark. [2] afet yönetimi kavramının Şekil 1'de gösterildiği üzere 4 aşamalı bir yapıda olduğunu (Zarar azaltma, Hazırlık, Müdahale ve Kurtarma) belirterek, Hazırlık ve Müdahale aşamasının afet anında canlı ölümlerinin en aza indirilmesine odaklı olması gerektiğini belirtmişlerdir. Bu aşamaların da acil toplanma merkezleri ve sığınakların konumlandırılması (kurulması), tahliye yollarının belirlenmesi, güvenlik, haberleşme, yangına müdahale ve gıda hizmetlerinin sağlanması faaliyetlerini içerdiğini vurgulamışlardır.



Şekil 1. Afet yönetimi aşamaları [3].

İçerdiği faaliyetler itibariyle bu aşamalardaki amaç doğru zamanda ve doğru yerde minimum maliyetler ile acil yardımı sağlamaktır. Bu da literatürde sıklıkla çalışılan bir problem olan tesis yeri planlama problemi kapsamına girmektedir. Literatür incelendiğinde tesis yeri planlama problemleri matematiksel programlama, karar teorisi, istatiksel yöntemler, simülasyon ve yapay zeka teknikleri ile çözülmüştür [4].

Kolat ve ark. [5] bu problemleri (afet yönetimi kapsamında) coğrafik açıdan bir çok alternatifin olduğu ve bu alternatiflerin belirlenen çok sayıda kriter doğrultusunda değerlendirildiği bir karar problemi olarak düşünülebileceğini göstermişlerdir. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemlerinin genel amacı çoklu seçim kriterleri ve farklı kriter önceliklerinin varlığında olanaklı birçok seçenek arasından "en iyi" seçeneğin belirlenmesinde karar vericiye yardım sağlamaktır. Bir tesis yer seçimi kararı da doğası gereği çok ölçütlüdür [6].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Bu çalışmanın amacı, Karabük ilinde afet sonrası hizmet verebilecek birden fazla alternatifin olduğu acil toplanma merkez konumlarını, belirlenen kriterlere göre değerlendirip önem ağırlığını bularak en uygun konumun veya konumların belirlenmesidir. Çalışmada Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (BAHP) yöntemi kullanılmıştır. İkinci bölümde literatür taraması verilmiştir. Üçüncü bölümde ise, kullanılan metot hakkında bilgi verilmiş olup, bir sonraki bölümde BAHP yöntemi ile kriterler ağırlıklandırılıp alternatifler değerlendirilmiştir. Son bölümde sonuç ve öneriler ele alınmıştır.

2. Literatür Taraması

Literatür incelendiğinde tesis yeri seçim problemleri afet yönetimi kapsamında farklı başlıklar altında toplanmıştır. Bu konular genellikle acil toplanma merkezleri için yer seçimi, yangın sonrası en kısa sürede müdahale için itfaiye yeri seçimi ve afet sonrası haberleşmenin en az kesinti ile devam edebilmesi için baz istasyonu yer seçimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu problemler literatürde matematiksel programlama, karar teorisi, istatiksel yöntemler, simülasyon ve yapay zeka teknikleri ile çözülmüştür [4]. Çizelge 1 ve Çizelge 2 bu çalışmalar hakkında genel bir bilgi vermektedir.

Çizelge 1. Yapılan çalışmaların konulara göre dağılımı.

Yazar(lar)	Yıl	ATM	Bİ	İİ
Erden ve Coşkun [6]	2010			✓
Çiçekdağı ve Kırış [7]	2012	✓		
Eiselt ve Marianov [8]	2012		✓	
Gözaydın ve Can [9]	2013	✓		
Khaleghinasab [10]	2013			✓
Chaudhary ve ark. [11]	2015			✓
Esmaelian ve ark. [12]	2015	✓		
Saeidian ve ark. [2]	2016	✓		

ATM:Acil Toplanma Merkezi, Bİ:Baz İstasyonu, İİ:İtfaiye İstasyonu

Çizelge 2. Yapılan çalışmaların kullanılan yöntemlere göre dağılımı.

Yazar(lar)	CKKV					İY		YZ	
	AHP	BAHP	BVI	PRO	MM	KA	GA	AA	
Erden ve Coşkun [6]	↘								
Çiçekdağı ve Kırış [7]					↘	↘			
Eiselt ve Marianov [8]					↘				
Gözaydın ve Can [9]					↘				
Khaleghinasab [10]		↘	↘						
Chaudhary ve ark. [11]	↘								
Esmaelian ve ark. [12]				↘					
Saeidian ve ark. [2]							↘	↘	

BVI: Bulanık VIKOR, PRO: PROMETHEE, MM: Matematiksel Modelleme, İY: İstatistiksel Yöntem, KA: Kümeleme Analizi, YZ: Yapay Zekâ, GA: Genetik Algoritma, AA: Arı Algoritması

Karar teorisi kapsamında değerlendirilen ÇKKV teknikleri içinden de ELimination Et Choix Traduisant la REalité (ELECTRE), Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE), Analytic Hierarchy Process (AHP), ve the Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS) gibi tekniklerin tercih edildiği görülmektedir [12].

Khaleghinasab [10] itfaiye istasyonu seçim problemi için BAHP ve Bulanık VIKOR yöntemlerini entegre etmiştir. BAHP ile kriter ağırlıklarını belirledikten sonra Bulanık VIKOR ile alternatif bölgeler önceliklendirilmiştir. Uygulama çalışması Tahran'da yapılmıştır.

Esmaelian ve ark. [12] olası bir deprem anında acil yerleşim merkezi planlamasını PROMETHEE IV yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Kullandıkları parametreler binaların dayanıklılık yoğunluğu, popülasyon yoğunluğu, eski bina yoğunluğu ve alt başlıkları şeklindedir.

Aslan ve ark. [13] Düzce ilinde Bulanık TOPSIS yöntemi ile afet istasyonları kuruluş yeri seçimi çalışması yapmışlardır. Belirlemiş oldukları kriterlere göre alternatif 4 istasyon yerini yakınlık katsayısına göre sıralamışlardır.

Yine Chaudhary ve ark. [11] Nepal'in Katmandu şehrinde 4 ana kriter ve 23 alt kriter kullanarak AHP yöntemini kullanarak uygun itfaiye istasyonu konumlandırması yapmışlardır. Var olan istasyonlara ek olarak 7 istasyonun daha açılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Bu problemlerin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) bazlı ÇKKV metotları ile formüle edildiği ve çözüldüğü de gözlenmiştir [14]. Malczewski'nin [15] literatür araştırması bu kapsamdaki çalışmaları incelemek isteyenler için önerilebilir. Örnek olarak Erden ve Coşkun [6] yapmış oldukları çalışmada CBS temelli AHP yöntemi ile İstanbul ilindeki yangın istasyon yerlerini analiz etmişlerdir. Yapılan analizler ile değerlendirilmeye alınan ölçütlere göre toplam 17 istasyon açılması önerilmiştir.

Bu problemlerin çözümünde ÇKKV dışında tekniklerin de kullanıldığı daha önce ifade edilmişti. Bu kullanımlara şu çalışmalar örnek olarak verilebilir:

Gözaydın ve Can [9] çalışmalarında deprem yardım istasyonları için lojistik merkezi seçimi konusunu ele almışlardır. Deprem yardım istasyonları için lojistik merkezi seçim problemini P-Median ve Maksimum Kapsama Alanı problemine uygun olarak modellemişlerdir. Bölge nüfusu, bina sayısı ve konut sayısı ağırlık olarak modele eklenmiştir. Lojistik ve iklim değerleri ise modele kısıt olarak eklenmiştir. Araştırma problemi çözülerek deprem yardım istasyonları için lojistik merkezlerinin değişik senaryolara göre coğrafi konumları belirlenmiştir.

Eiselt ve Marianov [8] karma tam sayılı programlama ile doğal afet sonrasında insanların haberleşme sürecinin herhangi bir kesintiye uğramaması için baz istasyonu yerleşim problemini ele almışlardır.

Çiçekdağı ve Kırış [7] tarafından yapılan bir çalışmada toplanma merkezi belirleme ve afet istasyonu yerleştirme problemi ele alınmıştır. Kümeleme Analizi ve Ağırlık Merkezi Yöntemleri kullanılarak olası Kütahya depreminde profesyonel ekiplerin olay yerine intikal edene kadar geçen

süre zarfında, üniversitede bulunan öğrenci ve personelin arama kurtarma faaliyetlerine etkin katılımını sağlamak amacıyla merkez yerleşke içinde seçilen en uygun yerlere afet istasyonu kurulması planlanmıştır.

Saeidian ve ark. [2] en uygun deprem yardım merkezinin belirlenmesinde Genetik Algoritma (GA) ve Arı Algoritmasının (AA) performanslarını karşılaştırmışlardır. GA ve AA performanslarını karşılaştırarak alternatif alanlar içinden optimum deprem yardım merkez alanlarını belirlemişlerdir. Belirlemiş oldukları parametrelere göre GA'nın performansının AA'ya göre daha iyi olduğu sonucuna varmışlardır.

3. Yöntem

3.1. Bulanık çok kriterli karar verme

Çok kriterli karar verme problemleri genellikle kesin yargılar içermez. Bu problemler doğası gereği belirsiz ve bulanıktırlar. Bellman and Zadeh [16] bulanık ortamda karar verme problemini ele alan ve bulanık çok kriterli karar vermeyi ortaya koyan kişilerdir. Zamanla bulanık sayıların kullanıldığı çok sayıda yöntem, karar verme problemlerinde karşılaşılan belirsizliği gidermek için geliştirilmiştir.

3.2. Bulanık AHP

Bulanık küme teorisi temeline dayanan bulanık AHP ilk olarak Van Laarhoven ve Pedrycz tarafından 1983 yılında ortaya atılmıştır [17]. Belirsizlik durumlarında geleneksel AHP yöntemiyle karar vermek zor olduğundan, bulanık mantıkla AHP birleştirilerek Bulanık AHP (BAHP) ortaya konmuştur. Klasik AHP'de yargılar 1-9 arasında bir skala üzerinde kesin değerler ile temsil edilmektedir. BAHP'de ise yargılar bulanık sayılar kullanılarak ifade edilir. Karar vericiler için kesin değerler ile değil aralıklı değerlerde değerlendirme yapmak daha güvenilir olacaktır. Ayrıca BAHP'de karar vermek için kriterlerin ağırlıkları bulanık sayılar olarak belli bir aralıkta alındığından kararlarda daha rahat hareket edebilme imkânı olmaktadır. Bu da karar vericilere ana amaca ulaşmada değerlendirme yaparken kolaylık sağlamaktadır. Bu durumda bulanık yaklaşım daha doğru bir karar verme süreci tanımlayabilmektedir.

3.3. Chang'in Bulanık AHP yöntemi

Chang [18] BAHP'de ikili karşılaştırmada üçgen bulanık sayıları kullanan ve ikili karşılaştırmaların sentetik derece değerleri için genişletilmiş analiz metodu kullanan bir yaklaşım sunmuştur. Geleneksel BAHP metotları karmaşık aritmetik hesapları kullanır. Ayrıca diğer bir dezavantaj ise bu metotların kesin bir sonuca ulaşmak için çok fazla durulaştırma işleminin olmasıdır. Bahsedilen dezavantajlar, üçgen bulanık sayıların kesişiminin kullanılmasından dolayı Chang'in yaklaşımı için geçerli değildir [19]. Bu nedenle bu çalışmada Chang'in yaklaşımı kullanılmıştır.

3.3.1. Chang'in genişletilmiş analiz yöntemi

$X=\{x_1,x_2,...,x_n\}$ bir ölçüt kümesi ve $U=\{u_1,u_2,...,u_m\}$ bir amaç kümesi olsun. Chang'in yöntemine göre, her bir ölçüt alınır ve her bir hedef için g_i değerleri oluşturulur. Böylece her bir ölçüt için m tane genişletilmiş analiz değerleri elde edilir. Bu değerler şu şekilde gösterilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, ..., M_{g_i}^m \qquad i=1,2,...,n \tag{1}$$

Burada tüm $M_{g_i}^j\ (j=1,2,...,m)$'ler üçgensel bulanık sayılardır. Chang'in Genişletilmiş Analiz Yöntemi'nin adımları şu şekilde özetlenebilir:

Adım 1: i. nesne için bulanık büyüklük değeri şu şekilde tanımlanır:

$$S_i=\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j\right]^{-1} \tag{2}$$

Buradaki $\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j$ değerini elde etmek için m mertebe analiz değerine aşağıda görüldüğü gibi bulanık toplama işlemi uygulanır.

$$\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j=\left(\sum_{j=1}^{m} l_j,\sum_{j=1}^{m} m_j,\sum_{j=1}^{m} u_j\right) \tag{3}$$

$$\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j=\left(\sum_{i=1}^{n} l_i,\sum_{i=1}^{n} m_i,\sum_{i=1}^{n} u_i\right) \tag{4}$$

Daha sonra yukarıdaki vektörün tersi şu şekilde hesaplanır:

$$\left[\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{m} M_{g_i}^j\right]^{-1}=\left(\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} u_i},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} m_i},\frac{1}{\sum_{i=1}^{n} l_i}\right) \tag{5}$$

Adım 2: $M_2=\{l_2,m_2,u_2\}\geq M_1=\{l_1,m_1,u_1\}$'nin olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$V(M_2\geq M_1)=\sup_{y\geq x}\left[\min\mu_{M_1}(x),\mu_{M_2}(y)\right] \tag{6}$$

Şu şekilde ifade etmekte mümkündür:

$$V(M_2\geq M_1)=yükseklik(M_1\cap M_2)=\mu_{M_1}(d)\begin{cases}1, & eğer \quad m_2\geq m_1\\ 0, & eğer \quad l_1\geq u_2\\ \dfrac{l_1-u_2}{(m_2-u_2)-(m_1-l_1)}, & diğer\end{cases} \tag{7}$$

M_1 ve M_2'yi kıyaslayabilmek için $V(M_2\geq M_1)$ ve $V(M_1\geq M_2)$ değerlerinin her ikisi de gerekmektedir.

Adım 3: Bir konveks bulanık sayının k tane konveks bulanık sayıdan $M_i\ (i=1,2,...,k)$ büyük olmasının olabilirlik derecesi şu şekilde tanımlanır:

$$\begin{aligned}V(M\geq M_1,M_2,...,M_k)&=V\left[(M\geq M_1)ve(M\geq M_2)ve..ve(M\geq M_k)\right]\\&=\min V(M\geq M_i),\quad i=1,2,...,k\\ d'(A_i)&=\min V(S_i\geq S_k)\end{aligned} \tag{8}$$

olduğunu varsayalım, $k=1,2,...,n;k\neq 1$ için ağırlık vektörü aşağıdaki gibidir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), ..., d'(A_n))^T \quad (9)$$

Burada $A_i (i = 1, 2, ..., n)$ n sayısı kadardır.

Adım 4: Normalize edilmiş ağırlık vektörleri aşağıdaki gibidir. Burada W, bulanık olmayan bir sayıdır.

$$W = (d(A_1), d(A_2), ..., d(A_n))^T \quad (10)$$

4. Uygulama

Bu çalışmada Chang'in Genişletilmiş Analiz Yöntemiyle Karabük ili için afet sonrası hizmet vermesi düşünülen aday acil toplanma merkezleri değerlendirilmiştir. BAHP uygulaması MS Excel programında yapılmıştır.

4.1. Karar grubu oluşturma

Bu çalışmada 4 kişiden oluşan karar grubundan yararlanılmıştır. Karar grubu oluşturulurken farklı il afet yönetimi uzmanları ve konu ile ilgili çalışma yapmış akademisyenler tercih edilmiştir.

4.2. Değerlendirme kriterlerinin ve alternatiflerin belirlenmesi

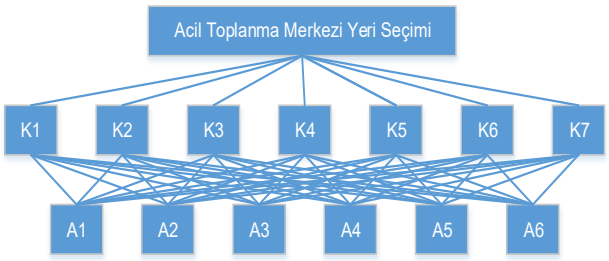
Bu çalışmada, acil toplanma merkezleri konumu değerlendirilmesi için gereken kriterler ile alternatifler literatür çalışması yapılarak ve karar vericilerin görüşleri alınarak belirlenmiştir.

Belirlenen kriterler Barınma ihtiyacı olacak kişi sayısı (K1), Altyapı durumu (K2), Ulaşım (K3), Sağlık merkezlerine yakınlık (K4), Ana yollara uzaklık (K5), Bina dayanıklılık yoğunluğu (K6) ve Temel zemin özelliği (K7) şeklindedir.

Alternatifler ise Merkez Zobran (A1), Merkez Öğlebeli (A2), Merkez Bulak (A3), Merkez Kayacık (A4), Safranbolu Emek (A5) ve Safranbolu Bağlarbaşı (A6)'dır.

4.3. Hiyerarşik yapının oluşturulması

Değerlendirmelerde kullanılan karar kriterleri ve alternatiflerden oluşan hiyerarşik yapı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Acil toplanma merkezi yeri seçimi için hiyerarşik yapı.

4.4. Kriterlerin değerlendirilmesi

Karar grubu, kriterleri Çizelge 3'de gösterilen dilsel değişkenler yardımıyla ikili karşılaştırmalar yoluyla değerlendirmişlerdir.

Çizelge 3. Dilsel değişkenler ve bulanık karşılıkları.

Sözel Önem	Bulanık Ölçek	Karşılık Ölçek
Eşit Derecede Önemli	(1,1,1)	(1,1,1)
Biraz Daha Fazla Önemli	(1,3,5)	(1/5,1/3,1/1)
Kuvvetli Derecede Önemli	(3,5,7)	(1/7,1/5,1/3)
Çok Kuvvetli Derecede Önemli	(5,7,9)	(1/9,1/7,1/5)
Tamamıyla Önemli	(7,9,9)	(1/9,1/9,1/7)

İkili karşılaştırma matrislerinde, karşılaştırma oranları geometrik ortalamaları alınarak tek bir karşılaştırma oranı şekline dönüştürülmüştür. Bu değerler, 4 tane karar verici için ortak karar olarak alınmıştır.

Karar grubunun ikili karşılaştırmalarının geometrik ortalaması da Denklem (11) ile hesaplanmıştır.

$$(l, m, u) = \left(\sqrt[k]{l_1 \otimes l_2 \otimes l_3 \cdots l_k}, \sqrt[k]{m_1 \otimes m_2 \otimes m_3 \cdots m_k}, \sqrt[k]{u_1 \otimes u_2 \otimes u_3 \cdots u_k}\right) \quad (11)$$

Sayfa sayısı kısıtı nedeniyle elde edilen bulanık değerler için örnek olarak K1'e ait olanlar Çizelge 4'te gösterilmiştir.

Çizelge 4. K1 için ikili karşılaştırma matrisi.

K1	**L**	**M**	**U**
K1	1,00	1,00	1,00
K2	0,13	0,17	0,26
K3	0,15	0,22	0,45
K4	0,11	0,14	0,20
K5	0,38	0,45	0,58
K6	1,00	1,00	1,00
K7	0,20	0,33	1,00

4.5. Bulanık sentetik derece değerlerinin hesaplanması

Kriterlerin satır toplamları ve genel toplamlar hesaplanarak bulanık sentetik derece değerleri yani bulanık büyüklük değerleri elde edilmiştir.

Bulanık sentetik derece değerleri (SCi) Çizelge 5'te gösterilmiştir.

Çizelge 5. Bulanık sentetik derece değerleri

	L	**M**	**U**
SC1	0,137	0,299	0,614
SC2	0,058	0,120	0,255
SC3	0,047	0,082	0,171
SC4	0,031	0,095	0,237
SC5	0,039	0,069	0,151
SC6	0,064	0,145	0,312
SC7	0,093	0,190	0,391

4.6. Kriter önem ağırlıklarının hesaplanması

Kriterler arası ikili karşılaştırma matrisinden elde edilen bulanık sentetik derece değerleri kullanılarak, kriterlerin önem ağırlıkları (G) Denklem (7) ile hesaplanmıştır.

Daha sonra bir kriterin diğerlerine göre tercih derecesini gösteren ağırlıklar Denklem (8) ve Denklem (9) kullanılarak ve normalizasyon işlemi yapılarak hesaplanmıştır.

Ağırlıklar sıralı olarak Çizelge 6'da gösterildiği gibidir.

Çizelge 6. Kriter önem ağırlıkları.

K1	Barınma ihtiyacı olacak kişi sayısı	0,317
K7	Temel zemin özelliği	0,222
K6	Bina dayanıklılık yoğunluğu	0,169
K2	Alt yapı	0,126
K4	Sağlık merkezlerine yakınlık	0,105
K3	Ulaşım durumu	0,043
K5	Ana yollara olan uzaklık	0,019

4.7. Alternatif ağırlıklarının hesaplanması

Alternatiflerin kriterlere göre ikili karşılaştırmaları yapılmıştır. Kriter ağırlıklandırılması için yapılan hesaplamaların aynısı alternatifler için de yapılmıştır. Daha sonra kriterlere göre alternatif ağırlıkları ile kriter ağırlıkları çarpılarak alternatiflerin ağırlıkları belirlenmiştir. İlgili değerler Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7. Alternatif ağırlıkları.

A1	Zobran	0,401
A5	Emek	0,311
A2	Öğlebeli	0,102
A4	Kayacık	0,080
A3	Bulak	0,061
A7	Bağlarbaşı	0,045

5. Sonuçlar

Dünya genelinde son yıllarda artan afet olaylarından dolayı afet yönetimi önemli bir kavram haline gelmiştir. Afet yönetimi, acil toplanma merkezleri ve sığınakların konumlandırılması (kurulması), tahliye yollarının belirlenmesi, güvenlik, haberleşme, yangına müdahale ve gıda hizmetlerinin sağlanması gibi bir dizi faaliyetleri içerir. Bu faaliyetlerden acil toplanma merkezi konumlandırılması bu çalışmanın konusunu oluşturmaktadır.

Çalışmadaki amaç Karabük ilinde afet sonrası hizmet verebilecek birden fazla alternatifin olduğu acil toplanma merkez konumlarını, belirlenen kriterlere göre değerlendirip önem ağırlığını bularak en uygun konumun veya konumların belirlenmesidir.

Çalışmada acil toplanma merkezi konumlandırma ÇKKV problemi olarak ele alınmıştır. Çünkü belirlenen amaç coğrafik açıdan bir çok alternatifin olduğu ve bu alternatiflerin belirlenen çok sayıda kriter doğrultusunda değerlendirildiği bir karar problemi olarak düşünülebilir. ÇKKV problemleri kesin yargılar içermez. Bu problemler doğası gereği belirsiz ve karmaşıktırlar. Karar durumlarının belirsiz ve karmaşık olduğu bu zamanlarda karar vericiler için bu süreç daha bulanık hale gelir. Belirsizlik hakkında kullanılabilecek pek çok yöntem bulunmaktadır. Bulanık mantık da belirsizliği ifade etmenin matematiksel yollarından biridir. Bu yüzden çalışmada klasik AHP yerine Bulanık AHP tercih edilmiştir.

Yapılan çalışmada acil toplanma merkezi konumlandırılmada dikkate alınması gereken kriterler önem ağırlığına göre sıralanmıştır. Barınma ihtiyacı olacak kişi sayısı (0.317) en önemli kriter olarak karşımıza çıkmıştır. Afet senaryosu düşünüldüğünde aslında tüm kriterlerin önemli olduğu bir gerçektir. Analiz sonucunda da kriter ağırlık dağılımına bakıldığında değerlerin birbirinden uzak olmamasının nedeni budur. Ayrıca yapılan tutarlılık analizinde tutarlılık oranı 0,1'den düşük çıkmıştır. Bu da karar vericilerin mantıklı bir şekilde karşılaştırma yaptığını göstermiştir. Belirlenen kriterler doğrultusunda alternatifler arasından Zobran Köyü'ne (0.401) ve Emek'e (0.311) acil toplanma merkezlerinin kurulmasının uygun olacağı ortaya çıkmıştır. Diğer alternatiflerin ağırlıkları oldukça düşük durumdadır.

Gelecek çalışmalarda kriterler belirlenirken etkileşimli hiyerarşik yapı kullanan ANP (Analytic Network Process) ya da bağımlı ve bağımsız değişkenleri tanımlayabilen DEMATEL (The Decision Making Trial and Evaluation Laboratory Method) gibi teknikler kullanılarak sonuçlar karşılaştırılabilir.

Kaynaklar

[1] F. Horita, L. Degrossi, L. Assis, A. Zipf, and J. Porto de Albuquerque, "The use of Volunteered Geographic Information and Crowdsourcing in Disaster Management: a Systematic Literature Review," in *Proceedings of the Nineteenth Americas Conference on Information Systems*, 2013, pp. 1–10.

[2] B. Saeidian, M. S. Mesgari, and M. Ghodousi, "Evaluation and comparison of Genetic Algorithm and Bees Algorithm for location-allocation of earthquake relief centers," *Int. J. Disaster Risk Reduct.*, 2016.

[3] K. Poser and D. Dransch, "Volunteered geographic information for disaster management with application to rapid flood damage estimation," *Geomatica*, vol. 64, no. 1, pp. 89–98, 2010.

[4] M. C. Hoyos, R. S. Morales, and R. Akhavan-Tabatabaei, "OR models with stochastic components in disaster operations management: A literature survey," *Comput. Ind. Eng.*, vol. 82, pp. 183–197, 2015.

[5] C. Kolat, V. Doyuran, C. Ayday, and M. Lutfisuzen, "Preparation of a geotechnical microzonation model using Geographical Information Systems based on Multicriteria Decision Analysis," *Eng. Geol.*, vol. 87, no. 3–4, pp. 241–255, 2006.

[6] T. Erden and M. Z. Coşkun, "Multi-criteria site selection for fire services: The interaction with analytic hierarchy process and geographic information systems," *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 10, no. 10, pp. 2127–2134, 2010.

[7] H. İ. Çiçekdağı and Ş. Kırış, "Afet İstasyonu ve Toplanma Merkezi için Yer Seçimi ve Bir Uygulama," *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, vol. 28, pp. 67–76, 2012.

[8] H. A. Eiselt and V. Marianov, "Mobile phone tower location for survival after natural disasters," *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 216, no. 3, pp. 563–572, 2012.

[9] O. Gözaydın and T. Can, "Deprem Yardım İstasyonları için Lojistik Merkezi Seçimi: Türkiye Örneği," *Havacılık ve Uzay Teknol. Derg.*, vol. 6, no. 2, pp. 17–31, 2013.

[10] M. Khaleghinasab, "Fire Station site selection under Fuzzy environment," 2013. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/255485538. [Accessed: 25-Dec-2015].

[11] P. Chaudhary, S. K. Chhetri, K. M. Joshi, B. M. Shrestha, and P. Kayastha, "Application of an Analytic Hierarchy Process (AHP) in the GIS interface for suitable fire site selection: A case study from Kathmandu Metropolitan City, Nepal," *Socioecon.*

Plann. Sci., Oct. 2015.

[12] M. Esmaelian, M. Tavana, F. J. Santos Arteaga, and S. Mohammadi, “A multicriteria spatial decision support system for solving emergency service station location problems,” *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 29, no. 7, pp. 1187–1213, Jul. 2015.

[13] H. M. Aslan, M. S. Yıldız, and T. Uysal, “Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması : Düzce ’ de Bir Lokasyon Analizi,” *Siyaset, Ekon. ve Yönetim Araştırmaları Derg.*, vol. 3, no. 2, pp. 111–128, 2015.

[14] J.-M. Chakhar, S; Martel, “Enhancing Geographical Information Systems Capabilities with Multi-Criteria Evaluation Functions,” *J. Geogr. Inf. Decis. Anal.*, vol. 7, no. 2, pp. 47–71, 2003.

[15] J. Malczewski, “GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature,” *Int. J. Geogr. Inf. Sci.*, vol. 20, no. 7, pp. 703–726, Aug. 2006.

[16] R. E. Bellman and L. A. Zadeh, “Decision-Making in a Fuzzy Environment,” *Manage. Sci.*, vol. 17, no. 4, p. B–141–B–164, Dec. 1970.

[17] G. Zheng, N. Zhu, Z. Tian, Y. Chen, and B. Sun, “Application of a trapezoidal fuzzy (AHP) method for work safety evaluation and early warning rating of hot and humid environments,” *Saf. Sci.*, vol. 50, no. 2, pp. 228–239, 2012.

[18] D.-Y. Chang, “Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP,” *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 95, no. 3, pp. 649–655, Dec. 1996.

[19] N. Ç. Demirel, G. N. Yücenur, T. Demirel, and H. Muşdal, “Risk-Based Evaluation of Turkish Agricultural Strategies using Fuzzy AHP and Fuzzy ANP,” *Hum. Ecol. Risk Assess. An Int. J.*, vol. 18, no. 3, pp. 685–702, May 2012.

AFET LOJİSTİĞİ ALANINDA TESİS YERİ SEÇİMİ ÇALIŞMALARI

A REVİEW ON FACILITY LOCATION PROBLEM IN DISASTER LOJISTICS

Sümeyra Uzun[a] ve Ali Osman Kuşakcı[b]
[a] İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: uzun-sumeyra@hotmail.com
[b] İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, E-posta: aokusakci@ticaret.edu.tr

Özet

Afetler maddi ve manevi kayıplara sebep olan, insan yaşamını derinden etkileyen doğa ya da insan kaynaklı olaylardır. Afetlerle mücadelede zararların en aza indirilmesi etkili bir afet yönetimi ile sağlanabilir. Bu çalışmanın amacı afet lojistiği kapsamında büyük öneme sahip tesis yer seçimi ile ilgili yapılan yöneylem araştırması temelli çalışmaları inceleyerek belirli kıstaslar altında tasnif etmektir. Tasnif işi yapılırken, yapılan çalışmaların temel matematiksel modelleri ve çözüm yöntemlerine özellikle değinilmiştir. Yazın incelemesi ve sınıflandırmasını içeren bu çalışma afet lojistiği tesis yer seçimi çalışması yapacak olanlara yol gösterici niteliktedir.

Anahtar kelimeler: Afet lojistiği, insani yardım lojistiği, tesis yer seçimi.

Abstract

Disasters are events causing material and immaterial losses and affecting deeply the human life. The source of disasters may be nature and/or human. An effective disaster management is the single strategy in order to minimize the possible damages of the disasters. The aim of this study to provide a literature review on the scientific works targeting location selection problem in disaster logistics using operations research tools. While classifyıng the studies in the field, a special attention is devoted to identify the models and solution methods used. Thus, this work will shed some lights on facility location problem in disaster logistics for further studies by providing some gaps in the field.

Keywords: disaster management, humanitarian-aid logistic, facility location problem.

1. Giriş

Afetler insanlar için maddi ve manevi kayıplara neden olan, insan yaşamını deriden etkileyen insan ya da doğal kaynaklı olaylardır. Birleşmiş Milletler tarafından kabul görmüş en genel tanımıyla afet "insanlar için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara sebep olan, insan hayatını ve faaliyetlerini kesintiye uğratan ya da durduran toplumun kendi imkânlarıyla baş edemeyeceği doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olaylardır" [1].

Türkiye yer şekilleri, arazi yapısı ve meteorolojik koşullarının olumsuz olması nedeniyle sıklıkla doğal afetlerle karşılaşmaktadır. Türkiye başta depremler olmak üzere sel, heyelan, çığ, kuraklık, orman yangınları gibi birçok afet yaşamaktadır.1900-2010 yılları arasında 285 tane hasara sebep olan deprem meydana gelmiştir. Bu depremler sonucunda 100.000 kişi hayatını kaybetmiş, 170.000 kişi yaralanırken, 650.000 konut ağır hasar görmüştür [2].

Türkiye'nin geçmişte yaşadığı olaylara da bakılarak afetlerle mücadele konusunda başarılı olamadığı, afet risklerinin azaltılmadığı görülmektedir. Bu mücadelenin başarılı olmamasının nedenleri arasında iş birliğinin zayıf olması ve iyi bir koordinasyonun sağlanamaması, yetki karmaşıklığının yaşanması gibi unsurlar yer alabilir. Afet yönetimindeki bu çok başlılığı ortadan kaldırmak için 5902 sayılı "Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun" 29.05.2009 tarihinde TBMM'de kabul edilmiş ve 17.06.2009 tarih ve 27261 sayılı Resmi Gazete de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla; afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere, Başbakanlığa bağlı "Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD)" kurulmuştur. Bu kanun afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya bağlı hizmetlerin etkin bir şekilde yürütülmesi için önlemlerin alınması ve olayların gerçekleşmesinden önce hazırlık ve zarar azaltma, olay sırasında yapılacak müdahale ve son olarak olay sonrasında yapılacak iyileştirme çalışmalarını yürüten kurum ve kuruluşlar arasındaki uyumun sağlanması ve bu alanlardaki çalışmaların arttırılması ve uygulanmasını kapsamaktadır [2].

Afet sonrası yaşanılan kayıpların önlenmesi ve azaltılması etkili bir afet yönetimi ile sağlanabilir. Afet yönetimi her türlü tehlikeye karşı hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale etme ve iyileştirme amacıyla mevcut kaynakları organize eden, analiz, planlama, karar alma ve değerlendirme süreçlerinin tümüdür [1]. Afet yönetiminin etkinliğinin artmasını sağlayacak faaliyetlerden biri, hızlı bir iyileşme süreci için elzem olan afet ya da acil durum lojistiğidir [3].

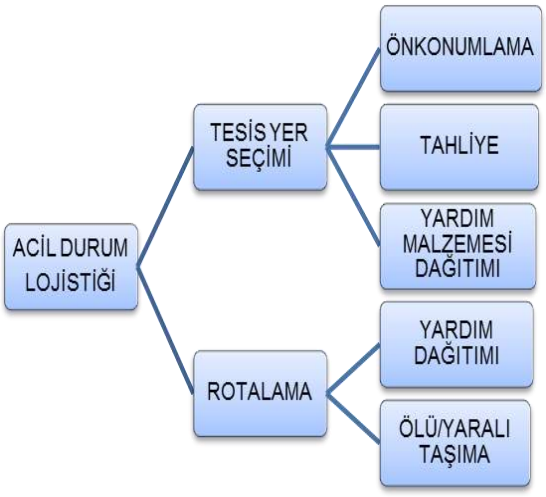
Lojistik kısaca, malzemeleri ihtiyaç duyulduğu yere ulaştırma işi olarak tanımlanmıştır [4]. Lojistik faaliyetlerin temel amacı doğru ürünlerin, doğru zamanlarda, doğru yerlerde, doğru miktarlarda ve kullanılabilir biçimlerde en düşük maliyet ve en hızlı yöntemlerle teslim edilmesidir [5].

Afet lojistiği ise, afetzedelerin ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla ürün, malzeme ve bilgi akışının ilk aşamadan son aşamaya kadar etkili ve az maliyetli olacak şekilde organize edilmesi, uygulanması ve depolanması olarak tanımlanmaktadır [3]. Başka bir kullanım şekliyle yardım

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

lojistiği, çeşitli nedenlerle yardıma muhtaç olan insanlara, insani ve sosyal yardımlara konu olan materyallerin ulaştırılması için gerekli olan taşıma, depolama ve diğer lojistik süreçlerdir [6]. Caunhye vd. afet lojistiğini, "tesis yer seçimi" ile "rotalama" olarak iki ana başlık altında incelemişlerdir. Tesis yer seçimi alanındaki çalışmaların ön konumlama, tahliye ve yardım malzemesi dağıtımı konularıyla ilişkili olduğunu öngörmüşlerdir (Şekil 1) [7].

Şekil 1'de verilen gruplandırma çerçevesinde, afet lojistiği yer seçimi konusu tekil olarak değerlendirilmiş ve sadece potansiyel talebi karşılayacak en az tesisi açma amacı güdülmüştür. Bunun yanında yer seçimi ve yardım malzemesi dağıtımı ve/veya yaralı tahliyesi problemlerini birbirine bütünleşmiş süreçler olarak gören yaklaşımlar da mevcuttur.



Şekil 1. Acil durum lojistiği çalışmalarının gruplandırılması.

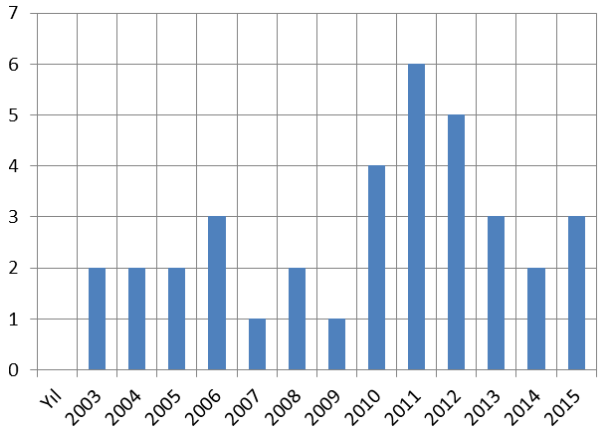
Afet lojistiği kapsamındaki tesislerin yerinin doğru seçimi, hızlı ve etkin bir müdahale için büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı afet lojistiği kapsamındaki tesis yer seçimi ile ilgili yapılan yöneylem araştırması temelli çalışmaları incelemek, belirli kıstaslara göre yapılan çalışmaları değerlendirerek gruplandırmaktır.

Bu çalışma üç bölüme ayrılmıştır ve şöyle organize edilmiştir. Birinci bölüm çalışmanın giriş bölümü olup; ikinci bölümde yazın taramasına yer verilmiştir. Bu bölümde tarama sonucunda elde edilen çalışmaların kapsamları, yapılan modelleme ve kullandıkları metotlar özetlenmiştir. Çalışmanın son bölümü tarama ile ilgili sonuç ve değerlendirmelere ayrılmış; yapılan çalışma ana hatları ile özetlendikten sonra incelenen alandaki potansiyel alanlara işaret edilmiştir.

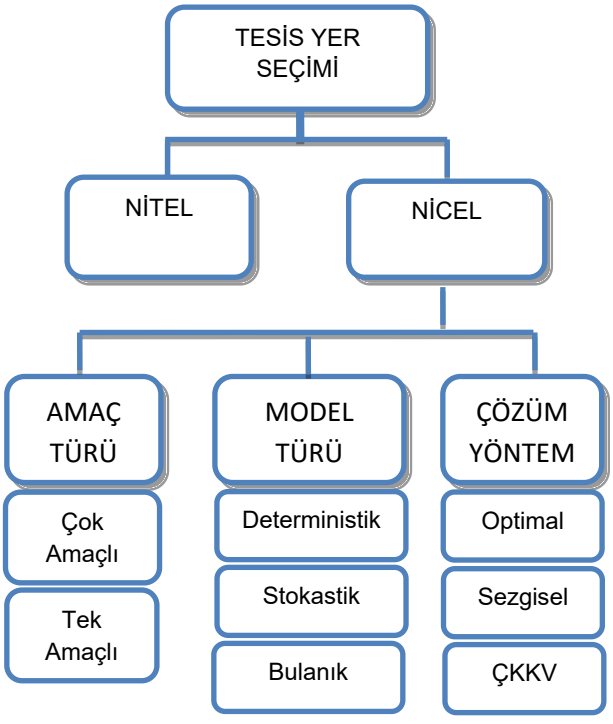
2. Literatür Taraması

Afet lojistiği kapsamında tesis yer seçimi ile ilgili literatürdeki çalışmalar temel olarak nitel ve nicel olarak ikiye ayırılabilir. Nitel çalışmalar matematiksel çözümlere dayandırılmayan, sözel olarak afet lojistiği kapsamında tesis yer seçimini ele alan ve problemi nitel kıstaslara bağlı olarak ele alarak araştırmacılara yol gösteren çalışmalardır. Nicel çalışmalar ise endüstri mühendisliğinin temel alanlarından yöneylem araştırması ve karar analizi odaklı sayısal yaklaşımları kullanarak sayısal çözümler elde etmeyi amaçlayan çalışmaları kapsamaktadır.

Literatür taraması yapılırken makaleler, konferans bildirileri ve tezler dikkate alınmıştır. Konferans bildirisi olarak sunulacak olan bu çalışmanın hacminin sınırlı olması dolayısıyla temelde birbirine çok yakın olan çalışmalardan sadece bir veya birkaçı eklenmiştir. 2003-2015 yılları arasında yer alan ve "afet lojistiği", "acil durum lojistiği", "beklenmedik durumlar lojistiği" ve "tesis yer seçimi" anahtar kelimeleri kullanılarak yapılan incelemelerde elde edilen çalışmalar değerlendirilmiştir. 2003 yılı itibarı ile bu konuda yapılan çalışmaların etkili bir şekilde başladığı, 2010 yılı itibariyle büyük ivme kazandığı ve hala yapılan çalışmaların devam ettiği görülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Yıl itibariyle çalışma sayısı dağılımı.



Şekil 3. Tesis yer seçimi gruplandırılması.

Endüstri mühendisliği alanında kullanılan teknikler ile yapılan optimizasyon odaklı çalışmaların niteliklerini belirlemek için ana sıralama kriteri olarak çözüm yöntemi başlığı seçilmiştir. Şekil 3'te de görüldüğü gibi, çalışmalar çözüm yöntemi başta olmak üzere model türü ve amaç fonksiyonu türü başlıkları altında değerlendirilmiştir. Çözüm yöntemi, kullanılan metotlardan yola çıkılarak optimal, sezgisel ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) başlıklarına ayırılırken model türü model parametrelerindeki ve değişkenlerindeki belirsizlikler bakımından stokastik, deterministik ve bulanık (fuzzy) olarak ayrılmıştır. Amaç türü bakımından değerlendirdiğimizde ise yapılan çalışmaların iki ana başlığa ayrıldığı görülmüştür: çok amaçlı ve tek amaçlı. Bu çalışmada afet lojistiği alanında tesis yer seçimi için yapılan çalışmalar çözüm yöntemine göre gruplandırılmıştır.

2.1. Optimal Metotlar

Yapılan bilimsel çalışmalarda optimal metotlar ciddi ağırlığa sahiptir. Bu çalışmalardan bazıları tam sayılı programlama modeli kurarak talep karşılama maksimizasyonunu amaçlamışlardır [8-11]. Uluğ, bunun yanında tesis sayısı minimizasyonunu da ele almıştır [8]. Dekle vd. çalışmalarında afet iyileştirme merkezlerinin nereye açılması gerektiğini belirlemek için tam sayılı programlama modeli kurarak tesis sayısı minimizasyonunu amaçlamışlardır [12]. Çözüm için kullanılan dal ve sınır algoritması ile optimal çözümler elde etmişlerdir.

Chang vd. çalışmalarında kentsel sel felaketleri kurtarma organizasyon yapısı da dâhil olmak üzere yardım dağıtım planı için iki aşamalı stokastik programlama modeli kurularak maliyet minimizasyonu amaçlamışlardır. Ortalama örneklem yakınsaması ile çözülmüştür [13]. Mete ve Zabinsky, çalışmalarında tıbbı yardım malzemelerinin dağıtımı ve depolanması yer seçimi için stokastik karışık tam sayılı programlama modeli kurarak maliyet ve taşıma süresinin minimizasyonunu amaçlamışlardır. Deterministik eşdeğer metodu ile yapılan çözüm ile optimal çözüm elde etmişlerdir [14]. Barbarosoğlu ve Arda, çalışmalarında çoklu malzeme (ilaç, yiyecek, giyecek ve barınma) dağıtımını amaçlayan şebeke akış problemi geliştirmişlerdir. İki aşamalı stokastik programlama ile kurulan model maliyet minimizasyonunu amaçlamıştır. [15]. Yiğit, çalışmasında yardım malzemelerinin tutulacağı depoları ve bu depoların hizmet sağlayacağı bölgeleri belirlemek için çok senaryolu tam sayılı programlama modeli kurarak maliyet minimizasyonunu amaçlamıştır. Çözümde dal ve kes metodu kullanılmıştır [16]. Klibi vd. çalışmalarında ön konumlama ile yardım malzemelerinin yerleştirilmesine çalışmışlardır. Karışık tam sayılı programlama ile kurulan model alan kapsama maksimizasyonu ve maliyet minimizasyonu amaçlanmıştır [17]. Garrido vd. çalışmalarında sel sonrası acil yardım malzemeleri için stok seviyeleri gibi araçlarla belirli bir olasılık ile taleplerin karşılanması konusunda çalışmışlardır. Karışık tam sayılı programlama ile kurulan model maliyet ve süre minmizasyonunu amaçlamıştır [18]. Tzeng vd. çalışmalarında afet sonrası yardım dağıtımının etkili ve adil bir şekilde yapılması konusuna çalışmışlardır. Çok amaçlı doğrusal programlama ile kurulan model maliyet ve ulaşım süresini minimize etmeyi, aynı zamanda taleplerin karşılanmasını maksimize etmeyi amaçlamıştır. Problemi gerçek bir örnek üzerinde bulanık çok amaçlı lineer programlamadan yararlanarak çözmüşlerdir [19]. Duran vd. çalışmalarında doğal afetlerden etkilenen insanlara zamanında ve etkili yardım sağlamak için önceden konuşlandırılacak en uygun depo sayısı ve yerini bulmak için karışık tam sayılı programlama modeli kurmuşlardır [20]. Yushimito ve Ukkusuri, çalışmalarında afet müdahalede stok seviyelerinin ön konumlama ile belirlenmesini konusunda çalışmışlardır. Tam sayılı programlama ile kurulan model maliyet minimizasyonu ve rota güvenirliği maksimizasyonunu amaçlamıştır [21]. Yi ve Özdamar, afet geribildirimi aktivitelerinin yönetim için, kurulan tam sayılı programlama modeli ile servis gecikmesi minimizasyonu amaçlanmıştır. Model İstanbul deprem verileri kullanarak yapılmıştır [22].

Günneç, çalışmasında yardım merkezi yer seçimleri için stokastik tam sayılı programlama modeli kurarak mesafe minimizasyonunu amaçlamıştır [23]. Günneç vd. çalışmalarında afet sonrası müdahale ve yardım merkezi yer seçimi için çok amaçlı tam sayılı programlama modeli kurarak mesafe minimizasyonu ve maliyet minimizasyonunu amaçlamışlardır [24]. Ünal, çalışmasında deprem sonrası beslenme ve barınma ihtiyaçlarının karşılanması için düşünülen lojistik faaliyetler "Acil Lojistik Yardım Operasyonu (ALYO)" kapsamında "Deprem Lojistiği (DL)" ne yönelik olarak karar destek sistemi önermiştir. Bu sistem diyalog yönetimi, veri yönetimi ve model yönetiminden oluşmaktadır. Tam sayılı doğrusal programla ile kurulan model mesafe minimizasyonunu amaçlamıştır. Model yönetiminde yer seçimi için p-Medyan, uzaklıklar için Floyd algoritması, kıstasların önceliklerinin ve ağırlıklarının belirlenmesinde ise AHP yöntemi kullanılmıştır [25]. Çiçekdağı ve Kiriş, çalışmalarında afet sonrası en hızlı ve en etkin müdahale için afet istasyonlarının en uygun yere yerleştirilmesi için kümeleme analizi modeli kurmuştur. Kurulan model mesafe minimizasyonunu amaçlamıştır [26]. Optimal çözümler arayan metotların birçoğu yardım merkezi yer seçimi için tam sayılı programlama modelleri kurarak mesafe minimizasyonunu amaçlamışlardır. Kurulan model dal ve sınır algoritmasıyla çözülmüştür [27-29]. Gümüşbuğa, afet sonrası müdahalede kullanılacak ağın güvenirliğinin arttırılmasına yönelik bir çalışma yaparak tesis yerlerini belirlemiştir. Kurulan doğrusal olmayan programlama modeli ile ağ güvenlik maksimizasyonu ve bölge risk minimizasyonu amaçlanmıştır [30].

Yukarıda özetle değinilen çalışmaların büyük bir kısmı yer seçimi problemini tek amaçlı ve afet öncesi karar verilmesi gereken bir problem olarak ele almıştır [8,9,12,22,27,28,29]. Bunun yanında yer seçimi ve yardım dağıtımı problemi çok dönemli ve afet sonrası bir problem olarak da ele alınabilir [14]. Yine yapılan ilk çalışmalar afet lojistiği alanının belirsizlik, dinamik yapısı, insan odaklı olması gibi kendine özgü boyutlarını tam olarak dikkate almayarak daha çok maliyet, mesafe ve/veya tesis sayısı minimizasyonu gibi amaçlara odaklanmıştır [12,27]. Bu durum, yapılan ilk çalışmaların temelinde lojistikteki klasik depo seçimi problemi olması ve afet lojistiğinin, lojistiğin bir alt başlığı olarak belirmeye başlaması ile ilgilidir ve normal bir durumdur. Nitekim afet lojistiği alanının normal lojistiğe göre farklılıklarının ortaya konması ve insan odaklı olması fikrinin belirginleşmesi kullanılan amaç fonksiyonlarını çeşitlendirmiştir. Daha sonra yapılan optimallik odaklı çalışmalara ağ güvenliğinin maksimize edilmesi, talebin karşılanmasının maksimizasyonu, gecikme minimizasyonu

Tablo 1. Optimal ve sezgisel yöntemlere dayalı çalışmalar.

	YAZARLAR	TEK/ÇOK AMAÇLI	MODEL	AMAÇ FOKSİYONU	ÇÖZÜM METODU	DETERMİNİSTİK/ STOKASTİK/ BULANIK
OPTİMAL	Uluğ (2003)	Tek	Tam sayılı programlama	Talep karşılama maksimizasyonu, Tesis sayısı minimizasyonu	Dal ve kes algoritması	Deterministik
	Karaca (2003)	Tek	Tam sayılı programlama	Talep karşılama maksimizasyonu	Maksimal kaplama	Deterministik
	Barbarosoğlu ve Arda (2004)	Tek	İki aşamalı stokastik programlama	Maliyet minimizasyonu	Stokastik programlama	Stokastik
	Dekle vd. (2005)	Tek	Tam sayılı programlama	Tesis sayısı minimizasyonu	Dal ve sınır algoritması	Deterministik
	Chang vd. (2006)	Tek	Stokastik programlama	Maliyet minimizasyonu	Örnek ortalama yaklaşımı (SAA)	Stokastik
	Yi ve Özdamar (2006)	Tek	Karışık tam sayılı programlama	Servis gecikmesi minimizasyonu	Dal ve kes algoritması	Deterministik
	Tzeng vd. (2006)	Çok	Çok amaçlı doğrusal programlama	Maliyet ve süre minimizasyonu, Memnuniyet maksimizasyonu	Bulanık çok-amaçlı lineer programlama	Bulanık
	Günneç (2007)	Tek	Tam sayılı programlama	Mesafe minimizasyonu	Senaryo temelli Dal ve Sınır	Stokastik
	Balcik ve Beomen (2008)	Tek	Karışık tam sayılı programlama	Talep karşılama maksimizasyonu	Dal ve sınır algoritması	Deterministik
	Ukkusuri ve Yushimono (2008)	Tek	Tam sayılı programlama	Maliyet minimizasyonu, Rota güvenilirliği maksimizasyonu	En kısa yol algoritması	Deterministik
	Darende (2009)	Tek	Tam sayılı programlama	Talep karşılama maksimizasyonu	Lagrange gevşetmesi	Deterministik
	Mete ve Zabinsky (2010)	Tek	Karışık tam sayılı programlama	Maliyet minimizasyonu	Deterministik eşdeğer metodu	Stokastik
	Yiğit (2010)	Tek	Çok senaryolu tam sayılı programlama	Maliyet minimizasyonu	Dal ve kes algoritması	Deterministik
	Ünal (2011)	Tek	Tam sayılı doğrusal programlama	Mesafe minimizasyonu	Dal ve sınır algoritması	Deterministik
	Duran vd. (2011)	Tek	Karışık tam sayılı programlama	Talep karşılama süresi minimizasyonu	Belirtilmemiş	Stokastik
	Görmez vd. (2011)	Çok	Tam sayılı programlama	Mesafe minimizasyonu, Maliyet minimizasyonu	ε-kısıt algoritması	Deterministik
	Çiçekdağı ve Kiriş (2012)	Tek	Kümeleme analizi	Mesafe minimizasyonu	Ağırlık merkezi yöntemi	Deterministik
	Gümüşbuğa (2012)	Çok	Doğrusal olmayan tam sayılı programlama	Ağ güvenlik maksimizasyonu, Bölge risk minimizasyonu	Hata ağacı analizi ve Evolver yazılımının sunduğu metotlar	Stokastik

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

	Kırıkçı (2012)	Tek	Tam sayılı programlama	Mesafe(maliyet) Minimizasyonu	Dal ve sınır algoritması	Deterministik
	Gözaydın ve Can (2013)	Tek	Tam sayılı programlama	Mesafe minimizasyonu	Dal ve sınır algoritması	Deterministik
	Klibi vd. (2013)	Çok	Karışık tam sayılı programlama	Kapsama maksimizasyonu, Maliyet minimizasyonu	Ortalama örneklem yakınsaması, Dal ve kes algoritması	Stokastik
	Konu (2014)	Tek	Karışık tam sayılı programlama	Mesafe minimizasyonu	Dal ve sınır algoritması	Deterministik
	Garrido vd. (2015)	Tek	Karışık tam sayılı programlama	Maliyet ve süre minimizasyonu (kombine)	Ortalama örneklem yakınsaması, Dal ve kes algoritması	Stokastik
SEZGİSEL	Özdamar vd. (2004)	Tek	Tam sayılı doğrusal programlama	Karşılanmayan talebin minimizasyonu	Lagrange gevşetmesi temelli kendi oluşturdukları bir sezgisel	Deterministik
	Kongsomsaksakul ve Yang (2005)	Tek	İki aşamalı programlama (Bi-level programming)	Süre minimizasyonu	Genetik algoritma	Deterministik
	Rawls ve Turnquist (2010)	Tek	Karışık tam sayılı programlama	Maliyet minimizasyonu	Lagrange gevşetmesi	Stokastik
	Zhu vd. (2010)	Tek	Doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu	LP-gevşetme temelli kendi geliştirdikleri bir yakınsama metodu	Deterministik
	Çelebi (2011)	Tek	Doğrusal programlama	Mesafe minimizasyonu	Parçacık sürü optimizasyonu, Tavlama benzetimi, Evrimsel algoritma	Stokastik
	Özdinç (2011)	Tek	Doğrusal programlama	Talep karşılama maksimizasyonu	Tabu arama	Stokastik
	Rath ve Gutjahr (2011)	Çok	Karışık tam sayılı programlama	Kısa vadeli maliyet minimizasyonu, Orta vadeli maliyet minimizasyonu	ε-kısıt algoritması, Değişken komşuluk arama temelli	Deterministik
	Döyen (2012)	Tek	Karışık tam sayılı doğrusal programlama	Maliyet minimizasyonu	Lagrange gevşetmesi	Stokastik
	Lin vd. (2012)	Tek	Tam sayılı programlama	Maliyet minimizasyonu	Dal ve sınır algoritması, Ayrıştır ve ata sezgiseli	Deterministik
	Wang vd. (2014)	Çok	Doğrusal olmayan karışık tam sayılı programlama	Maliyet ve süre minimizasyonu, Güvenlik maksimizasyonu	Domaine edilmeyenleri sıralayan Genetik Algoritma	Deterministik
	Ahmadi vd. (2015)	Tek	Karışık tam sayılı doğrusal olmayan programlama	Maliyet ve süre minimizasyonu (tek fonksiyon olarak)	Değişken komşuluk arama	Deterministik

gibi tekil amaçları ya da bahsedilen amaçların farklı kombinasyonlarını optimize etmeyi hedefleyen çalışmalar eklenmiştir [10,11,30].

Yine konunun çok boyutlu olması çok amaçlı optimizasyon çalışmalarını ön plana çıkarmıştır [17,24,19]. Tek amaçlı modellerle karşılaştırılınca daha karmaşık olan çok amaçlı modellerin hem kurulması (gerekli verilerin toplanması vs.) hem de çözümlenmesi daha zordur. Özelikle hızlı müdahalenin önem kazandığı afet lojistiği alanında bu bir dezavantajdır.

Bu alanda başka bir genişleme yönü de gerçek hayattaki belirsizliklerin modele dâhil edildiği stokastik programlamadır [14,17,18,24]. Afet lojistiği gerek afetin büyüklüğü (etkilenen alan, ulaşım hatlarının çoğunun zarar görmesi gibi) gerekse insani boyutları açısından belirsizlikler içeren bir alandır [23,14]. Daha önceden planlanan ve deterministik olarak optimal bulunan çözümler afet sonrası optimum hatta uygulanabilir olmayabilir [17]. Konunun bu yönleri stokastik çalışmaların önemini arttırmaktadır. Ancak doğası gereği, stokastik çalışmalar birçok model parametresi konusunda kabuller gerektirmektedir ve bu hızlı karar süreçlerinde bir dezavantaja dönüşebilir.

2.2. Sezgisel Metotlar

Tesis yer seçimi modelleri bazı durumlarda kesin çözüm veren metotlarla çözülmemiş özellikle NP-zor problemler için sezgisel metotlar kullanılmıştır [31,32,40]. Kongsomsaksakul vd. çalışmalarında sel tahliye planlaması için en uygun barınma yer seçimini ele alarak iki aşamalı programlama modeli kurulmuşlardır. Kurulan model tahliye süresi minimizasyonunu amaçlamıştır [31].

Rawls ve Turnquist, çalışmalarında bir acil müdahale planı geliştirmişlerdir. İki aşamadan oluşan çalışmada depo yerleri ve stok seviyelerinin belirlenmesinde stokastik karışık tam sayılı programlama (SMIP) modeli kurularak maliyet minimizasyonu amaçlanmıştır [32]. Döyen, çalışmasında afet yönetimindeki iki ayrı problemi incelemiştir. Birincisi afet lojistiğinde toplam tesis yerleşimi, envanter tutma, taşıma ve malzeme eksikliği maliyetlerini en küçüklenmesi. İkincisi ise bina ve yol güçlendirme kararlarının maliyet kapsamında değerlendirilmesi. Her iki problemde karışık tam sayılı doğrusal programlama ile modellenirken maliyet minimizasyonu amaçlanmıştır. Model Lagrange gevşetmesi temelli sezgisel metotlarla çözülmüştür [33]. Zhu vd. çalışmalarında acil durumlar için kaynak depolama yeri ve kapasiteleri problemini ele almışlardır. Kurulan doğrusal programlama modeli ile maliyet minimizasyonu amaçlanmıştır [34]. Lin vd. çalışmalarında felaketten etkilenen alanda lojistik operasyonların verimliliğini arttırmak için geçici depo yeri seçimini incelemişlerdir. Tam sayılı programlama ile kurulan model maliyet minimizasyonunu amaçlamıştır. Problem çözümü iki aşamalı sezgisel algoritmalar ile yapılmıştır [35].

Çelebi, çalışmasında Sakarya ili için yardım dağıtım merkezi seçimini ele almıştır. Problem tesis yeri problemi olarak ele alınarak doğrusal programlama modeli kurulmuştur. Kurulan model mesafe minimizasyonunu amaçlamış ve dört farklı sezgisel algoritma kullanılmıştır [36].

Özdinç, çalışmasında AKOM' un kurmayı düşündüğü Afet Müdahale Merkezi yerleştirmesini ele almıştır. Doğrusal programlama ile kurulan model yolların çökme ve kapanma durumlarını da değerlendirerek talep karşılama maksimizasyonunu amaçlamıştır. Çözüm yönteminde tabu arama sezgiseli kullanılmıştır [37].

Wang vd. çalışmalarında deprem sonrası yardım dağıtımı için konum-yönlendirmesinde yolculuk süresini, toplam maliyeti ve güvenilirliği ele almışlardır. Doğrusal olmayan karışık tam sayılı programlama ile kurulan model maliyet ve süre minimizasyonu ile güvenlik maksimizasyonu amaçlanmıştır [38]. Ahmadi vd. çalışmalarında deprem sonrası yardım dağıtımı için yerel depo konumlarını belirlemişlerdir. Kurulan iki aşamalı stokastik karışık tam sayılı doğrusal olmayan programlama modeli ile maliyet ve süre minimizasyonunu amaçlanmış ve problem değişken komşuluk arama ile çözülmüştür [39].

Rath ve Gutjahr, çalışmalarında afet sonrası yardım malzemeleri için tedarik sistemi ile ara depo yerleri belirlemişlerdir. Karışık tam sayılı programlama ile kurulan model kısa vadeli ve orta vadeli maliyet minimizasyonunu amaçlamıştır [40].

Özdamar vd. çalışmalarında acil lojistik planlamasının bir parçası olan yardım malzemelerinin dağıtım merkezlerine gönderilmesi konusunu incelemişlerdir. Tam sayılı doğrusal programlama ile kurulan model karşılanamayan talebin minimizasyonunu amaçlamıştır. Kurulan model 1999 Marmara depremine uyarlanarak sezgisel yöntemlerle çözülmüştür [41].

Afet lojistiği alanındaki ilk çalışmalarda kendine daha az yer bulan sezgisel yöntemler özellikle kurulan modellerin karmaşıklaşması ve bunun sonucu olarak optimal yöntemlerin çözüm bulma konusunda yetersiz ya da yavaş kalmaları nedeniyle ağırlık kazanmıştır [33,35,37,38,40]. Bu çalışmalardan bir kısmında parçalı teslimat [38], afet sonrası lojistik ağın kullanılamaması durumu, yardım için süre standardının getirilmesi [39], kısa, orta ve uzun vadede amaçların farklılaşması [40], ya da ele alınan problemin yer seçimi ve kaynak atama gibi iki ayrı aşama olarak ele alınması [35] gibi konunun az değinilmiş alanlarına sezgisel yöntemlerle çözümler sunulmuştur.

Sezgisel yöntemler özellikle kısa zamanda iyi çözümlerin gerekli olduğu bu alanda optimal yöntemlere göre avantaj sağlamaktadır. Optimal ve sezgisel metotlara dayalı çalışmalar Tablo 1.' de özetlenmiştir.

2.2. ÇKKV Yöntemine Dayalı Metotlar

Afet lojistiği alanında tesis yer seçimi için kullanılan diğer bir temel yaklaşım ÇKKV metotlarıdır. Özellikle nitel ve bulanık kıstasların problemin bir parçası olduğu durumlarda bu yöntemlere başvurulmuştur. ÇKKV yöntemi ile yapılan çalışmalar Tablo 2.'de gösterilmiştir.

Rezaei, çalışmasında afet sonrası en uygun barınma yerlerini belirlemek için bir karar destek sistemi geliştirmiştir. Model ÇKKV yer seçimi olarak kurulmuştur. Amaçlarda altyapı, erişilebilirlik, tehlike, kapasite ve arazi kullanım türü yer almaktadır. Model çözümü Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi ile çözülmüştür [42].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Roh vd. afet lojistiği kapsamında depo yer seçimi için çalışmışlardır. Model ÇKKV ile yer seçimi için kıstas seçimi olarak kurulurken amaçlar yer, lojistik alt yapı, maliyet ve istikrar olarak belirlenmiştir. Model AHP yöntemi ile çözülmüştür [43].

Ağdaş vd. çalışmalarında afet lojistiği kapsamında etkin bir planlama için afet dağıtım merkezi yer seçimini ÇKKV problemi olarak ele almıştır. Model amaçlarında afetzedelere ulaşım süresi, sel risk derecesi, ulaşım imkânı, bölge afet deposuna uzaklık ve toplam maliyet yer almaktadır. Kullanılan kıstasların belirsizlik göstermesi sonucunda stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi metodu örnek probleme uygulanarak çözülmüştür [3].

Aslan vd. çalışmalarında Düzce İlinde belirli bir noktada kurulacak olan optimum afet istasyonunu belirlemeyi amaçlamışlardır. Bu amaçla dört adet aday afet istasyonu belirlenmişlerdir. ÇKKV yöntemi ile kurulan model Bulanık TOPSIS yöntemi ile çözülmüştür [44].

Tesis yer seçimi konusu hem stratejik boyutları olan yönetimsel, hem de pratik boyutları olan operasyonel bir konudur. ÇKKV yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar diğer iki grupla karşılaştırılınca problemin daha çok stratejik boyutuna vurgu yapmıştır [43,44]. Bu açıdan bakıldığında afet sonrası yardım dağıtımı aşamalarını da içine alan yer seçimi problemleri için pratik ve hızlı bir yöntem olarak gözükmemektedir. ÇKKV yöntemlerinin konuya başka bir katkısı da karar verme sürecinin önemli bir aşaması olan kıstasların değerlendirilmesi ve önceliklerin belirlenmesidir [42].

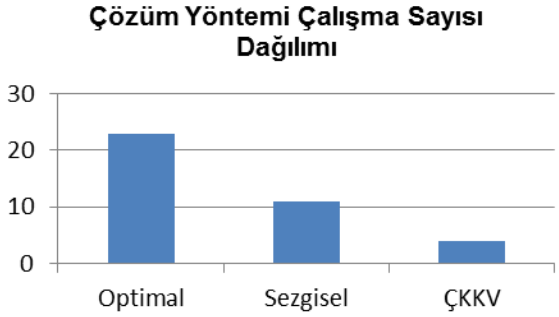
Tablo 2. ÇKKV yöntemine dayalı çalışmalar.

YAZARLAR VE TARİH	SEÇİM KRİTERİ	ÇÖZÜM METODU	YÖNTEM
Rezaei (2014)	Alt yapı, Erişilebilirlik, Tehlike, Kapasite Arazi kullanım türü	Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)	ÇKKV
Roh vd. (2013)	Yer, Lojistik alt yapı, Maliyet, Stabillik	Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)	ÇKKV
Ağdaş vd. (2014)	Afetzedelere ulaşım süresi, Sel riski derecesi, Ulaşım imkânı, Bölge afet deposuna uzaklık, Toplam maliyet	Stokastik çok kriterli kabul edilebilirlik analizi (SMAA-2)	ÇKKV
Aslan vd. (2015)	Yer seçimi	Bulanık TOPSIS	ÇKKV

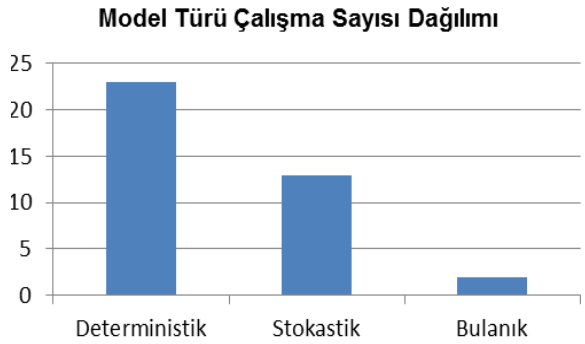
3. Sonuç ve Değerlendirme

Afetler insan ve doğa yaşamını derinden etkileyen, maddi ve manevi kayıplara neden olan insan, doğa ya da teknoloji kaynaklı olaylardır. Afetlerle mücadelede zararların en aza indirilmesi etkili bir afet yönetimi ile sağlanabilir. Bu çalışmanın amacı afet lojistiği kapsamında büyük öneme sahip, tesis yer seçimi ile ilgili yapılan matematiksel model temelli çalışmaları inceleyerek belirli kıstaslar ışığında gruplandırmaktır.

Afet lojistiği problemleri, tesis yer seçimi ve rotalama olarak iki ana başlık altında incelemiştir. Tesis yer seçimi alanındaki çalışmaların ön konumlama, tahliye ve yardım dağıtımı konularıyla ilişkili olduğu görülmüştür. Çalışmalar temel olarak nitel ve nicel olarak farklılaşmaktadır. Nicel olarak yapılan çalışmalar başta çözüm yöntemi olmak üzere amaç türü ve model türü bakımından değerlendirilmiştir. Yapılan bu değerlendirme, Şekil 4.'te görüldüğü gibi optimal sonuçlar elde eden çözüm yöntemlerinin daha çok tercih edildiğini göstermiştir. Model türü olarak ise Şekil 5.'te görüldüğü gibi deterministik çalışmalar çoğunluktadır. Deterministik olarak ele alınan çalışmaların dal ve sınır ile dal ve kes algoritmalarından sıklıkla faydalandıkları görülmüştür.



Şekil 4. Çözüm yöntemi-çalışma sayısı.



Şekil 5. Model türü-çalışma sayısı.

Optimal ve deterministik modeller konunun ilk çalışılmaya başlandığı zamanlarda yoğunlaşmış modeller karmaşıklaştıkça sezgisel yöntemlerle yapılan çözümler ön plana çıkmıştır.

Yine problemi afet öncesi stratejik bir planlama problemi olarak gören yaklaşımlar çoğunlukta iken son zamanlarda yapılan çalışmalar problemi afet sonrası operasyonel bir süreç olarak ele almaktadır.

Bir afet durumunda afet öncesi öngörülen adımların değişebileceği ve yeni planlamalara ihtiyaç duyulacağı açıktır. Bu afet sonrası kapasite planlama çalışmalarına odaklanmayı gerektirmektedir. Bunun temel alt bileşenlerinden bir tanesi işgücü çizelgeleme probleminin optimize edilmesidir ve bu alandaki çalışmalar sınırlı kalmıştır.

Şüphesiz afet lojistiği kapsamlı olarak ele alındığında tesis yer seçiminden daha fazlasını da içermelidir. Kapsamlı bir optimizasyon modeli enkaz kaldırılması, gerekli tesislerin onarımı, asgari güvenlik koşullarının sağlanması, salgın hastalıkların engellenmesi gibi bir çok farklı alanı içine alabilir. Yine çalışmalarda afet lojistiği kapsamındaki rotalama başlığı altındaki yardım dağıtımı ve ölü/yaralı taşıma alanlarıyla ilgili çalışmaların yetersiz olduğu görülmüştür. Konunun yukarıda ki boyutlarını içeren çalışmalar ciddi bir eksiği kapatabilecektir.

Ancak konunun bütün boyutlarının bir arada değerlendirilmesi hem model kurmayı hem de kurulan modeli çözmeyi zorlaştıracaktır. Bu durumda çok amaçlı sezgisel yöntemler kullanılabilir. Çok amaçlı yöntemlerin başka bir avantajı tek bir optimal çözüm yerine birbirine alternatif çözümlerden oluşan bir verimlilik sınırı üretmesidir. Bu özellik ciddi risk faktörlerinin olduğu bu alanda farklı kıstasları önceleyen alternatif stratejilerin belirlenmesi açısından önemlidir.

Verilen kararların etki alanı ve paydaşların çeşitliliği dikkate alındığında; tesis yer seçimi alanında sunulan sayısal modellerin kısıtlarının ve amaçlarının doğru şekilde belirlenmesi başka bir önemli konudur. Yönetimsel seviyede doğru kıstasların tespiti ÇKKV yöntemlerini ön plana çıkarmaktadır. Bu noktadan hareketle ÇKKV ve optimizasyon temelli yaklaşımların kombine edilmesi de bir başka çalışma alanı olabilir. Aynı şekilde ÇKKV alanında belirsizlikleri dikkate alan bulanık mantık odaklı ya da stokastik çalışmalar da nadiren yapılmıştır.

Afet lojistiğinde operasyonel seviyede kısa sürede talep noktalarına ulaşmanın önemi göz önüne alınırsa optimal çözümler bulmak yerine hızlı ama kabul edilebilir kalitede çözümler bulunması önemlidir. Bu gerçek, yayın taraması bölümünde de eksikliğine vurgu yaptığımız sezgisel yöntemleri işaret etmektedir.

Kaynaklar

[1] M. Kadıoğlu, Sel, Heyelan ve Çığ için Risk Yönetimi; M. Kadıoğlu ve E. Özdamar (editörler), Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri, *JICA Türkiye Ofisi Yayınları,* No: 2, Ankara. 251-276, 2008

[2] Ç. Koçkan, Doğal afet risk yönetimi, *Doğal Afetler Risk Yönetimi, 3.Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir*, 2015, pp. 1–8.

[3] M. Ağdaş, Ö. Bali, and H. Ballı, Afet Lojistiği Kapsamında Dağıtım Merkezi İçin Yer Seçimi : Smaa-2 Tekniği İle Bir Uygulama, *Beykoz Akad. Derg.*, vol. 2, no. 1, pp. 75–95, 2014.

[4] Long, D., Uluslararası Lojistik Küresel Tedarik Zinciri Yönetimi, Çeviri: Tanyaş, M., Düzgün, M., Nobel Yayınları, 2012.

[5] M. Doğan, İlçe Bazinda Afet Lojistiği: Kocaeli İli Örneği, *Bahçeşehir Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Kentsel Sistemler ve Ulaştırma Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*, 2015.

[6] Erdal, M., Görçün, Ö.F., Görçün, Ö., Saygılı, Entegre Lojistik Yönetimi, Beta Yayınları, İstanbul, 2010.

[7] A. M. Caunhye, X. Nie, and S. Pokharel, Optimization Models in Emergency Logistics: A Literature Review, *Socioecon. Plann. Sci.*, vol. 46, no. 1, pp. 4–13, 2012.

[8] M. Ulug, Location Of Natural Disasters Search and Rescue (Sar) Units in Sectors, Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2003.

[9] M. Karaca, Optimization of Locating Logistic Supply Coordination Centers (Lscc) of Turkish Land Forces in an Earthquake Region, Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2003.

[10] B. Darende, Tesis Yer Seçimi İle Deprem Durumunda Yaralı Toplama Noktalarının Modellenmesi, Hacettepe Üniversitesi İstatistik Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2009.

[11] B. Balcik and B. M. Beamon, Facility location in humanitarian relief, *Int. J. Logist. Res. Appl.*, vol. 11, no. 2, pp. 101–121, Jan. 2008.

[12] J. Dekle, M. S. Lavieri, E. Martin, H. Emir-Farinas, and R. L. Francis, A Florida County Locates Disaster Recovery Centers, *Interfaces (Providence).*, vol. 35, no. 2, pp. 133–139, Apr. 2005.

[13] M.-S. Chang, Y.-L. Tseng, and J.-W. Chen, A Scenario Planning Approach for the Flood Emergency Logistics Preparation Problem Under Uncertainty, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 43, no. 6, pp. 737–754, Nov. 2007.

[14] H. O. Mete and Z. B. Zabinsky, Stochastic Optimization of Medical Supply Location and Distribution in Disaster Management, *Int. J. Prod. Econ.*, vol. 126, no. 1, pp. 76–84, Jul. 2010.

[15] G. Barbarosoğlu and Y. Arda, A two-stage Stochastic Programming Framework for Transportation Planning in Disaster Response, *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 55, no. 1, pp. 43–53, Jan. 2004.

[16] Ö. E. Yiğit, Farkli Afet Tiplerine Ve Oluşma Olasılıklarına Göre Optimal Depo Seçimi Ve Malzeme Miktarinin Belirlenmesi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü istatistik Bölümü Yüksek Lisans Tezi, Bornova-İzmir 2010.

[17] W. Klibi, S. Ichoua, and A. Martel, Prepositioning Emergency Supplies to Support Disaster Relief : A Stochastic Programming Approach, *Cırrelt*, pp. 1–35, 2013.

[18] R. A. Garrido, P. Lamas, and F. J. Pino, A Stochastic Programming Approach for Floods Emergency Logistics, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 75, pp. 18–31, Mar. 2015.

[19] G.-H. Tzeng, H.-J. Cheng, and T. D. Huang, Multi-

objective Optimal Planning for Designing Relief Delivery Systems, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 43, no. 6, pp. 673–686, Nov. 2007.

[20] S. Duran, M. A. Gutierrez, and P. Keskinocak, Pre-Positioning of Emergency Items Worldwide for CARE International, *Interfaces (Providence).*, vol. 41, no. 3, pp. 223–237, 2011.

[21] W. F. Yushimito and S. V Ukkusuri, A Location-Routing Approach for the Humanitarian Pre-Positioning Problem, *Transp. Res. Rec.*, no. 518, pp. 1–23, 2007.

[22] W. Yi and L. Özdamar, A Dynamic Logistics Coordination Model for Evacuation and Support in Disaster Response Activities, *Eur. J. Oper. Res.*, vol. 179, no. 3, pp. 1177–1193, 2007.

[23] D. Günneç, Network Optimization Problems for Disaster Mitigation : Network Reliability , Investment for Infrastructure Strengthening and Emergency Facility Location, Koç Üniversitesi, Mühendislik Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, İstanbul*,* 2007.

[24] N. Görmez, M. Köksalan, and F. S. Salman, Locating Disaster Response Facilities in Istanbul, *J. Oper. Res. Soc.*, vol. 62, no. 7, pp. 1239–1252, Jul. 2011.

[25] G. Ünal, Acil Lojistik Yardim Operasyonu Deprem Lojistiği Karar Destek Sistemi : ALYO-Dlkds (Olası İstanbul Depremi Uygulaması), Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü Harekât Araştırması Ana Bilim Dalı Doktora Tezi, Ankara, 2011.

[26] H. İ. Çiçekdağı and Ş. Kırış, Afet İstasyonu Ve Toplanma Merkezi İçin Yer Seçimi Ve Bir Uygulama, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilim. Enstitüsü Derg.*, no. 28, pp. 67–76, 2012.

[27] C. Kırıkçı, Determination Of Shelter Locations and Evacuation Routes for a Possible Earthquake In The City Of Istanbul, Bilkent Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara 2012.

[28] O. Gözaydın and T. Can, Deprem Yardım İstasyonları İçin Lojistik Merkezi Seçimi: Türkiye Örneği, *Havacılık ve Uzay Teknol. Derg.*, vol. 6, no. 2, pp. 17–31, 2013.

[29] A. S. Konu, Humanıtarian Logistics:Pre-Positioning Of Relief Items In Istanbul, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2014.

[30] F. Gümüşbuğa, Afet Yönetimi Kapsamında Hata Ağacı Analizi İle Risk Tabanlı Tesis Yer Seçimi, Kara Harp Okulu Savunma Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 2012.

[31] S. Kongsomsaksakul, C. Yang, and A. Chen, Shelter location-allocation Model for Flood Evacuation Planning, *J. East. Asia Soc. …*, vol. 6, pp. 4237–4252, 2005.

[32] C. G. Rawls and M. A. Turnquist, Pre-positioning of Emergency Supplies for Disaster Response, *Transp. Res. Part B Methodol.*, vol. 44, no. 4, pp. 521–534, May 2010.

[33] A. Döyen, Disaster Mitigation And Humanitarian Relief Logistics, Boğaziçi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği, Doktora Tezi, İstanbul, 2012.

[34] J. Zhu, D. Liu, and J. Huang, Determining Storage Locations and Capacities for Emergency Response, *Ninth Int. Symp. Oper. Res. Its Appl.*, no. 90924008, pp. 262–269, 2010.

[35] Y. Lin, R. Batta, P. A. Rogerson, A. Blatt, and M. Flanigan, Location of Temporary Depots to Facilitate Relief Operations After an Earthquake, *Socioecon. Plann. Sci.*, vol. 46, no. 2, pp. 112–123, Jun. 2012.

[36] N. Çelebi, Bir Afet Yardım Merkezinin Sezgisel Algoritmalar Yardımıyla Konumlandırılması, *XI.Üretim Araştırmaları Sempozumu*, pp. 641–651, 2011.

[37] S. Özdinç, Emergency Response Facility Location in Istanbul for Effective Distribution of Relief Aid, Koç Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2011.

[38] H. Wang, L. Du, and S. Ma, Multi-objective Open location-routing Model With Split Delivery for Optimized Relief Distribution in post-earthquake, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 69, pp. 160–179, Sep. 2014.

[39] M. Ahmadi, A. Seifi, and B. Tootooni, A Humanitarian Logistics Model for Disaster Relief Operation Considering Network Failure and Standard Relief Time: A case study on San Francisco district, *Transp. Res. Part E Logist. Transp. Rev.*, vol. 75, pp. 145–163, Mar. 2015.

[40] S. Rath and W. J. Gutjahr, A math-heuristic for the Warehouse location-routing Problem in Disaster relief, *Comput. Oper. Res.*, vol. 42, pp. 25–39, Feb. 2014.

[41] L. Özdamar, E. Ekinci, and B. Küçükyazici, Emergency Logistics Planning in Natural Disasters, *Ann. Oper. Res.*, vol. 129, no. 1–4, pp. 217–245, 2004.

[42] S. Rezaei, Development of a Decision Support Model for the Optimum Shelter Location Following a Disaster, İstanbul Tenik Üniversitesi, Harita Mühendisliği Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2014.

[43] S. Roh, H. Jang, and C. Han, Warehouse Location Decision Factors in Humanitarian Relief Logistics, *Asian J. Shipp. Logist.*, vol. 29, no. 1, pp. 103–120, Apr. 2013.

[44] H. M. Aslan, M. S. Yıldız, and H. T. Uysal, Afet İstasyonlarının Kuruluş Yeri Seçiminde Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması : Düzce ' de Bir Lokasyon Analizi, *Siyaset, Ekon. ve Yönetim Araştırmaları Derg.*, vol. 3, no. 2, pp. 111–128, 2015.

İNSANİ YARDIM LOJİSTİĞİ: TÜRKİYE GÖÇMEN SORUNU

HUMANITARIAN RELIEF LOGISTICS: IMMIGRATION ISSUE IN TURKEY

Çağrı Sel[a*], Simay Taşcı[a], Sevban A. Tuzcuoğlu[a],
[a] Endüstri Mühendisliği Bölümü, Karabük Üniversitesi, 78050, Karabük, TÜRKİYE
[*] E-posta: simaytasci78@gmail.com, satuzcuoglu@gmail.com, cagrisel@karabuk.edu.tr

Özet

Dünya'da ve Türkiye'de göçmen sayısındaki artış, ilgili ülkelere sığınanların barınma, eğitim sağlık gibi ihtiyaçların karşılanmasına yönelik yeni sorumluluklar getirmektedir. Zorla yerinden edilen göçmenlerin sosyal hayata adaptasyonunun sağlanması temel sorumluluklardan birisidir. Çalışmada göçmenlerin eğitim ihtiyaçlarının karşılanması amacıyla kurulması planlanan yaşam merkezlerinin tespitine yönelik bir tesis yerleşim modeli kullanılmıştır. Türkiye vakası üzerinden gerçekleştirilen analizler neticesinde belirlenen 1.200.000.000 TL bütçe ile 20 aday merkez tarafından 81 ile ilişkin 12-17 yaş grubunun eğitim ihtiyaçları %76,5 oranında karşılanmaktadır.

Anahtar kelimeler: İnsani yardım, Lojistik, Tesis yerleşimi, Karışık tamsayılı programlama

Abstract

Trend in immigration spread all over of the world bring new responsibilities to countries. Social adaptation of the immigrants forced displacement is one of the fundamental responsibilities. In this study, a facility location model for a life center organization is introduced to satisfy the educational requirements of the immigrants. A case study analysis conducted on Turkey show that the education requirements of 81 cities is satisfied at 74 % rate using 3.108.800.000 TL budget by structured 20 candidate life centers.

Keywords: Humanitarian relief, Logistics, Facility location, Mixed-integer programming

1. Giriş

Dünya'da ve özellikle Orta Asya'da ortaya çıkan savaşlar sebebiyle yaşadıkları bölgelerden ayrılmaya zorlanan insanların sayısı yüksek boyutlara ulaşmaktadır. Bu insanların sayısı son yıllarda 60 milyona yaklaşmaktadır [1].

Türkiye'ye gelen göçmen sayısındaki artış çoğunlukla Suriye'de gerçekleşen iç savaş kaynaklıdır. Türkiye, gerek jeopolitik konumu gerekse insani yardım konusundaki hassasiyeti nedeniyle çok sayıda göçmen barındırmaktadır. Ancak ani gelişen bu durum karşısında yeterli altyapı sağlanamamaktadır. Bu sebeple göçmenlerin yaşam kaliteleri düşmekte, eğitim hayatları yarım kalmakta ve sosyal çevreye adapte olmaları zorlaşmaktadır.
Çalışmada, göçmenlerin eğitim ihtiyaçlarının en uygun seviyede ve en düşük bütçe ile karşılayacak yaşam merkezlerinin tahsis edilmesi amaçlanmaktadır. Bu amaç doğrultusunda bir karışık tamsayılı programlama modeli kullanılmıştır [2]. Gerçekleştirilen vaka analizleri neticesinde aday bölgelere kurulacak yaşam merkezleri ve hizmet verecek göçmen sayısı belirlenmiştir. Problemin kapsamı, aday yaşam merkezlerinin ve Karabük yaşam merkezinin hizmet verdiği Bartın, Kastamonu ve Bolu illerinin işaretlendiği şematik gösterim ile Şekil 1.' de temsil edilmektedir.



Şekil 1.Problemin şematik gösterimi

İkinci bölümde insani yardım kapsamında yapılan çalışmalarla ilgili literatür taraması yapılmıştır. Üçüncü bölümde problemin tarifi, amacı ve çıkabilecek sonuçlar ele alınmıştır. Dördüncü bölümde problemin matematiksel modeli verilmiştir. Beşinci bölümde çözüme kavuşturulmaya çalışılan vakanın verileri ve bu verilerin analizi yapılmıştır. Altıncı bölümde çalışma sonuçları tartışılmıştır ve gelecek çalışmalar ifade edilmiştir.

2. Literatür Taraması

İnsani yardım ve acil durum lojistiği son zamanlarda tüm dünyanın dikkatini çekmiştir. Her afet sonrası gerek kurtarma operasyonlarındaki zamana karşı yarışın kazanılma çabası, gerekse yardım malzemelerinin dağıtımındaki zorluk nedeniyle bu alandaki çalışmalar artış göstermiştir. Afshar ve Haghani afet sonrası yardım ürünlerinin çeşitli kaynaklardan akışını kontrol eden ve araç sayısını belirleyen kapasite kısıtlı bir matematiksel model geliştirmiştir [3]. Rawls ve Turnquist A.B.D.'de her yıl yaşanan kasırga afetlerini referans alarak iki aşamalı stokastik karışık tam sayılı programlama modeli geliştirmiştir [4]. Bu model afet sonrası belirsiz talep altında ürün stoğuna ve taşıma ağına yoğunlaşmıştır. Döyen vd. benzer bir model geliştirmişlerdir fakat modelde afet öncesi ve sonrası için kurtarma merkezlerinin açılması, bu kurtarma merkezlerinden afet yerlerine kısa zamanda yardım malzemelerinin ulaştırılması hedeflenmektedir [5]. Kılcı vd. İstanbul – Kartal bölgesini referans alarak nüfus yoğunluğuna göre kapasiteleri belirlenen geçici barınma bölgeleri açma problemini incelemiş ve karışık tam sayılı doğrusal programlama tekniği ile çözmüştür [6].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Barbarosoğlu vd. afet sonrası helikopter operasyonlarını ele almış ve matematiksel model geliştirmiştir. Bu modelde hiyerarşik olarak ayırdığı iki alt problemin cevabını aramıştır. Bu problemler operasyonel yönlendirme ve yardım malzemelerinin yüklenmesi olarak tanımlamıştır [7]. Garrido vd. sel afeti için bir model önermiştir. Bu model örnek ortalama yaklaşım yöntemi ile çözülmüştür. Araç kullanılabilirliğinin yanı sıra acil yardım malzemelerinin envanter seviyeleri de dikkate alınmıştır [8]. Tofighi vd. Tahran'da olası bir afet için yardım ağı tasarımı problemini incelemişlerdir. İki aşamalı senaryo tabanlı skotastik programlama modeli geliştirmiş, depo ve dağıtım noktaları açmışlardır [9]. Rath vd. meta-sezgisel yöntem ve karışık tam sayılı doğrusal programlama modeli sunmuştur. Üç adet model belirlemiş bunlar, ekonomik kısa vade, ekonomik uzun vade ve insani amaç fonksiyonlarını içermektedir ve Pareto çözüm oluşturulmuştur. Amaç afet sonrası yardım malzemeleri için depo yerleri belirlemektir [10]. He Y. ve Liu N. acil tıbbi lojistik isteğine hızlı tepki verebilmek amacıyla iki model öne sürmüştür. Bunlar tıbbi talebin zamanla değişim tahmini ve acil yardım noktaları doğrusal programlama tekniğiyle çözmüştür [11]. Çalışmamızda temel aldığımız bir yöntemle, Balçık ve Beamon yardım malzemesi dağıtım problemini ele almış ve bu soruna kapsama alanı kavramını eklemiştir. Kapsama ağırlıklarına göre dağıtım merkezleri yakın mesafeye daha çok önem verip talebi karşılamaya çalışmaktadır [12]. Daha detaylı bilgi için konuyla ilgili Caunhye vd. [13], Duran vd.[14], Safeer vd. [15], Hoyos vd. [16] ve Özdamar L., Ertem M. A. [17] literatür taraması çalışmaları incelenebilir.

3. Problem Tarifi

Ülkemize gelen göçmenlerin ortaya çıkan eğitim ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla yaşam merkezleri açılmak istenmektedir. Bu merkezlerin aday bölgelere yerleştirilmesine yönelik eğitim organizasyonu problemi için bir dağıtım modeli kullanılmıştır. Ele alınan problem, açılacak yaşam merkezlerinin yerini, sayısını ve hizmet verecek göçmen sayısını belirlemektedir. Amaç kapasite, bütçe kısıtları göz önünde bulundurularak açılan yaşam merkezleri ile mümkün en yüksek eğitim talebinin karşılanmasıdır.

Ele alınan organizasyonda eğitim ihtiyacının bulundurulması ve ilgili göçmen yerleşik bölgelerine taşımalı eğitim söz konusudur. Problemde *N* adet yaşam merkezin kurulması planlanmaktadır. Kurulacak eğitim tesislerinin ($j \in N=\{1,...,|N|\},\ N_l\{j \mid t_{rj} \le ur_l\}$) hizmet kapasitesi, θ^- , θ^+, aday merkezlere göre değişkenlik göstermektedir. Aday merkezler *L* kapsama alanı ($l \in L=\{1,.....,|L|\}$) çerçevesinde en fazla ur_l mesafeye hizmet verebilmektedir. Çalışma da *R* talep noktası, ($r \in R=\{1,...,|R|\}$) mevcuttur. Bu noktaların talepleri d_r olarak gerçekleşmektedir. ψ' yatırım bütçesi ve ψ'' işletme bütçesi olmak üzere ψ seviyesinde bütçe planlanmaktadır ($\psi = \psi' + \psi''$). Maliyetler; j yaşam merkezi kurmanın sabit maliyeti f_j , r talep noktasından j yaşam merkezine hizmet vermenin yıllık birim ulaşım maliyeti c_{rj} , j yaşam merkezinin yıllık gideri s_j 'dir. Problemde j aday yaşam merkezinin r talep merkezinden talebi karşılama oranı F_{rj} , j aday yaşam merkezinde hizmet verilecek göçmen sayısı Q_j ve j aday yaşam merkezlerinin belirtilen taleplere göre açılıp açılmama kararı X_j verilmektedir.

4. Matematiksel Model

$$Maksimize \sum_{j\in N_l}\sum_{l\in L}\sum_{r\in R} d_r F_{jr}\alpha_l$$

$$subject\ to$$

$$\sum_{j\in N} f_j X_j \le \psi'$$

$$\sum_{j\in N} Q_j s_j + \sum_{j\in N}\sum_{r\in R} F_{jr} d_r c_{jr} \le \psi''$$

$$\sum_{r} F_{jr} d_r \le Q_j \qquad \forall j \in N$$

$$\theta_j^- X_j \le Q_j \le \theta_j^+ X_j \qquad \forall_j \in N$$

$$\sum_{j\in N} F_{jr} \le 1 \qquad \forall r \in R$$

$$F_{jr} \ge 0 \qquad \forall j \in N, r \in R$$

$$X_j \in \{0,1\} \qquad \forall j \in N$$

5. Vaka Analizi

Türkiye'de, Birleşmiş Milletler Mülteci Yüksek Komiserliği'nin 10/11/2015 tarihli güncel istatistiğine göre 2.190.900 Suriyeli mülteci yaşamaktadır. Bu sayının %14'ü 12-17 yaş aralığındaki çocuklardan oluşmaktadır [3]. Çocukların gerek eğitim-öğretim hayatlarının yarım kalması, gerekse sosyal yaşama uyum sağlamaları önemli bir problem teşkil etmektedir. Bu durumda göçmen çocukların gıda, barınma, giyim, sağlık, iletişim ve eğitim gibi ihtiyaçlarının karşılanması gerekmektedir. Çalışmada çocukların eğitim ve iletişim sorunlarının çözülmesi için yaşam merkezleri kurulması amaçlanmıştır. Vaka analizleri neticesinde 320.866 göçmen çocuğun eğitim ihtiyaçları göz önüne alınmıştır.

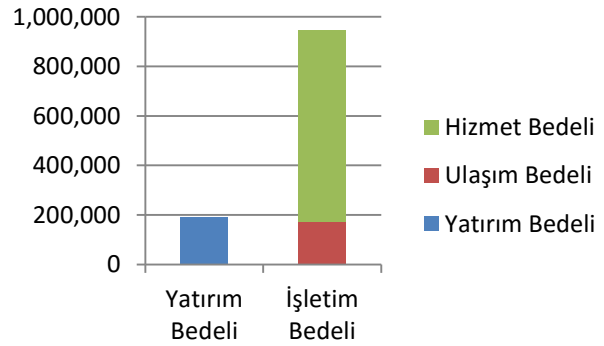
5.1 Veriler

Hedef kitlemiz olan 320.866 göçmenin eğitim taleplerinin illere göre paylaşımı Ek 1'de verilmiştir. Bu talebin karşılanması için yaşam merkezlerinde taşımalı eğitim hedeflenerek 20 adet aday yaşam merkezi açılması planlanmaktadır. Bu aday merkezler Türkiye'nin 7 coğrafi bölgesindeki alt bölüm sayısı referans alınarak (örneğin, Karadeniz Bölgesi; Doğu Karadeniz, Orta Karadeniz ve Batı Karadeniz olarak) belirlenmektedir. Hizmet verilebilecek mesafeler talebin en yüksek oranda karşılanabilmesi ve

günlük ulaşımın sağlanabilmesi için en fazla 150 km olarak alınmıştır. Aday yaşam merkezlerinin en düşük kapasitesi 800, en yüksek kapasitesi ise 135.000 kişi olarak illere göre değişkenlik göstermektedir. Bir aday yaşam merkezi kurulması için sabit maliyet yaşam merkezlerinin kapasiteleri göz önüne alınarak tespit edilmiştir. Her bir şehre hizmet vermenin yıllık maliyeti kişi başına 3.150 TL olarak belirlenmiştir. Bir kişi için yıllık taşıma maliyeti, aracın 1 km'de yaktığı yakıt maliyeti ile iller arasındaki mesafe (km) çarpılarak hesaplanmaktadır. Eğitim süresi, yılda 8 ay ve ayda 22 gün olarak alınmıştır. Bu çalışmada Türkiye'nin göçmenlerin eğitim ihtiyacı için ayırdığı bütçe toplam 1.200.000.000 TL'dir. Bu bütçenin 200.000.000 TL'si yaşam merkezlerinin kurulumu 1.000.000.000 TL'lik kısmı ise işletme giderleri için ayrılmıştır.

5.2 Analizler

Problemin çözümü için geliştirilen karışık tam sayılı programlama modeli ILOG CPLEX 12.6 yardımıyla varsayılan ayarlar kullanılarak çözülmüştür. Matematiksel model 1661 değişkeni ve 1743 kısıttan oluşmaktadır. Tüm problemlerin çözümü Intel Core i5-4200U CPU, 64 bit tabanlı işlemci, 2.30 GHz ve 8 GB RAM bilgisayar ile gerçekleştirilmiş ve ortalama 5 dakikan kısa bir sürede sonuçlar elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlarda aday bölgelerde 20 adet yaşam merkezleri açılmıştır ve toplam talebin %76,5'ü karşılanmıştır.
Yaşam merkezleri kapasite, kapsama alanları çerçevesinde tüm talep noktalarını karşılamıştır. Aday yaşam merkezlerinden biri olan Karabük lokasyonu, Kastamonu, Bartın ve kendi talebinin tamamına hizmet vermekte fakat komşu talep bölgeleri olan Zonguldak ve Çankırı'ya hizmet vermemektedir. Burdan anlaşıldığı üzere hizmet verme kapsama sınırı olan 150 km'yi aşan yerlerden göçmen talepleri karşılanmamıştır. Diğer açılan yaşam merkezleri ve hizmet verdiği talep noktaları Ek 2'de verilmiştir. Bütçe ve maliyetleri gösteren grafik Şekil 2'de gösterilmiştir. Görüldüğü üzere yaşam merkezlerinin açılması için harcanan yatırım bedeli, yatırım için ayrılan 200.000.000 TL'yi aşmamış, işletme için ayrılan 1.000.000.000 TL ise yaşam merkezlerinin işletimleri için harcanan bedeli karşılamıştır.



Şekil 2.Bütçe ve Maliyet Grafiği(x1000)

6. Tartışma ve Sonuçlar

Son dönemlerde Ortadoğu'da başlayan iç savaşlardan etkilenip ülkemize sığınan göçmen sayısı hiç küçümsenmeyecek boyutlara ulaşmıştır. Ülkemizde ikamet eden göçmenlerin eğitim ihtiyaçlarının en uygun seviyede karşılayacak yaşam merkezlerinin tahsis edilmesi amaçlanarak karışık tamsayılı programlama modeli kullanılmıştır. Türkiye vakası temel alınarak gerçekleştirilen analizler neticesinde aday bölgelere kurulacak yaşam merkezleri, hizmet verilecek göçmen sayıları ve ilgili bütçeler belirlenmiştir.

Gelecek çalışmalarda farklı yaş grupları ele alınarak ve tespit edilen bütçeler ilgili kamu kurum ve sivil toplum örgütlerinin ayırdığı fonlara göre düzenlenerek çalışmanın kapsamı genişletilecektir. Taşımalı eğitimden ziyade talep noktalarının her birine yaşam merkezi açılması gibi alternatif çözüm stratejileri geliştirilecektir. Problem yalnızca eğitim ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik hazırlanmıştır, gıda, barınma, sağlık gibi diğer ihtiyaçlar da göz önünde bulundurularak, araçların rotalanması ve güzergâhların belirlenmesi gibi operasyonel detaylar dikkate alınacaktır.

Kaynaklar

[1] BMMYK, 2015. Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (UNHCR News). http://www.unhcr.org.tr/?content=640
[2] Balcik, B., & Beamon, B. M. (2008). Facility location in humanitarian relief.International Journal of Logistics, 11(2), 101-121.
[3] Afshar, A., & Haghani, A. (2012). Modeling integrated supply chain logistics in real-time large-scale disaster relief operations. Socio-Economic Planning Sciences, 46(4), 327-338.
[4] Rawls, C. G., & Turnquist, M. A. (2010). Pre-positioning of emergency supplies for disaster response. Transportation research part B: Methodological, 44(4), 521-534.
[5] Döyen, A., Aras, N., & Barbarosoğlu, G. (2012). A two-echelon stochastic facility location model for humanitarian relief logistics. Optimization Letters,6(6), 1123-1145.
[6] Kılcı, F., Kara, B. Y., & Bozkaya, B. (2015). Locating temporary shelter areas after an earthquake: A case for Turkey. European Journal of Operational Research, 243(1), 323-332.
[7] Barbarosoglu, G., L. Ozdamar, A. Cevik. 2002. An interactive approach for hierarchical analysis of helicopter logistics in disaster relief operations. European Journal Opererations Research 140(1) 118–133.
[8] Garrido, R. A., Lamas, P., & Pino, F. J. (2015). A stochastic programming approach for floods emergency logistics. Transportation research part E: logistics and transportation review, 75, 18-31.
[9] Tofighi, S., Torabi, S. A., & Mansouri, S. A. (2016). Humanitarian logistics network design under mixed uncertainty. European Journal of Operational Research, 250(1), 239-250.
[10] Rath, S., & Gutjahr, W. J. (2014). A math-heuristic for the warehouse location–routing problem in disaster relief. Computers & Operations Research, 42, 25-39.
[11] He, Y., & Liu, N. (2015). Methodology of emergency medical logistics for public health emergencies. Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 79, 178-200.

[12] Balcik, B., & Beamon, B. M. (2008). Facility location in humanitarian relief. International Journal of Logistics, 11(2), 101-121.
[13] Caunhye, A. M., Nie, X., & Pokharel, S. (2012). Optimization models in emergency logistics: A literature review. Socio-Economic Planning Sciences,46(1), 4-13.
[14] Duran, S., Gutierrez, M. A., & Keskinocak, P. (2011). Pre-positioning of emergency items for CARE international. Interfaces, 41(3), 223-237.
[15] Safeer, M., Anbuudayasankar, S. P., Balkumar, K., & Ganesh, K. (2014). Analyzing Transportation and Distribution in Emergency Humanitarian Logistics. Procedia Engineering, 97, 2248-2258.
[16] Hoyos, M. C., Morales, R. S., & Akhavan-Tabatabaei, R. (2015). OR models with stochastic components in disaster operations management: A literature survey. Computers & Industrial Engineering, 82, 183-197.
[17] Özdamar, L., & Ertem, M. A. (2015). Models, solutions and enabling technologies in humanitarian logistics. European Journal of Operational Research, 244(1), 55-65.
[18] BMMYK, 2015. Birleşmiş Milletler Mülteciler Yüksek Komiserliği (UNHCR News). http://data.unhcr.org/syrianrefugees/country.php?id=224

Kümeler	
L	Kapsama alanları kümesi $l \in L=\{1,.....,\|L\|\}$
N	Aday yaşam merkezleri kümesi $j \in N=\{1,...,\|N\|\}$, $N_l\{j \mid lr_l < t_{rj} \le ur_l\}$
R	Talep noktaları kümesi $r \in R=\{1,...,\|R\|\}$
Parametreler	
d_r	r noktasının talebi Kişi
θ_j^-	j aday yaşam merkezinin en düşük kapasitesi
θ_j^+	j aday yaşam merkezinin yüksek kapasitesi
ψ'	Yatırım için ayrılan bütçe TL
ψ''	İşletme için ayrılan bütçe TL
f_j	j yaşam merkezi kurmanın sabit maliyeti TL
c_{rj}	r talep noktasından j yaşam merkezine taşımanın birim ulaşım maliyeti TL/Kişi
s_j	j yaşam merkezinin yıllık işletme gideri TL/Kişi
t_{rj}	r talep noktası ile j yaşam merkezi arasındaki uzaklık km
α_l	l kapsama alanının ağırlığı $\alpha_1 = 1 > \alpha_2 > \ldots > \alpha_l > \ldots > \alpha_L \ge 0$
lr_l	Tesisin hizmet verebileceği en yakın mesafe km
ur_l	Tesisin hizmet verebileceği en uzak mesafe km
Karar Değişkenleri	
F_{jr}	r ilindeki eğitim talebinin j yaşam merkezinden karşılanma oranı
Q_j	j yaşam merkezinde hizmet verilecek göçmen sayısı Kişi
X_j	yaşam merkezi açılırsa 1, açılmazsa 0

Ek 1. Eğitim taleplerinin illere göre dağılımı

İller	Göçmen Sayısı	İller	Göçmen Sayısı	İller	Göçmen Sayısı
Adana	8.920	Giresun	1.771	Samsun	5.231
Adıyaman	2.463	Gümüşhane	603	Siirt	1.312
Afyonkarahisar	2.910	Hakkâri	1.138	Sinop	843
Ağrı	2.263	Hatay	6.260	Sivas	2.567
Amasya	1.326	Isparta	1.725	Tekirdağ	3.735
Ankara	21.212	Mersin	7.114	Tokat	2.463
Antalya	9.154	İstanbul	59.214	Trabzon	3.159
Artvin	699	İzmir	16.941	Tunceli	357
Aydın	4.292	Kars	1.222	Şanlıurfa	7.602

Balıkesir	4.898	Kastamonu	1.520	Uşak	1.440
Bilecik	865	Kayseri	5.447	Van	4.471
Bingöl	1.096	Kırklareli	1.416	Yozgat	1.782
Bitlis	1.393	Kırşehir	918	Zonguldak	2.467
Bolu	1.173	Kocaeli	7.096	Aksaray	1.583
Burdur	1.059	Konya	8.686	Bayburt	332
Bursa	11.481	Kütahya	2.355	Karaman	990
Çanakkale	2.108	Malatya	3.170	Kırıkkale	1.117
Çankırı	756	Manisa	5.634	Batman	2.297
Çorum	2.172	Kahramanmaraş	4.486	Şırnak	2.014
Denizli	4.031	Mardin	3.250	Bartın	781
Diyarbakır	6.735	Muğla	3.685	Ardahan	416
Edirne	1.649	Muş	1.694	Iğdır	792
Elazığ	2.343	Nevşehir	1.179	Yalova	933
Erzincan	922	Niğde	1.417	Karabük	953
Erzurum	3.144	Ordu	2.983	Kilis	531
Eskişehir	3.346	Rize	1.359	Osmaniye	2.088
Gaziantep	7.782	Sakarya	3.842	Düzce	1.465

Ek 2. Yaşam merkezleri ve hizmet verdiği talep noktaları

Açılan Yaşam Merkezleri	**İller**	**Açılan Yaşam Merkezleri**	**İller**
Yıldız Dağları Ergene Bölümü	Edirne	Yukarı Kızılırmak Bölümü	Sivas
	Kırklareli	Batı Karadeniz Bölümü	Bolu
Çatalca Kocaeli Bölümü	İstanbul		Kastamonu
	Kocaeli		Bartın
	Sakarya		Karabük
	Tekirdağ	Orta Karadeniz Bölümü	Amasya
Güney Marmara Bölümü	Bilecik		Çorum
	Bursa		Samsun
	Eskişehir		Tokat
	Yalova	Doğu Karadeniz Bölümü	Erzincan
Ege Bölümü	Aydın		Gümüşhane
	Denizli		Trabzon
	İzmir		Bayburt
	Muğla	Yukarı Fırat Bölümü	Bingöl
İç Batı Anadolu Bölümü	Uşak		Elazığ
	Afyonkarahisar		Tunceli
	Kütahya	Erzurum Kars Bölümü	Kars
Antalya Bölümü	Antalya		Ardahan
	Burdur		Iğdır
	Isparta	Van Bölümü	Van
Adana Bölümü	Adana	Orta Fırat Bölümü	Adıyaman
	Mersin		Gaziantep
	Osmaniye		Şanlıurfa
Yukarı Sakarya Bölümü	Ankara	Dicle Bölümü	Bitlis
	Çankırı		Diyarbakır
	Kırıkkale		Mardin
Konya Bölümü	Konya		Siirt
	Aksaray		Batman
	Karaman	Hakkari	Hakkari
Orta Kızılırmak Bölümü	Kayseri		
	Kırşehir		
	Nevşehir		
	Niğde		

HYOGO BELGESİNDEN SENDAİ BELGESİNE: ULUSLARARASI AFET POLİTİKALARI

GLOBAL DISASTER POLICY: FROM HYOGO TO SENDAİ

Dr. Gülsen YILMAZ[a]
a Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü,
Araştırma Tescil Dairesi Başkanlığı
Mustafa Kemal Mah. Eskişehir Yolu (Dumlupınar Bulvarı) 9. km Çankaya Organizasyon, Ankara, Türkiye, E-posta: gulseny@gmail.com

Özet

Afetlerin kaçınılmaz doğası, afet risklerini azaltma ve onlarla baş edebilme kapasitesine yönelik en önemli politika uygulama alanlarından biri olan kentsel risk azaltma konusunu gündeme getirmiştir. 2005 yılından beri yürürlükte olan Hyogo Eylem Planı'ın yürürlükten kalkacak olması nedeniyle Birleşmiş Milletler Uluslararası Afet Risk Azaltma Merkezi 2015 sonrası yeni stratejisi belirlemek için çalışmalarına başlamıştır. Yeni strateji belirlemek amacıyla 14-18 Mart 2015 tarihlerinde Japonya'nın Sendai kentinde düzenlenen "Üçüncü Afet Risk Azaltma Dünya Konferansı sırasında BM'e üye ülkeler tarafından 2015-2025 döneminde izlenecek Dünya Afet Strateji Belgesi görüşülmüştür. Bu bildirinin amacı Hyogo Çerçeve Eylem Planı (HÇEP) ve Sendai Çerçeve Belgesinde (2015-2030) (SÇB) ele alınan konuları İçerik analizi yöntemi ile (özellikle toplumsal katılım) karşılaştırmalı olarak analiz etmektir. Böylelikle, bu çalışmanın gelecek on yılda yapılması planlanan eylemler kapsamında afet risklerin azaltılması konusunda Türkiye için gelecek politikalarını yönlendirici ip uçları vermesi ile literatürdeki önemli bir boşluğu doldurması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Uluslararası Afet Politikası, Hyogo Çerçeve Eylem Planı, Sendai Çerçeve Belgesi, İçerik Analizi, Risk Azaltma.

Abstract

Disasters occur everywhere in the world in all their various forms and it is difficult to escape from them. Therefore, how to frame and fulfill urban risk reduction measures is one of the most important policy making area, which considers the need to improve capacities and abilities coping with disaster risk reduction. The United Nations Office for Disaster Risk Reduciton, therefore, commenced a new comprehensive study for post 2015, which will be replaced Hyogo Framework of Action (2005-2015) and serve as a reference document for disaster risk reduction. To determine a new strategy to be implemented between 2015-2030, Third Disaster Risk Reduction World Conference was held in Sendai from 14 to 18 March 2015. The aim of this paper is to analyse strategies comparatively, which take place both in Hyogo Framework for Action and Sendai Framewor for Dısaster Risk Reduction (2015-2030) especially for community participation. Content analysis is used to examine the differences between them. It is expected to fill gap in the literature as well as it may provide guidance for drawing up Turkey's disaster risk reduction policies in the next decade.

Keywords: International Disaster Policy, Hyogo Framework for Action Sendai Framework For Disaster Risk Reduction, Content Analysis, Risk Reduction.

1. Giriş

Birleşmiş Milletler (BM) öncülüğündeki uluslararası afetler politikası 1990 sonrasında radikal bir hedef değişimi ve uygulama içine girmiştir. Kuruluşundan bu yana BM, afetlerle ilgili çabalarında uluslararası dayanışmalar, afet sonrası yardım ve finansal destekler sağlama etkinlikleri ile sınırlı kalmıştır. BM tarafından organize edilen eylemlerin, uzun dönemde büyük maliyetler ortaya çıkarmasına karşın ve ulusları daha hazırlıklı kılmada önemli bir katkısı görülmediği tespit edilmiştir. Bu doğrultuda BM, 1990-2000 dönemini 'Doğal Afetleri Azaltma Onyılı' ilan etmiş, akabinde Yokohama Konferansını (1994) düzenlemiş, 'Afet Azaltma Uluslararası Stratejisi' oluşturmuştur. Bu kapsamda, BM Teşkilatı 2005 yılında gerçekleştirdiği Kobe Konferansı'nda 2005-2015 on yılının yeni bir eylem dönemi olarak tanınmasını sağlamıştır. Yeni politika, düşünce ve eylemleri yalnızca afet sonrası 'acil' dönemle sınırlı bırakmayıp, etkinliklerin ağırlığını afet öncesine vermiş, ölçeği ne olursa olsun hazırlanan planlarda risklerin gözönüne alınmasını ve risklerin azaltılmasında 'katılımlı karar alma' ilkesini tanımlamış, özellikle 'kentsel alan'ların ve 'dar gelirli kesim'lerin risklerinin azaltılmasına öncelik verilmesini sağlamıştır [1]. Belirlenen eylem döneminin bitmesi ile; yeni kararlar alınmak üzere BM öncülüğünde yapılan son toplantı Japonya'nın Sendai kentinde düzenlenen Afet Risklerinin Azaltılması Üçüncü Dünya Konferansı olup, BM öncülüğünde yapılan toplantılar afet risklerinin azaltılmasında büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, uluslararası alanda afet risklerinin azaltılması için geliştirilen Hyogo Çerçeve ve Eylem Planı (HÇEP) ve Sendai Çerçeve Belgesi (SÇB) içerik analizi yöntemi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirmektedir. Bu kapsamda, ilk olarak eylem planlarının hedefleri eylemleri betimleyici olarak aktarılmaktadır Daha sonra özellikle toplumsal katılım alanında içerik analizi ile afet risklerini azaltmada gelinen sona aşama tartışılmaktadır. Son olarak da Türkiye'nin pozisyonuna ilişkin öneriler geliştirilmektedir.

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

2. Hyogo Çerçeve Eylem Planı (HÇEP)

Afet konusunda yürütülen faaliyetlerin değerlendirildiği ilk konferans, 1994 yılında Japonya'da düzenlenen "Daha Güvenli Bir Dünya için Yokohama Stratejisi ve Eylem Planı"nın kabul edildiği Yokohama Konferansıdır. Yokohama Stratejisi ve Eylem Planı'nın ardından 2005 yılında Japonya'nın Kobe kentinde düzenlenen 2. Afetlerin Azaltılması Dünya Konferansı'nda 2005-2015 yılları arasında afetlerin neden olduğu zararların azaltılmasını amaçlayan risk azaltma stratejilerinin oluşturulduğu Kobe Konferansında hazırlanan Hyogo Çerçeve Eylem Planı - HÇEP (2005-2015) Birleşmiş Milletlere üye 168 ülke tarafından benimsenerek kabul edilmiştir. Dünyada afet risklerini en aza indirgemeye yönelik bir yol haritası niteliği taşıyan bu plan aşağıda yer alan üç hedef ile beş öncelikli eylem ve bunların alt eylemlerinden oluşmaktadır [2,3].

HÇEP'in hedefleri;
1) Afet risklerinin azaltılmasının sürdürülebilir kalkınma plan ve politikaları ile bütünleştirilmesi,
2) Afetlere karşı bilincin ve duyarlılığın oluşturulması için mevcut kurumların ve mekanizmaların güçlendirilmesi ve kapasitelerinin geliştirilmesi,
3) Afet risklerinin azaltılması yaklaşımlarının acil duruma hazırlık, müdahale ve iyileştirme programlarına sistematik olarak dâhil edilmesidir.

Bu meyanda HÇEP'in öncelikli eylemleri;
1) Afet risklerinin azaltılmasının kuvvetli bir kurumsal temelde ulusal ve yerel öncelik olmasının sağlanması,
2) Afet risklerinin tanımlanması, değerlendirilmesi ve izlenmesi ile birlikte erken uyarı sistemini iyileştirilmesi,
3) Bilginin, yeniliğin ve eğitimin her seviyede afetlere karşı güvenli ve duyarlı bir toplum oluşturmada kullanımı,
4) Temel risk faktörlerinin azaltılması,
5) Her seviyede etkin bir müdahale için afetlere karşı afetlere karşı hazırlığın güçlendirilmesidir [2,3].

BM tarafından düzenlenen Incheon Konferansı (G. Kore, 2009) ve Bildirgesi, risk azaltma uygulamalarının genellikle yerel düzeyde gerçekleştirildiği öngörüsü ile yerel yönetimlere (merkezi yönetimlerinden bağımsız) 'küresel aktörler' kimliği vermiş, risk azaltma giderlerini 'maliyet' değil, 'yatırım' olarak tanımlamıştır. Ayrıca, Incheon kararları ile 'Güvenli Kentler Kampanyası' (2010-2011) başlatılmıştır. Küresel ölçekte yerel yönetimlerin risk azaltma etkinliklerinde nelere özen göstermeleri gerektiğini belirlemek yanında, Afet Zararlarının Azaltılması Uluslararası Stratejisi bu alanda yerel birimlerin dayanışmalara girmesini, deneyimlerini birbirlerine aktarmalarını, başarılı örneklerin yaygın tanıtımını ve giderek yerel yönetimler arası bir ağ oluşturulmasını desteklemeye çalışmıştır [2,3, 4].

HÇEP halkın ve kurumların bilinç düzeylerinin artmasını, karar vericilerin ve paydaşların siyasi taahhüt oluşturma, karar alma ve eyleme geçme konusunda harekete geçmelerini sağlamıştır. Ancak her düzeyde risk azaltma çalışmalarında ilerleme sağlanmış olsa da afetler yüksek miktarlarda can ve mal kaybına neden olmaya devam etmiştir. HÇEP'in (2005-2015) on yıllık uygulama sürecinde 700 bin'den fazla kişi hayatını kaybetmiş, 1,4 milyon kişi yaralanmış ve 23 milyon kişi evsiz kalmıştır. Ekonomik kayıp ise 1,3 trilyon dolar olmuştur [5]. Başta iklim değişikliği olmak üzere afetlerin sayısında, şiddetinde ve sıklığında artış olmuş, bu durum sürdürülebilir kalkınmayı olumsuz etkilemiştir.

HÇEP'e göre;
- Afetler karşısında toplumun direncinin artırılmasına yönelik olarak bireylerin, toplumun, sosyo-ekonomik varlıkların, geçim kaynaklarının, ekosistemin ve kültürel varlıkların korunması için acil planlar yapılması gereklidir.
- Yeni risklerin oluşturulmaması için savunmasızlık ve mağduriyetin azaltılmasına yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Afet riskinin artmasına neden olabilecek hızlı ve kontrolsüz kentleşme, arazi yönetimindeki eksiklikler, iklim değişikliği, özel sektör için risklerin azaltılması konusundaki teşviklerin yetersizliği, doğal kaynakların sürdürülebilir bir biçimde kullanımının sağlanamaması gibi konulara daha fazla odaklanılması gerekmektedir.
- Afet sonrası yaraların sarılması ve yeniden inşa sürecinin "daha iyisini yapmak" için değerlendirilmesi gerekmektedir. Afet risklerini azaltma yöntemleri farklı afet türlerini ve sektörleri kapsamalı; erişilebilir ve herkesi kapsayıcı olmalıdır.
- Afet risklerinin azaltılması ve önlenmesi her ülkenin birincil önceliği ve sorumluluğudur. Her ülke koşulları ve kabiliyetleri ölçüsünde yönetim sistemlerine uygun olarak ulusal afet risklerini azaltmaya yönelik politika ve uygulama araçlarını geliştirebilmelidir [2,3,5].

HÇEP afet risklerini azaltmak için ülkelere rehberlik sağlamış ve Binyıl Kalkınma Hedeflerinin ilerlemesine katkıda bulunmuştur. Ancak, HÇEP'in uygulanmasındaki eksiklikler, ülkelerin ve bütün paydaşların afetlere karşı dirençlerinin arttırılmasına yönelik uygulama yapabilmeleri, riskleri tanımlayabilmeleri ve gerekli yatırımları yapabilmeleri için eyleme yönelik bir sistem geliştirmeleri gerektiğini ortaya çıkarmıştır.

3. Sendai Çerçeve Belgesi (SÇB)

BM öncülüğünde yapılan son toplantı 14-18 Mart 2015 tarihlerinde Japonya'nın Sendai kentinde düzenlenen Afet Risklerinin Azaltılması Üçüncü Dünya Konferansıdır. Bu konferansa katılan üye ülkeler tarafından kabul edilen Afet Risklerinin Azaltılmasında Sendai Çerçeve Belgesinde (2015-2030) gelecek 15 yıl için afetlere karşı dirençli toplum oluşturulmasına ve afet risklerinin azaltılmasının sürdürülebilir kalkınmanın sağlanmasında, yoksulluğun azaltılmasında veya ortadan kaldırılmasında, her düzeydeki plan, politika ve bütçe çalışmalarında dikkate alınmasına yönelik eylemler belirlenmiştir.

HÇEP'nin değerlendirilmesi kapsamında yapılan tespitler ışığında oluşturulan yeni çerçeve metnin genel amacı, "afet sonrası oluşacak zararları azaltan, önleyen; afet sonrası müdahale ve iyileştirme hazırlığını artıran ekonomik, sosyal, hukuki, yapısal, kültürel, çevresel, teknolojik, politik, kurumsal tedbirlerin oluşturulması yoluyla mevcut afet risklerin azaltılmasını ve yeni afet riskinin önlenmesini sağlamak" olarak belirlenmiştir [2;5].

SÇB'nin yedi genel hedefi bulunmaktadır:
1) 2030 yılına kadar afetler sonucu meydana gelen küresel ölümleri, 2020 ve 2030 yılları arasında 100.000 kişiye düşen can kaybı ortalamasının 2005 ve 2015 yılları arasındaki can kaybı ortalamasına göre daha düşük olması amaçlanarak önemli ölçüde azaltmak.

2) 2030 yılına kadar afetlerden küresel düzeyde etkilenen insan sayısını, 2020-2030 yılları arasında 100.000 kişiye düşen küresel düzeyde afetlerden etkilenen insan sayısı ortalamasının 2005-2015 yılları arasındaki afetlerden etkilenen insan sayısı ortalamasına göre azaltılması amaçlanarak önemli ölçüde azaltmak.
3) 2030 yılına kadar afetlerin neden olduğu doğrudan ekonomik kayıpları küresel gayri safi harcama ile bağlantılı olarak azaltmak.
4) 2030 yılına kadar sağlık ve eğitim gibi temel hizmetlerin kesintisini ve kritik altyapıların afetlerde görebileceği zararı, bunların afetlere karşı dirençlerinin geliştirilmesini de içerecek şekilde önemli ölçüde azaltmak.
5) 2020 yılına kadar afet risklerinin azaltılması konusunda ulusal ve yerel stratejilere sahip olan ülkelerin sayısını önemli miktarda artırmak.
6) 2030 yılına kadar, bu çerçevenin uygulamasını sağlamak amacıyla gelişmekte olan ülkelerin ulusal eylemlerini tamamlamaları için yeterli ve sürdürülebilir destek sağlamaya yönelik uluslararası işbirliğinin geliştirmek.
7) 2030 yılına kadar, çoklu-tehlike erken uyarı sistemleri ile afet risk bilgi ve değerlendirmelerinin oluşturulmasını ve bunlara insanların erişimini önemli ölçüde artırmak.

SÇB'nde (2015-2030) dört öncelikli alan ve bu alanları altında yer alan eylemler belirlenmiştir. Konferans'ta belirlenen 4 öncelikli alan (1) Afet risklerinin anlaşılması (2) Afet risk teşkilatlarının afet risklerini yönetebilmesi için güçlendirilmesi, (3)Dayanıklılık için afet risklerinin araştırılması, (4) Etkili müdahale için afetlere hazırlığın güçlendirilmesidir. Detayları ile bakıldığında eylemler [5,2];

3. 1. Afet risklerinin anlaşılması: Bu öncelik altında yer alan eylemler genel olarak afet risklerinin tüm boyutları ile anlaşılmasına yönelik olan ulusal ve yerel düzey ile küresel ve bölgesel düzeyde gerçekleştirilmesi öngörülen eylemlerdir. Ulusal ve yerel düzeydeki eylemler; afetlere ilişkin verilerin toplanması ve analizi, afet risklerinin konum bilgilerinin içerilmesi, elde edilen verilerin herkes için erişilebilir olması, verilerin GIS ve bilgi ve iletişim teknolojileriyle uyumlu olması, bütün düzeylerde bilgi birikiminin sağlanması, teknoloji ve bilim işbirliğinin artırılması, her düzeyde belirlenen politika, strateji ve planların uygulanması, yenilik ve teknolojik gelişmeye yönelik yatırımların desteklenmesi, afet risklerine ilişkin bilgi birikiminin eğitim kampanyalarıyla desteklenmesi gibi hususları içermektedir. Bölgesel ve küresel düzeydeki eylemler de ulusal ve yerel düzeydeki eylemlerle paralel olup halen yürütülmekte olan çalışmaları da içerecek şekilde ele alınmıştır.

3.2. Afet risk teşkilatlarının afet risklerini yönetebilmesi için güçlendirilmesi (yönetişim)
Bu öncelik altında yer alan eylemler genel olarak afet risklerinin etkili biçimde yönetilmesini ve dolaylı olarak sürdürülebilir kalkınmaya yönelik uygulamaların desteklenmesini amaçlamaktadır. Ulusal ve yerel düzeydeki eylemlerde; afet risklerinin azaltılması politikalarının tüm sektörlere entegre edilmesi; ekonomik, sosyal, çevresel ve sağlıkla ilgili konularda dayanıklılığın artırılması; arazi kullanımı, kent planlaması ve kaynak yönetimine yönelik mekanizmalar oluşturulması; koordinasyonun artırılması için ulusal platformlar kurulması ve kalite standartlarının geliştirilmesi gibi eylemler vurgulanmaktadır. Bölgesel ve küresel düzeydeki eylemlerde ise, ortak bilgi sistemlerinin kurulması ve iyi uygulama örneklerinin yaygınlaştırılması; özellikle iklim değişikliği, biyo-çeşitlilik, yoksulluğun azaltılması, çevre, tarım, sağlık, gıda ve beslenme ile sürdürülebilir kalkınmaya yönelik bölgesel ve küresel işbirliği mekanizmalarının güçlendirilmesi gibi eylemler ön plana çıkartılmıştır.

3.3. Dayanıklılık için afet risklerinin araştırılması: Afet sonrası etkin bir müdahale yapmak ve yara sarma, iyileştirme ve yeniden inşa konularında "daha iyisini yapmak" üzere afete hazırlık çalışmalarını artırmak.
Bu öncelik altında, afetlerle mücadele için hazırlık çalışmalarının artırılması, risk azaltma çalışmalarının müdahale ve iyileşme süreçlerine entegrasyonu ile yara sarma ve yeniden inşa süreçlerinde afete uğrayan yerlerin eskisinden daha iyi olacak şekilde inşa edilmesi, afet risklerinin azaltılmasının kalkınma süreçlerine dâhil edilmesi gibi hususların toplumun direncinin artmasına katkı sağlayacağı belirtilmektedir. Bu kapsamda ulusal ve yerel düzeyde; bütün kurumların ve tarafların katılımı ile afete hazırlık ve acil durum planlarının yapılması; sosyal, ekonomik, kültürel şartlarla uyumlu erken uyarı ve haberleşme sistemlerinin geliştirilmesi; erken uyarı bilgisi için yayın kanallarının geliştirilmesi; kritik altyapıların afet sonrasına kesintisiz bir şekilde hizmet vermeye devam etmesi için dayanıklılığının artırılması veya başka yerlere taşınması; görevli işgücünün eğitilmesi; arama kurtarma tatbikatlarının yapılması; afet risk yönetiminin afet sonrası yara sarma ve iyileştirme süreçlerine dahil edilmesi ile arama kurtarma, iyileştirme ve kalkınma faaliyetleri arasında bağlantının kurulamasına gibi eylemlere yer verilmiştir. Küresel ve bölgesel ölçekte ise; afetler karşısında ülkelerin müdahale gücünü aşan durumlarda etkin ve hızlı müdahalenin sağlanması için koordineli bir bölgesel müdahale gücü geliştirilmesi, ülkelerin sistemleri ile uyumlu bölgesel çoklu afet uyarı sistemlerinin geliştirilmesinin teşvik edilmesi, ülkelerin deneyimlerini paylaşmak için uluslararası iyileştirme platformu gibi uluslararası mekanizmaların güçlendirilmesi, suyla ilgili afetler konusunda BM öncülüğünde küresel bir mekanizma oluşturulmasının desteklenmesi, afetlere müdahalede bölgesel kapasite ve kaynakların paylaşılması için bölgesel protokol ve işbirliği yapılması gibi hususlar vurgulanmıştır.

3.4. Etkili müdahale için afetlere hazırlığın güçlendirilmesi:
Afetlere karşı direncin artırılması amacıyla afet risklerinin azaltılmasına yönelik yatırım yapma temelli bir önceliktir. Bu öncelik altında, yapısal ve yapısal olmayan önlemlere ilişkin kamu ve özel sektör yatırımlarının ekonomik, sosyal, sağlık ve kültürel direncin artırılmasında önemli olmasının yanı sıra, bu yatırımların yenilikçiliğe, yeni istihdam yaratılmasına ve büyümeye katkı yapacakları belirtilmektedir. Bu kapsamda, ulusal ve yerel düzeyde; afet risk transferi ve sigorta sisteminin teşvik edilmesi, arazi kullanımı ve bina yönetmeliklerinin iyileştirilmesi, kırsal alan, kıyı ve çevre ile ilgili planlama çalışmalarının yapılması, ulusal sağlık sisteminin iyileştirilmesi, salgın hastalıklara ilişkin önlemlerin alınması, iş yerleri ve kültürel varlıkların korunması, afet risklerinin azaltılması için gerekli mali kaynağın ayrılması ve yeni finansal araçların geliştirilmesi, kritik altyapıların afet risklerine karşı güçlendirilmesi ve korunması gibi eylemler yer almaktadır. Küresel ve bölgesel ölçekte ise; sürdürülebilir kalkınmaya ve afet risklerinin azaltılmasına ilişkin hazırlanan plan,

program ve uygulama süreçlerinde uyum sağlanmasını konularında çalışmaların yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

4. Karşılaştırmalı Analiz: HÇEP ve SÇB

Afet risklerine ilişkin farklı çerçeve belgeleri hem ulusal hem de uluslararası literatürde tek tek ele alan pek çok çalışma bulunsa da toplumsal katılım algısı açısından karşılaştırmalı olarak ele alan yayınlanmış ulusal çalışma olmamakla birlikte, uluslararası en son çalışma da Tozier ve Baudoin'e [6] aittir. Bu anlamda ulusal literatüre katkı sağlaması hedeflenen bu çalışma, içerik analizi kullanması ile Tozier ve Baudoin'in çalışmasına benzerlik göstermektedir.

4.1 Yöntem: İçerik Analizi

İçerik analizi nitel verilerin nicel terimlere indirgendiği bir tekniktir [8,9]. İçerik analizi ile politik metinlerden istatiksel anlamlar çıkarılabilmektedir. SÇB ve HÇEP metinlerinde toplumsal katılımın anahtar kelimeleri toplumsal katılım ve toplumsal katmanlara göre seçilmiştir [10]. Her iki çerçeve belgede verilmek istenen mesajlar kelimelerin tekrarlanış sıklığı kullanılarak tespit edilmiştir. Sık tekrarlanma ve konuya verilen önem arasında doğrudan ilişki olduğu kabulü yapılmıştır. SÇB çalışmalarında HÇEP sürecinde elde edilen kazanımlar, tespit edilen eksiklikler ve gelecekte sorun olacak zorluklar belirlense de yapılan içerik analizinde toplumsal katılım ve gömülülük vurgulardaki kayma detaylı olarak görülmektedir (Çizelge 1).

4.2. Bulgular

İçerikte geçen kelime frekansına göre oluşturulan çizelge üzerinden HÇEP ve SÇB belgeleri çözümlendiğinde (Çizelge 1);

SÇB'de daha çok insan merkezli katılımcı bir yaklaşım olduğu görülmektedir. HÇEP'de 1 kere yer alan paydaş katılımı vurgusu SÇB'de 5'e çıktığı görülmektedir. Afet yönetimi çok paydaşlı bir sistem olup, aktör ve fonksiyonların etkin bir şekilde çalışmasının sağlanması için uzlaşma gerekmektedir. Bu doğrultuda; HÇEP'le SÇB karşılaştırıldığında potansiyel ilerlemenin olduğu bir alan da ilgili paydaşlar konusudur. Özellikle kadınların, çocukların ve gençlerin, engellilerin, yaşlıların, yerli halkların kişilerin ve göçmenlerin önemli paydaşlar arasında olduğu belirtilmekte ve bu grupların katılımının gerekliliğini vurgulamaktadır.

HÇEP'de kadın kelimesi 2 sıklığında tekrarlanırken ve SÇB'de bu rakam 18' e çıkmıştır. Engel/engelli kelimesi ise HÇEP'de iken 1 iken SÇB'de 5'e yükselmiştir.

SÇB'de toplumun özellikle yoksul, afetlerden etkilenen orantısız etkilenen kesimlerine daha fazla vurgu vardır. Bu vurgu 'yerel bilgi ile bilimsel bilgi ile tamamlayıcı hale getirilmiştir. HÇEP'de yerel düzey 8 sıklığında tekrarlanırken ve SÇB'de bu 15'dir. Bu durumda afet çalışmalarında yerel düzey uygulamaları temsil etmekte olup HÇEP'e göre SÇB'de yerel düzey vurgusu arttığı görülmektedir. Afet risklerinin azaltılmasında politika, hedefler, eylemler ve planlar ulusal ölçekten yerel ölçeğe sınırları çizerek izlenmesi gereken yol yöntem ve süreci tarif etmektedir. Bu süreçte son dönemde yerellik uygulamanın önemi artmakta yere gömülü nitelikler özgünlükler önem kazanmaktadır. Bu paralelde yöreye özgü olma vurgusu da HÇEP' de 1 iken SÇB'de 4 olmuştur.

Çizelge:1 Kelime Frekansına Göre HÇEP ve SÇB

No	Belgelerde geçen kelimeler	HÇEP [3]	SÇB [5]
1	İnsan merkezli	1	2
2	Katılım/katılımcı toplum	3	2
3	Paydaş katılımcı	1	5
4	Kadın	2	18
5	Teknoloji	3	6
6	Teknolojik	2	8
7	Teknoloji Transferi	1	5
8	Bilim/bilim toplumu	9	21
9	Araştırma	7	14
10	Yöreye Özgü	1	4
11	Engel/Engelli	1	5
12	Geleneksel Bilgi	1	3
13	Her Düzey	18	19
14	Yerel Düzey	8	15
15	Yerel Bağlam	1	2
16	Toplum Temelli	2	2
17	Yerel Toplum	2	4
18	Güçlendirmek	1	6
19	Adaptasyon	1	4
20	Bilgi ve Verinin Yayılması	9	14

[HÇEP ve SÇB metinleri temel alınarak yazar tarafından üretilmiştir.]

HÇEP orta vadeli önlemler alırken SÇB yukarıdan aşağıya organizasyon yerine yerel aktörler ile daha anlamlı işbirliklerine doğru bir kayma yönünde yer almaktadır.

Toplum katılımı ve yerel bilginin referans sayısı 2 çerçevede de sabit kalmasına rağmen, bilim, teknolojiye olan referanslar artmaktadır. Örneğin, HÇEP'de bilim-bilgi toplumu 9 kez ve SÇB'de ise 21 kez bahsetmektedir. Bilim ve bilgi sadece afet değil iklim değişikliği etkileri de göz önüne alındığında küresel ölçekte artan bir odak haline gelmiştir.

5. Sonuç

Uluslararası toplumun afet risklerini azaltmadaki başarısı sürdürülebilir gelişme, iklim değişikliği ve finansal gelişim konuları ile birlikte ele alınmakta ve tüm bu konularda yönetişim sağlanması gerekmektir. Aktörlerin yönetişimle karar sistemlerine katıldığı yeni düzende daha dirençli kentler ortaya çıkacaktır.

SÇB'nde sürdürülebilir kalkınma ve afet risklerinin azaltılması faaliyetlerinin birbirleriyle uyumlu olması ve entegrasyonu konusuna daha fazla vurgu yapmıştır. Afet risklerinin tanımlanması ve azaltılması konusunda tekil çalışmalar yapılmasının yeterli olmayacağı, diğer sektörel ve kurumsal düzeyde yapılan çalışmalarda da afet

risklerinin azaltılması veya buna yönelik bakış açısına sahip olunması gerektiği vurgulanmıştır.

SÇB ile dünyada artık dezavantajlı gruplara, engellilere, kadın, çocuk ve yaşlılara artan şekilde önem verilmekte, yürütülmekte olan toplumsal programlarda bu grupların daha fazla yer alması gerektiği görüsü baskın şekilde öne çıkmıştır. Türkiye'nin de gelecek 15 yıl boyunca yapılacak olan afet çalışmalarında bu gruplara mutlaka yer ve önem vermesi gerekmektedir.

Tehlikelerin belirlenmesi konusu önemini korumakla birlikte, afetlere karşı kırılganlığın azaltılması, toplumun, altyapıların ve sistemlerin bütüncül direncinin artırılması ile yeni risklerinin yaratılmaması ön plana çıkarılmıştır. Bu durumun afet risk yönetiminin daha geniş bir yelpazeden ele alınmasına yardımcı olacağı düşünülmektedir.

Afet yönetim sürecinde yeni bir döneme girilmiş olup, risk yönetimine geçilmiştir. Afet yönetim süreçlerinde risk yönetimi çalışmalarının özellikle kalkınma faaliyetlerini olumlu etkileyeceği bilinmektedir.

Ülkemizde Hyogo'da olduğu gibi, Sendai Çerçevesi'nin uygulama ve izlemeleri de Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nca (AFAD) yürütülmektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Kalkınma Bakanlığı, AFAD ve ilgili Sivil Toplum Kuruluşları ile bir arada yönetişim çerçevesinde ortak iş yapma kapasitesini yükseltecek çalışmalar yapılmalıdır. Toplum katılımı artıkça afetlere dirençli kentler oluşturma potansiyeli de artacaktır.

Ayrıca, SÇB'de (2015-2030) paralelinde Türkiye'de de afet risklerinin azaltılması hususlarının küresel gündemin önemli bir maddesi olan iklim değişikliği konusu ile entegrasyonu sağlanmalıdır.

SÇB'de (2015-2030) yer alan hususların 10. Kalkınma Planı Afet Yönetimi bölümü altında yer alan amaç, hedef ve politikalarla uyumlu olduğu [7, 2] ve her ne kadar olumlu gelişmeler ve uluslararası politikalarla örtüşen noktalar görülse de Türkiye'nin bu alandaki kurumsal yapısını, yasal mevzuatını merkezden yerele her ölçek ve her tür yerleşim birimi için yeniden düşünme zorunluğu bulunmaktadır.

Bu araştırmanın temel oluşturacağı ve öncülük edeceği konu ve çalışmalar 2 ana başlıkta toplanabilir. Bunlar;

1. Afet politikaları alanında HÇEP ve SÇB çalışmalarında ortaya konan öncelikleri ve yeni eğilimleri tespit etmesi açısından katkısı,

2. Türkiye'de afet ile ilgili politikaları ve öncelikleri belirlemek amacıyla yapılacak çalışmalara örnek olması açısından katkısıdır.

Kaynaklar

[1] Balamir, M. Uluslararası Afetler Politikası Ana Ekseni: Kentsel Sakınım, 1. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı ODTÜ Ankara, 11-14 Ekim, 2011. İnternet erişimi için: (http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/1.Oturum/Tema_M. Balamir.pdf).

[2] Kalınma Bakanlığı, Sosyal Sektörler ve Koordinasyon Genel Müdürlüğü, Çevre ve Sürdürülebilir Kalkınma Dairesi, Afetler Sektörü Bilgi Notu, 2015.

[3] http://www.unisdr.org/we/inform/publications/1037, 10.12.2015 Hyogo Framework for Action 2005-2015: Building the resilience of nations and communities to disasters - full text

[4] Balamir, M., Uluslararası Afetler Politikası: Güvenli Kentler Kampanyası ve Sasakawa Ödülleri , Afet ve Mimarlık, Dosya 26 sayfa:17-25, TBMMOB yayınları, Eylül, 2011.

[5] Sendai Çerçeve Belgesi Tam metni erişim belgesi, http://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf 10.12.2015 Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030 - full text.

[6] Tozier A., Baudoin M., From Yokohama to Sendai: Approaches to Participation in International Disaster Risk Reduction Frameworks, International Journal of Disaster Risk Science 06/2015; 6(2). DOI: 10.1007/s13753-015-0053-6 , 2015.

[7] Kalkınma Bakanlığı,10. Kalkınma Planı (2014-2018) internet erişimi için: (https://pbk.tbmm.gov.tr/dokumanlar/10-kalkinma_plani.pdf)

[8] Öğülmüş, S. İçerik Çözümlemesi, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi, Cilt:24 Sayı:1,1991. İnternet erişimi için : (http://dergiler.ankara.edu.tr/dergiler/40/506/6144.pdf).

[9] Tavşancı, E., Aslan, E., İçerik Analizi ve Uygulama Örnekleri, Epilson Yayınları, İstanbul, 2001.

[10] Tekeli İ. New Tendencies in Planning Thought (CP 601), Doktora Dersi Notları, Yayınlanmamış Belge, ODTÜ, Ankara, 2006.

MEYDANA GELEBİLECEK BİR DEPREMDE HAYATINI KAYBENDEN KİŞİ SAYISININ YAPAY SİNİR AĞLARI İLE TAHMİNİ

PREDICTING NUMBER OF DEATH IN AN EARTHQUAKE USING NEURAL NETWORK

Ömer KIVRAK[a], Muharrem DÜĞENCİ[b]
[a] AFAD, Karabük, Türkiye, E-posta: omer_kivrak@windowslive.com
[b] Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye, E-posta: mdugenci@karabuk.edu.tr

Özet

Depremler, meydana geldiği bölgede en çok yıkıma ve insan hayatına neden olan doğal afetlerdir. Olası bir depremi önleme veya depremden kaçma olanağı olmayacağından deprem öncesi hazırlıkların ve planlamaların önemi ön plana çıkarmaktadır. Depremleri olabildiğince az hasarlı atlatmak ve deprem sonrası yapılması gereken çalışmaların başarılı olması da yine deprem öncesi yapılacak çalışmaların başarısına bağlıdır. Bu çalışma sayesinde, deprem tahmini alanında yapılan çalışmalar, olası can ve mal kayıplarının en aza indirilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmanın amacı, meydana gelen bir deprem sonrasında ne kadar kişinin hayatını kaybedebileceği yapay sinir ağları yöntemiyle tahmin edilerek gerekli senaryoların gerçeğe yakın olarak belirlenmesine katkı sağlamaktır. Bu çalışmada, kullanım alanı geniş olan yapay sinir ağlarının, gelecekte karşılaşılabilecek herhangi bir depremin büyüklüğü, derinliği ve hasar gören bina miktarı ile hayatını kaybeden kişi sayılarının tahminleri gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de 1900 yılından günümüze kadar büyüklüğü 6 ve üzerinde meydana gelen 53 adet deprem verisi kullanılmıştır. Oluşturulan yapay sinir ağı modeliyle, yapılacak parametrik çalışmalara veya geliştirilecek modellere faydalı olacağı ve bu doğrultuda azalım ilişkilerine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Deprem, Deprem Tahmini, Yapay Sinir Ağı ve Parametrik.

Abstract

Earthquake is the most destructive and the deadliest natural disasters where occurs. Since there is no way to escape or to prevent a possible earthquake, the importance of preperation and planning before it stands out. The success of the work to be done after the earthquake depends on the success of the work still to be done before the earthquake for making damages of earthquake less disruptive. With this study, it is assessed that the studies in the area of prediction of possible earthquake make a significant contribution to reduce risk of mortality and loss of property. In this study, the use of wide field of neural networks, an earthquake of magnitude that may be encountered in the future, with the depth and the amount of damaged buildings estimates the number of people who lost their lives were carried out. From 1900 to the present day size 6 and occurred in Turkey on 53 earthquake data has been used. Created by artificial neural network model, or parametric models developed will be useful for future studies and is expected to contribute to the attenuation relations in this direction.

Keywords: Earthquake, Earthquake Prediction, Neural Network and Parametric.

1. Giriş

Deprem, yer derinliklerinde biriken enerjinin bir anda boşalması sonucu oluşan sıkışma ve gerilmelerin, yeryüzünde meydana getirdiği titreşim hareketleridir [1]. Bir başka bir değişle depremler karmaşık olaylar sonucu aniden gelişen doğal olaylardır [2]. Bu karmaşıklık depremin zamanı, yeri ve şiddeti gibi birçok parametrenin tahmin edilmesini zorlaştırmaktadır. Ülkemizin yüz ölçümünün % 42'si birinci derece deprem bölgesinde yer almaktadır ve oluşabilecek bir depremde can ve mal kayıplarını en aza indirmek için bu tahminler hayati önem taşımaktadır. Meydana gelebilecek depremleri önlemeyi düşünmek yerine önceden hazırlıklı olmak daha mantıklıdır. Bu yüzden bilinçli ve etkili yöntemler kullanılarak olası bir deprem meydana geldiğinde en az zararla atlatılması gerekmektedir. Bu konuda; kurum ve kuruluşların çalışmalarıyla, meydana gelebilecek bir depremin önceden tahmin edilebilmesi, deprem anı ve deprem sonrası çalışmalarını en etkili şekilde devam ettirmeyi amaçlamalıdırlar.

Bilgisayar alanındaki ilerleme, artık insan gibi düşünen ve davranan sistemlerin geliştirilmesine yönelik olarak 1950'li yıllardan beri sürmektedir[3]. Yapay Zeka 20. yüzyılın ikinci yarısında temelleri atılan ve günümüzde büyük bir kitlenin üzerinde çalıştığı Yapay Zeka tekniği, pek çok problemin analizinde başarı ile kullanılmış ve klasik programlamaya alternatif olmuştur. Geçen zaman içinde Yapay Sinir Ağları(YSA) ve diğer mantıksal programlama tekniklerinin ispatlanmış teorilerinin ortaya çıkartılması nedeniyle bu konular hakkında çoğu kişinin ilgisini çekmiştir[4]. YSA kavramı beynin çalışma ilkelerinin sayısal bilgisayarlar üzerinde taklit edilmesi fikri ile ortaya çıkmış ve ilk çalışmalara beyni oluşturan biyolojik hücrelerin ya da literatürdeki ismiyle nöronların matematiksel olarak modellenmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu çalışmaların, ortaya çıkardığı bulgular, her bir nöronun komşu nöronlardan bazı bilgiler aldığı ve bu bilgilerin biyolojik nöron dinamiğinin öngördüğü biçimde bir çıktıya dönüştürüldüğü şeklindedir. Bugün YSA olarak isimlendirilen alan, birçok nöronun belirli biçimlerde bir

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

araya getirilip bir işlevin gerçekleşmesi üzerindeki yapısal olduğu kadar matematiksel ve felsefî sorunlara yanıt arayan bir bilim dalı olmuştur[5].

Geçmişte meydana gelen deprem verileri incelendiğinde, olası bir depremin büyüklüğünü, zamanını ve nerede meydana geleceğini tahmin edilmesinin mümkün olmadığı kabul edilmesi gereken kaçınılmaz bir gerçektir. Fakat YSA yöntemlerini kullanarak verilere yapılabilecek uygun analizler ile bu belirsizlik probleminin çözümünde bazı adımların atılabileceği söylenebilir.

Güllü H. ve diğerleri çalışmalarında, YSA ile en büyük yer ivmesi tahminlerini yaparak ve yöntemin doğruluğu için sonuçlarını Regresyon Analizi ile karşılaştırmışlardır. YSA kullanılarak tahmin edilen ivmeler ile ölçülen ivmeler arasındaki korelasyon katsayısı eğitim aşamasında %92, test aşamasında ise %64 olarak bulunmuşlardır. Ancak bu kapasitenin ağda yapılacak düzenlemeler ile daha da artmasının mümkün olduğunu ve Regresyon Analizi ile karşılaştırdıklarında, ivmeler YSA tarafından daha yüksek korelasyon katsayısı ile tahmin edildiği ve bu durumda, daha gerçek ivme tahminleri için YSA'nın alternatif bir yöntem olarak araştırılması gerektiğine işaret etmektedirler[6].

Erkaymaz H. ve diğerleri çalışmalarında, temel amaçlarının YSA kullanarak en düşük hata ile hava sıcaklığı tahmininde bulunmaktır. YSA kullanılarak elde edilen sıcaklık tahmin işlemi çalışması için Karabük ilinden alınan ham eğitim verilerinden yararlanılarak en az hata ile hava sıcaklığı tahminlerini gerçekleştirmişlerdir[7].

Baltacıoğlu A. K. ve diğerleri çalışmalarında, geliştirilen sistemle YSA kullanılarak deprem geçirmiş bir yapının veya hasarlı bir yapının hasar miktarını tahmin edilebilmektedirler. Bu amaçla pek çok data girdi olarak kullanılabilecek olmasına rağmen bu çalışmalarında sadece yapı elemanlarındaki çatlaklarını dikkate almışlardır. Bu çatlaklar bulanık küme kuramıyla üyelendirilerek ağa girilmiş ve bilinen örnekler üzerinde yapının hasar durumunu (hasarsız, az hasarlı, orta hasarlı, çok hasarlı ve göçme sınırı) beş farklı grupta incelemişler ve bunları ağın çıktısı olarak yine bulanık küme kuramıyla üyelendirilerek ağa sunmuşlardır. Bunun sonucunda eğitimi %81 oranında başarılı bularak ağı test etmişlerdir. Yöntemin, eğitilmiş bir ağın mevcut hasarlı binaların hasar oranını belirlemede etkin ve hızlı bir yöntem olarak düşünülebilir yapıda olduğunu ve eğitim seti arttırılıp eğitilen ağ, daha iyi öğrenme oranlarına ulaşabileceğini önermektedirler[8].

Bilen M. ve diğerleri çalışmalarında, deprem oluşumunu incelemek için Polonya kömür madenlerinden alınan sismik veriler kullanılarak tahmin etmeye çalışmışlardır ve %94.1176 oranıyla KNN (K-nearest Neighbors: K-En Yakın Komşular) algoritmasıyla yüksek bir sınıflandırma başarısı elde edilmişlerdir. Yapılan çalışma KNN algoritmasının deprem tahmininde kullanılmasının başarılı ve hızlı sonuçlar vereceğini göstermiştir[9].

Kutlu B. ve diğerleri çalışmalarında, YSA ile ve ARIMA zaman serisi analiz yöntemleri kullanılarak Ankara ilinin doğal gaz tüketimini tahmin etmişlerdir. Her iki yöntem içinde farklı modeller oluşturularak eğitim ve test verileri için en küçük MSE (Hata Kareleri Ortalaması) değerlerine sahip modelleri, en iyi modeller olarak seçmişler ve bu modeller yardımıyla 10 adet test verisi için tahminler gerçekleştirmişlerdir. Her iki yöntem yardımıyla elde edilen tahmin sonuçlarını MSE ve MAPE (Mutlak Hata Oranları Ortalaması) performans kıstasları yardımıyla karşılaştırmışlardır. Her iki performans ölçütü içinde YSA modelleri ARIMA modellerinden daha iyi tahmin performansı sergilediğini bulmuşlardır. Bu durum ağın eğitiminde kullanılan veri sayısı arttıkça YSA'nın daha iyi sonuç verdiğini göstermektedir. Sonuç olarak veri setindeki lineer ilişkiler yanında lineer olmayan ilişkileri de başarıyla modelleyebilmesi, veri üzerinde her hangi bir ön varsayım gerektirmemesi gibi özelliklerinden dolayı YSA uygun ağ yapısı ve yeterli sayıda veri kullanıldığında çok başarılı sonuçlar ürettiğini bulmuşlardır[10].

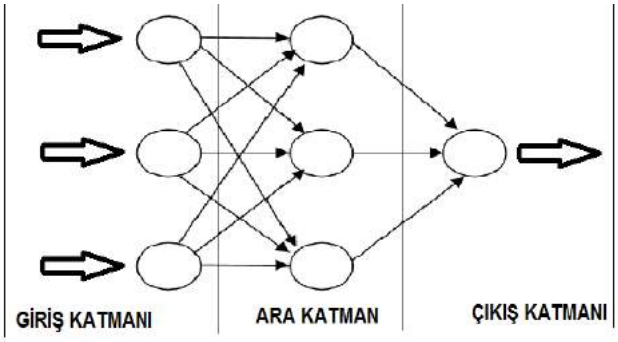
Çelik E. ve diğerleri çalışmalarında, sismik darbe verilerini kullanılarak depremin önceden tahmin edilmesi için karar sistemleri oluşturmuşlardır. Kömür madeninden alınan sismik darbe verileri kullanılarak sınıflandırma algoritmaları ile sınıflandırmaya tabi tutulmuştur. YSA ile erken tespitte %83 oranında başarı saptamışlardır. Destek Vektör Makineleri ile de erken tespitte %91 oranında başarı saptamışlardır. Hata paylarının yüksek çıkmasında başka veri setleri ile karşılaştırmalar yapılamaması ve tehlikeli durum verilerinin az olmasına sebep olmuştur. Tahminlerin daha güvenilir ve kararlı olması için toprak yapısını da içine alan sistemler oluşturulabileceğini ve bunların yanında zaman ve yer tahmini de yapılarak yüksek başarımlı sonuçlar için sistemlerin geliştirilebileceğini önermişlerdir[11].

2. Yapay Sinir Ağları (YSA)

Genel anlamda YSA, beynin bir işlevini yerine getirme yöntemini modellemek için tasarlanan bir sistem olarak tanımlanabilir [12]. Bu özellikleri sayesinde sınıflandırma, tahmin, optimizasyon, örüntü tanıma, bellek yönetimi ve kontrol gibi birçok problemi etkili ve kolay bir şekilde çözebilmektedirler [13]. YSA, örneklerden yola çıkarak bilgi toplamakta ve daha sonra hiç görmediği örnekler ile karşılaşınca öğrendiği bilgileri kullanarak örnekleri sınıflandırabilmektedir [14]. YSA bir başka deyişle, biyolojik sinir ağlarını taklit eden bilgisayar programlarıdır[15]. YSA yapısında, nöron (Yapay sinir hücresi), bağlantılar ve öğrenme algoritması olmak üzere üç bileşen bulunur. Nöron, bir YSA'nın temel işlem elemanıdır. Ağ içerisinde yer alan nöronlar, probleme etki eden faktörlere göre bir veya birden fazla girdi alırlar ve problemden beklenen sonuç sayısı kadar çıktı verirler. Nöronların birbirleriyle bağlantılar aracılığıyla bir araya gelmeleri YSA'yı oluşturmaktadır. Genel bir YSA sisteminde nöronların aynı doğrultu üzerinde bir araya gelmeleri katmanları oluşturur[16]. Bir YSA'da, birbirleriyle bağlantılı sinir hücrelerinin yer aldığı girdi katmanı (input layer), çıktı katmanı (output layer) ve gizli katman (hidden layer) olmak üzere temelde üç katman bulunmaktadır ve şekil 1'de genel YSA gösterilmektedir.

Girdi katmanı ilk katmandır ve dışarıdan gelen verilerin YSA'ya alınmasını sağlar. Bu veriler istatistikte bağımsız değişkenlere karşılık gelmektedir. Girdi katmanı probleme etki eden parametrelerden oluşmaktadır ve girdi katmanındaki nöron sayısı parametre sayısına göre şekillenmektedir. Son katman çıktı katmanı olarak

adlandırılır ve bilgilerin dışarıya iletilmesi işlevini görür. Çıktı değişkenleri, istatistikte bağımlı değişkenlere karşılık gelir. Modeldeki diğer katmanlar ise girdi katmanı ile çıktı katmanı arasında yer alır ve gizli katman olarak adlandırılır. Gizli katmanda bulunan nöronların dış ortamla bağlantıları yoktur. Yalnızca girdi katmanından gelen sinyalleri alırlar ve çıktı katmanına sinyal gönderirler. Gizli katman ve gizli katmanlarda yer alacak nöronların sayısının seçimi, kurulan ağın performansı açısından önemlidir[17].



Şekil 1. Genel YSA Modeli

YSA, klasik bilgisayar belleği gibi belirli bilgileri belirli yerlerde saklama yerine öz şeklindeki bilgileri nöronlar arasındaki bağlantılar üzerindeki (rassal sayı olarak) ağırlık değerleri ile ağ üzerinde dağıtarak saklarlar. Belirli bir problemi, programlama yerine direkt olarak mevcut örnekler üzerinden eğitilerek öğrenirler[18]. Bir ağda öğrenme kısaca, istenen bir işlevi yerine getirecek şekilde ağırlıkların ayarlanması sürecidir. Temelde öğrenme yöntemleri danışmanlı (supervised) ve danışmansız (unsupervised) olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Danışmanlı öğrenmede, YSA kullanılmadan önce eğitilmelidir. Eğitme işlemi, sinir ağına giriş ve çıkış bilgileri sunmaktan oluşur. Ağ giriş bilgisine göre ürettiği çıkış değerini, istenen değerle karşılaştırarak ağırlıkların değiştirilmesinde kullanılacak bilgiyi elde eder. Girilen değerle istenen değer arasındaki fark hata değeri olarak önceden belirlenen değerden küçük oluncaya kadar eğitime devam edilir. Hata değeri istenen değerin altına düştüğünde tüm ağırlıklar sabitlenerek eğitim işlemi sonlandırılır. Danışmansız öğrenmede sistemin doğru çıkış hakkında bilgisi yoktur ve girişlere göre kendi kendisini örnekler. Danışmansız olarak eğitilebilen ağlar, istenen ya da hedef çıkış olmadan giriş bilgilerinin özelliklerine göre ağırlık değerlerini ayarlar[19].

YSA'da öğrenme, giriş ve çıkış kümesi için test edilen ağın, elde etmek istenilen çıkışı verecek ağırlık kümesinin belirlenmesidir. Bu ağırlık vektörü istenilen çıktı ile ağ çıktısı arasındaki fark minimum oluncaya kadar iterasyon yapılarak bulunur [20]. Herhangi bir *k.* Girdi-çıktı örnek çifti için *j.* girdi ile *i.* nöron arasındaki ağırlık değişimi;

$$\Delta w_{ij}^{k} = \alpha\left(T_j^{k} - O_i^{k}\right)x_j^{k} \quad (1)$$

ile ifade edilir. Burada T_i istenen hedef çıktı, O_i gerçek çıktı, α öğrenme oranı ve x_j ise *j.* ağ girdisidir. Herhangi bir *k.* tabakadaki örnek çifti için toplam hata fonksiyonu [21,22].

$$E = \frac{1}{2}\sum_{k}\left(T_k - O_k\right)^2 \quad (2)$$

olarak tanımlanır. Burada, T_k istenen hedef çıktı, O_k hesaplanan çıktı, *P* ise eğitim setinde bulunan girdi-çıktı çiftlerinin toplam sayısıdır. Yine Rumelhart tarafından, ağın yakınsamaması durumunda *β* momentum terimini de içerecek şekilde ağırlıkların ayarlanması formülü aşağıdaki şekilde genelleştirilmiştir [23].

$$\Delta w_{ij}\left(t+1\right) = \alpha\delta_i^{k} o_j^{k} + \beta\Delta w_{ij}\left(t\right) \quad (3)$$

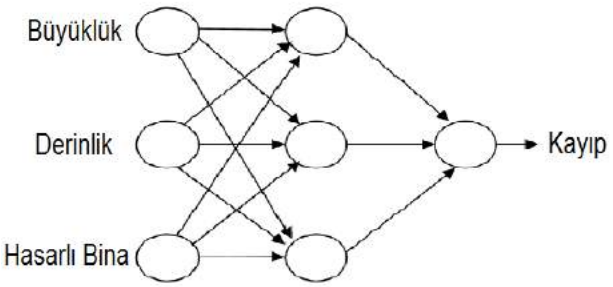
Burada β momentum terimi, δ_j^k eğitim setindeki *k.* örnek çifti için *i.* nöronun hata değeridir ve kullanılan eşik fonksiyonunun türevini içeren bir terimdir. Bu nedenle eşik fonksiyonu ağırlıklandırılmış girdi toplamları ile hesaplanmış net girdiyi alarak, işlem elemanlarının çıktısını belirleyen ve türevlenebilir olması tercih sebebi olan bir fonksiyondur. Aktivasyon veya işaret fonksiyonu olarak da adlandırılan eşik fonksiyonları pek çok sayıda olmasına rağmen geriye yayılma algoritmasında daha çok sigmoid fonksiyon kullanılmaktadır [24].

3. Araştırma Bulguları

Bu uygulamada, T.C. Başbakanlık Afet Ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı Deprem Dairesi Başkanlığı'ndan alınan, Türkiye'de 1900 yılından günümüze kadar meydana gelen büyüklüğü 6 ve üzerinde oluşan depremlerdeki veriler kullanılmıştır. Girdi verileri büyüklük, derinlik ve hasarlı bina sayısı çıktı verisi ise kayıptır.

3.1. Ağ Yapısı

YSA 1 girdi katmanı, 1 ara katman ve 1 çıktı katmanı ile teşkil edilmiştir. Girdi katmanı, azalım ilişkilerinde olduğu gibi değişken parametrelerinden büyüklük, derinlik ve hasarlı bina sayısı olarak üç adet sinir hücresinden oluşmaktadır. Çıktı katmanı ise hayatını kaybeden kişi sayısının tahmin edilmesinin amaçlandığı bir adet sinir hücresinden oluşmaktadır. Şekil 2'de çalışmada kullanılan ağ yapısı gösterilmektedir.



Şekil 2. Kullanılan YSA'nın Yapısı

3.2. Eğitim ve Test Verileri

Çözüm için MATLAB (8.3.0.532. sürüm) paket programı kullanılmıştır. Veriler Matlab programına, minimum ve maksimum yöntemine göre normalizasyon yapılarak veri girişleri yapılmıştır. Kurulan YSA'nın eğitimi için 1000 iterasyon yapılmıştır.

Deprem verileri YSA'nın eğitiminde ve testinde kullanmak üzere düzenlenmiştir. Bu düzenleme Swingler (1996) önerileri doğrultusunda yapılmış olup deprem verisinin %25'si rastgele seçilerek test verisi olarak ayrılmıştır. Toplam 53 adet verinin 40'ı ağda eğitilmiş ve eğitilen ağ modelinin doğruluğu da 13 adet veri ile test edilmiştir.

Çalışmada hatanın geriye-yayılma algoritması kullanıldığından, girdi ve çıktı seti sırasıyla [0-1] ve [0.05-0.96] aralığında hesaplanarak ağa sunulmuştur. YSA'da sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır. Çıktı setinde [0.05-0.96] arasında hayatını kaybeden kişi miktarları derecelendirilmiştir.

Bu ağ yapılarına karar verilirken tahmin performans ölçümlerine bakılmıştır. Tahmin performans ölçümleri için literatürde 4 numaralı formül MAPE ve 5 numaralı formül MSE değerlerine bakılmaktadır [25,26]. Oluşturulan ağlar değerlendirilirken tahmin performans ölçümleri küçük olan ağ tercih edilmiştir. Ölçümlerin istatistiksel ifadesi aşağıda verilmiştir. Böylece en iyi performans gösteren ağ yardımıyla değişkenlerin ileriye yönelik tahmin değerleri elde edilmiştir. Bu ölçümlere göre Witt ve Witt (2000) MAPE değerleri %10'un altında olan tahmin modellerini "yüksek doğruluk" derecesine sahip, %10 ile %20 arasında olan modelleri ise "doğru tahminler" olarak sınıflandırmıştır. Benzer şekilde Lewis (2002), MAPE değerleri %10'un altında olan modelleri "çok iyi", %10 ile %20 arasında olan modelleri "iyi", %20 ile %50 arasında olan modelleri "kabul edilebilir" ve %50'nin altında olan modelleri ise "yanlış ve hatalı" olarak sınıflandırmıştır [27].

$$MAPE = \frac{1}{T}\sum\left|\frac{y_t - \hat{y}}{y_t}\right| \times 100 \quad (4)$$

$$MSE = \frac{\sum\left(y_t - \hat{y}_t\right)^2}{T} \quad (5)$$

Burada;

y_t = Gerçek gözlem değerleri,

$\hat{y}_t$ = Tahmin edilen değerleri,

T = Tahmin sayısıdır.

Çizelge 1. Hata yüzdeleri

	Tahmin Edilen (Kayıp)	MAPE	MSE
1	0,088528	0,115580	0,000134
2	0,164526	0,047870	0,000068
3	0,084332	0,160749	0,000261
4	0,094239	0,059209	0,000035
5	0,090388	0,101139	0,000103
6	0,228317	0,158594	0,000977
7	0,106039	0,007579	0,000001
8	0,089685	0,103367	0,000107
9	0,100032	0,006914	0,000000
10	0,095516	0,394985	0,003889
11	0,083649	0,164120	0,000270
12	0,130879	0,280823	0,000823
13	0,081491	0,185092	0,000343
	% Ortalama Hata	0,137386	0,000539
	% Ortalama Doğruluk	0,862614	0,999461

Modelden elde edilen tahmin değerleri ile gerçek değerler üzerinde yapılan ölçümlerde, MSE= 0,000343, MAPE= % 13,73 bulunmuştur. Elde edilen düşük MSE ve MAPE değerleri, gerçekte hayatını kaybeden kişi sayısı ile YSA modelinden elde edilen tahmini hayatını kaybeden kişi sayısı sonuçları arasındaki sapmaların küçük olduğunu göstermektedir. Witt ve Witt, MAPE değerleri % 10 ile % 20 arasında değerler olduğundan doğru tahminler olarak sınıflandırıldığı ve benzer şekilde Lewis, MAPE değeri % 10 ile % 20 arasında olan modelleri iyi olarak sınıflandırdığından bulunan tahmin değerlerinin iyi ve gerçeğe yakın olduğu görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada geliştirilen sistemle YSA yöntemi kullanılarak olası bir deprem meydana gelmeden önce hayatını kaybedecek kişilerin sayısı tahmin edilebilmektedir. Bu amaçla pek çok veri girdi ya da çıktı olarak kullanılabilecek olmasına rağmen bu çalışmada sadece Türkiye sınırları içerisinde 1900 yılından günümüze kadar büyüklüğü 6 ve üzerinde meydana gelen hasar ve kayıplara neden olan deprem verileri kullanılmıştır. Çalışmada hayatını kaybeden kişi sayısını etkileyen değişkenler; depremin büyüklüğü, derinliği ve hasarlı bina sayısı olarak kabul edilmiştir. Bu veriler minimum maksimum yöntemine göre normalize edilip geliştirilen ağda analizler yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda 53 adet verinin 40'ı ağda eğitilmiş ve eğitilen ağ modelinin doğruluğu 13 adet veri ile test edilmiştir. Test sonucuna göre MAPE değeri %13,73 ve MSE değeri %0,000539 çıktığından yapılan tahmin "doğru tahminler" sınıfına girmektedir. Eğitilen ağa olası bir deprem verileri girildiğinde, olası bir depremden kaynaklanan can kayıplarının gerçeğe daha yakın olarak tahminlerde bulunulmuştur.

Yapılan tahminler gerçek değerlerle karşılaştırıldığında genelde tahmin edilen ve gerçekleşen değerlerin birbirlerine yakın olduğu görülmektedir. Ancak, MAPE ile MSE değerinin doğruluk oranlarının artması için girdi ve çıktı miktarları artırılması gerekmektedir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre, birinci derece deprem bölgesinde yer alan Karabük ili için bir tahminde bulunursak; 7

büyüklüğünde ve 30 km derinliğinde meydana gelen bir depremde 195 bina hasar görürse 399 kişi hayatını kaybedecek diyebiliriz. Bu tahminimize hata oranını çıkartırsak en az 347 kişi hayatını kaybedecektir, eğer eklersek 450 kişi hayatını kaybedecektir diyebiliriz.

Bu çalışma sonucunda istatistiksel yöntemler ve YSA'nın depremlerin tahmininde kullanılabilecek önemli araçlar olduğu açıktır. YSA'nın en önemli ve ayırt edici özelliklerinden birisi de; yeni durumlara adaptasyon ve hiyerarşik yapılarının esnek olması ve sonradan veri girişini kabul etmeleridir. Gelecek çalışmalarda farklı veriler, girdi ve çıktı veri miktarları genişletilerek daha sağlıklı sonuçlar almak için çalışmalar yapılacaktır. Kamu kurum ve kuruluşlarına ileriye yönelik karar alma ve planlama çalışmalarında yol gösterici olacaktır.

Kaynaklar

[1] Ketin, İ. Genel Jeoloji: Yerbilimlerine Giriş. Ankara: İTÜ Vakfı, 2005.

[2] Karaman, M E. Yapısal Jeoloji ve Uygulamaları. Ankara: Yazarın kendi yayını, 2006.

[3] Gözütok A. Güç Trafolarına Ait Yağda Erimiş Gaz Analizi Sonuçlarının Yapay Sinir Ağlan ile Değerlendirilmesi ve Arıza Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gazi Üniversitesi, Ankara, 2005.

[4] R.D. Vanluchene, S. Roufei, "Neural networks in structural engineering", Microcomputers in Civil Engineering, 5, 207-215, 1990.

[5] Aydın Ö. Yapay Sinir Ağları kullanarak Bir Ses Tanıma Sistemi Geliştirilmesi, Yüksek lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Edirne, 2005.

[6] Güllü, H., Pala, M., ve İyisan, R. Yapay Sinir Ağları İle En Büyük Yer İvmesinin Tahmin Edilmesi, 7. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007.

[7] Güllü, H., Pala, M., ve İyisan, R. Yapay Sinir Ağları İle En Büyük Yer İvmesinin Tahmin Edilmesi, Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, İstanbul, 2007.

[7] Erkaymaz H. ve Yaşar Ö., Yapay Sinir Ağı İle Hava Sıcaklığı Tahmini, 5. International Computer & Instructional Technologies Symposium, Fırat University, Elazığ, 2011.

[8] AKGÖZ, B., BALTACIOĞLU, A. K., CİVALEK, Ö., & KORKMAZ, K. A. (2010). Deprem Hasarlarının Hızlı Tespitinde Yapay Sinir Ağları Yaklaşımı. SDÜ Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 2010.

[9] Bilen, M., Işık, A. H., ve Yiğit, T. Sismik Darbelerin Sınıflandırılarak Deprem Tehlikesinin Tahmin Edilmesi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Burdur, 2015.

[10] Kaynar, O., Taştan, S., ve Demirkoparan, F. Yapay Sinir Ağları İle Doğalgaz Tüketim Tahmini. Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, 25, 2011.

[11] Çelik, E., Atalay, M., ve Bayer, H. Yapay Sinir Ağları ve Destek Vektör Makineleri ile Deprem Tahmininde Sismik Darbelerin Kullanılması, 2014.

[12] Ö. Civalek, "The analysis of time dependent deformation in R.C. Members by artificial neural network", Journal of Engineering Sciences of Pamukkale University, 3(2), 331-335, 1997.

[13] Blanton, H. An introduction to neural networks for technicians, engineers and other non PhDs." Proceedings of the 1997 Artificial Neural Networks in Engineering Conference. St. Louis: ANNIE'97, 1997.

[14] Keleşoğlu, Ö, ve A Fırat. Tuğla Duvardaki ve Tesisattaki Isı Kaybının Yapay Sinir Ağı ile Belirlenmesi." Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 139-141, 2006.

[15] Elmas, Ç. Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama). Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003.

[16] Yıldız, B. Finansal Başarısızlığın Öngörülmesinde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve Halka Açık Şirketlerde Ampirik Bir Uygulama, İMKB Dergisi, 2001.

[17] Benli, Y. Finansal Başarısızlığın Tahmininde Yapay Sinir Ağı Kullanımı ve İMKB'de Bir Uygulama, Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 2002.

[18] Baylar, A., Emiroğlu, M.E.. Arslan A. Geriye Yayılma Yapay Sinir Ağı Kullanılarak Yanal Su Alma Yapısına Yönelecek Olan Sürüntü Maddesi Oranının Bulunması, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 1999.

[19] Elmas, Ç. Yapay Sinir Ağları (Kuram, Mimari, Eğitim, Uygulama). Ankara: Seçkin Yayıncılık, 2003.

[20] W.S. McCullogh, and W. Pitts, "A logical calculus of ideas imminent in nervous activity", Bulletin of Mathematical Biophysics, 5, 115-133, 1943.

[21] H. Adeli, S.L. Hung, Machine learning- neural networks, genetic algorithms and fuzzy systems, John Wiley & Sons, Inc, 1995.

[22] L. Fausett, Fundamentals of neural networks, architectures, algorithms, and applications, Prentice-Hall, Inc., New-Jersey, 1994.

[23] L.M. Fu, Neural Networks in Computer Intelligence, McGraw-Hill, Inc. New York, 1994.

[24] Swingler, K. Applying neural networks: a practical guide. New York, Academic Press, 1996.

[25] Cho, V. A Comparison of Three Different Approaches to Tourist Arrival Forecasting, Tourism Management, 24: 323-330, 2003.

[26] De Lurgio, A. S. Forecasting Principles and Applications, Irwin McGraw-Hill:Singapore, 1998.

[27] Çuhadar, M., & Kayacan, C. Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Konaklama İşletmelerinde Doluluk Oranı Tahmini: Türkiye'deki Konaklama İşletmeleri Üzerine Bir Deneme, Anatolia: Turizm Araştırmaları Dergisi, Cilt 16 Sayı 1, 24-30, 2005.

AFET RİSK YÖNETİMİ VE KALKINMA

DİSASTER RİSK MANAGEMENT AND DEVELOPMENT

Çağdaş KOÇKAN
İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü, Ankara, Türkiye, *cagdas.kockan@afad.gov.tr*

Özet

Türkiye'nin başlıca maruz kaldığı doğal afetler depremler, kuraklıklar, şiddetli yağışlar, seller, heyelanlar, kaya düşmesi, yangınlar ve endüstriyel patlamalardır. Afet yönetim sistemi can ve mal kaybını azaltmalı ve ülkeleri doğal afetler ve diğer insan kaynaklı afetleri de içeren bütün tehlikelerden korumalıdır. Ülkemizde uzun zaman afetlerle sürdürülebilir kalkınma arasındaki güçlü bağlantı maalesef anlaşılamamıştır. Afet risklerini azaltmak sürdürülebilir kalkınma için en mantıklı yatırımdır. Dünya ülkelerinin de sürdürülebilir kalkınmayı engelleyen en önemli etkenlerden biri olan doğal afetler, afet riski ve zararların azaltılması konusuna özel önem vermeleri gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı doğal afetler ile sürdürülebilir kalkınma arasındaki ilişkinin ve ülkemizin afet yönetim sisteminin daha iyi ve kapsamlı anlaşılmasının sağlanmasıdır. Bu bağlamda ülkemizdeki mevcut afet yönetim sistemimizin iyileştirilmesi için neler yapılabileceği tartışılmıştır. Bu çalışma beş bölümden oluşmaktadır: a) Giriş, b) Bütünleşik Afet Yönetim Sistemi, c) Ulusal Afet Yönetim Sistemi, ç) Sonuçlar ve Öneriler, d) Kaynaklar

Anahtar kelimeler: Afet, Risk Yönetimi, Sürdürülebilir Kalkınma.

Abstract

The natural hazards Turkey is mainly exposed to are earthquakes, droughts, heavy rainfall and floods, landslides, rock falls, fires, and industrial explosions. The disaster management system should reduce the loss of life and property and protect the nations from all hazards, including natural disasters and other man-made disasters. Unfortunately, the strong relationship between disasters and sustainable development in our country have not understood for a long time. The most reasonable investment for sustainable development is disaster risk reduction. World countries must give special attention to the issue of natural disasters, disaster risk and mitigation that is one of the most important factors impeding sustainable development. This study aims to provide better understanding of the relationship between natural disasters and sustainable development and national disaster management system. Also, what can be done to improve our existing disaster management system is discussed in the light of the given knowledge. This presentation consists of five subsections: a) Introduction, b) Integrated Disaster Management System, c) National Disaster Management System ç) Conclusion and Recommendations d) References

Keywords: Disaster, Risk Management, Sustainable Development.

1. Giriş

Afet risk yönetimi kavramı dünyada yeni kabul gören bir kavram olup, gelişmiş ve gelişmekte olan hemen her ülke, plan ve politikalarını bu yöne ağırlık vererek geliştirmeye çalışmaktadır.
Türkiye'nin başlıca maruz kaldığı doğal afetler depremler, kuraklıklar, şiddetli yağışlar, seller, heyelanlar, kaya düşmesi, yangınlar ve endüstriyel patlamalardır. Afet yönetim sistemi can ve mal kaybını azaltmalı ve ülkeleri doğal afetler ve diğer insan kaynaklı afetleri de içeren bütün tehlikelerden korumalıdır. Toplumlar riske dayalı bütünleşik afet ve acil durum yönetim sisteminde desteklenmelidir.
Ülkemizde uzun zaman afetlerle sürdürülebilir kalkınma arasındaki güçlü bağlantı maalesef anlaşılamamıştır. Dünya ülkelerinin de sürdürülebilir kalkınmayı engelleyen en önemli etkenlerden biri olan doğal afetler, zarar azaltma ve afet risk yönetimi konularına özel önem vermeleri gerekmektedir.

1.1. Genel Tanımlar

İnsanlar için fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen, etkilenen topluluğun yerel imkânlarını kullanarak baş edemeyeceği doğal, teknolojik veya insan kökenli olayların sonuçlarına **afet** denilmektedir. Acil durum ise olumsuz etkilerini en aza indirmek için acil önlemler alınmasını gerektiren beklenmedik ve ani gelişen olay olarak tanımlanabilir. Ayrıca; acil müdahale gerektiren ve yerel kapasitenin olayları belirleme ve yönetmede yetersiz kaldığı durumlarda afetler sonrası oluşan olay olarak da tanımlanabilir [1].

Acil durumlar; ölümler, yaralanmalar, insanların yerlerini terk etmeleri, hastalık, sakatlık, gıda güvensizliği, altyapının hasar görmesi ya da kaybedilmesi, zayıflamış ya da zarar görmüş kamu yönetimi ve azalmış kamu emniyeti ve güvenliği durumlarını içerebilir. Afetten etkilenen ülkelerde, bu durumlar çoğu kez aynı anda ortaya çıkar, yerel kapasiteyi zorlar ve ekonomik ve sosyal faaliyetleri aksatır [1].

Tehlike; doğal, teknolojik veya insan kökenli olan ve fiziksel, ekonomik, sosyal kayıplara yol açabilecek tüm olayları ifade eder. Afet, tehlikenin sonucudur.

Risk, belirli bir alanda, tehlike olasılığına göre kaybedilecek değerlerin ölçüsünü veya bir olayın doğurabileceği olumsuz sonuçların toplamını ifade eden kavramdır [1].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Afet yönetimi; afetlerin önlenmesi ve zararların azaltılabilmesi için afet öncesi, afet sırası ve afet sonrasında yapılması gereken idari, yasal ve teknik çalışmaları belirleyen ve uygulamaya aktaran, bir olaya zamanında, uygulama yapabilmeyi sağlayan ve her olaydan çıkarılan derslerin ışığında mevcut sistemi geliştiren yönetim biçimidir. Afet risk yönetimi ise ülke, bölge, kent ve yerel ölçekte risk türleri ve düzeylerini tespit etme, azaltma ve paylaşma çalışmaları ile bu alandaki planlama esaslarını ifade eder. Tehlike ve riskin belirlenmesi ve analizi ile imkân, kaynak ve önceliklerin dikkate alınarak idare edildiği süreçtir [1].

Sürdürülebilir kalkınma; gelecek kuşakların kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme imkânlarını ortadan kaldırmadan, bugünkü kuşakların ihtiyaçlarını karşılayarak kalkınabilmesi ve ekonomik, sosyal, çevresel hedefler arasında denge kurulması esasına dayanan bir kalkınma ve gelişme yaklaşımıdır. Afetler açısında ise; günümüzde ve gelecekte toplumsal eşitsizliğe, çevre ve afet sorunlarına yol açmadan ekonomik gelişmenin sağlanabilmesi ve yaşam kalitesinin yükseltilmesi süreci olarak ifade edilebilir.

1.2. Dünyada Gözlenen Afet Türleri

Dünya genelindeki doğal afetler ele alınınca, 31 çeşit doğal afetin 28 tanesini meteorolojik afetlerin oluşturduğu görülür. Meteorolojik afetler atmosfer olayları sonucu ortaya çıkan afetlerdir. Bunlar, atmosfer olaylarının, insan için yararlı olduğu en uygun sınırı aşmasıyla meydana gelirler. Meteorolojik olaylar, atmosfer olayları ve özelliklerinin insana yararlı olma sınırını aştığı andan itibaren afet özelliğini kazanmaktadır. Başka bir ifadeyle bunlar normale göre; aşırı, fazla şiddetli ya da eksik olduğu zaman, zararlı olmakta ve artık afet şeklinde nitelendirilmektedir. Yeryüzündeki doğal afetlerin çok büyük bir bölümü meteorolojik tehlikelerden kaynaklanır. Atmosferdeki hava hareketleriyle, okyanus yüzeyi ve yeryüzü şartlarına bağlı olarak gelişir, yer yer büyük zararlar doğururlar. Ülkeler ve mevsimlere göre değişen etkileri vardır.

Doğal afetlerin çeşitleri ve önem sıraları ülkeden ülkeye de değişmektedir. Örneğin, Akdeniz Bölgesinde doğal afetler kuraklık, seller, orman yangınları, heyelan, dolu fırtınaları, çığlar, donlardır. Ülkemizde ise en sık görülen meteorolojik karakterli doğal afetler dolu, sel, taşkın, don, orman yangınları, kuraklık, şiddetli yağış, şiddetli rüzgâr, yıldırım, çığ, kar ve fırtınalardır. Dünya Meteoroloji Örgütüne(WMO) göre sadece 1980'li yıllarda dünyada 700.000 kişi meteorolojik afetlerden dolayı hayatını kaybetmiştir (MMO, 1999). Yavaş gelişen doğal afetler; şiddetli soğuklar, kuraklık, kıtlık vb. ani gelişen doğal afetler; deprem, seller, su taşkınları, toprak kaymaları, kaya düşmeleri, çığ, fırtınalar, hortumlar, volkanlar, yangınlar, vb.dir. İnsan kaynaklı afetler; nükleer biyolojik kimyasal kazalar, taşımacılık kazaları, endüstriyel kazalar, aşırı kalabalıktan meydana gelen kazalar, göçmenler ve yerlerinden edilenler vb.dir. Dünyada gözlenen afet türleri aşağıdaki Tablo 1'de özetlenmiştir: [1]

Tablo 1 Dünyada gözlenen afet türleri

JEOLOJİK	METEOROLOJİK	BİYOLOJİK	TEKNOLOJİK
Deprem	Sıcak Dalgası	Erozyon	Maden Kazaları
Heyelan	Soğuk Dalgası	Orman Yangını	Biyolojik, nükleer, kimyasal silahlar ve kazalar
Kaya Düşmesi	Kuraklık	Salgınlar	Sanayi kazaları
Volkanik Patlamalar	Dolu	Böcek İstilası	Ulaşım kazaları
Çamur Akıntıları	Yıldırım		Savaşlar
Tsunami	Tayfun		
	Sel		
	Çığ		
	Su Baskını		

1.3. Türkiye'de Gözlenen Afet Türleri

Türkiye'deki olası afetler genellikle depremler, kuraklıklar, şiddetli yağış ve seller, heyelanlar, kaya düşmeleri, orman yangınları, sanayi patlamaları ve yangınları, rüzgâr ve kar fırtınaları, çığlar, sıcak hava dalgası, sis, ulaşım kazaları ve terör saldırılarıyla bağlantılıdır. Türkiye'nin büyüklüğü ve başlıca afet şeklinin deprem olduğu göz önüne alınınca çoğu afetin belirli bölge veya şehirlerle sınırlanmış olduğu ve tüm ülkeyi etkilemediği görülmektedir [2]. Türkiye jeolojik özellikleri, topoğrafik yapısı ve iklimi nedeniyle doğal afetleri sıkça yaşayan ülkelerden birisidir. Doğal afetler neden oldukları can kaybı yanında önemli ekonomik kayıplar da meydana getirmektedirler.

Bu konudaki istatistikler incelendiğinde, doğal afetlerin her yıl Türkiye gayri safi milli hâsılasının %1'i oranında doğrudan ekonomik kayba yol açtığı görülmektedir. Ancak doğrudan ekonomik kayıpların yanında Pazar kaybı, üretim kaybı, işsizlik gibi dolaylı ekonomik kayıplar da göz önünde bulundurulduğunda toplam kayıp yılda gayri safi milli hâsılanın %2-5'ine (2-5 milyar dolar) yaklaşmaktadır. [3].

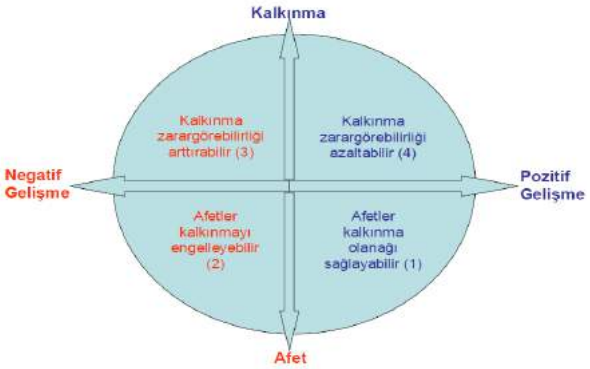
Türkiye başta depremler olmak üzere sel, heyelan, çığ, kuraklık, orman yangınları gibi afetlere sürekli maruz kalmaktadır. 1900-2010 yılları arasında 285 tane hasar yapan deprem meydana gelmiş ve bu depremler nedeniyle 100.000 kişi hayatını kaybetmiş, 170.000 kişi yaralanmış ve 650.000 konut ağır hasara uğramıştır [4]. 1999-2015 yılları arasında Türkiye'de meydana gelen bazı doğal afetlere ilişkin bilgiler aşağıdaki Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2 Türkiye'de meydana gelen bazı doğal afetlere ilişkin bilgiler

NO	İL	TARİH	TÜR	AÇIKLAMA
1	İzmit Körfezi	17.08.1999	Deprem	17.480 ölü, 43.953 yaralı
2	Düzce	12.10.1999	Deprem	763 ölü, 4.948 yaralı
3	Afyon	03.02.2002	Deprem	42 ölü, 327 yaralı
4	Bingöl	01.05.2003	Deprem	177 ölü, 520 yaralı
5	İstanbul	09.09.2009	Sel	31 kişi öldü.
6	Rize	27.08.10	Sel, Heyelan	12 kişi öldü, 1 kayıp
7	Kayseri	20.08.14	Sel	4 kişi yaralandı.
8	Zongul dak	16.07.15	Heyelan	124 kişi tahliye edildi.
9	Artvin	24.08.2015	Sel	8 kişi öldü, 3 kayıp
10	Antalya	07.09.2015	Deprem	5.2
11	Bingöl	03.12.2015	Deprem	5.3
12	Kırşehir	10.01.2016	Deprem	5.0

2. Afetler ve Kalkınma Arasındaki İlişki

Kalkınma ile afetler arasındaki ilişki şematik olarak Şekil 1 ile ifade edilmiştir.



Şekil 1 Kalkınma ile afetler arasındaki ilişki

Bu şekilde de ifade edildiği gibi afetlerle kalkınma arasındaki ilişki olumlu ve olumsuz yöndeki gelişmeler olmak üzere şöyle özetlenebilir.

Olumlu (pozitif) gelişme yaklaşımları:

1. Afet tehlike ve risklerini dikkate alan yerleşme ve yapılaşma kararları, altyapı ve ekonomik ve sosyal gelişme planlaması var olan zarar görebilirlikleri önemli ölçüde azaltacaktır. (Maalesef ülkemizden verilebilecek örnek bulunmamaktadır.)
2. Afet sonrasında, gelecekteki tehlike ve riskleri azaltmayı amaçlayan planlı, kapsamlı ve bütüncül iyileştirme ve yeniden inşa programları gelecekteki afet tehlike ve risklerini önemli ölçüde azaltabilir.(Örnek; 1992 Erzincan Uygulaması)

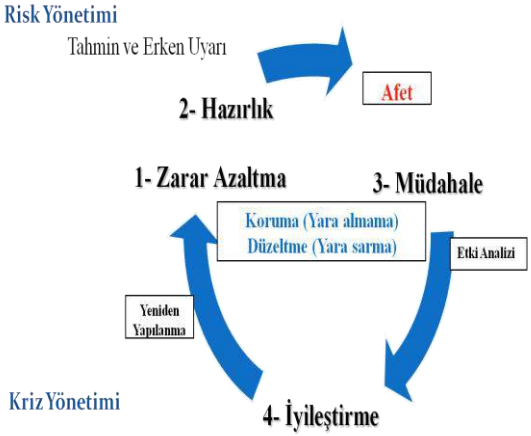
Olumsuz (negatif) gelişme yaklaşımları:

3. Afetler neden olabilecekleri fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıp ve zararlarla yerel, bölgesel ve ülke ölçeğindeki kalkınma ve gelişmeyi uzun süre engelleyebilir.(Örnek; 1971 Gediz ve 1999 depremleri)
4. Afet tehlike ve risklerini dikkate almadan uygulanan kalkınma ve gelişme programları riskli bölgelerdeki değerleri (nüfus, altyapı, sanayi vb.) artıracağı için gelecekteki afet risklerini de artıracaktır. (Örnek. İstanbul ve Marmara bölgesi) [5].

3. Bütünleşik Afet Yönetim Sistemi

Afet yönetimi her türlü tehlikeye karşı hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale etme ve iyileştirme amacıyla mevcut kaynakları organize eden, analiz, planlama, karar alma ve değerlendirme süreçlerinin tümüdür.

Kapsamlı afet yönetiminin evreleri bir afet olayını izleyen ve bir sonraki afete kadar birbirini takip eden aşamaların tümünü ifade eder. Bu evreler; ***Zarar azaltma, Hazırlık, Müdahale, İyileştirme*** olarak tanımlanmaktadır.



Şekil 2 Afet yönetimi

Böylece bütünleşik afet yönetim sisteminde,

- Kayıp ve Zarar Azaltma
- Hazırlık
- Tahmin ve Erken Uyarı
- Afetler,
- Etki Analizi gibi afet öncesi korumaya yönelik çalışmalara **risk yönetimi** denilirken;
- Müdahale
- İyileştirme
- Yeniden Yapılanmagibi afet sonrası düzeltmeye yönelik olarak yapılan çalışmalara ise **kriz yönetimi** denilmektedir.

Afet riski yönetimi literatüründe, risk yönetiminin ana elemanları iki aşamaya ayrılır:

Afet öncesi aşama:

-Risk Tanımlaması
-Zarar Azaltma
-Risk Transferi
-Hazırlık

Afet sonrası aşama:

-Acil Durum Müdahalesi
-Rehabilitasyon ve İyileşme
-Yeniden Yapılanma

Kapsamlı bir risk yönetim programı tüm bu bileşenlere hitap eder [6].

4. Ulusal Afet Yönetim Sistemi

17 Ağustos 1999 İzmit Körfezi Depremi ve 12 Kasım 1999 Düzce depremleri nedeniyle 18.242 kişinin ölmesi, 48.901 kişinin yaralanması ve 93.145 konutun yıkılması veya ağır hasar görmesi, çok geniş bir alanı etkilemesi ve ortaya çıkan sorunlarla baş etmede karşılaşılan sorunlar nedeniyle Türkiye, Afet Yönetim Sistemini yeniden sorgulamaya başlamış ve yeni yasal düzenlemelerin yapılması gereği ortaya çıkmıştır [3].

Geçmiş yıllarda yaşanmış olaylara baktığımız zaman Türkiye'nin afetlerle başarılı bir şekilde mücadele edemediği, afet risklerini azaltamadığı çok açık bir şekilde görülmektedir. Bu mücadelenin başarılı bir şekilde olamamasının nedenleri arasında afetlerle ilgili birçok kurumun bulunması ve bunlar arasında iyi bir işbirliğinin ve koordinasyonun sağlanamaması, yetki karmaşalarının yaşanması gibi faktörlerde sayılabilir. Afet yönetimindeki bu çok başlılığı ortadan kaldırmak amacıyla 29.05.2009 tarihinde 5902 sayılı "Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun" TBMM'de kabul edilmiş ve 17.06.2009 tarih ve 27261 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu kanunla; afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere, Başbakanlığa bağlı "Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı" kurulmuştur. Kanun; afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetlerin ülke düzeyinde etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması ve olayların meydana gelmesinden önce hazırlık ve zarar azaltma, olay sırasında yapılacak müdahale ve olay sonrasında gerçekleştirilecek iyileştirme çalışmalarını yürüten kurum ve kuruluşlar arasında koordinasyonun sağlanması ve bu konularda politikaların üretilmesi ve uygulanması hususlarını kapsar [3].

27.02.2014 tarih ve 28926 sayılı Resmi Gazetede yayınlanarak yürürlüğe giren 6525 Sayılı Kanunun 35. Maddesince, 5902 Sayılı Kanunun Üçüncü Bölüm başlığı "Taşra Teşkilatı" olarak ve 18 inci maddesi aşağıdaki şekilde değiştirilmiştir.

"MADDE 18: (1) İllerde bütünleşik afet ve acil durum yönetiminin tüm unsurlarını içerecek şekilde, Başkanlığın taşra teşkilatı olarak valiye bağlı il afet ve acil durum müdürlükleri kurulmuştur. Müdürlüğün sevk ve idaresinden, ildeki afet ve acil durum faaliyetlerinin yönetiminden birincil derecede vali sorumludur. İl afet ve acil durum müdürleri, Başkanın teklifi ile Başbakan veya yetkilendirdiği Başbakan Yardımcısı tarafından atanır. Diğer personel ise il müdürlüklerinin norm kadroları dâhilinde vali tarafından atanır. Müdürlük personelinin il dışı geçici görevlendirmesi Başkanlık ve/veya vali tarafından yapılır.

AFAD'a bağlı sekiz daire başkanlığı ve üç kurul vardır: Planlama ve Zarar Azaltma Dairesi Başkanlığı, Deprem Dairesi Başkanlığı, İyileştirme Dairesi Başkanlığı, Sivil Savunma Dairesi Başkanlığı, Müdahale Dairesi Başkanlığı, Yönetim Hizmetleri Dairesi Başkanlığı, Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Bilgi Sistemleri ve Haberleşme Dairesi Başkanlığı. Bu sekiz daire başkanlığına bağlı çalışan çeşitli alanlarda birçok çalışma grubu oluşturulmuştur.

AFAD, illerde Başkanlığın taşra teşkilatı olarak doğrudan valiye bağlı İl Afet ve Acil Durum Müdürlükleri ve 11 ilde bulunan Sivil Savunma Arama ve Kurtarma Birlik Müdürlükleri vasıtasıyla çalışmalarını yürütmektedir. Afet ve acil durum hizmetlerinin koordinasyonundan, eğitim politikalarının oluşturulmasından ve bu konuda mevzuat düzenlemeleri yapılmasından AFAD sorumludur.

AFAD, misyonunu "Afetlere dirençli toplum oluşturmak" olarak, amaçlarını ise aşağıdaki gibi belirlemiştir:

- Sürekli gelişen ve öğrenen kurum olmak,
- Risk odaklı bütünleşik afet yönetimi sistemi kurmak,
- Afet yönetimi standartlarını yaygınlaştırmak,
- Afetlere hazırlık için eğitim seferberliği başlatmak,
- Uluslar arası alanda öncü kuruluş olmak.

Afet doğası gereği yerel nitelikte olup afet risk ve tehlikeleri de ağırlıklı olarak yerel karakter taşımaktadır. Bu nedenle afetlerle mücadele ve afet ve acil durumlara müdahalede yerel kapasitenin gücü ve yetkinliği büyük önem arz etmektedir. İllerde bütünleşik afet ve acil durum yönetiminin tüm unsurlarını içerecek şekilde, Başkanlığın taşra teşkilatı olarak valiye bağlı il afet ve acil durum müdürlükleri kurulmuştur. Türkiye Afet Müdahale Planı (TAMP) ulusal ve yerel düzeyde müdahale yönetim sistemini açıklamaktadır. İl Afet Müdahale Planının hazırlanmasından valiler sorumludur. İl afet müdahale planı İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü tarafından ilçeleri de dikkate alacak şekilde hazırlanır. Ulusal düzeyde ana çözüm ortağı bakanlık, yerel düzeyde kurum ve kuruluşun il teşkilatı, il hizmet grubu operasyon planını diğer destek çözüm ortakları ile birlikte hazırlayacaktır. Yerel düzeyde koordinasyon, Başbakanlık/AFAD Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi (AADYM) ile irtibatlı olarak vali tarafından, vali yardımcıları ve İl Afet ve Acil Durum Yönetim Merkezi ile sağlanacaktır.

5. Sonuçlar ve Öneriler

Türkiye, tektonik oluşumu, jeolojik yapısı, topoğrafyası ve meteorolojik özellikleri gibi nedenlerle, her zaman doğal afet riskine sahip olan bir ülkedir. Türkiye coğrafyası, deprem, sel, heyelan, kuraklık gibi doğal afetler açısından riskli bir bölgededir. Kentleşme yaklaşımlarının doğal afetlerde karşılaşılan can ve mal kayıplarında başat bir etkisi olmaktadır. Bununla birlikte; çarpık kentleşme, afet altyapısının yetersiz oluşu, özellikle seller açısından üst havzalardaki arazi bozulmaları ve erozyon ve çölleşme doğal afetlerden etkilenebilmeyi artırmaktadır. Doğal afet riski olan bir coğrafyada yaşamanın getirdiği risk yönetimi kavramı giderek önem kazanmaktadır. Çarpık kentleşme, iklim ve çevre koşullarındaki bozulmanın da etkisiyle dünyada ve ülkemizde doğal afetlerin şiddeti ve sıklığı artmış, ekonomik ve sosyal maliyetleri ciddi boyutlara ulaşmıştır. Yaşanan afetler **risk yönetimine** özel önem atfeden bütüncül bir yaklaşımın gereğini bir kez daha ortaya çıkarmış, risk azaltma, can ve mal kaybının en aza indirilebilmesi için afet yönetiminin önemli bir bileşeni haline gelmiştir. Afet ve acil durumlar ile sivil savunmaya ilişkin hizmetleri yürütmek üzere 29/5/2009 tarihli ve 5902 sayılı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun ile Başbakanlığa bağlı Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı kurulmuştur. Afet risk ve tehlikesi altında bulunan ülkemizde Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığının 17/12/2009 tarihinde faaliyete geçmesi ile birlikte afet yönetimi anlamında bütünleşik afet yönetim sistemi benimsenmiştir. Bu sistemin en önemli unsurlarından biri yerelde etkin ve verimli bir sistem kurmak olup bunun en önemli ayağını da yerel teşkilat

yapısı oluşturmaktadır. Ülkemizde afet yönetiminin etkin ve bütüncül bir kurumsal ve yasal yapıya kavuşturulması amacıyla, afet yönetiminden sorumlu Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı kurulmuştur. Ancak, afet yönetimi ile ilgili merkez-yerel ilişkisinin güçlendirilmesi ihtiyacı önemini korumaktadır. Afet risklerinin azaltılması yönündeki faaliyetlerin etkinliğinin artırılması için halkın bütün süreçlere katılımının sağlanmasına, tehlike ve risk azaltma konusunda bilinçlendirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Daha öncede belirtildiği üzere, özellikle geleneksel merkezi yönetim sisteminin zaafları ve eksikleri olan koordinasyon bozukluğu önemli bir problem oluşturmaktadır. Bu anlamda yukarıdan aşağı inen yönetim modeli yerine aşağıdan yukarı doğru çıkan yönetim modeli daha etkin kılınmalıdır. Bununla birlikte ideal olanın her iki yaklaşımı da dengeli ve beraber yürütebilmek olduğu da söylenebilir. Afet yönetimini gerek ulusal gerekse de uluslararası ihtiyaçlar, gelişmeler ve yaklaşımlar çerçevesinde Afet Risk Azaltımı Stratejisi odaklı hale getirmek yönetimsel anlamda da önemli avantajlar sağlayacaktır. Afet yönetimini tek elde birleştirme çabaları olumlu görünmekte ve koordinasyon-yönetim kargaşasına çözüm getirebilir görünmektedir. Yetişmiş ve yetişmekte olan personeli de bu görüşler çerçevesinde eğitmek önemli olacaktır. Bu şekilde afet risk yönetiminde sürdürülebilirlik sağlanacaktır [7].

Birçok STK ve kamu yardımlaşma grubu kendi, toplumu bilinçlendirme faaliyetlerini ve topluma dayalı çalışmalarını koordine etmektedir. Birçoğu hafif arama ve kurtarma, yapısal olmayan riskleri azaltma ve ilk yardım eğitmenlerini eğitmektedir. Tüm bu özel çabalara ek olarak olası afetlerle başa çıkabilmek için müdahale planları hazırlama aşamasında olan bazı belediyelerin girişimleri de vardır. Elbette tüm bu girişimler her toplumda bölgesel ve ulusal düzeyde tüm müdahale örgütleri ve devlet kurumları arasında oluşabilecek karışıklıkları önlemek ve istenen etkililiği yaratabilmek için uyumlu hale getirilmelidir [2]. Gerek risk azaltımı için strateji ve proje üretmede gerekse de bu çalışmaların uygulanmasını sağlamada ciddi finansal gereksinimler duyulmaktadır. Toplumların afetlere dirençli hale getirilmesi için yapılacak çalışmalarda ihtiyaç duyulan kaynakların oluşturulması hem merkezi hem de yerel yönetimlerin çaba ve işbirliği ile olabilecektir. Özellikle kaynak yaratmada sadece ulusal değil uluslararası alanlarda da kaynak arayışı ve temini için çalışmalar yapılmalı, stratejiler geliştirilmeli, merkezi ve yerel yönetimler tarafından teşvikler yapılmalıdır. Tüm bu stratejiler geliştirilirken şu konu dikkate alınmalıdır; her ne kadar afet öncesi çalışmalar toplum tarafından gereksiz harcamalar listesine konulsa da, afet olduktan sonra ihtiyaç duyulan finansal kaynakların yanında daha küçük bir tutar olduğu bilinmelidir [7].

Eğitim faaliyetleri afet risk yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır. Ancak afet eğitimi sağlamak ve bilinç oluşturmak sadece resmi (formal) eğitimin sorumluluğu değil aynı zamanda sivil toplumun ve gayri-resmi (informal) eğitim sisteminde önemli bir sorumluluğudur. Dolayısıyla eğitim alanında atılacak adımlar ve iyileştirmeler bir yandan resmi eğitimi güçlendirme (okulların, eğitim kurumlarının, eğitim müfredatının, altyapının iyileştirilmesi, yenilenmesi ve afet yönetiminin bu sistem içine entegrasyonu) yolu ile olurken, buna paralel şekilde gayri-resmi eğitim (bireyden aileye, mahalleden ilçeye kadar farklı kategorilerde yerel eğitim, STK'lar, özel sektörün) sisteminde güçlendirilmesi ve afet bilincinin kazandırılması gerekmektedir. Bilinçli olma ve bilgili olma süreçlerinin insan hayatında belli bir zaman dilimine ait eğitimle olmadığını, aksine hayat boyu eğitim stratejileri ile bunun daha etkin ve gerekli olduğu bilinmeli, eğitim stratejileri buna göre hazırlanmalıdır. Eğitimin ve bilinçlenmenin tüm araçları (görsel, yazınsal, işitsel) bu doğrultuda yapılandırılmalı, eğitimin sürdürülebilirliği sağlanmalıdır [7].

Yukarıda özetlenen çalışmalardan anlaşılacağı gibi, Türkiye artık afet problemini sadece "bir müdahale sorunu" olarak görmemekte; "bir kalkınma problemi" olarak ele almaktadır. Ülkenin politikaları daha kapsamlı bir düzeye erişmektedir ancak kanunlar farklı kuruluşlara aynı yetki ve sorumluluk verdiği için hala afet yönetimi politikalarının geliştirilmeye ihtiyacı vardır [2].

Afetler ne yazık ki özellikle yoksul ülkeler ile afetleri göz ardı eden, kontrolsüz ve hızla kentleşen ülkeleri vurmaktadır. İyi yönetilmediği takdirde afetler can kayıplarıyla birlikte ulusal ve küresel sermayeye büyük darbeler vurmaya devam edecektir. Bu da işsizlik, yoksulluk, açlık, hastalık, çatışma ve yokoluş olarak bize geri dönebilir. Stratejimiz doğayı değil insanı dönüştürmek olmalıdır [8]. Son 20-30 yıldır uluslararası arenada afetlerin önlenmesi ve risklerinin azaltılması çalışmaları sürdürülebilir kalkınmanın bir unsuru olarak değil, ön koşulu olarak değerlendirilmektedir.

Bu noktada afet yönetimi sisteminin döngüsel bir sistem olduğu, her zaman iki afet arasında yaşadığımız bilinci ile hareket edilmesi gerektiği unutulmamalıdır. Bu noktada son olarak belirtilmesi gereken, afet risk azaltımı yaklaşımının sürdürülebilir bir yaklaşım olduğu ve sürekli kendisini yenileyen, geliştiren bir yapısı olduğudur [7].

Kaynaklar

[1] T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, **http://www.afad.gov.tr/TR/Index.aspx**, Resmi İnternet Sayfası, 2009.

[2] Kadıoğlu, M., Türkiye Katılım Öncesi Destek Amaçlı Ülke İhtiyaçları Değerlendirme Raporu, UNDP, WMO, 2009.

[3] Özmen, B., Başbuğ, B., Türkiye'nin Yeni Afet Yönetimi Sistemi, Dünya Bankası Uzaktan Öğrenim Enstitüsü, Doğal Afetler Risk Yönetimi Programı, 2011.

[4] Pampal, S., Özmen, B., Depremler Doğal Afet midir? Depremlerle Baş Edebilmek, Eflatun Yayınevi, Ankara. 2009.

[5] Ergünay, O., Doğal Afetler ve Sürdürülebilir Kalkınma, Deprem Sempozyumu, Abant İzzet Baysal Üniversitesi, 11-12 Kasım 2009.

[6] Kadıoğlu, M., Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri. *JICA Türkiye Ofisi Yayınları Ankara* No: 2, 1-34. 2008.

[7] Özden, A.T., Kapsamlı Doğal Afet Risk Yönetimi Programı, Dünya Bankası Uzaktan Öğrenim Enstitüsü, Kurs Bitirme Projesi, ODTÜ, Ankara, 2007.

[8] Ersoy, Ş. 2014 Dünya Afet Raporu. Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi, Ankara, 2014.

AFET RİSK ANALİZİ VE SINIFLANDIRMASI: BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ

DISASTER RISK ANALYSIS AND CLASSIFICATION: A CASE STUDY

Yusuf ŞAHİN[a] ve Yusuf UYAN[b]
[a] MAKÜ, İ.İ.B.F., İşletme Bölümü, Burdur, Türkiye, E-posta: ysahin@mehmetakif.edu.
[b] Isparta İl AFAD Müdürlüğü, Isparta, Türkiye, E-posta: yusufuyann@hotmail.com

Özet

Afet riski, belirli bir yerde doğal veya insan kaynaklı etkileşimler neticesinde zararlı sonuçların veya kayıpların (hayat, sağlık, varlık, hizmet vb.) ortaya çıkma olasılığını ifade eder. Risk değerlendirmesi bir aktiviteden ziyade çok disiplinli bir süreçtir. Bir toplum veya topluluğun karşı karşıya kalabileceği tehlikelerin belirlenmesi, ölçülmesi ve anlaşılması için risk analizi çalışmaları yapılır. Riskin analizi ve değerlendirmesi gerek ilgili kamu kurumları gerekse diğer paydaşlar tarafından kapsamlı ve sağlam bir yönetişim süreci çerçevesinde ele alınması gereken önemli bir konudur. Afet sonrası evrede etkili çalışmalar yapabilmek için afet öncesinde hazırlanacak olan afet müdahale planlarında tüm tehlike ve riskler göz önünde bulundurulmalıdır. Yapılacak çalışmalar neticesinde elde edilecek risk değerlendirme sonuçlarının karar vericiler ve kamuoyuna bildirilmesi gerekir. Bu çalışmada, Isparta İli için afet risklerinin belirlenmesine yönelik bir analiz çalışması yapılmıştır. Belirlenen 16 afet türü için tehlikelerin, savunmasızlığın ve yönetilebilirliğin İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nde görevli 6 teknik personel tarafından değerlendirilmesi istenmiş ve elde edilen değerlerin geometrik ortalaması alınarak bir grup kararı ortaya konmuştur. Ardından, değerlendirmeye tabi tutulan tehlikeler K-ortalamalar yöntemi kullanılarak yüksek, orta ve düşük olmak üzere üç gruba ayrılmıştır. Yapılan çalışma neticesinde, Deprem, Toprak Kayması, Sel ve Su Taşkını, Orman Yangınları ve Bulaşıcı Hastalık Salgınının en yüksek risk grubunda yer aldığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Afet Riski Analizi, Kümeleme, K-ortalamalar

Abstract

Disaster risk represents the probability of occurrence of harmful consequences or losses (life, health, assets, services, etc.) at a particular place as a result of natural or human-induced interactions. Risk assessment is a multidisciplinary process rather than a single activity. Risk analysis is done in order to determine, assess or understand the dangers that may be faced by a society or community. Risk analysis and assessment is a critical issue that should be handled within the frame of comprehensive and strong governance by both relevant public institutions and other stakeholders. In order to work effectively in the post-disaster phase, all hazards and risks should be taken into consideration in the disaster response plans prepared before a disaster strikes. Decision results to be obtained as a result of the risk assessment should be reported to decision makers and the public. In this study, an analysis is made in order to determine the disaster risks of Isparta province. 6 technical staff working at Provincial Disaster and Emergency Department were asked to assess dangers, vulnerability and manageability of the selected 16 type of disasters and a group decision is taken by calculating the geometric mean of obtained values. As a result of this study, flood, landslide and epidemic infectious diseases showed up to have the highest risk value while industrial accidents and avalanche have a minimum risk value. Then, the dangers are divided into three groups as high, intermediate and low risk using K-means methods. As a result of studies, It is determined that Earthquake, Landslide, Floods, Forest Fires and infectious disease outbreaks located in the highest risk group.

Keywords: Disasrter Risk Analysis, Clustering, K-means

1. Giriş

Toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan, normal hayatın akışını ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan doğal, teknolojik veya insan kaynaklı olaylar *afet* olarak nitelendirilir [1]. Bir olayın afet olarak değerlendirilebilmesi için doğrudan insan yaşamını fiziksel, ekonomik ve sosyal açıdan etkilemesi, ani gelişmesi, birçok kurum ve kuruluşun koordineli görev alması doğal teknolojik ve insan kökenli gerçekleşmesi gerekir [2]. Toplum ve yerleşim yerleri üzerinde etkisi olmayan olaylar ise *doğal olay* olarak adlandırılır. Afetin etki alanında insanların bulunması konuyu sosyolojik bir olgu haline getirmektedir. Bu noktada, afeti kayıpsız veya mümkün olan en az kayıpla atlatabilmek için örgütlü bir şekilde hazırlık yapılması oldukça önemlidir.

Günümüzde benimsenen modern afet yönetim sistemi zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme olmak üzere dört ana aşamadan oluşmaktadır. Afet yönetimi her türlü tehlikeye karşı hazırlıklı olma, zarar azaltma, müdahale etme ve iyileştirme amacıyla mevcut kaynakları organize eden, analiz, planlama, karar alma ve değerlendirme süreçlerinin birleşiminden oluşan çok aşamalı bir sistemdir. Afetler sonucunda yaşanan can kayıplarını en aza indirmek için afet öncesinde yapılan planlamalar hayati önem taşır. Etkin planların hazırlanması yasal, yönetimsel, ekonomik, teknik ve sosyal yönden uygulanabilir politikaların önerilmesi ile yakından ilgilidir [3].

Can ve mal kayıplarına neden olmak ile birlikte sosyo-ekonomik düzen ve etkinliklere, tabi ve kültürel kaynaklara zarar verme potansiyeli olan her şey *tehlike (hazard)* olarak değerlendirilir [3]. Bir olayın belirli koşul ve ortamlarda doğurabileceği can, mal, ekonomik ve çevresel gibi değerlerin kaybının gerçekleşme olasılığına ise *risk (risk)*

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

denir. Farklı tür ve büyüklükteki tehlikeler karşısında, insanların ve yaşam çevrelerinin uğrayabileceği fiziksel, toplumsal, ekonomik veya çevresel zarar ve kayıpların ölçüsü *zarar görebilirlik (vulnerability)* ile ifade edilir [1].

Dünya genelindeki afetler yer hareketleri, iklim değişikliği ve siyasi problemler ile doğru orantılı olarak artış gösterdiği görülmektedir. Meydana gelen bu değişiklikler ülkelerin kalkınma planlarını doğrudan etkilemekte ve bu nedenle yapılacak çalışmaların afet yönetimiyle bütünleşmiş bir şekilde devam ettirilmesini gerekmektedir. Kabul edilen uluslararası standartlar çerçevesinde 2009 yılında 5902 sayılı kanun ile Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı'nın kurulmasıyla ülkemizde de bütünleşik bir afet yönetim sistemi ile birlikte "*kriz yönetiminden*" "*risk yönetimine*" geçiş yapılmıştır. 2013 yılına gelindiğinde ise afet ve acil durumlara ilişkin müdahale çalışmalarında görev alacak hizmet grupları ve koordinasyon birimlerine ait rolleri ve sorumlulukları tanımlamak, afet öncesi, sırası ve sonrasındaki müdahale planlamasının temel prensiplerini belirlemek için Türkiye Afet Müdahale Planı hazırlanmıştır. Bu plana bağlı olarak, ulusal düzeyde ana çözüm ortağı bakanlık, kurum ve kuruluşun il teşkilatı, yerel düzeyde il hizmet grubu operasyon planını diğer destek çözüm ortakları ile birlikte hazırlaması kararlaştırılmıştır [4]. Afet Müdahale Planları daha çok olası deprem senaryosu kullanılarak hazırlanmakla birlikte diğer afet türleri için de görev ve sorumlulukları kısmen tanımlaması bakımından iyi bir başlangıç olmuştur.

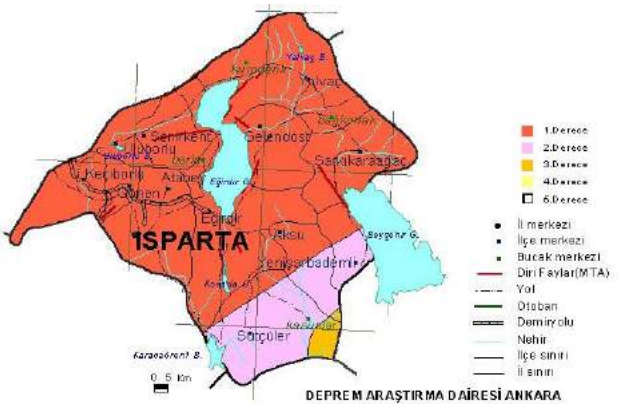
Bu çalışmada, Isparta İlinde yaşanması muhtemel afetlere yönelik olarak bir risk analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Her bir afet türü Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi'nin risk hesaplamalarında kullandığı bir yöntem ile tehlike, savunmasızlık ve yönetilebilirlik durumlarına göre 6 teknik personel tarafından değerlendirilmiş, verilen puanların geometrik ortalaması alınarak ortak bir grup kararı ortaya konmuştur. Daha sonra, 16 afet türü için elde edilen risk puanları K-ortalamalar yöntemi kullanılarak gruplandırılmış ve risk puanlarına göre afetler 3 grup altında toplanmıştır. Çalışmanın 2. bölümünde meteryal ve metot, üçüncü bölümünde uygulama ve dördüncü bölümde sonuçlar yer almaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Alanı

Isparta Akdeniz Bölgesi'nin kuzeyinde yer alan, 30.09 ve 31.06 doğu boylamları ile 37.35 ve 38.48 kuzey enlemleri arasında bulunan bir şehirdir. 8.933 km^2'lik yüzölçümüne sahip olan Isparta, kuzey ve kuzeybatıdan Afyon İli'nin Sultandağı, Çay, Şuhut, Dinar ve Dazkırı, batıdan ve güneybatıdan Burdur İli'nin Merkez, Ağlasun ve Bucak, güneyden Antalya İli'nin Serik ve Manavgat, doğu ve güneydoğudan ise Konya İli'nin Akşehir, Doğanhisar ve Beyşehir İlçeleri ile çevrilmiştir. Ortalama 1050 metrelik rakıma sahip olan ilin büyük bölümü 1. derece deprem bölgesinde yer almaktadır. İlin birinci, ikinci ve üçüncü derece deprem bölgesinde yer alan kısımları Şekil 1'de gösterilmektedir [5].

Isparta'da meydana gelen afetlerin tarihçesine bakıldığında daha çok deprem, heyelan-feyezan, çığ, yangın ve kaya düşmesi olaylarının meydana geldiği görülmektedir. Tarihsel depremler içinde en fazla can kaybı ve hasara neden olanı 03 Ekim 1914 tarihinde 7.1 büyüklüğünde meydana gelen Burdur depremidir. 1995 yılında Senirkent İlçesinde meydana gelen çamur akması (feyezan) olayında 74 kişi hayatını kaybetmiştir. 1966 yılından günümüze kadar yaşanan kaya düşmesi olaylarında can kaybı yaşanmazken, toplamda 248 ev hasar görmüştür. Zemin yapısı ve kışları bol yağış alması sebebiyle sel baskınları da sıklıkla görülen afetlerden biridir. 74'ü Senirkent feyezanında, 5'i Sütçüler su baskınında, 2'si Yalvaç su baskınında olmak üzere toplam bugüne kadar 81 vatandaşımız sel baskınları nedeniyle hayatını kaybetmiştir [5].



Şekil 1 Isparta Deprem Haritası (Deprem Araştırma Dairesi-1996)

2.2. Kullanılan Yöntemler

2.2.1. Kullanılan Risk Analiz Yöntemi

Afetlerde risk yönetimi dünyada yeni yeni kabul görmeye başlayan bir kavram olmakla birlikte, gelişmiş ve gelişmekte her ülkenin afet ile ilgili plan ve politikalarında ağırlık vermesi gereken bir konudur. Tehlike veya tehdit algılaması ile risk analizi ve risk yönetiminin önem taşıdığı afetler için çeşitli risk analiz yöntemleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada, risk puanlarının hesaplanması için Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi'nin risk hesaplamalarında kullandığı bir yöntem tercih edilmiştir. Bu yöntemde afet riskinin hesaplanmasında tehlike, risk ve zarar görebilirlik arasındaki ilişki aşağıdaki eşitlikle gösterilmektedir [7].

$$Risk = \frac{TehlikexSavunmasızlık}{Yonetilebilirlik} \quad (1)$$

Yapılan risk analizi çalışmasında ele alınan afet türleri aşağıda listelenmiştir.

- ✓ Deprem
- ✓ Volkanik Patlama
- ✓ Toprak Kayması(Heyelan)
- ✓ Sel ve Su Taşkını
- ✓ Orman Yangınları
- ✓ Çığ Düşmesi
- ✓ Kaya Düşmesi
- ✓ Endüstriyel Kaza
- ✓ Trafik-Ulaştırma Kazaları
- ✓ Radyolojik/Nükleer Kazalar
- ✓ Terörist Atak
- ✓ Sivil kargaşa

- ✓ Mülteci akını/Nüfus Hareketleri
- ✓ Bulaşıcı Hastalık Salgını
- ✓ Kimyasal/Biyolojik Kazalar
- ✓ Kuraklık

İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğü'nde görevli teknik personellerden tehlikeler, savunmasızlık ve yönetilebilirlik ile ilgili sorulan sorulara çeşitli puanlar vermeleri istenmiştir. Tehlikeler ile ilgili yönetilen sorular ve puanlamalar aşağıda listelenmiştir.

Çizelge 1. Tehlike puanının hesaplanması için sorular

Tehlikenin ne zaman olmasını bekliyorsunuz?	5 Yıl (10)	10 Yıl (5)	20 Yıl (1)
Ne kadar ağır ya da potansiyel olarak hasar verici olacaktır?	ÇOK (10)	ORTA (5)	HAFİF (1)
Tehlike ne kadar sürebilir?	> 2 Hft. (10)	> 1 Hft. (5)	Gün (1)
Herhangi bir zamanda olabilir mi ya da önceden tahmin etmek olası mı?	Herhangi (10)	Mevsimsel (5)	Belirli değil (1)

Çalışanlara savunmasızlık ile yöneltilen sorular ve puanlama Çizelge 2'de, yönetilebilirlik ile ilgili sorular ve puanlar Çizelge 3'te gösterilmektedir.

Çizelge 2. Savunmasızlık puanının hesaplanması için sorular

Etkilenmesi olası alanlarda nüfus yoğunluğu nedir?	Yoğun (10)	Orta (5)	Düşük (1)
Potansiyel etki alanlarında yüksek risk grupları var mı?	Evet (10)	Hayır (1)	
Bina standartlarını nasıl derecelendiriyorsunuz?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Ekonomi sağlam mı yoksa önemli zayıflıkları var mı?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Alt yapı sağlam mı?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Hayati hizmetler sağlıklı mı?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)

Çizelge 3. Yönetilebilirlik puanının hesaplanması için sorular

Mevcut kurumsal sistemler ne kadar iyi?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Hazırlıklı olma ve planlama standardı nedir?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Sağlıklı ve gözetilen bir mevzuat var mı?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Mevcut kaynak düzeylerini nasıl derecelendirirsiniz?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Acil yardım hizmetlerinin eğitim standartları ne kadar iyi?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)
Halk bilincinin standardı nedir?	Zayıf (10)	Orta (5)	İyi (1)

2.2.2. K-ortalamalar Yöntemi

K-ortalamalar yöntemi, kümeleme probleminin çözümünde kullanılan ve temel mantığı n adet veri nesnesinden oluşan bir veri kümesini (X), giriş parametresi olarak verilen k (k≤n) adet kümeye bölmek olan bir kümelendirme yöntemidir [8]. Çok değişkenli istatistiksel bir teknik olan ve verilerin benzerliklerine göre sınıflandırılması ve homojen alt gruplara ayrılması için kullanılan K-ortalamalar yöntemi, en çok bilinen kümeleme yöntemlerinden biri olup hiyerarşik olmayan bir yapıya sahiptir [9]. Bu yöntemde, yüzlerce veriyi işleyebilen bir algoritma kullanılarak, belirli karakteristik özelliklere göre birbiriyle ilişkili olan göreceli homojen gruplar oluşturulur. Elimizde hiçbir sınıf bilgisi olmadan n sayıdaki veriyi k adet kümeye ayırmak için kullanılabilecek bu yöntemin özü, kümelere atanan noktaların küme merkezine olan uzaklığının kareleri toplamının minimize edilmesidir. Bu sayede birbirine benzer özellikler taşıyan veriler aynı kümeye atanırken, minimum benzerlikte olan veriler farklı kümelere atanmaktadır. Yöntemin kümeleme açısından zayıf yönü uygun küme sayısının yapılacak denemelerle bulunabilmesidir. K-ortalamalar yönteminin kümeleme için kullanılan bir diğer yöntem olan Hiyerarşik Küme Analizine göre avantajı çok hızlı olmasıdır [10]. Yöntem SPSS 21 paket programı yardımıyla uygulanmıştır.

3. Uygulama

Çalışma kapsamında ilk olarak, Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi'nin risk hesaplamalarında kullandığı yöntemin uygulaması için İl Afet ve Acil Durum Müdürlüğünde görevli personele sorular yöneltilmiştir. Her bir personelin bu sorulara verdiği cevapların ortalaması alınmış ve bu ortalama değerlerin de geometrik ortalaması alınarak bir grup kararı ortaya konmaya çalışılmıştır. Denklem (1) kullanılarak her bir afet türü için risk puanları belirlenmiştir. Elde edilen risk puanları Çizelge 4'te gösterilmektedir.

Yapılan ilk değerlendirmede Sel ve Su Baskını tehlikesinin en yüksek, Kuraklığın ise en düşük risk puanına sahip olduğu görülmüştür. Bu tehlikelerin yüksek, orta ve düşük seviyeli risk gruplarına ayrılabilmesi için hızlı bir kümelendirme metodu olan K-ortalamalar yönteminde faydalanılmış ve bu yöntemi için SPSS 21 paket programı kullanılmıştır. Elde edilen risk puanlarının SPSS 21 paket programı veri editörüne girişi Şekil 2'te gösterilmektedir.


*Untitled2 [DataSet1] - IBM SPSS Statistics Data Editor

File Edit View Data Transform Analyze Direct Ma

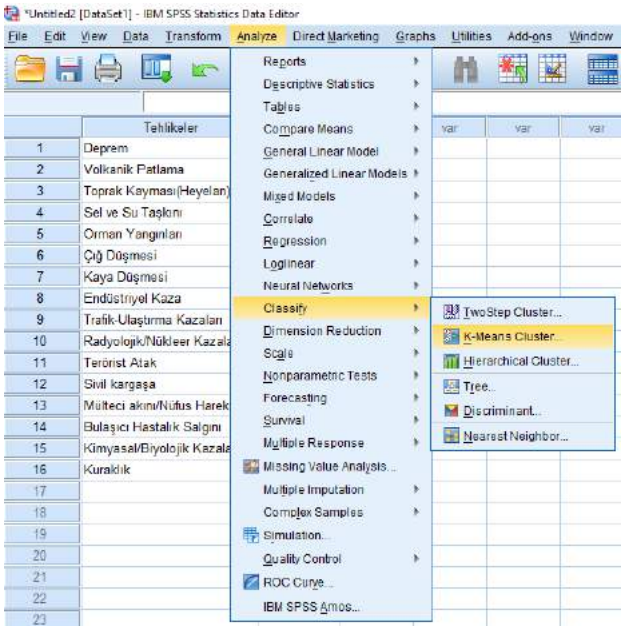
	Tehlikeler	Risk
1	Deprem	7,92
2	Volkanik Patlama	3,74
3	Toprak Kayması(Heyelan)	8,25
4	Sel ve Su Taşkını	9,12
5	Orman Yangınları	7,67
6	Çığ Düşmesi	2,66
7	Kaya Düşmesi	6,69
8	Endüstriyel Kaza	2,99
9	Trafik-Ulaştırma Kazaları	5,59
10	Radyolojik/Nükleer Kazalar	4,63
11	Terörist Atak	3,54
12	Sivil kargaşa	3,16
13	Mülteci akını/Nüfus Hareket	5,04
14	Bulaşıcı Hastalık Salgını	8,10
15	Kimyasal/Biyolojik Kazalar	5,55
16	Kuraklık	3,72

Şekil 2. Verilerin SPSS veri editörüne girilmesi

Çizelge 4 Risk değerlerinin hesaplanması

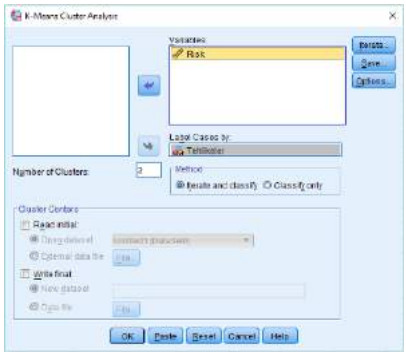
	TEHLİKE (T)							SAVUNMASIZLIK (S)							YÖNETİLEBİLİRLİK (Y)							RİSK (T*S/Y)
Tehlikeler	1	2	3	4	5	6	GEO. ORT.	1	2	3	4	5	6	GEO. ORT.	1	2	3	4	5	6	GEO. ORT.	
Deprem	3	10	6,5	7,75	2	6,5	5,16	10	10	10	7,75	5,83	8,04	8,59	5	6,8	10	3,8	3,17	5,3	5,60	**7,92**
Volkanik Patlama	1	5,5	5,5	4,25	3	3,25	3,28	9,1	10	13,75	4,33	3,67	3,67	7,17	10	8,5	10	2,3	3,17	3,8	6,29	**3,74**
Toprak Kayması(Heyelan)	6,2	6,25	6,25	3,25	6,25	3,25	5,63	10	6,83	8,33	3	5,83	4,33	6,25	7,5	5,2	6,67	2,3	2,33	3,8	4,27	**8,25**
Sel ve Su Taşkını	6,2	5,25	6,25	3,25	6,25	3,25	5,44	9,1	8,33	7,5	3,83	5,83	3,67	6,38	5	5,2	5,83	2,3	2,33	3,8	3,80	**9,12**
Orman Yangınları	7,7	5,25	5,25	3,25	5,5	3,25	5,16	6,1	4,5	4	3	5,83	3	4,27	1,6	3,8	3	2,3	3	3,8	2,88	**7,67**
Çığ Düşmesi	4,2	3	5	2	1	2	3,06	8,3	7	5,33	3	3,67	3	4,89	9,1	7,7	9,17	2,3	2,33	3,8	5,62	**2,66**
Kaya Düşmesi	7,7	6,5	6,25	3,25	3	3,25	5,20	10	6	6	3	5,83	3,67	5,52	6,6	5,2	9,17	2,3	2,33	3,8	4,30	**6,69**
Endüstriyel Kaza	1	4,25	4,25	3,25	3	3,25	3,33	7	5,33	3,83	3	5,17	3	4,37	6,6	6,8	8,33	2,3	2,33	3,8	4,87	**2,99**
Trafik-Ulaştırma Kazaları	6,5	5,5	3,25	3,25	5,5	3,25	4,88	9,1	5,33	3	3,67	5,83	3,67	4,78	5,8	4,7	8,33	2,3	2,33	3,8	4,17	**5,59**
Radyolojik/Nükleer Kazalar	7,7	7,75	1	2	7,75	1	4,39	8,5	8,5	9,16	3	3,67	3	6,18	9,1	8,3	10	2,3	2,33	3,8	5,86	**4,63**
Terörist Atak	7,7	2	1	2	7,75	1	3,17	9,1	7,66	7,5	3	4,5	3	5,90	5,8	7,7	10	2,3	2,33	3,8	5,29	**3,54**
Sivil kargaşa	5,9	1	1	2	7,75	1	2,70	7,6	6,83	6,67	3	5,17	3	5,64	3,8	5,2	10	2,3	3	3,8	4,82	**3,16**
Mülteci akını/Nüfus Hareketleri	8,7	3	2	3,25	5,5	3,25	4,12	9,1	6,6	6,67	3,67	5,17	3,67	5,98	5	4,3	10	2,3	3	3,8	4,88	**5,04**
Bulaşıcı Hastalık Salgını	10	4,25	4,25	2	4,25	1	4,64	10	5,5	6,67	3	6,67	3	6,28	5	2,3	7,5	2,3	2,33	3,8	3,59	**8,1**
Kimyasal/Biyolojik Kazalar	8,7	7,75	2	1	6,5	1	4,11	9,1	8,5	9,16	3	4,5	3	6,47	5	7,5	10	2,3	2,33	3,8	4,79	**5,55**
Kuraklık	7,7	6,25	6,25	1	1	2	3,41	10	4,83	6,83	3	4,67	3	5,37	9,1	5,2	7,5	2,3	2,33	3,8	4,92	**3,72**

Veri editörüne verilerin girilmesinin ardından kullanılacak olan yöntem Analyze > Classify > K-means Cluster seçenekleri takip edilerek seçilmiştir. Analiz türünün seçimi Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Kümeleme yönteminin seçimi

Kümeleme yönteminin seçilmesinin ardından, etiket ve değişkenlerin tanımlandığı ekran karşımıza gelmektedir. Bu ekranda, tehlikeler (afet türleri) etiket ve risk puanları değişken olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlamaların yapıldığı ekran Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Etiket ve değişkenin tanımlanması

Yapılan analiz sonucunda elde edilen küme merkezleri Çizelge 5'te gösterilmektedir. Bir nolu kümenin merkezi 5.50, 2 nolu kümenin merkezi 3.30 ve 3 nolu kümenin merkezi 8.21 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 5. Nihai küme merkezleri

Final Cluster Centers			
	Cluster		
	1	2	3
Risk	5,50	3,30	8,21

Çizelge 4'te verilen küme merkezleri incelendiğinde, 3. kümede yer alan tehlikelerin en fazla risk puanına, 2. kümede yer alan tehlikelerin ise en az risk puanına sahip olduğu anlaşılmaktadır. Hangi tehlike türünün hangi kümeye ait olduğu Çizelge 6'da, risk seviyeleri ise Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 6. Küme üyelikleri

Sıra No	Tehlikeler	Küme	Mesafe
1	Deprem	3	,292
2	Volkanik Patlama	2	,438
3	Toprak Kayması(Heyelan)	3	,038
4	Sel ve Su Taşkını	3	,908
5	Orman Yangınları	3	,542
6	Çığ Düşmesi	2	,642
7	Kaya Düşmesi	1	1,190
8	Endüstriyel Kaza	2	,312
9	Trafik-Ulaştırma Kazaları	1	,090
10	Radyolojik/Nükleer Kazalar	1	,870
11	Terörist Atak	2	,238
12	Sivil kargaşa	2	,142
13	Mülteci akını/Nüfus Hareket	1	,460
14	Bulaşıcı Hastalık Salgını	3	,112
15	Kimyasal/Biyolojik Kazalar	1	,050
16	Kuraklık	2	,418

Çizelge 7. Tehlike türlerinin risk seviyeleri

No	Tehlike Türü	Küme	Risk Seviyesi
1	Deprem	3	Yüksek
2	Toprak Kayması(Heyelan)	3	Yüksek
3	Sel ve Su Taşkını	3	Yüksek
4	Orman Yangınları	3	Yüksek
5	Bulaşıcı Hastalık Salgını	3	Yüksek
6	Kaya Düşmesi	1	Orta
7	Trafik-Ulaştırma Kazaları	1	Orta
8	Radyolojik/Nükleer Kazalar	1	Orta
9	Mülteci akını/Nüfus Hareket	1	Orta
10	Kimyasal/Biyolojik Kazalar	1	Orta
11	Volkanik Patlama	2	Düşük
12	Çığ Düşmesi	2	Düşük
13	Endüstriyel Kaza	2	Düşük
14	Terörist Atak	2	Düşük
15	Sivil kargaşa	2	Düşük
16	Kuraklık	2	Düşük

4. Sonuç

Bu çalışmada, meydana gelmesi olası 16 afet türü için Isparta İlinde risk analizi çalışması yapılmıştır. Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi'nin risk hesaplamalarında kullandığı yöntem ile hesaplanan risk puanları ve K-ortalamalar yöntemi yardımıyla afet türleri yüksek seviyeli, orta seviyeli ve düşük seviyeli risk gruplarına ayrılmıştır. Elde edilen nihai kümeler incelendiğinde, Deprem, Toprak Kayması (Heyelan), Sel ve Su Taşkını, Orman Yangınları ve Bulaşıcı Hastalık Salgını tehlikelerinin yüksek seviyeli; Kaya Düşmesi, Trafik-Ulaştırma Kazaları, Radyolojik/Nükleer Kazalar ve Mülteci akını/Nüfus Hareketleri orta seviyeli; Volkanik Patlama, Çığ Düşmesi, Endüstriyel Kaza, Terörist Atak, Sivil kargaşa ve Kuraklık tehlikelerinin ise düşük seviyeli risk grubuna girdiği belirlenmiştir. Isparta'da geçmiş yıllarda meydana gelen afetler, coğrafi konumu ve sanayileşme özellikleri dikkate alındığında sonuçların tutarlı olduğu görülmüştür. Yapılan bu çalışma ile hazırlanan ve gelecekte hazırlanacak olan afet müdahale planlarında özellikle hangi tehlikeler üzerinde durulması gerektiği belirlenmeye çalışılmıştır. Bu noktada, yüksek risk grubunda yer alan Deprem, Toprak Kayması (Heyelan), Sel ve Su Taşkını, Orman Yangınları ve Bulaşıcı Hastalık Salgını tehlikelerine karşı alınacak önlemler üzerinde biraz daha titizlikle durulmasının faydalı olacağı değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, yüksek riskli afetler için GPS teknolojisi ve sensörler yardımıyla yaklaşan tehlikenin belirlenmesi gibi çalışmalarla bilişim teknolojilerinin sağlamış olduğu imkânlardan yararlanılabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

[1] Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Açıklamalı Afet Terimleri Sözlüğü, Ankara, 2014.

[2] Şahin, C., Sipahioğlu, Ş., Doğal Afetler ve Türkiye (İkinci Baskı), Ankara, Gündüz Yayıncılık, 2003.

[3] Kadıoğlu, M., 2008: Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), "Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 1-34, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara.

[4] Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ulusal Afet Müdahale Planı, Ankara, 2013.

[5] Isparta Afet Çalışma Rehberi, Isparta, 2014.

[6] Güler, H., M., Modern, Bütünleşik Afet Yönetimin Temel İlkeleri; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E., (editörler), " Zarar Azaltmanın Temel İlkeleri"; s. 35-50, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara, 2008.

[7] Bournemouth Üniversitesi Afet Yönetim Merkezi, Afet Yönetim Kursu Risk Değerlendirmesi Alıştırması, 2005.

[8] Çalişkan, S.K. Ve Soğukpinar, İ., 2008. KxKNN: K-Means ve K En Yakın Komşu Yöntemleri ile Ağlarda Nüfuz Tespiti. 2. Ağ ve Bilgi Güvenliği Sempozyumu, 16-18 Mayıs, Girne, 120-124.

[9] Fırat, M., Dikbaş, F., Koç, A.C., Güngör, M., 2012. K-ortalamalar Yöntemi ile Yıllık Yağışların Sınıflandırılması ve Homojen Bölgelerin Belirlenmesi. İMO Teknik Dergi, 2012, 6037-6050.

[10] Şahin, Y., Supçiller, A.A., Tedarikçi Seçimi İçin Bir Karar Destek Sistemi, Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 3(3), 91-104, 2015.

AFET YÖNETİMİNDE ÇOK AKTÖRLÜLÜK VE TRANSFORMASYONEL LİDERLİK ARASINDAKİ İLİŞKİ

THE RELATIONSHIP BETWEEN MULTI-ACTOR AND TRANSFORMATIONAL LEADERSHIP IN DISASTER MANAGEMENT

Ömer Yavuz[a] ve Salih Köseoğlu[b]
[a] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye, E-posta: omerfrkyavuz@hotmail.com
[b] Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale, Türkiye, E-posta: s.koseoglu254@gmail.com

Özet

Afetler belirsizlik ve karmaşıklığın üst düzeyde olduğu durumlardır. Hiçbir kamu kurumu ya da yerel yönetim, afet yönetiminde gerekli olan kapasite, kaynak ve tecrübeye tek başına sahip değildir. Bu nedenle normal zamanlarda farklı görevler icra eden yüzlerce kamu kurumu, sivil toplum kurumu ve özel sektör kuruluşları afetlerle başa çıkabilmek için çok aktörlü afet yönetimi ağları kurmak durumundadır. Çok aktörlü afet yönetimi için gerekli olan liderlik özellikleri ve becerileri ile dönüşümcü liderlik özellikleri birbiri ile örtüşmektedir. Dönüşümcü liderlikteki, esneklik, çok yönlü olmak, değişime açıklık, katılımcılığı teşvik etme, örgütsel öğrenmeyi sağlamak, paylaşımcı olmak gibi özellikler, afet yönetiminde kurumlar ve sektörler arasındaki işbirliğini güçlendirmek için uygun bir zemin sunmaktadır. Dahası özellikle son yıllarda afet yönetiminde yaşanan değişimler ve dönüşümler, afet yönetimi ağlarında görev alan kurum ve kuruluşların yöneticilerinin dönüşümcü liderlik özellikleri taşımasını zorunlu kılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Afet, Afet yönetimi, Belirsizlik, Dönüşümcü liderlik.

Abstract

Disaster is a situation where high level of uncertainty and complexity. Any local or governmental agency do not have alone capacity, resources and experience required for disaster management. So hundres of public institutions, private sector agency and NGO's that perform different task in normal times must establish multi-actor disaster management network to cope with disasters. The leadership qualities and skills required for multi-actor disaster management and characteristics of transformational leadership are similar with each other. Features of transformational leadership such as flexibility, be versatile, openness the change, encourage participation, provide organizational learning offers an appropriate basis to strengthen inter-agency and inter-sectoral collaboration in disaster management. Furthermore, in especially recent years changes and transformations in disaster management requires to have transformational leadership qualities agency executives involved disaster management network.

Keywords: Disaster, Disaster managament, Uncertainty, Transformational leadership.

1. Giriş

Afetler, beklenmedik zamanlarda ve öngörülemeyen büyüklüklerde meydana gelerek birey ve toplumların olağan yaşantılarını kesintiye uğratabilme potansiyeline sahip olaylardır. Son yıllarda gerek deprem, tsunami gibi doğal afetlerin gerekse iş kazası ve nükleer kazalar gibi insanların neden olduğu afetlerin görülme sıklığı eskiye nazaran artmaktadır. Dahası afet kaynaklı ölüm ve yaralanma ile ekonomik kaybın miktarı geçmişle kıyas edilemeyecek oranda artmıştır [1]. Afetlerin artan trendi, afet yönetimi faaliyetlerini daha önemli hale getirmektedir. Afet yönetimi; afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afetlere karşı hazırlıklı olunması, afet anında hızlı ve etkili bir arama-kurtarma, ilk yardım, geçici barınma ve yeniden inşa çalışmalarının yürütülebilmesi için, mevcut bütün imkân ve kaynakların akılcı bir şekilde yönetilmesini gerektiren çok genel bir kavramdır [2]. Başka bir ifade ile afet yönetimi; zarar azaltma, hazırlık, müdahale ve iyileştirme çalışmalarını bütüncül bir yaklaşımla ele alarak toplumun tümünü kapsayacak şekilde planlanmasını, yönlendirilmesini, desteklenmesini, koordinasyonunu, mevzuat ve kurumsal yapıların oluşumunu ve kaynakların etkin ve verimli kullanımını çağrıştıran bir kavramdır [3].

Hiçbir kamu kurumu ya da yerel yönetim, afet yönetiminde gerekli olan kapasite, kaynak ve tecrübeye tek başına sahip değildir. Bu nedenle afet yönetimi, normal zamanlarda farklı görevler ifa eden yüzlerce kamu kurumu, sivil toplum kurumu ve özel sektör kuruluşlarını içeren çok aktörlü bir doğaya sahiptir. Başarılı bir afet yönetimi, görev, yetki ve örgütsel kültürleri birbirinden farklı örgütlerin aynı amaç doğrultusunda, koordinasyon ve işbirliği içerisinde etkili bir şekilde çalışabilmelerine bağlıdır [4,5]. Bu örgütlerin ortak bir amacı gerçekleştirebilmek için birlikte çalışmaları, kurum yöneticileri ya da liderlerinin davranışları ve kararları ile doğrudan ilgilidir. Diğer taraftan küreselleşme süreci ile birlikte yönetim alanında bir değişimin zemini hazırlanmıştır. Özellikle devletlerin rolü ve kamu yönetiminin işlevselliği tartışılmaya başlanmıştır. Bu süreçte kamusal faaliyetlerin sunumunda sivil toplum kuruluşları, uluslararası örgütler vb. gibi yeni aktörler gün yüzüne çıkmış, kamu-özel ortaklığı gibi yeni yaklaşımlar benimsenmeye başlanmıştır. Yönetim ve organizasyon stratejilerinde yaşanan bu değişimler, toplum merkezli olmayı ve aktif katılımcılığı ortaya çıkarmıştır. Başka bir ifade ile devletin tek başına merkezde olduğu bir yönetim stratejisi yerini çok aktörlü bir anlayışa bırakmıştır [6,7]. Ortaya çıkan bu yeni tabloda yönetimin başarılı olmasını belirleyen faktörler, hızlılık, esneklik, bütünleşme ve yenilikçilik olmuştur [8].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Yönetim pratiklerinde yaşanan bu değişim, lider işlevlerinde de bir takım değişiklikleri beraberinde getirmektedir. Liderler, bir taraftan aynı amaç doğrultusunda faaliyet gösterdiği diğer aktörler ile koordinasyon ve işbirliği sağlamalı, diğer taraftan ise örgütü sürekli değişen karmaşık bir çevrede geleceğe taşıyabilmelidir. Bu iki amacın gerçekleştirilebilmesi için, liderler yeniliğe açık olmak, geçmiş tecrübelerden ders çıkarmak ve öğrenmek, esnek olmak ve katılımcı olmak gibi davranışlar sergilemelidir. Bu özellikler, transformasyonel (dönüşümcü) liderlik stilinin davranışları ile örtüşmektedir.

Bu çalışmanın temel sorusu, afet yönetiminin çok aktörlü doğası ile transformasyonel liderlik arasında bir ilişki olup olmadığıdır. Çalışma, literatür taramasına dayalı kavramsal bir araştırmadır. Bu bağlamda ilk olarak transformasyonel liderlik konusu ele alınmış ve bu liderlik stilinde bulunması gereken özellikler vurgulanmıştır. İkinci bölümde belirsizlik perspektifinden afetlerin etkileri ve afet yönetimi ele alınmıştır. Üçüncü bölümde afet yönetiminin çok aktörlü yapısı anlatılarak, bu yapıda görev alan liderlerin göstermesi gereken davranışlar ortaya konmuştur. Daha sonra ise değerlendirme ve sonuç kısmında transformasyonel liderlik özellikleri ile afet yönetiminde görev alan liderin göstermesi gereken özellikler karşılaştırılarak, ortak noktalar belirlenmiş ve araştırma sorusuna cevap verilmiştir.

2. Transformasyonel (Dönüşümcü) Liderlik

İnsanlar, sosyal bir varlıktır. Bu nedenle yaşamlarını diğer insanlar ile etkileşim halinde sürdürürler. Bu etkileşim bazen eşitler arasındaki bir ilişki şeklinde gerçekleşirken bazen de bu bağlamdan çıkar ve bir yöneten-yönetilen ilişkisine dönüşür [9]. Yöneten ve yönetilen ilişkisi, bazı insanların diğer insanları sevk etme ve yönetme durumunu ortaya çıkarır. Liderlik olarak ifade edilen bu durum grup içindeki insanları belli bir amaca ulaşmak için yönlendirme ihtiyacından doğmuştur. Aynı zamanda gruptaki bazı bireylerin diğerleri üzerinde otorite uygulayabilme istediği de liderlik kavramının ortaya çıkmasına zemin hazırlamıştır.

En kısa ifadesi ile liderlik, bir grup insanı belirli amaçlar etrafında toplayabilme ve bu amaçları gerçekleştirebilmek için harekete geçirme bilgi ve yeteneklerinin toplamıdır. Liderlik kavramının ortaya çıkışı, insanlık tarihinin başlangıcına kadar dayanır. Çünkü insanlar ilk zamanlardan itibaren grup ve topluluklar halinde yaşamını devam ettirmiştir. Bundan sonra da yine aynı şekilde yaşamaya devam edecektir. Sosyal yaşam içerisinde aile, okul, dernek, parti vb. gibi organizasyonlar içerisinde yaşamını devam ettiren insanlar, bu organizasyonları yönetecek ve amacına ulaştıracak lider ve yöneticilere her zaman ihtiyaç duyacaklardır[10].

Liderlik kavramı, otorite kavramı ile yakından ilgilidir. Çünkü liderler, grubun diğer üyelerine emir verebilme ve onları yönlendirebilme yetkisine sahiptir. Otorite kavramı, liderlerin bu yetkilerini diğer insanlar üzerinde kullanmalarını meşrulaştırır. Otorite kavramı, başkalarının üzerinde meşru güç kullanabilme yetkisi olarak açıklanmaktadır. Otoritenin geleneksel, ussal ve karizmatik olmak üzere üç farklı türü olduğunu vurgulamaktadır. Geleneksel otoritede gücün kaynağı geleneksel kurallar ve yerleşik inançlardır. Ussal otoritede gücün kaynağını akıl ve kurallar oluşturur. Otoriteyi kullanacak kişinin gelişi ve gidişi bir takım hukuk kurallarına bağlanmıştır. Karizmatik otorite ise liderin olağanüstü gibi görünen özelliklerinden doğar. Otoritenin kaynağı liderin sahip olduğu bir takım üstünlüklerdir.

Liderlik kavramının ortaya çıkışı insanlık tarihi kadar eski olmasına rağmen, bu konunun bilimsel yöntemlerle açıklanmaya çalışılması son derece yenidir. Liderlik ile ilgili yapılan çalışmalar zaman içerisinde bir takım dönüşümler geçirmiştir. Bu konu ile ilgili yapılan ilk çalışmalarda liderlerin özellikleri üzerinde durulmuştur. Bu bağlamda özellikle yaşadığı dönemde liderlik özellikleri gösteren asker, bürokrat ve yaşadığı dönemde iz bırakan liderlerin liderlik özellikleri incelenerek, lider ile lider olmayan arasındaki ayrım ortaya konulmaya çalışılmıştır. Bu yaklaşıma özellikler liderlik kuramı ismi verilmektedir. Özellikler liderlik kuramı, liderliğin doğuştan gelen bir takım özelliklere dayandığını öne sürmektedir. Daha sonraki dönemlerde liderlerin özelliklerinden ziyade etrafındakilere nasıl davrandığını inceleyen davranışsal liderlik kuramı ortaya çıkmıştır. Bu kuram liderlerin özelliklerinin yanı sıra, karar verme tarzları, yetki devredip devretmemeleri, gruptakilere karşı yaklaşımları, haberleşme şekilleri davranışları ele alarak liderlerin etkinliklerini incelemeye çalışmıştır. Ancak hem özellikler liderlik kuramlarında hem de davranışsal liderlik kuramlarında çevresel faktörler ve liderin içerisinde bulunduğu durumsal faktörler göz ardı edilmiştir. Bu nedenle liderlik çalışmalarında çevresel faktörleri de göz önünde bulunduran yeni bir yaklaşım benimsenmiştir. Durumsallık liderlik kuramı olarak isimlendirilen bu yaklaşımda liderlerin değişken hallerde ve durumun gerekliliklerine uygun davranması üzerinde durulmuştur [11].

Günümüzde liderlik ile ilgili yapılan çalışmalarda transaksiyonel (etkileşimci) ve transformasyonel (dönüşümcü) liderlik olmak üzere iki sınıflandırma göze çarpmaktadır. Etkileşimci liderlik, örgütsel hedeflere yönelik yüksek performans karşılığında, bireysel ihtiyaçların giderilmesi yoluyla takipçilerin motive edilmelerini içeren, geleneklere ve geçmişe bağlı bir liderlik tarzıdır. Etkileşimci liderlikte çoğunlukla rutin faaliyetlerin daha etkin ve verimli yapılması hedeflenmektedir. Dönüşümcü liderlik ise geleceğe, yeniliğe, değişime ve reforma dönük olup bu tip liderlikte, çalışanların yaratıcı ve yenilikçi yönleri üzerinde durulur [12].

Dönüşümcü liderlik kavramı, liderlik literatürüne yeni girmiştir. Dönüşümcü liderlik, liderlik paradigmalarının en çağdaş yaklaşımlarından biridir [13]. Bu kurama göre lider, izleyicilere belirli bir vizyon yükleyen; bu vizyon sayesinde onlara misyonlar ve görevler veren bulunduğu ortamda değişim ve dönüşüm yaparak izleyicilerine neler yapabileceklerini ve başarabileceklerine inandıran kişidir [14]. Dönüşümcü liderlik değişim ve dönüşümü çok etkin ve başarılı bir şekilde uygulamaya koymak, bu değişim ve dönüşüme rehberlik edecek ileri görüşlülüğü yaratmak ve dönüşüm için duyulan ihtiyacı tamamlamak için gerekli olan yeteneklerin tamamıdır. Dönüşümcü liderler, izleyicilerinden daha fazlasını yapmaları konusunda onları isteklendirmektedir.

Dönüşümcü liderliğin ortaya çıkışında yukarıda bahsedilen dünyanın değişen yapısının, değişen ve gelişen şartların, çevrenin büyük payı vardır [15]. Dönüşümcü liderlik kavramından ilk olarak 1973 yılında Dawston'un ''isyan liderliği'' adlı kitabında bahsedilmiştir. Bu yaklaşımın sistematize edilmesi ise 1978 yılında Burns tarafından gerçekleştirilmiştir. Burns dönüşümcü liderlik kavramına ''liderlik'' adlı kitabında yer vermiştir. Burns'a göre dönüşümcü lider, örgüt içinde izleyicilerine yüksek motivasyon, performans ve moral aşılayan kişidir. Dönüşümcü lider, örgüt içinde dönüşümün tek sahibidir. Çünkü modern anlamda organizasyonlarda yeni çalışma alanları ve örgüt kültürü oluşturmak için gerekli olan beceriye dönüşümcü lider sahiptir [13].

Dönüşümcü liderlik kavramı ortaya çıktığı tarihten sonra çeşitli bilim insanları tarafından yapılan farklı katkılarla zenginleştirilmiştir. Bu bağlamda dönüşümcü liderlik kavramına; "örnek oluşturan", "vizyon oluşturma", "kendine güvenin geliştirilmesi yeteneği" "örgütsel sınırları değiştirme" ve "geçmiş ve gelecek boşluklarını, bugüne yaklaştırabilme" gibi özelikler eklenmiştir [15].

Dönüşümcü liderlerin özellikleri şunlardır;

- Dönüşümcü liderler cesaretlidir.
- Yaşamları boyunca öğrenen ve ders alan bireylerdir.
- Bu liderler, kendilerini değişim unsuru olarak tanımlamaktadır.
- Kavramsal yeteneklerini iyi kullanırlar.
- Astlarına ve çevrelerindeki insanlara inanırlar.
- İzleyicileri üzerinde özdeşleşme ve içselleştirme güçlerini yüksek düzeyde uygulayabilme yeteneğine sahiptirler.
- Vizyon belirleyebilen kişilerdir.
- Değerler tarafından yönlendirilebilirler.

Dönüşümcü liderlik, değişime yönelik bir liderlik modeli olup, dönüşüm sürecinin çeşitli aşamalarında gerekli davranışları göstererek değişimin başarıyla gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Yani dönüşümcü liderlik, özellikle dinamik ve istikrarsız çevrelerde, belirsizliğin hakim olduğu kriz ve afet gibi durumlarda ve karmaşık yapıya sahip işlerde işlevsel bir zemin sunmaktadır [16].

Karizma, güven verme ve motive etme dönüşümcü liderlik için önemli unsurlardır. Karizma, dönüşümcü liderlik için bir avantajdır. Ancak her karizma sahibi olan lider, dönüşümcü liderlik özelliklerini taşımaz. Bu bağlamda, dönüşümcü liderler kesin olarak karizmatik olmak zorunda değildir. Vizyon sahibi ve ileri görüşlü olmaları değişimi başlatmaları için yeterlidir. Dönüşümcü liderler, izleyicilerinin kendilerine güvenmelerini sağlarlar. Dolayısıyla dönüşümcü liderler, izleyicilerinin başarı, irade, güven gibi özelliklerinin farkına varmalarını sağlayarak onların kişisel gelişimlerine yardımcı olurlar. Dönüşümcü liderlikte diğer bir unsur, motive etmedir. Dönüşümcü liderler izleyicilerini, örgüt için daha yararlı olmaları konusunda motive ederler ve bu şekilde onları kişisel kazanç ve çıkarlardan uzak tutarlar [15].

Dönüşümcü liderliğin bileşenleri aşağıdaki gibidir;

- **Karizma veya İdealleştirilmiş Etki**

Lider, izleyici ile ortak bir amaç ve vizyon paylaşır; izleyicilerin sorunlarını çözmek için yenilikçi ve radikal çözümler bulur. İzleyenlerin kendine olan inanç ve güvenini almıştır. Lider, aldığı kararlarda kararlıdır. Diğer taraftan uzlaşma ve ikna yetenekleri kuvvetlidir. Bu nedenle aldıkları kararlar için izleyicilerini ikna edebilirler [17].

- **Esinlenmiş Motivasyon (İlham Verme, Telkinle Güdüleme)**

Liderin amaçlara ulaşılması için izleyicilerini etkileyip onlara ilham vermesidir. Dönüşümcü liderliğin telkin edici boyutu izleyicilerin işlerini benimsemelerini sağlayıp onları motive eder. İzleyiciler liderlerine güvendikleri için hedeflere ulaşmak için liderlerinin çizdiği plan doğrultusunda çalışmalarını daha inançlı, istekli ve gönüllü şekilde yaparlar [18].

- **Entelektüel Uyarım**

Entelektüel uyarım boyutunda dönüşümcü lider, izleyicilerine yapılan işleri eski usulle yapmak yerine onları farklı düşünmeye yönelterek yapılan işlerde daha yaratıcı fikirler ortaya çıkmasını sağlayan kişilerdir. İzleyicilerin karşı karşıya kaldıkları sorunları anlama, analiz etme ve çözüm üretmeleriyle kendilerini gösterirler [15].

- **Bireysel Destek**

Dönüşümcü lider, örgüt içindeki tüm izleyicilerinin kendi özelliklerine göre farklı kişisel sorunlarının olduğunun farkındadır. İzleyicilerine özgüven yaratmak için çalışmakta, olası durumlarda onları ideallerine ulaşmaları için gerekli tüm kaynağa sahip olduklarını gösterir [19].

3. Belirsizlik Çağında Afetlerle Mücadele Etmek

Amerika Federal Acil Durum Yönetimi Ajansı (FEMA), uzun dönemli bir stratejik plan belgesinde içinde bulunduğumuz çağı belirsizlikler çağı olarak ifade etmiştir [20]. Modern toplumun geçirdiği hızlı değişim ve dönüşümler, çığır açan teknolojik yenilikler, nüfus artışı ve nüfus hareketleri geleceği öngörmeyi bir hayli zorlaştırmaktadır. Diğer taraftan yaşanan bu değişim ve dönüşümler, canlı ve cansız varlıklar için bir takım yeni riskleri de beraberinde getirmektedir. Belirsizlik kavramı her geçen gün sosyal bilimcileri daha fazla meşgul etmeye başlamıştır. Afet yönetiminde de yaklaşık çeyrek asırdır belirsizlik ile ilgili çalışmalara daha sık yer verilmeye başlanmıştır.

Afet tanımlarını sistematik bir şekilde gruplandırmayı amaçlayan [21], çok sayıda afet kuramını içerik ve kronolojik olarak sınıflamış ve afet tanımlarını birbirini takip eden üç farklı paradigmada ele alındığını ortaya koymuştur. Bunlar sırasıyla, savaş paradigması, sosyal zarar görebilirlik paradigması ve belirsizlik paradigmasıdır. Birinci paradigma, afetleri savaş ile ilişkilendirmektedir. Bu paradigma insan topluluklarını, dışarıdan gelen tehlikelere karşı reaksiyon gösteren örgütlü toplumlar olarak görmektedir. Afetler ise, insanların dışarıdan gelen saldırılara (yaşamı tehdit eden her türlü olay) karşı

koyabilme yeteneklerini test eden ciddi olaylar olarak bu paradigmada kavramsallaştırılmıştır.

Afetleri anlamak için sadece yıkıma neden olan dış etken üzerinden bir açıklama yapmak olayın yalnızca bir boyutunu ortaya koymaktadır. Oysa afete neden olan etkenin toplumu nasıl etkilediği bilinmez. Çünkü afete neden olan dış etken ile toplum arasında doğrudan mekanik bir ilişki yoktur. Bu nedenle afet kavramını açıklamak için yeni bir yaklaşıma ihtiyaç duyulmuştur. "Sosyal zarar görebilirlik" yaklaşımı olarak ifade edilen yeni paradigmanın hareket noktası afetin sadece neden olan dış etken ile değil aynı zamanda meydana geldiği toplumun özellikleri ile de ilgili olduğudur. Dahası bu paradigmaya göre, dış etken yıkıma yol açan olayın nedeni olabilir, ancak afet durumu direkt olarak sosyal yapı ile ilgilidir. [21]

Üçüncü paradigma, daha önceki paradigmalara yeni bir açılım getirmekte ve afetleri, toplum içerisinde ortaya çıkan bir kriz durumu olarak incelemektedir. Bu paradigmada afet olayına neden olan etken, açıklayıcı faktör olarak kullanılmaya devam edilmiştir. Ancak afet kavramı, toplumda çoğu zaman iletişim problemlerinin tetiklediği ciddi aksaklıklar olarak yeniden yorumlanmıştır. Başka bir ifade ile afet, her şeyden önce toplum içerisindeki bilgi alıp verme sürecinde yaşanan kriz olarak ifade edilmiştir. Yani afetlerin fiziksel ve sosyal etkilerinden ziyade iletişim ve haberleşme üzerine olan etkileri öncelenmiştir. Belirsizlik yaklaşımı, son yıllarda kamu politikaları, yönetim ve organizasyon, uluslararası krizler vb. gibi çok sayıda sosyal bilimler alanında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bu yaklaşım 80'li yılların sonundan itibaren afetlerle ilgili çalışmalarda da kullanılmaya başlanmıştır.[21]

Afetler belirsizlik ve karmaşıklığın üst düzeyde olduğu durumlardır [22]. Afetin meydana geldiği bölge, meydana geliş zamanı, büyüklüğü, şiddeti, dönemi, bilgi ve iletişimin varlığı/yokluğu ya da yeterliliği gibi çok sayıda faktör, belirsizlik üretmekte ve özellikle karar alıcı liderler üzerindeki baskıyı çarpıcı bir şekilde artırmaktadır.[23] Afet yönetimi organizasyonunda görev alan örgütler açısında değerlendirildiğinde, ilişkide bulunulan diğer organizasyonlar benzerlik ve farklılıklar, çevrede meydana gelen değişimin hızı ve seviyesi, karşı karşıya bulunulan riskin derecesi ve diğer organizasyonlarla olan bağlantı belirsizliğin derecesinin belirlenmesine etki etmektedir [22].

Belirsizlik çoğu zaman toplumsal aktörlerin ve kurumların, afet ya da kriz durumunda normal faaliyetlerini yerine getiremediği durumlarda ortaya çıkar. Bu durum afetin bir sonucu değil, ürünüdür. Toplumsal aktör ve kurumlar, içinde bulundukları durumu anlamlandırmaya çalışır ve ortaya çıkan bozuk düzen içerisinde serbest bir şekilde faaliyet yürütürler. Dolayısıyla normal düzende var olan bilgi akışı ve iletişim ağları bozulur. Ancak belirsizliğin tek sebebi bilginin eksikliği veya yokluğu değildir. Aynı zamanda aşırı bilgi fazlalığı da belirsizliği ortaya çıkarır. Afet nedeniyle derinden etkilenen siyasal, yönetsel ve bilimsel anlamlandırma süreçleri, çok sayıda ama düzensiz bilgi üretir ve belirsizlik durumunun ortaya çıkmasına neden olur [21].

Karmaşıklık, ise afetlerin etkilerinin doğrusal olmamasını ifade eder. Karmaşıklık bilimi, başlangıç değişkenlerindeki ufak değişikliklerin sonuçta çok büyük farklılıklara yol açabilmesini başlangıç koşullarına hassas bağımlılık olarak nitelemektedir. Bu doğrusal dışılık tüm karmaşık sistemlerde ortaya çıkmaktadır. Sistemin elemanları değişebildiğinden dolayı, ilişkiler doğrusal dışıdır. Beklenmedik davranışlardan ve küçük değişikliklere hassasiyetten dolayı, hiçbir karmaşık sistemin davranışı ayrıntılı olarak öngörülemez [24].

Belirsizlik ve karmaşıklık nedeniyle afetleri tahmin etmek ve önceden bir takım planlar hazırlamak oldukça güçtür [23] Örgütlerin afetler gibi belirsizlik ve karmaşıklığın egemen olduğu dinamik çevrede başarılı olabilmesi için adaptasyon kapasitelerini artırması gerekmektedir. Adaptasyon kapasitesi ise örgütlerin hız, yenilik, esneklik ve öğrenmeye odaklanması ile mümkündür [22].

4. Afet Yönetiminde Çok Aktörlülük ve Liderlik

Afetler, insanlar ve yerleşim alanları üzerinde kayıplar meydana getirmekte, normal yaşamın ve karar alma mekanizmasının kesintiye uğramasına neden olmakta, iletişim ve haberleşmeyi kısa süreliğine bile olsa çökertmekte, altyapı ve üstyapı yatırımlarının zarar görmesine yol açmaktadır [4,25,26].

Çoğu zaman beklenmedik dönemlerde ortaya çıkan afetler, olağan dönemlerden farklı olarak, hızlı karar alma, çabuk hareket etme, uzun zamanlı eğitim ve planlama gibi özel nitelikli bir takım uygulamalar gerektirmektedir [27]. Diğer taraftan hiçbir kamu kurumu ya da yerel yönetim, afet yönetiminde gerekli olan kapasite, kaynak ve tecrübeye tek başına sahip değildir. Bu nedenle normal zamanlarda farklı görevler ifa eden yüzlerce kamu kurumu, sivil toplum kurumu ve özel sektör kuruluşları afetlerle başa çıkabilmek için birlikte hareket etmek durumundadır. Başarılı bir afet yönetimi için, görev, yetki ve örgütsel kültürleri birbirinden farklı örgütlerin aynı amaç doğrultusunda, koordinasyon ve işbirliği içerisinde çalışabildiği çok aktörlü yönetişime ihtiyaç vardır [4,5]. Bu durum afet yönetiminde statükocu ve merkeziyetçi bir yaklaşımdan ziyade, görev ve sorumlulukların paylaşıldığı, merkezi idarenin elindeki yetki ve kaynakların yerel yönetimlerle ve diğer aktörlerle paylaşıldığı bir yaklaşım gerektirmektedir.

Afet ve acil durum yönetimi, bir paradoksu içinde barındırmaktadır. Özellikle afetlerin etkilerinin büyüklüğü, afet yönetimi faaliyetlerinde planlama ve organizasyonun oldukça titiz yapılmasını gerektirmektedir. Ancak diğer taraftan olay meydana geldikten sonra acil durum faaliyetleri kendiliğinden oluşmaya başlamaktadır. Bu durumda afet ve acil durum yönetiminde görev alan kurum ve kuruluşların liderleri, ne kadar iyi bir plana sahip olurlarsa olsunlar, ortaya çıkan yeni duruma örgütlerini adapte edebilmelidir. Dolayısıyla afet yönetiminin çok aktörlü doğasında, faaliyetlerin etkinliği, örgütlerin teknik kapasitelerinden ya da becerilerinden ziyade liderlerinin kişiler arası iletişim performanslarına bağlıdır [28].

Afet ve acil durum liderleri, müdahale operasyonunun koordinatörü ve kolaylaştırıcısı konumundadır. Bu kişiler, afete müdahalede görev alan kurumlar arasında iletişim

sağlayarak ve politika yapıcılarla gerekli bağlantıları kurarak müdahale operasyonun başarılı olmasını sağlarlar. Çok sayıda ulusal ve uluslar arası örgütün yer aldığı ve farklı sektörlerden kurum ve kuruluşların bulunduğu müdahale operasyonlarında, liderlerin bu koordinatif rolü oldukça önemlidir [28].

Afet ve acil durum yönetiminde başarılı olabilmek için bir takım liderlik özelliklerinin bulunması ve bu özelliklerin etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu liderlik özellikleri; kesinlik/kararlılık, esneklik, bilgi paylaşma, sorun çözme, değişim ve yaratıcılığı yönetme, çevre koşullarını iyi tarayıp yönetme, stratejik planlama yapma, ortaklıklar ve işbirliği ağları oluşturma, var olan işbirliği ağlarını sürdürmedir. Tüm bu özellikler bir kişinin üstesinden gelebileceği işler değildir. İşte burada liderin ekibini bu faaliyetleri gerçekleştirmek üzere yönlendirebilmesi ve yetkilerinin bir kısmını onlara devredebilmesi gerekmektedir. Belirsizlik ve karmaşıklık üst düzeyde olduğu dinamik bir çevrede, dar bir ekibin kendi başlarına aldıkları kararlarla başarılı olması beklenemez. Dolayısıyla lider, bir yandan astlarına yetki devrederek onları amaçlar doğrultusunda motive etmelidir. Diğer taraftan devrettiği görev ve sorumlulukların yerine getirilip getirilmediğinden emin olmak için denetim mekanizmasını işletmelidir [4].

Afete müdahale etmek için gerekli olan liderlik ile afet yönetiminin gerektirdiği liderlik becerileri birbirinden farklıdır. Dahası afete müdahale aşaması, afet yönetiminin sadece bir alt grubudur. Ve gerek insan kaynaklı afetlerde gerekse doğa kaynaklı afetlerde müdahale aşamasında yapılacak faaliyetler birbirine benzerdir. Yani afete müdahale aşamasında yapılan faaliyetler, afetin türünden bağımsız olarak hayat kurtarmayı amaçlamaktadır. Ancak afet yönetimin diğer aşamalarında özellikle de afet öncesi dönemde yapılacak olan faaliyetler, büyük ölçüde afetin türüne bağlı olarak değişmektedir. Örneğin deprem ile ilgili hazırlık çalışmaları ile tehlikeli kimyasal maddelerle çalışılan bir işyerinde alınacak önlemler çok farklıdır. Bu nedenle esnek bir afet ve acil durum yöneticisi ya da lidere ihtiyaç vardır. Esnek liderlik biçiminde lider, bilgi paylaşımı ve daha fazla işbirliği yapmaları konusunda izleyicilerini cesaretlendirir ve örgütsel öğrenmeyi teşvik eder [28].

Afet yönetiminde görev alan kurumlar arasındaki işbirliğinin kuvvetlendirilmesi, ortak kaygıların dillendirilmesi ve ortak beklentilerin paylaşılması için söz konusu kurumların resmi veya gayri resmi ilişkilerin güçlendirilmesi gerekir. Çünkü birbirine bağımlı hareket etmek durumunda olan farklı örgütlerin daha yoğun bir işbirliği geliştirmesi afet yönetiminin etkinliğini ve başarısını doğrudan etkiler [4]. Kurumlar arasındaki işbirliğinin geliştirilmesi, bilgi iletişim teknolojilerinin kullanımı ile doğrudan ilgilidir. Bu nedenle liderler, hem bilgi iletişim teknolojilerini iyi bir şekilde kullanmalı hem de örgütündeki kişileri bu teknolojileri kullanması için yönlendirmelidir.

4. Değerlendirme ve Sonuç

Bu çalışmada afet yönetiminde çok aktörlülük ve transformasyonel (dönüşümcü) liderlik arasındaki ilişki incelenmiştir. Modern anlamda afet yönetimi yüzlerce kamu kurumu, sivil toplum ve özel sektör kuruluşunun koordinasyon ve işbirliği içerisinde çalıştığı, çok aktörlü ve dinamik bir yapıdır. Bu yapı içerisindeki aktörlerin davranışları ve ilişkileri belirsiz bir çevre ortaya çıkarmaktadır. Bu çok aktörlü ve dinamik doğada, afet yönetiminin başarısını artırmak için, örgütlerin teknik kapasitelerinin yanı sıra liderlik becerileri geliştirmek gerekmektedir. Liderlik becerileri, afetlerin ürettiği belirsizliği azaltmanın en önemli araçlarından biridir.

Çok aktörlü afet yönetiminde liderden beklenilen özellikler yukarıdaki bölümlerde belirtilmiştir. Bu özellikler aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Afet yönetimi faaliyetleri için diğer örgütler ile işbirliği ağları kurabilmeli ve bu ağları sürdürebilmelidir.
- Paylaşımcı olmalı, hem astları ile hem de afet yönetiminde işbirliği yaptığı diğer kurumlarla bilgi paylaşmalıdır.
- Bilgi iletişim teknolojilerini iyi kullanmalı ve ekibini de bu teknolojileri kullanmaya yönlendirmelidir.
- Ekipteki diğer üyeleri karar alma mekanizmasına dahil etmeli ve onların fikirlerini almalıdır.
- Hızlı karar almalı ve aldığı kararda tutarlı olmalıdır.
- Kendi örgütünü, afet yönetimi ağında yer alan diğer örgütlere koordine etmelidir.
- Sorun çözme becerisine sahip olmalı ve inisiyatif alabilmelidir.
- Değişime açık olmalı ve ekip üyelerini değişim için cesaretlendirmelidir.
- Dinamik çevre koşullarını iyi kavramalıdır.
- Afet yönetimi ile ilgili yetki ve sorumlulukları kendi üzerinde toplamamalı, ekip üyelerine yetki devredebilmelidir.
- Esnek bir yönetim anlayışına sahip olmalıdır.

Çok aktörlü afet yönetişimi için gerekli olan liderlik özellikleri ve becerileri ile dönüşümcü liderlik özellikleri birbiri ile örtüşmektedir. Dönüşümcü liderlikteki, esneklik, çok yönelimli olmak, değişime açıklık, katılımcılığı teşvik etme, örgütsel öğrenmeyi sağlamak, paylaşımcı olmak vb. gibi özellikler, afet yönetiminde kurumlar ve sektörler arasındaki işbirliğini güçlendirmek için uygun bir zemin sunmaktadır. Dahası özellikle son yıllarda afet yönetiminde yaşanan değişimler ve dönüşümler, afet yönetimi ağlarında görev alan kurum ve kuruluşların yöneticilerinin dönüşümcü liderlik özellikleri taşımasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle afet yönetiminde etkinliği artırmak için afet ve acil durum yöneticilerine ve afet yönetiminde görev alan aktörlerin liderlerine dönüşümcü liderlik ile ilgili eğitim verilmeli ve liderlik davranışlarında dönüşümcü liderliğe doğru bir tutum değişikliği sağlanmalıdır.

Bu çalışmada dönüşümcü liderliğin afet yönetimindeki çok aktörlülük için uygun bir liderlik stili olduğu teorik olarak ortaya konmuştur. Gelecek çalışmalarda afet yönetimindeki liderlerin hangi tür liderlik davranışları sergilediği analitik olarak incelenebilir. Ya da dönüşümcü liderlik özelliği gösteren liderler ile etkileşimci liderlik özelliği gösteren kişilerin afet yönetiminde işbirliği ağları oluşturma, bilgi paylaşma, bilgi iletişim teknolojilerini kullanma gibi davranışları arasındaki farklılık nicel olarak analiz edilebilir.

Kaynaklar

[1] Yavaş, H., Yavuz, Ö., Yönetişim kavramının afet yönetimine yansımaları ve Türk afet yönetim sisteminin durumu. Uluslararası Afet 14 Kongresi, İstanbul, Türkiye, 31 Ekim-2 Kasım 2014.

[2] Şengün, H., Afet yönetimi sistemi ve Marmara depremi sonrası yaşanan sorunlar. Yayımlanmamış Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2007.

[3] Aktel, M., 5902 sayılı yasa ile Türkiye'de afet yönetiminde oluşan değişim. Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Sayı 27, 169-180, 2010.

[4] Kapucu, N., Afet ve kriz durumlarında yönetişim: Amerikan ulusal müdahale planları, [içinde, Yönetişim, der. Çukurçayır, M.A., Eroğlu, H.T.], Çizgi Kitabevi, Konya, 169-199, 2013.

[5] Çelik, S., Çorbacıoğlu, S., Türk afet yönetimi sisteminin reorganizasyonu bağlamında başbakanlık afet ve acil durum yönetimi başkanlığını yapılandırma çalışmalarının eleştirel analizi. Hukuk, Ekonomi ve Siyasal Bilimler Aylık İnternet Dergisi, Sayı 110, 2011.

[6] Eroğlu, H.T., Kamu yönetiminde hiyerarşi, ağ, piyasa ve aktörler düzleminde yönetişim, [içinde, Yönetişim, der. Çukurçayır, M.A., Eroğlu, H.T.], Çizgi Kitabevi, Konya, 2013.

[7] Yavaş, H., Doğal afetler yönüyle Türkiye'de belediyelerde kriz yönetimi. Orion Yayınevi, Ankara, 2005.

[8] Çınar, F., 21. Yüzyılda organizasyonel formlar ve karmaşıklık [complexity] paradigması. Riskonomi Dergisi, 2011.

[9] Şahin, Y., Yönetim bilimi ve Türk kamu yönetimi. Beta Yayım, İstanbul, 2013.

[10] Parlak, B., Yönetim bilimi ve çağdaş yönetim teknikleri. Asil Yayın, Ankara, 2006.

[11] Turan, M., Acil yardım ve kurtarma çalışanlarının liderlik stilleri ile çatışma yönetim stratejilerinin ilişkisi üzerine bir çalışma: Erzurum il örneği. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane Üniversitesi, Gümüşhane, 2014.

[12] Ergeneli, A., Örgüt ve insan. Hacettepe Üniversiteleri Hastaneleri Basımevi, Ankara, 2006.

[13] Eraslan, L., Liderlikte post-modern bir paradigma: dönüşümcü liderlik. Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi, 1-32, 2006.

[14] Berber, A., Dönüşümsel ve etkileşimsel liderlik kavramı, gelişimi ve dönüşümsel liderliğin yönetim ve organizasyon içerisindeki rolü. Yönetim, Sayı 36, 33-50, 2000.

[15] Bolat, T., Aytemiz, O., Örgütlerde iş etiğinin yerleştirilmesinde "dönüşümcü liderlik tarzı"nın üzerine bir değerlendirme. Sosyal Bilimler Dergisi, 1-27, 2007.

[16] Ataman, G., İşletme yönetimi temel kavramlar&yeni yaklaşımlar. Türkmen Kitabevi, İstanbul, 2001.

[17] Akbolat, M., Işık, O, Yılmaz, A., Dönüşümcü liderlik davranışının motivasyon ve duygusal bağlılığa etkisi. International Journal of Economic and Administrative Studies, 35-50, 2011.

[18] Erdal, M., İşletmelerde dönüştürücü liderlik davranışlarının analizi. Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş, 2007.

[19] Murat, G., Açıkgöz B., Değişim çağının vazgeçilmez Aktörleri: dönüşümcü liderler. Kamu- İş,10:153-171, 2008.

[20] FEMA, Crisis Response and Disaster Resilience 2030: Forging Strategic Action in an Age of Uncertainty, Progress Report Highlighting the 2010-2011 Insights of the Strategic Foresight Initiative, 2012.

[21] Gilbert, C., Studying disaster: changes in the main conceptual tools. [içinde, What is a Disaster, ed, Quarentelli, E. L.], Roudledge, 1998.

[22] Çorbacıoğlu, S., Çevrelerindeki değişime adapte olabilen sosyo-teknik sistemler ve afet yönetimi. Çağdaş Yerel Yönetimler, 14/2:5-21, 2005.

[23] Rocha, J., Becerra-Fernandez, I., Xia, W., Gudi, A., "Dealing with Task Uncertainty in Disaster Management: The Role of Knowledge Sharing for Exploration and Exploitation". AMCIS 2009 Proceedings. Paper 714, 1-15, 2009.

[24] Baykal, N., Beyan, T., Koçgili, O.D., Kompleks adaptif sistem olarak sağlık sistemleri, yönetim ve performans. Ankara, 2015.

[25] Coppola, D. P., Introduction to international disaster management. Elsevier, New York, 2011.

[26] Atlı, A., Afet yönetimi kapsamında deprem açıcından Japonya ve Türkiye örneklerinde kurumsal yapılanma. Asil Yayın, Ankara, 2006.

[27] Tortop, N., vd., Yönetim bilimi, Nobel, Ankara, 2010.

[28] Waugh W.L. and Streib G., Collaboration and leadership for effective emergency management. Public Administration Review, December 2006:131-140.

ENDONEZYA' DA AFET VE RİSK YÖNETİMİ

DISASTER AND RISK MANAGEMENT IN INDONESIA

Bülent Kaya[a] ve Murat Erduran[b]

[a] ÇOMÜ Eğitim Bilimleri Enstitüsü Afet Eğitimi ve Yönetimi ABD, Çanakkale,Türkiye

[b] ÇOMÜ Mühendislik Fakültesi Jeofizik Mühendisliği Bölümü, Çanakkale, Türkiye, E-posta: merduran@comu.edu.tr

Özet

Afet eğitiminin tam olarak anlaşılabilmesi için afet yönetimi kavramının anlaşılması gerekmektedir. Afet yönetimi afet eğitimini de içine alan, afet öncesi, afet sırası ya da sonrasında yapılması gereken tüm müdahaleleri içeren bütünleşik bir sistemdir. Ülkemiz önemli ölçüde doğal afetlerin (deprem, sel, heyelan vb.) ve terör saldırılarının oluşturduğu büyük risklerin tehdidi altında bulunmaktadır. Söz konusu afetlerin önlenmesi ve meydana gelecek zararların azaltılması için ülkemizin afet ve risk yönetimi uluslararası yeniliklere uygun olarak gözden geçirilmelidir. Eğer afet riski azaltılmazsa ülkelerin kalkınmasının sürdürülebilirliğini sağlamak mümkün olmayacaktır. Bu çalışmada; yaşadığı yoğun afet çeşitleri, afet yönetiminde 1945 yılından itibaren geçmiş başarılı deneyimleri ve kişi başı mili geliri dikkate alındığında Endonezya' nın afet yönetim sisteminin nasıl geliştiği ayrıntılı incelenerek Türkiye için öneriler yapılacaktır. Böylece Türkiye' nin afet yönetimi ve risk azaltma stratejisinde vermiş olduğu öneme ve gelişmesine 2015 Sendai bildirgesi' de dikkate alınarak katkılar sağlanılacaktır.

Anahtar kelimeler: Afet yönetimi, Endonezya, Risk azaltma, Sendai bildirgesi, Türkiye

Abstract

The concept of disaster management needs to be understood in order to understand what disaster education means.Disaster management is a holistic system involving necessary reponses to do before,during or after the disaster, as well as disaster education. Our country is under the threat of dramatically the risks of natural disasters (earthquake, flood, landsliding, etc) and teror attacks. Disaster management and risk reduction of our country should be revised in order to prevent the aforesaid disasters and reduce damages to bring about. Sustainablity of the devolepment of a country will not be possible unless disaster risk reduction is implemented.In this study, some suggestions for Turkey will be offered analyzing how the disaster management system of Indonesia has been developed taking the variety of disasters, successfull past experiences on disaster management since 1945 and gross national product per capita into consideration.Thus, some contribution will be made taking disaster management and risk reduction strategies Turkey gives importance and the 2015 Sendai Framework into account.

Keywords: Disaster management, Indonesia, Risk reduction, Sendai Framework

1. Giriş

Afet; toplumun tamamı veya belli kesimleri için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplar doğuran, normal hayatı ve insan faaliyetlerini durduran veya kesintiye uğratan, etkilenen toplumun baş etme kapasitesinin yeterli olmadığı doğa, teknoloji veya insan kaynaklı olaydır. Afet bir olayın kendisi değil, doğurduğu sonuçtur. Afet yönetimi; Afetlerin önlenmesi ve zararlarının azaltılması, afet sonucunu doğuran olaylara zamanında, hızlı ve etkili olarak müdahale edilmesi ve afetten etkilenen topluluklar için daha güvenli ve gelişmiş yeni bir yaşam çevresi oluşturulabilmesi için toplumca yapılması gereken topyekûn bir mücadele sürecidir. Afet risk yönetimi ise; ülke, bölge, kent veya yerleşme birimi ölçeğinde tehlike ve riskin belirlenmesi, analizi, riskin azaltılabilmesi için imkân, kaynak ve önceliklerin belirlenmesi, politika ve stratejik plan ve eylem planlarının hazırlanması ve yaşama geçirilmesi sürecidir [1]. Ülkemiz afet yönetimi ve risk azaltılması konusunda oldukça sınırlı sayıda çalışma (Örnk: [2,3,4,5,6]) yapılmış olsa da afet türlerine göre (nitel ve nicel olarak) farklı ulusların göstermiş olduğu tepkiler ve gelişmelerin yakından ayrıntılı takip edilmesi gerekmektedir.

Hyogo Çerçeve Eylem Planı (HÇEP), 2005 yılında Japonya'nın Kobe kentinde düzenlenen Afet Risklerinin Azaltılması Dünya Konferansı sonrası Birleşmiş Milletlere üye 168 ülke tarafından kabul edilmiştir. 2015 yılına kadar dünya genelinde afet risklerini en aza indirgemek için kullanılacak bir yol haritası olarak hazırlanan plan, aradan geçen yıllar içinde birçok ülke tarafından uygulanarak önemli kazanımlar sağlanmıştır. Bu eylem planı, deneyimli kuruluşların kurulması ve afet riskinin azaltılması için ülkelerin ve kurumların kapasitelerinin geliştirilmesi konusundaki önceliklerin bir özetiydi. Hyogo Eylem Planı, insanların sadece afetler ile ilgili bakış açılarını değil, risklerle ilgili bakış açılarını da değiştirmek için çok büyük bir çaba harcadı. 18 Mart 2015 tarihinde Sendai, Japonya'da yapılan III. Birleşmiş Milletler Konferansında 2015-2030 Sendai Çerçeve Eylem Planı (The Sendai Framework for Disaster Risk Reduction) kabul edildi. 2015 sonrası için afet riskinin azaltılması konusunda kapsamlı bir yol haritası sunan Sendai Bildirgesi, Birleşmiş Milletler'in 187 üye ülkesi tarafından kabul edildi. Bildirgede 2030 yılına kadar tüm ülkeler tarafından uygulanacak yedi hedef ve dört öncelik belirlendi. Sendai Bildirgesi, 2005 yılında 168 ülke tarafından imzalanan Hyogo Çerçeve Eylem Planı'nın yerine uygulanacaktır. Sendai bildirgesi, geçmiş on senede öğrenilenlerin ve zorlu deneyimlerin birikiminden meydana geliyor ve dayanıklılık ve sürdürülebilir kalkınma için risklerin yönetildiği bir geleceğe doğru önemli bir adım atılmasını sağlıyor [7].

© DAAYS'16, Karabük Üniversitesi, Karabük, Türkiye

Tektonik, sismik, topoğrafik ve iklimsel yapısı nedeniyle Türkiye, dünya ölçeğinde afetlerden en fazla etkilenen ülkeler arasındadır. Su baskını, sel, çığ, heyelan ve yangın gibi afetler ülkemizde sık yaşanan afet türleri olmasına rağmen, yıkıcı etkileri açısından değerlendirildiğinde ilk sırayı depremler almaktadır. Ülkemiz, depremlerde insan kaybı açısından dünyada dokuzuncu, toplam etkilenen insan sayısı açısından ise beşinci sıradadır. Yurdumuzda ortalama olarak her yıl büyüklüğü 5 ila 6 arasında değişen bir deprem yaşanmaktadır. Deprem bölgeleri haritasına bakıldığında topraklarının %70'i ve sanayi tesislerinin %76'sı I. ve II. derece deprem bölgeleri üzerinde yer almaktadır. Afetlerde ortalama olarak her yıl 1.000 kişi yaşamını yitirmekte ve 9.000 konut hasar görmektedir. Ülkemizde sadece depremler yüzünden, 1950'lerden bugüne kadar yaklaşık 34.000 vatandaşımız hayatını kaybetmiştir. Son 60 yıllık istatistiklere göre; afetlerin neden olduğu doğrudan ve dolaylı ekonomik kayıpların, GSMH' nın %3'ü kadar olduğu görülmektedir. Bu durum, afet yönetiminin ülkemiz için önemini ortaya koymaktadır [8]. 17 Ağustos ve 12 Kasım 1999 depremlerinden sonra çıkarılan 1999 tarihli ve 583 sayılı kanun hükmünde kararname ile acil durumu gerektiren olaylar sayılırken, doğal kaynaklı olayların yanı sıra, beşer kaynaklı ve teknolojik kaynaklı olayların da kabul edildiği görülmektedir. Oysa 1968 tarihli ve 1051 sayılı kanun ile getirilen düzenlemede sadece doğal kaynaklı afetlere yer verilmiştir. Bu değişiklik Türkiye'de afetin tanımının ve algılamasının pozitif anlamda geliştiğini ve genişlediğini göstermektedir.

Çizelge 1. 2006-2015 yılları arası Endonezya afet bilgileri [10].

Afet Türü	Olma sıklığı	Ölümler	Toplam etkilenen	Toplam zarar (USD $ x 1,000
Deprem	25	7,316	6,733,140	$6,316,850
Tsunami	3	1,333	47,502	$55,000
Sel	68	1,991	2,885,311	$4,557,033
Heyelan	16	428	15,545	$37,943
Fırtına	2	21	10,550	$1,000
Volkanik hareketler	12	365	361,727	$186,000
Orman yangınları	1	-	200	$14,00
Salgın hastalıklar	3	22	357	-
Toplam	130	11,476	10,054,332	$11,167,826

17.508 adadan oluşan Endonezya, 245 milyon civarında nüfusuyla dünyanın en kalabalık dördüncü ülkesidir. İkinci Dünya Savaşı'nın sona ermesiyle birlikte üç buçuk asır süren Hollanda sömürgeliğinden kurtularak bağımsızlığını elde etti. Endonezya Cumhuriyeti üniter bir devlet olmakla birlikte otuz üç eyaletten oluşur. Kişi başına düşen milli geliri yıllık 4300 dolardır. Güneydoğu Asya'nın en büyük ekonomisi olup G20 ülkeleri arasındadır. Endonezya'da başkanlık sistemine dayalı, cumhuriyet rejimi vardır. Parlamento; 460 üyeli, idarî bakımdan 21 bölgeye ayrılmıştır. Endonezya dünyadaki dört büyük tektonik levhanın birleştiği ve üç dağ sisteminin bulunduğu yerdedir. Ülkede afetler doğal afetler, (deprem, tsunami, volkan, kuraklık, tayfun, heyelan, sel), doğal olmayan afetler (teknolojik hatalardan kaynaklı, yangınlar, salgın hastalıklar) ve sosyal afetler (Gruplar arası sosyal karmaşa, Terörizm) olarak üç başlık altında toplanmıştır [9] yıllık dönemde Endonezya' nın karşılaştığı afet sayısı 130 olup, 11,476 kişi hayatını kaybetmiş ve 11,167,826 $ ekonomik zarara uğramıştır (Çizelge 1).

2. Endonezya' da Afet Yönetimi ve Risk Azaltma

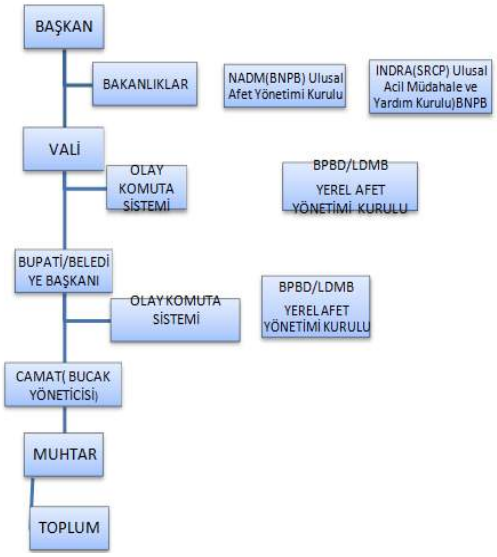
2.1. Endonezya afet yönetiminin tarihçesi

BPKKP (Badan Penolong Keluarga Korban Perang-Savaş Mağdurlarının Ailelerine Yardım Ajansı) 1945-1966 yıllarında sömürgecilik savaşları ve ardından kurtuluş savaşı sonrası yaraların sarılması için kuruldu. 1966-1967 yıllarında BP2BAP (Badan Pertimbangan Penanggulangan Bencana-Alam Pusat Doğal Afetler Yönetim Merkezi Danışma Kurulu), Başkanlığa bağlı Sosyal İşler Bakanlığı altında insan kaynaklı afetlerden ziyade doğal afetlere de odaklı bir Acil Durum ve Afet birimi kuruldu. 1967-1979 yıllarında felaketler artınca daha ciddi ve koordine olmuş afet yönetimi gereği duyulunca 1967'de Başkana bağlı TKP2BA (Tim Koordinasi Nasional Penanggulangan Bencana Alam-Afet Yönetimi Ulusal Koordinasyon Takımı) adında Afet Yönetimi için ulusal bir Koordinasyon Takımı kuruldu. 1979-1980 yıları arasında TKP2BA geliştirildi. Bu arada afet yönetimi anlayışına koruma, önlem, acil durum ve iyileştirme safhaları getirilmiştir. 1979 yılında İçişleri Bakanlığı bünyesinde her bir eyalette Doğal Afet Yönetim Uygulama merkezleri kuruldu. 1990-2000 yılları arasında afetlerin sadece doğadan kaynaklanmadığı (sosyal karmaşalar, teknolojik hatalar, ulaşım kazaları gibi doğal olmayan anlayış) benimsenerek afet yönetim anlayışı değiştirilmiştir. Ayrıca sektörler, aktörler ve disiplinlerarası koordinasyonun gerekliliği anlaşılmıştır. 2000-2005 yıllarında ülkede yaşanan çok yönlü afetler sonucunda afet yönetimi yapılanmasında iyileştirmelere gidilmiştir. 2005-2008 yıllarında 2004 AÇE' de meydana gelen depreme bağlı tsunami Endonezya Hükümeti ve uluslararası toplumu afet yönetimi konusunda harekete geçirdi. Sonrasında hükümet Ulusal Afet Yönetim Sistemini kurmak için ilk adımı atmıştır. BNPB (Badan Nasional Penanggulangan Bencana; Ulusal Afet yönetimi Kurumu) baş Yönetici, afet yönetimini yönlendirenler ve yapanlar diye oluşturuldu. 2008 Endonezya Hükümeti Afet Yönetimi konusunda yasa yapma, kurumsallaşma ve finansman konusunda son derece hassaslaşmıştır [11].

2.2. BNPB (Ulusal Afet Yönetim Kurumu)

Endonezya Afet yönetimi yasalardan gücünü alıp kurumsallaşarak yaptığı planlamalar doğrultusunda yerinde uygulamalarla oldukça başarılıdır. Endonezya afet yönetimi tarihçesinde de bahsedildiği üzere 2007 yılında BNPB (Ulusal Afet Yönetim Kurumu) olarak kurulan afet yönetimi biriminin başında Endonezya Başkanına doğrudan rapor veren bir başkanın yönettiği bakanlığa eşdeğer seviyede ama bağımsız bir devlet kurumu olan BNPB 300-350 kişiden oluşan ulusal seviyede bir kurumdur. BNPB' nin afet yönetimindeki rolü afetlerden önce risk azaltma, iyileştirme ve hazırlıkken; herhangi bir afet olduğu durumda acil durum müdahalesi ve ardından rehabilitasyon (yara sarma) gibi temel role sahiptir. BNPB; tüm afet öncesi, afet anı ve sonrası safhalarında

koordinasyon ve komutadan sorumludur. BNPB, afet yönetiminde yasaların ışığı altında standartlaşma gereksinimlerini ortaya koyar, topluma yaptığı çalışmaları aktarır, ayda bir kez acil durumlarda ise her an Endonezya Başkanına afet yönetimiyle alakalı rapor verir. Ulusal ve uluslararası yardımların alınması ve dağıtılmasından sorumludur. Devlet bütçesinden ayrılan bütçe kullanımından sorumludur ve yasaya bağlı olarak diğer sorumluluklarını yerine getirir. Bölgesel Afet Yönetimi kurumunun kurulmasına öncülük eder. BNPB' nin organizasyon yapısı ise, Endonezya Başkanı başkanlık ederken Bakanlık seviyesinde BNPB'nin Başkanı ve bunun altında yönetim kurulu (ulusal afet yönetim politikasını belirler, gözlemler ve afet yönetimini değerlendirir ve çalışanlarını millet meclisi seçer), yürütme organı (hükümetçe seçilir, afet yönetiminde koordinasyon, komuta ve fonksiyonları yerine getirir, profesyonellerden ve uzman çalışanlardan oluşur), icracı bakanlıklar (10 kadar), profesyonellerden ve uzmanlardan oluşur (Şekil 1). Afet öncesi hazırlıktan, acil durum müdahalesinden ve afet sonrası bakım yara sarma ve tekrar yapılandırmadan sorumludurlar [9].



Şekil 1. Endonezya afet yönetiminin organizasyon şeması

2.3. BPBD (Bölgesel Afet Yönetim Kurumu)

BPBD; 2007 yılında Ulusal Afet Yönetimi Kurumu koordinasyonuyla kurulmuş olup tüm fonksiyonları, görev tanımları ve yönetim birimlerinde görevli çalışanları 24/2007 no' lu Afet Yönetim kanunuca belirlenir. Bölgelerdeki vali yardımcıları illerde belediye başkan yardımcıları başkanlığında afetlere müdahale edilir. 33 eyaletten oluşan Endonezya'nın tüm eyaletlerinde eyalet seviyesinde afet yönetimi için yerel ajanslar BPBD' ler bulunur. Ülke genelinde 520 belediyelerin 370' nde yerel ajans olan BPBD' ler mevcuttur. BPBD; görevi itibariyle BNPB gibidir ancak bölgesel düzeyde çalışmaktadır. Ayrıca, afete hassas bölge haritaların çıkartılmasından, afet durumunda uygulanacak prosedüre karar verip uygulamasından, kendi bölgesinde meydana gelen afetlerin yönetiminden, valiye ayda bir eğer afet durumunda ise her an durum raporu vermeden, her türlü yardım toplanılması ve dağıtılmasından, bütçeden aldığı paranın kullanımına dair hesap vermeden, yasalar uyarınca verilen diğer zorunlulukları yerine getirmeden de sorumludur. İlgili bölgesel devlet görevlileri ve profesyonel ve uzman topluluk üyelerinden oluşan ve bölge meclis üyelerince atanan BPBD yönetim kurulu yerel afet yönetim politikasını hazırlama, uygulama, gözlemleme ve yerel afet yönetimini değerlendirme gibi görevleri yerine getirir. Profesyonel ve uzman kişilerden oluşan BPBD yürütme organı ise bölgesel bir otoritededir ve koordinasyon, komuta ve kendi bölgesinde meydana gelen afetlerin yürütülmesinden sorumludur. Bu sorumluluklarını yerine getirirken afet öncesi, sırası ve afet sonrasında yapılması gereken çalışmalardan da sorumludur.

2.4. SRC-PB/INDRRA (Acil müdahale ve yardım Kurumu)

SRC-PB / INDRRA çok çeşitli icracı bakanlık ve kurumlardaki sivil ve askerlerden oluşan bir birimdir. Çevre ve Afet Yönetiminde orta vadeli kalkınma planında 9 numaralı önceliğine dayalı olarak kurulmuştur. Afetten etkilenmiş acil müdahaleden sorumlu mahalli idarelere zamanında ve entegre bir şekilde sevk edilirler. Meydana gelen afetin ilk safhası boyunca insani ihtiyaçların yanı sıra afet etkilerinin biran önce değerlendirilmesinden de sorumludurlar. Afet olduğunda hükümet INDRRA' yı ilgili konuma ilk destek malzemeleri ile birlikte konuşlandırır. BNPB' nin başkanı komuta eder ve yapılması gerekenleri bildirir. Hazırda bekleyen 75 uzman personel gönderilecek ilk gruptur. INDRRA yerel yönetimleri kontrol eder. Her birim ve bölüm görev ve sorumlulukları altına girer. Etraftaki yerel kaynakları verimlice kullanır. Arama kurtarma ve tahliyeden, tıbbi hizmetler, afetzedelerin yerleştirilmesi ve geçici barınaklardan, yardım malzemelerin dağıtılmasından, uluslararası ve yerel yardım ve gönüllüleri yönetmesinden, merkezden gelen yardım ve desteği koordine etmeden sorumlu olduğu söylenebilir. Ayrıca yerel bazda acil durum yönetimde kapasitelerini geliştirmek için insan kaynakları yetiştirir. Tıbbi hizmetler, acil durumlar için güç kaynağı ve iletişim ağı ve acil müdahale ile başa çıkabilen takımlardan oluşur. Endonezya' nın batı tarafı için Jakarta' da; doğu tarafı için de Malang 'ta olmak üzere iki merkezleri vardır [9].

2.5. Afet Risk Azaltmada Hedefler

- Ulusal ve bölgesel İlgili yönetim kurumları (BNBP, BPBD, SRC-PB) kurularak insan kaynaklarına, ekipmana ve lojistik destek gibi ihtiyaçlara ulaşım için tasarruf kolaylaştırılmıştır. Böylece afetten etkilenmiş insanların hiç vakit geçirilmeden kurtarılması için afet müdahalesine başlanılması,
- Afet Yönetiminde sadece toplumun değil aynı zamanda özel sektör ve uluslararası sektörlerin de rol ve sorumluklarının belirlenmesi,
- Afet müdahalesi istikrarlı yürütülmeli ama afetin oluşuna, nerede ve ne kadar karmaşık olduğuna göre var olan durum ve şartlara adapte olabilmek için esnek olunmalı,
- Tüm faaliyetler şeffaf ve hesap verilebilir olmalı,
- Ulusal Afet Risk azaltma platformunun kurulması,
- Afet risk azaltmada dönemsel afet yönetim planı ve ulusal eylem planı hazırlanarak Ulusal orta vadeli gelişim planına entegre edilmesi,
- Risk değerlendirmede standartlaşma,

- Afet Yönetimi gelişimde öncelik arz etmesi,
- Acil durum planlarının hazır olması,
- Volkan ve deprem gözlem takip sisteminin yapılması,
- Belli eyaletlerde acil operasyonlar merkezinin kurulması,
- Afet yönetim simülasyonu ve çalışmaları,
- Daha güvenli okul ve hastanelerin inşa edilmesi,
- Okul müfredatlarına afet riski azaltma konusunun alınması ve entegre edilmesi,
- Afet azaltma eğitim merkezlerinin kurulması,
- Dirençli toplum hazırlama,
- Yönetimsel ve teknik personellerin yetiştirilmesi,
- Avusturalya, Endonezya ve diğer 18 Doğu Asya Ülke ajansları tarafından ortak bir Afet Acil müdahale yol haritası hazırlanması.

3. Afet Eğitiminde Yapılan Çalışmalar

Endonezya, afet riskini azaltmayı resmi eğitim programının içerisine koyarken bunu üç şekilde gerçekleştirmiştir. Birincisi, okul eğitim programında var olan derslerin içerisine konu ve temaları yerleştirilmiştir. Bunlar ilkokuldan üniversiteye kadar en çok beden eğitimi derslerinin içerisine konulmuştur. Ders müfredatına 1' nci, 2' nci ve 3' ncü sınıflarda yerleştirilen konular; afet ve güvenlikli hıfzıssıhha, trafik güvenliği ve çevre güvenliği. 7' nci, 8' nci ve 9' ncu sınıflarda yerleştirilen konular; güvenli açık hava etkinlikleri, ilk yardım, sağlıklı çevre, yardımlaşma ve destek konuları önceliklidir. Böylece afet eğitiminin daha çok daha alt sınıflarda verildiği görülmektedir (örnk: [12-13]). İkincisi, yerel içerikli eğitim programlarında özele indirilmiş konular olarak verilir. Üçüncüsü, eğitim öğretim yılı içerisinde kişisel gelişim programlarında afet riski azaltımı danışmanlık ve ekstra müfredat çalışmalarıyla yapılır [13].

Afet üzerine hazırlanan ders kitapları her seviyeye göre mevcuttur (Afet bilgisi; Afete hazırlık; iyileştirme). Öğretmenleri desteklemek için, ders eğitim materyalleri, afet riski azaltma modülleri, referans materyalleri yerel dillerde geliştirilmiştir ve bu konuyla alakalı kendi ders materyallerini geliştirmeleri için öğretmenler teşvik edilmektedirler [14]. 2005-2008 yılları arası Alman hükümetiyle ortak bir şekilde doğal afetleri anlama ve afetten korunma ve afet azaltma bilgi ve yetenekleri geliştirme için Fen Bilimleri eğitim kalitesi projesi vasıtasıyla ilkokullarda afet farkındalığı projesi uygulanmıştır. Her bir aktivite 20 öğrenciyle sınırlandırılarak maksimum her ders katılımı sağlanarak toplamda 58000 öğrenci eğitim almıştır. Ayrıca doğal afetler batıl inanç olarak görülmektedir. Endonezya da batıl bir inancın olması ve bunun üstesinden gelmek için "aileni ve kendini korumaya mı çalışırsın yoksa kadere mi bırakırsın" sorusunu öğretmenler öğrencilere yöneltmiştir. 2005' de devlet planlama teşkilatı ve eğitim programları hazırlama merkezi ilkokullarda afet hazırlığını ders planlarına koymuştur. İlk üç sınıfta temalara göre ayarlanan ders planları, 1.sınıflara sel ve depremler, 2. Sınıflara ishal salgını, tsunami ve volkanlar; 3. Sınıflara Chilungaya salgını, orman yangınları ve heyelanlar ana temalar olarak müfredatlar da yerini aldı. 4., 5. ve 6. sınıflarda farklı afet türleri; İslam dini, Matematik, Endonezya dili, Fen Bilgisi, Sosyal Bilgiler, Resim, Beden Eğitimi, Sağlık Bilgisi ve Kent Bilgisi dersleri içerisine yayılmıştır. Daha sonra bu kitapçık 2010 da tekrar gözden geçirilerek yenilenmiştir. Bunun en güzel yanı öğrencilerin eğlenerek öğrenmesi tercih edilmiştir [15].

4. Sonuç

Endonezya' da afet yönetimi, afet öncesi planlama, hazırlık, afet riski eğitimi, yetiştirme, mekansal düzenleme, olası afet erken uyarı araştırmaları afet esnası acil değerlendirme, acil durum kurtarma ve tahliye, temel ihtiyaçların karşılanması, koruma ve iyileştirme afet sonrası alt ve üst yapıların, sosyal hayatın, afet sonrası ekonominin, kamu düzeninin, sağlığın ve çevrenin iyileştirilmesi ve tekrar yapılandırılması olarak belirlenmiştir. 2007 ve 2008' de afet yönetimi için yapılan yasal düzenlemeler ile ulusal ve yerel düzeyde öncelikle devletin yapması gerekenler belirlenmiştir. Bütçe ve yardım yönetimi, afet yönetiminin kontrolü, gözlemlenmesi ve değerlendirilmesi bu yasa kapsamına alınmıştır. Toplumun ve ulusal-uluslararası sektörlerin içinde olduğu tüm paydaşların sorumluluklar alması esas alınmıştır. Eğitimde yeniliklere açık planlamalar yapılarak eğitim programlarında afet eğitimi ve risk azaltmaya yönelik derslerin kazandırılması tercih edilmiştir. Kurumsallaşma yönünden epey bir yol aldığı ve uzman-yetişmiş profesyonel özelliğe sahip ekip ile birlikte çalışmayı öncelikli olarak tercih ettiği anlaşılmaktadır.

Türkiye' deki afet ve risk yönetim sisteminin ani doğal olaylar sonrasında geliştiği bilinmekle beraber tüm afetlere (Örnk. göçmen, terör vb.) rahatlıkla uygulanabilecek yapısal özellik kazandırılmalıdır. Bu nedenle; farklı ülkelerin karşılaştıkları afet türlerine göre aldıkları tedbir, önlem ve yaptıkları gelişmeleri izlemekle doğal afetlerin zararlarını azaltmak ya da önlemek mümkün olacaktır. Ülkemizde yaşayan insanların (bölgesel ve yerel) afetler konusunda duyarlılığını artırmak, eğitimlerini sağlamak ve güçlü iletişim kurulmasını sağlamak için tüm yolların devreye sokulması gerekmektedir. Bakanlıklar, kurumlar, üniversiteler, sivil toplum kuruluşları ve paydaşların afet yönetimi ve risk azaltmada katkıları maksimum düzeyde sağlanılmalıdır. Afet eğitimi konusunda okul müfredatları güçlendirilmeli (ilköğretim, ortaöğretim, üniversite) ve özellikle teknolojik gelişime uygun olarak uzman (profesyonel) kişilerin yetiştirilmesi amaçlanmalıdır. Erken uyarı sistemleri ve acil durumlarda haberleşme gibi sistemlerin kurulup izlenmesi ve de ilgili aletlerin icadı konusunda Araştırma-Gelişme çalışmalarının yapılmasına destek verilmelidir. AFAD bünyesinde Tehlike/Risk Yönetimi ve Tehdit, Saldırı, Terör vb. Yönetimi başlıklarında birimlerinin kurulması yönetimsel boşluklar açısından öneme sahiptir.

Kaynaklar

[1] Açıklamalı afet yönetimi terimleri sözlüğü. T.C. Başbakanlık Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, 2014.

[2] Akyel, R., Afet yönetim sistemi: Türk afet yönetiminde karşılaşılan sorunların tespit ve çözümüne ilişkin bir