

# RAYLI SİSTEMLERDE ÜSTYAPI ELEMANLARI

# RAYLI SİSTEMLERDE ÜSTYAPI ELEMANLARI

**Enis SEVİL**

Emekli Demiryolcu  
Demiryolu Uzmanı  
Şubat 2023



Karabük Üniversitesi Yayınları - 89

**Yazar**

Enis SEVİL

**Editör**

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin Akay  
(Karabük Üniversitesi)

**Baskı**

Özer Matbaa - Murat Özer  
Gazipaşa Cad. 26/B Karabük  
T: 0(370) 424 16 19

**ISBN:**

978-605-9554-82-4

**Sertifika No**

45493

KARABÜK ÜNİVERSİTESİ

## TEŞEKKÜR

Bu kitabın basılmasını sağlayan Karabük Üniversitesi Rektörlüğüne, basıma öncülük eden Rektör Yrd. sayın Prof. Dr. Mustafa YAŐAR'a, kitabın Editörü, Raylı Sistemler Mühendisliği Program Başkanı sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin AKAY'a ve tüm emeği geçenlere Şükranlarımı sunarım.

**Enis SEVİL**  
**Emekli Demiryolcu**  
**Demiryolu Uzmanı**

## ÖNSÖZ

Değerli yazar Sayın Enis SEVİL ile yazlıkta 2018 yılında tanıştık. Kısa zamanda arkadaş olduk. Kendisi bana titizlikle ve büyük emek harcıyarak yazmış olduğu “Raylı Sistemlerde Kullanılan Üstyapı Elemanları” ve “Ray Kaynağı” adlı iki kitabını gösterdi. Okudum ve yakından inceledim. Benim alanımla ilgili olmamasına rağmen, kitapları çok beğendim. Çünkü gayet dikkatli ve büyük özveri ile yazılmış, dili gayet güzel ve akıcı. Kitaplarda kullanılan şekiller ve tablolar titizlikle hazırlanmış ve kitaptaki yerlerine uygun bir şekilde yerleştirilmiş. Bunlar kitaplara güzel bir görüntü vermiş. Yazar kendi bilgi ve tecrübelerine ilaveten çok sayıda önemli kaynaklardan yararlanarak kitaplarını yazmıştır. Bu durum kitaplara önem ve bilimsellik kazandırmış. Dolayısı ile kitaplar bu alanda ilgilenen her düzeydeki ilgilinin faydalanacağı eserler haline gelmiş. Alanı ile ilgili değerli iki kitap yazmış olan Enis Sevil’i tebrik ediyor ve kutluyorum.

Bu nedenle bu alanda eğitim gören öğrencilere, bu alanda çalışan ve ilgi duyan herkese, alanla ilgili öğretmenlere, okutmanlara, öğretim üyelerine ve vatandaşlara bu değerli eserlerden faydalanmalarını öneriyorum.

Saygılarımla.

**Prof. Dr. Mustafa ÖZCAN**

## SUNUŞ

Ben demiryolu olmayan, Marmara Denizi kıyısında Tekirdağ'da doğdum. İlk ve Orta Okulu bu güzel kentte okudum. Demiryolu Meslek Okulu sınavını kazandım. Treni ilk defa Ankara'ya gitmek için bindiğimde gördüm.

Günümüzde teknoloji her gün hızla gelişiyor. Bilgi ve deneyimlerin bir zihinden diğerine aktarılması gerektiğine inanmaktayım.

Demiryollarında uzun yıllar çalıştım. Okulda çok değerli kültür ve meslek dersleri öğretmenlerimizin bize verdiği eğitim ve öğretim ile meslek hayatımda edindiğin deneyimleri ve bilgileri bir araya getirip yazmam için, Sayın Ahmet Gök Beyefendinin ve dostum Şehzat Günoral kardeşimin beni teşvik etmeleri neticesinde bu bilgileri bir araya getirdim.

Bu çalışmamın gerçekleşmesinde beni teşvik eden başta Sayın Ahmet GÖK Beyefendiye, ısrarla yazmam için uyararak ve değerli bilgilerini benimle paylaşarak kıymetli dostum Şehzat GÜNORAL'a Sevgili Eşim Müzeyyen'e, çocuklarıma, beni yetiştiren öğretmen ve meslektaş ağabeylerime ve emeği geçen herkese teşekkür ve şükranlarımı sunarım.

Öğrenci kardeşlerime de başarılar dilerim.

**Enis SEVİL**

## EDİTÖR'ÜN SUNUŞU

Bu kitapla birlikte, Karabük Üniversitesi'nin "Raylı Sistemler Teknolojisi" alanındaki üçüncü kitabı yayınlanmaktadır. İlk kitap 2018 yılında "Balastlı Üstyapılarda Yol Tamir ve Bakımı" adıyla ve ikinci kitap da, 2019 yılında "Demiryolu Hatlarının Döşenmesi (Poz)" adıyla kullanıcıların hizmetine sunulmuştur.

2003 yılından itibaren Türkiye'de demiryolu 50 yıllık bir ihmalin ardından yeniden devlet politikası olmuş ve TCDD ihtiyaç duyduğu; siyasi, idari ve mali desteğe kavuşmuştur. 2003 - 2018 döneminde TCDD'nin 63 milyar TL tutara erişen demiryolu yatırımları; YHT hatları inşası, hat yenilemeleri, yeni hatların planlanması ve inşası, elektrifikasyon, sinyalizasyon ve haberleşme sistemi yatırımları, taşıt üretim ve tedarikleri, vb. şekilde çeşitlenmektedir. Diğer yandan, büyüyen kentlerin ulaşım ihtiyacının da, ancak raylı sistemler ile çözülebileceği ortaya çıkmıştır. Demiryolu yatırımlarına paralel olarak, 16 kentte işleyen "raylı sistem" yatırımları, hem genişlemekte, hem de diğer kentlere yayılma eğilim göstermektedir.

Demiryolu ve kentiçi raylı sistem yatırımlar, özel sektöre de canlılık getirmiş, sanayiciler tasarım ve imalat tecrübeleri hızlı bir şekilde sektöre uyarlamaya başlamışlardır. Bu kapsamda, Türkiye'nin çeşitli kentlerinde "raylı taşımacılık endüstrisine" yatırım yapan işletmeler ve meslek örgütleri doğmuş, ortak yatırımlarla da gerekli taahhüt işlerini gerçekleştirmeye başlamışlardır. Gelişmeler, özel sektörün dışı açılmasını ve uluslararası ihaleleri kazanmasına, yabancı sermayenin de ülkemize yatırım yapmasını doğurmuştur.

Bütün bu gelişmeler, raylı sistemlerde çalışan her seviyedeki insanların amaca uygun şekilde eğitilmesinin gereğini ortaya koymaktadır. 2003'ten bu yana yaygınlaşan raylı sistemler yatırımları, öncelikle yabancı uzman ve firmalar yönetiminde gerçekleştirilmiştir. Yerli uzman, teknisyen ve vasıflı işçilerin yetişmesi de bu yatırımlar süresince "işbaşı eğitim" yoluyla gerçekleşmektedir. Bu eğitimin hızlı ve kaliteli olması da, güvenilir basılı eğitim materyalinin varlığına bağlıdır.

Adedi yıllar içinde artan demiryolu sektörü odaklı Meslek Liseleri ile Meslek Yüksek Okullarının; yönetim, donanım ve kadro zayıflığı yaşadığı bilinmektedir. MEB - TCDD işbirliğiyle hazırlanan MEGEP ders materyalleri önemli bir görev üstlenmiş ve bir boşluğu doldurmuştur. Ancak MYO'lar ve Mühendislerin ihtiyaçları için, daha üst seviyeli yayınlara ihtiyaç vardır. Bu kitap da, raylı sistemler yatırımları ve inşaatı alanında çalışacak "profesyoneller" için olduğu kadar, Karabük Üniversitesi - Mühendislik Fakültesinde 2011 yılından beri süregelen "Raylı Sistemler Mühendisliği" eğitiminin bazı dersleri için de, kaynak kitap görevi yapacaktır. Öğrencilerin İngilizce mesleki terimleri tanıması amacıyla, konu başlıkları İngilizce terimlerle desteklenmiştir.

Corona pandemisi nedeniyle 2 yılı aşkın gecikmeden sonra, kitabın basımına geçmekten mutluyuz. Eserin kullanıcılara yararlı olacağını ümit ediyor ve kitap hakkındaki meslektaşlarımızın değerlendirmelerinizi bekliyorum.

**Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Emin AKAY**  
**KBÜ Mühendislik Fakültesi**  
**Raylı Sistemler Mühendisliği Prog. Bşk.**



# İÇİNDEKİLER

<b>BÖLÜM 1</b> .....	<b>12</b>
<b>RAYLI TAŞIMACILIK SİSTEMLERİNE GİRİŞ</b> .....	<b>12</b>
1.1. Temel Kavramlar (railway basics) .....	12
1.1.1. Demiryolu (railway) .....	12
1.2. Altyapı (infrastructure) .....	12
1.3. Üstyapı (superstructure) .....	13
1.4. Elektromekanik sistemler ve Sabit yapılar (electromechanical installations and premises) ..	13
1.5. Çeken ve Çekilen Araçlar (rolling stock).....	14
1.6. Yardımcı Araçlar (auxiliary vehicles) .....	14
<b>BÖLÜM 2</b> .....	<b>15</b>
<b>BALASTLI ÜSTYAPI</b> .....	<b>15</b>
2.1. Balastlı Üstyapı Nedir? .....	15
2.1.1. Balast tabakası.....	15
2.1.2. Balastlı üstyapının özellikleri .....	15
2.1.3. Balast .....	15
2.1.4. Balastın görevleri.....	16
2.1.5. Balast yapılacak taşta aranan özellikler .....	16
2.1.6. Balast cinsleri.....	16
2.2. Balast Gabarisi.....	17
2.3. Balastın Hazırlanması .....	17
2.4. Balast Figürleri .....	18
2.5. Balast Testleri.....	19
2.5.1. Basınç testi .....	19
2.5.2. Los Angeles testi.....	19
<b>BÖLÜM 3</b> .....	<b>21</b>
<b>TRAVERSLER</b> .....	<b>21</b>
3.1. Traversin görevleri .....	21
3.2. Travers Tipleri .....	22
3.2.1. Ahşap traversler .....	22
3.2.2. Demir (çelik) travers .....	28
3.2.3. Beton traversler .....	30

3.2.4. Kompozit (plastik) travers.....	35
<b>BÖLÜM 4 .....</b>	<b>37</b>
<b>RAYLAR.....</b>	<b>37</b>
4.1. Ray'ın Görevleri.....	37
4.2. Ray Türleri ve Ray Kısımları .....	37
4.3. Ray'da Yapısal Özellikler .....	38
4.3.1. Bombelik.....	38
4.3.2. Genişlik.....	38
4.3.3. Yükseklik.....	38
4.3.4. Ray yanaklarının eğimi .....	38
4.3.5. Gövde kalınlığı.....	38
4.3.6. Cebire yuvalarının eğimi.....	39
4.3.7. Ray tabanı.....	39
4.4. Rayları Etkileyen Kuvvetler .....	39
4.4.1. Düşey (dikey) kuvvetler .....	40
4.4.2. Yanal (yatay) kuvvetler .....	40
4.4.3. Ray'a tesir eden aksenal kuvvetler .....	41
4.4.4. Rayların kimyasal bileşimi .....	42
4.4.5. Ray profilinin seçimi .....	42
4.4.6. Raylara eğim verilmesi .....	43
4.4.7. Tekerlerde apletlik .....	45
4.4.8. Raylarda apletlik.....	46
4.4.9. Ray kusurları.....	47
4.4.10. Rayların aşınması.....	55
4.4.11. Ray aşınmalarının önlenmesi.....	57
4.4.12. Rayların işletme altında kontrolü .....	58
4.4.13. Ray ek yerleri, contalar .....	59
4.4.14. Conta aralıkları .....	62
4.5. Kurplarda İç Ray Kısılması .....	64
4.6. Sürekartman (Ekartman fazlası).....	65
4.7. Rayların Kırılması.....	66
4.7.1. Ray'lar niçin kırılır? .....	66
4.7.2. Ray kırılmaları nasıl önlenir? .....	67

4.8. Rayların Kaynaklanması .....	67
4.8.1. Kaynak hakkında genel bilgi .....	67
4.8.2. Ray kaynağının amaçları.....	68
4.8.3. Kaynak çeşitleri .....	69
4.8.4. Kaynak yapılmadan önce ve kaynak sırasında yolda yapılacak işler .....	70
4.8.5. Termit kaynağı.....	70
4.8.6. Kaynak ekipmanları .....	71
4.8.7. Kaynak malzemesi.....	71
4.8.8. Alüminotermite kaynak yapımı .....	72
4.8.9. Termit kaynak hataları .....	73
4.8.10. Kaynakların tahribatsız muayene metodu (NDT) ile kontrolü .....	74
4.8.11. Makine kaynağı .....	74
4.8.12. Dolgu kaynağı .....	76
4.8.13. Direnç levhalarının kullanılması .....	77
4.8.14. Rayların taşlanarak düzeltilmesi .....	77
4.8.15. Ray taşlama metotları .....	78
4.8.16. Taşlama makineleri .....	79
<b>BÖLÜM 5 .....</b>	<b>80</b>
<b>BAĞLANTI ELEMANLARI .....</b>	<b>80</b>
5.1. Bağlantı Elemanlarının Tanımı .....	80
5.2. Bağlantı Elemanlarının Görevleri .....	80
5.3. Bağlantı Elemanlarının Özellikleri .....	80
5.4. Bağlantı Elemanlarının Sınıflandırılması .....	80
5.4.1. Rijit bağlantılar .....	80
5.4.2. Esnek bağlantılar .....	71
5.5. Rayların Birbiri İle Bağlanması .....	81
5.5.1. Cebire .....	81
5.5.2. Cebire blonu .....	81
5.5.3. Rondela .....	82
5.5.4. Kör cebire .....	82
5.5.5. İzole cebire .....	82
5.5.6. Özel cebire.....	83
5.6. Rayların Traverse Bağlanması .....	83

5.6.1. Rayların ahşap traverse bağlanması .....	83
5.6.2. Demir travers bağlantı elemanları .....	88
5.6.3. Beton travers bağlantı elemanları.....	89
5.6.4. Elastik bağlantılar .....	90
5.6.5. Elastik bağlantıların işletme kriterleri .....	93
5.6.6. Elastik bağlantı örnekleri.....	93
<b>BÖLÜM 6 .....</b>	<b>95</b>
<b>BALASTSIZ ÜSTYAPI.....</b>	<b>95</b>
6.1. Giriş .....	95
6.2. Balastsız Üstyapı Tipleri .....	96
6.2.1. Traversli balastsız üstyapılar .....	97
6.2.2. Traverssiz prefabrik sistemler .....	104
6.2.3. Sürekli mesnetlenmiş ray uygulamaları .....	108
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>109</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>111</b>

# BÖLÜM 1

## RAYLI TAŞIMACILIK SİSTEMLERİNE GİRİŞ

### 1.1. Temel Kavramlar (railway basics)

#### 1.1.1. Demiryolu (railway)

Paralel iki çelik raydan oluşan bir yol üzerinde, çelik tekerleklerin kılavuzlanarak hareket ettirilen taşıtlarla, insan ve eşya taşımalarını sağlayan tesisler, demiryolu olarak isimlendirilir. Geçmiş 1800'lü yılların başına dayanan ve ilk olarak maden ocaklarında kurulan bu tür taşıma sistemleri, 1830 yılında İngiltere'de Manchester - Liverpool kentleri arasında açılan hat ile demiryolu çağı başlamıştır. Demiryolu çağını takiben, 1863 yılında Londra'da hizmete giren "Metropolitan line" hattı ile de kentsel demiryolu dönemi doğmuştur. Demiryolu ve kentsel demiryolları birlikte, raylı ulaştırma sistemleri adıyla anılmaktadır.

Demiryollarının kurulmasıyla şehirler, ülkeler arasında hareketlilik, insan ve yük taşıma faaliyetleri kolay, ucuz ve süratli yapılmaya başlamış, bu sayede uygarlık daha da büyük bir hızla ilerleyebilmiştir.

Raylı ulaştırma sistemleri; Altyapı, Üstyapı, Araçlar (çeken ve çekilen vasıtalar) ile Elektromekanik sistemler ve tesisler olarak dört ana unsurdan meydana gelmektedir. Bu tarife göre raylı sistemin bir bütün olduğu, sadece üstyapıyı meydana getiren ray, travers ve balasttan ibaret bulunmadığı, istasyon binaları, köprüler, tüneller, lokomotif depoları, sinyalizasyon, elektrifikasyon, telgraf, telefon tesisleri ve benzerlerinin de demiryolunun bir parçası olduğu anlaşılmaktadır. Bu tarife göre, iyi bir raylı sistemin, bir bütün olarak sağlıklı çalışmasının gereği anlaşılır (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Demiryolu (Foto Barış Özer)

### 1.2. Altyapı (infrastructure)

Raylı sistemin üzerine kurulduğu platformun (sahanın) yapılması işi altyapı olarak isimlendirilir. Altyapı içerisinde; yarmalar, imlalar (dolgu), köprüler, viyadükler, tüneller, istinat ve koruma duvarları vs. türü imalatlar girmektedir. Bu tür imalatlar, "sanat yapıları" olarak da isimlendirilir. Raylı sistemlerde sabit tesisler ise; istasyonlar, yolcu peronları, alt ve üst geçitler, depo ve bakım atölyesi, yük ambarları, rampalar ve yükleme-boşaltma sistemleri gibi yapılardır (Şekil 1.2).

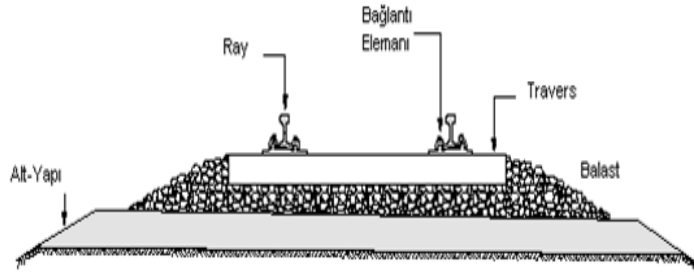


Şekil 1.2. Varda Köprüsü - Pozantı (Foto Tarık Kara)

### 1.3. Üstyapı (superstructure)

Üstyapı, altyapının üzerine inşa edilen, tren yüklerine yataklık ederek ve yükü yayıp, azaltarak altyapıya aktaran yapıdır. Üstyapı araç tekerleklerinden gelen yüklerle direkt temas ettiği için periyodik bakım ve yenilemeye ihtiyaç duymaktadır. Raylı sistemlerde; balastlı ve balastsız olarak iki çeşit üstyapı vardır. Şekil 1.3'te gösterilen, balastlı üstyapı;

- ~ Balast,
- ~ Traversler,
- ~ Raylar ve
- ~ Ray - Travers bağlantı malzemelerinden oluşmaktadır.



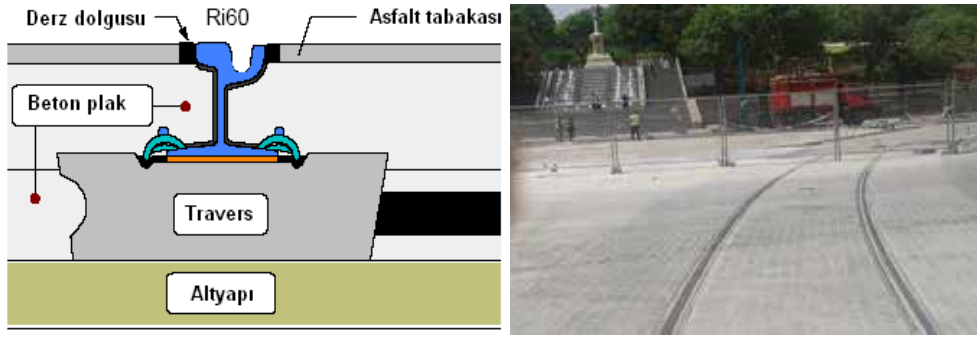
Şekil 1.3. Balastlı üstyapı

Balastsız üstyapı ise, Şekil 1.4'te gösterilmiş olup;

- ~ Asfalt beton yataklı üstyapı
- ~ Beton plaklı üstyapı
- ~ Prefabrik Panelli Üstyapı gibi türleri bulunmaktadır.

### 1.4. Elektromekanik sistemler ve Sabit tesisler (electromechanical installations and premises)

Enerji nakil hatları, trafolar, metrolar için üçüncü raylar, sinyal ve haberleşme sistemleri kurulur. Bu sistemler ile taşıtlar enerjilendirilir, trafik yönetilir, sistem elemanları arasında haberleşme sağlanır. Bu yapılar elektromekanik sistemler olarak tanımlanır.



Şekil 1.4. Balastsız üstyapı elemanları (solda), Konya Alaattin Tramvay hattı (sağda)  
(Foto E. Sevil)

Ayrıca raylı taşımacılığın yapılması için, yük ve yolcu hizmetleri için; bina ve tesislere ihtiyaç vardır. Bu tür yapılar; gar, istasyon, depo, döner köprü, rampa, kantar, yıkama tesisi gibi olabilir. Bu tesisler sayesinde, yolcu indirme - bindirme, bilet satış ve rezervasyon, bekleme, depolama, yükleme - boşaltma, bakım - onarım gibi hizmetler görülür.

### 1.5. Çeken ve Çekilen Araçlar (rolling stock)

Raylı hat üzerinde hareket eden araçlara; cer vasıtalarına, çeken ve çekilen araçlar gibi isimler verilmektedir. Bu tür taşıtlar kullanma amacına göre; lokomotifler, yük ve yolcu vagonları, mototrenler (otomotris taşıt, DMU ve EMU), yüksek hızlı tren setleri, demiryolu tamir-bakım taşıtları gibi türlerde olmaktadır.

Lokomotifler, bünyesinde hareket enerjisini üreten, diğer araçları çeken makinelerdir. Dizel, elektrikli ve hibrid türü enerji ile çalışırlar.

Yük vagonları, hareket enerjisine sahip olmayan ve Lokolar tarafından çekilen taşıtlardır. Kullanma amacına göre, farklı biçim ve türlerde yük vagonları kullanılmaktadır. Yolcu vagonları da, Lokolar tarafından çekilerek, yolcu taşıma amaçlı kullanılan makinelerdir.

Mototrenler (otomotris taşıt, DMU ve EMU) kentsel tren işletmeciliğinde (banliyö, commuter) veya kısa mesafeli bölge tren işletmeciliğinde kullanılan, çeken ve çekilen vagonları birarada bağlı (ayrılmayan set halinde) taşıt dizileridir. Dizel motoruyla tahrik edilenler DMU, elektrikli tahrikli de EMU olarak tanımlanır.

Yüksek hızlı tren (YHT) setleri de, ayrılmayan set halindeki, 6 veya daha çok vagon dan oluşan taşıt dizileridir. Bu tür trenler, özel yapılmış hatlarda ve 250 km/sa hızı aşan şartlarda çalışmaktadır.

Demiryolu ölçüm - tamir - bakım taşıtları ise, hat ölçümleri, hat inşası ve tamiri, vb. hizmetleri yapan, kaza ve acil durum trenleri, kar temizleyiciler gibi türlerde hizmet görürler.

### 1.6. Yardımcı Araçlar (auxiliary vehicles)

Normal raylı taşıt işletmeciliği amacı dışında kalan, hizmetlerde kullanılan taşıtlardır. Deray kaldırma vinci, kar küreyici, bakım-onarım makineleri, hat ölçüm makinesi, poz makinesi, kaynak makinesi, buraj makinesi, motorlu drezin, çok maksatlı demiryolu aracı, katener döşeme makinesi, vb. olmak üzere çok çeşitli yardımcı taşıtlar bulunmaktadır.

## BÖLÜM 2

### BALASTLI ÜSTYAPI

#### 2.1. Balastlı Üstyapı Nedir? (what is ballasted superstructure?)

##### 2.1.1. Balast tabakası (ballast layer)

Yol çerçevesinin altına döşenen ve granit, bazalt gibi volkanik kayalar ile silisli kireç taşı, sert kum taşı ve sert kalker taşlarının 20 - 70 mm dane çaplarında kırılmasıyla elde edilen tabakaya "balast tabakası" denir.

##### 2.1.2. Balastlı üstyapının özellikleri (properties of ballasted superstructure)

Balastlı üstyapı, balast tabakası üzerine döşenmiş ahşap, çelik veya betonarme traverslere mesnetlenmiş ray dizilerinden meydana gelmektedir. Balastlı üstyapı elemanları balast tabakası, traversler, çelik ray ve bağlantı elemanlarından oluşur.

Taşıtların raylar üzerindeki "yüzer biçimli" esnek hareketi sonucu balast tabakasına kuvvet uygulandığında, balastlı üstyapı yolun, kuvvet, şiddet ve yönüne paralel olarak şekil değiştirmesine ve kuvvet ortadan kalktığında, tekrar eski şeklini almasına olanak tanır. Balastlı üstyapı inşaatları yapım aşamasında, balastsız üstyapı inşaatlarına göre daha düşük maliyetlidir.

Geniş kapsamlı laboratuvar araştırmaları ve işletme hatlarında uzun yıllar yürütülen inceleme ve gözlemlere dayanarak, balastın oturma davranışının, bir yandan balastın basınçla sıkışmasına; öte yandan işletme ve hava şartlarına bağlı olduğu görülmüştür.

Bu nedenle balastlı üstyapılarda, bina temel yapılarındaki gibi, bir "temellendirme olmaması" nedeniyle; işletme etkileri altında zamanla balast yatağındaki dane yer değiştirmeleri ve bununla birlikte de yol çerçevesinin düzensiz yerleşip oturması gibi olumsuzluklar ortaya çıkmaktadır. Diğer bir deyişle, hat kalitesi giderek bir kötüleşmektedir. Bu nedenle balast üstyapısının düzenli aralıklarla buraj ve dresajının yapılması gerekir.

Bu işlemler sonucu olarak da, işletme, tamir ve bakım masrafları artmaktadır. Bu tür operasyonlar, insan emeği azaltılarak, büyük ölçüde mekanize edilmiş ve bu sayede maliyetlerde azalma sağlanabilmiştir. Bunlara rağmen bakım işleri yoğun sefer yapılan hatlarda tren işletmesinin engellenmesine yol açmaktadır.

Balastlı üstyapının bu özelliği;

- ~ Yol çerçevesinin çok hızlı ve kolay şekilde döşenebilmesini sağlar.
- ~ Hat geometrisi tren ağırlıkları ve hızların etkisi ile bozulduğunda düzeltilme imkânı tanır.

##### 2.1.3. Balast (ballast)

Lokomotif, makine ve vagonların ağırlıklarının ray vasıtasıyla traverse intikal eden tesirlerini altyapıya dağıtan ve platform üzerine serilen; kırma taş, toplama taş veya çakıl gibi malzemeye "balast" denir. Altyapıda meydana gelecek gerilmelerin gerek şiddeti, gerekse üniform (*değişmez şekilde olan, hepsi bir şekilde*) olmasını temin bakımından balastın önemi büyüktür. Basıncı en iyi dağıtan bir malzeme olması bakımından, demiryollarının ilk dönemlerinde, bu maksatla kum, çakıl da kullanılmıştır. Kumla travers arasındaki sürtünme direncinin az olması, gerekse rüzgâr ve su tesiri ile kumun zor muhafaza edilmesi sebebiyle elverişli olmadığı anlaşılınca, çakıl kullanılmaya başlanmış, ancak bununla yeterli derecede sürtünme direnci elde edilememiştir. Günümüzde



bütün demiryolu idareleri kırma taştan yapılmış balast kullanmaktadırlar. Kırma taş balastlar, mümkün olduğu kadar, kullanılacağı bölgeden temin edilmeli ve nakliye ihtiyacı en az olmalıdır.

#### 2.1.4. Balastın görevleri (the functions of ballast)

Balast'tan aşağıdaki fonksiyonları yerine getirmesi beklenmektedir:

- ~ Traverslerden gelen yükleri altyapıya daimi deformasyon yapmayacak şekilde ve 45 derecelik bir açı ile platforma intikal ettirmek,
- ~ Traverslere, dolayısıyla yola, gerek yanal gerekse boyuna doğrultulardaki hareketlere karşı direnç temin etmek,
- ~ Traversleri kuru tutarak paslanma ve çürümelerine mani olmak, ömürlerini uzatmak,
- ~ Suların altyapıya varmadan akmasını, hava cereyanını sağlayarak yolun kuru olmasını sağlamak,
- ~ Yola gerekli elastikiyeti vermek, sarsıntı ve vuruntuları önlemek,
- ~ Yolun düşük ve gizli düşüklerinde tatbik edilen rölevaj ve buraj işlemlerinde dolgu malzemesi olarak kullanıldığı için yolun nivelmanı'na getirilmesini sağlamak,
- ~ Şiddetli soğuklarda platformun donmasını önlemek,
- ~ Yolda ot yetişmesine engel olmak.

#### 2.1.5. Balast yapılacak taşta aranan özellikler (required properties of stone to be ballasted)

Balast yapılacak taşlarda aşağıdaki özellikler bulunmalıdır:

- ~ El ve makinalı buraj darbelerine dayanacak kadar homojen (tek tip, her yeri bir veya aynı, içerisinde farklılıklar taşımayan anlamlarına gelir) ve kâfi derecede sert olmalı,
- ~ Büyüklüğü 3-6 cm arasında ve kübik yapıda olmalı,
- ~ Traverslere, dolayısıyla yola, gerek yanal gerekse boyuna doğrultulardaki hareketlere karşı etkili olabilmesi için kenarları keskin köşeli olmalı,
- ~ Temiz, topraksız suyu kolayca süzüp akıtacak durumda bulunmalı,
- ~ Bileşiminde raylara tesir edecek maddeler olmamalı,
- ~ Sıcaklık değişikliklerinde, kendiliğinden kırılıp dağılmamalıdır.

#### 2.1.6. Balast cinsleri (type of ballasts)

##### a. Kırma balast (crushed ballast)

Ocaktan çıkarılan iyi nitelikteki homojen moloz taşlar, balast çekici veya konkasörle kırılarak elde edilir. Bu tür balast keskin köşeli olduğundan travers altında kâfi derecede sürtünme direnci sağlar, köşeleri sebebiyle kaynaşma temin ettiğinden traverse doğrudan doğruya yataklık eder. Bu sayede yolda yapılan tamiratlar uzun ömürlü olur (Şekil 2.1).

##### b. Çakıl balast , dere balast (gravel ballast)

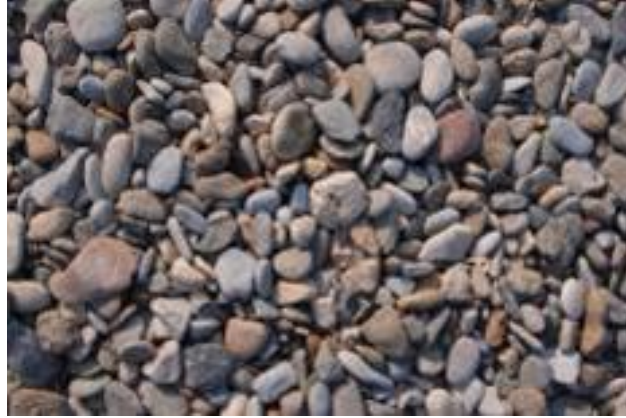
Derelerden elde edilen ve yuvarlak yüzeyleri nedeniyle, sürtünmesi az olduğundan kaydırıcı etkiye sahiptir. Balast'tan istenen özellikte değildir. İri çakılların kırılarak, düşük süratli demiryolu hatlarında ve özel hallerde kullanılması kısmen mümkündür.

En iyi balast püskürük kayalardan; diyorit, bazalt, porfir, diyabaz, granit gibi sert kayalar ile sert kalkerden yapılması uygundur. Bütün demiryolu idareleri balast tanesinin belli sınırlar arasındaki büyüklükte olmasını teknik şartnamelerinde isterler.



Şekil 2.1. Kıрма balast

TCDD'nin ülkemiz demiryollarında balast için bu limitler 3 - 6 cm'dir. Bu ölçünün anlamı "balast 3 cm'lik yuvarlak delikli ölçü eleğinden geçmemeli" ve "6 cm'lik halkadan geçmeli" demektir. Bununla beraber her balast tanesinin mutlaka bu şartları sağlaması gerekmez. Her demiryolu idaresi, ülke şartlarına ve imalat imkânlarına göre irilik belirlemektedirler (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Dere balastı

Balast tabakasının fonksiyonları çeşitlidir. Bu sebeple yüksek standartlı demiryollarında, balast tabakası iki kısımda değerlendirilir.

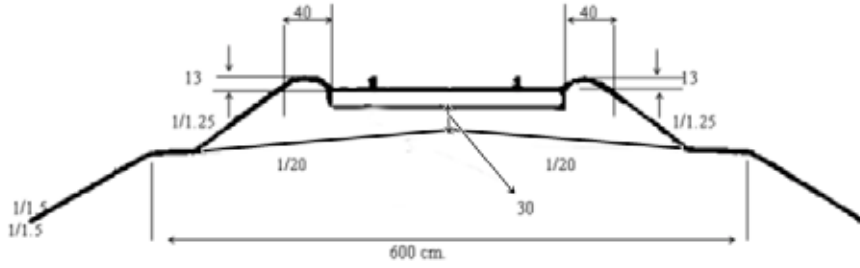
## 2.2. Balast Gabarisi (ballast gauge)

Her tip yolda balast kalınlığı aynı olmadığı gibi, bu kalınlığa tabi olan balast genişliği de aynı değildir. Bu yüzden yolda döşeli balastın "en kesit boyutları" değişik olunca, bu balastın beher metre uzunluğunda hacmi de aynı değildir.

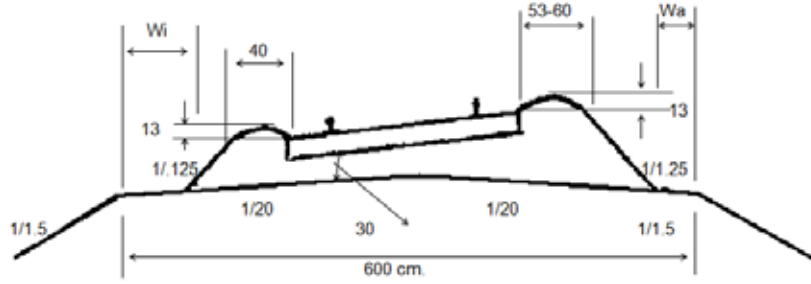
Balast kalınlığı kurplarda iç ray hizasında travers altında 30 cm, doğru yollarda hat ekseninde travers altında 30 cm olarak uygulanır (Şekil 2.3 ve 2.4 ).

## 2.3. Balastın Hazırlanması (ballast preparation)

Projenin "Fenni şartnamesine" uygun evsafa balast üretimi için, taş ocaklarından çıkarılan moloz taşlar çekiç veya konkasörle kırılarak, balast haline getirilir. Bu işi ya demiryolu idaresi kendisi yapar veya yüklenici (müteahhit) marifetiyle yaptırır. Her iki şekilde de üretilen balastın fenni şartnameye uygunluğu istenir. Üretilen balastın ocaktan alınıp, hat'ta dökülmesi için demiryolu hattına yakın müsait yerlere depolanması lazımdır.



Şekil 2.3. Düz yolda balast tabakası kalınlığı

Şekilde görülen  $W_i$  ve  $W_a$  değerleri, devre tabi olarak değişir.

Şekil 2.4. Kurbalı yolda balast tabakası kalınlığı

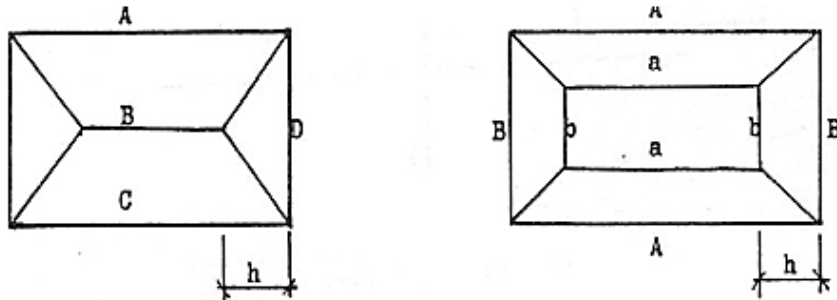
Üretilen balastın, kullanım bölgelerine yakın olarak belirli geometrik düzende yığılarak, depolanması "Figüre" olarak isimlendirilir. Depolama yapılırken, balastın kirlenmemesi için üzerine kamyon çıkartılmaz. İyi bir ocakta bazen iyi olmayan taş damarlarına da rastlanır, bu tür taşların balasta karıştırılmaması gerekir.

Balast yığınları içine fazla iri veya çok mıcırlı balast veya toprak karıştırılmamasına dikkat edilir. Figüre yapılacak yerler daha evvelce tesviye edilir ve balast üretimi yapacak olan müteahhide zabıta teslim edilir.

#### 2.4. Balast Figürleri (ballast stacks)

Balastın figüre şeklinde depolamalarda hat gabarisi içerisine girmemesine dikkat edilmelidir. Figüre yapmaya müsait yeri olmayan verimli ocaklar için, hat boyunda ve ocağa yakın yerlerde figüre yerleri yapılır. Yapılacak figürlerin Şekil 2.5'te verilen geometrik şekle uygun olması lazımdır. Bir balast figüresinin ölçülüp teslim alınabilmesi için;

- ~ Şeklen ölçülebilecek düzgünlüğe sahip olması,
- ~ Figürdeki balastın içinde 6 cm'den büyük ve 3 cm'den küçük taşların fenni şartnamede kabul edilen yüzde nispetinden fazla olmaması lazımdır.



$$V = \frac{hD}{6}(A+B+C)$$

$$V = \frac{h}{6}[B(2A+a)+b(2a+A)] = m^3$$

Şekil 2.5. Balast figürü

## 2.5. Balast Testleri (ballast tests)

Agrega, kum ve çakıl karışımı malzeme olarak tanımlanmaktadır. Genellikle büyüklüğü 1 - 4 mm arasında olan agrega kum olarak, 8 - 31,5 mm arasında olan agrega **çakıl** olarak, 31,5 - 64 mm arasında olan agrega ise **balast** olarak adlandırılır.

Agrega Deneyleri;

- ~ Alkali-Agrega reaktivitesinin belirlenmesi,
  - ~ Agregalarda su emme oranı,
  - ~ Agregalarda dayanıklılık testleri,
  - ~ Agregalarda yıkanabilir maddeler,
  - ~ İri agregaların parçalanmaya karşı direnci,
  - ~ Tane büyüklüğü dağılımı (granülometri)
- şeklinde sıralanmaktadır.

### 2.5.1. Basınç testi (pressure test)

Agregalara uygulanan “Dayanıklılık Testi”nin yapılışı Şekil 2.6’da gösterilmiştir. Bu işlemde balast taşının yüke karşı dayanımı test edilmektedir.



Şekil 2.6. Balast basınç deneyi

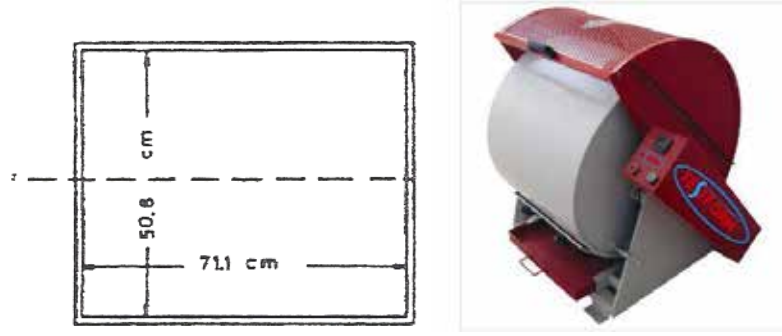
### 2.5.2. Los Angeles testi

Los Angeles aşınma deneyi, agregaların maruz kaldığı yükler karşısında kırılmadan, ufalanmadan “karşı koyabilme direncinin miktarını” tayin etmek için yapılmaktadır. Agregaların aşınma direnci, agrega tanelerinin kırılabilirliği ve sertliği, süreksizlik düzlemleri, minerallerin kenetlenmesi ile taneler arasındaki bağın mukavemetini göstermektedir.

Test’te kullanılan silindirin iç çapı 71,1 cm ve iç uzunluğu da 50,8 cm’dir. Silindir içine 5 kg’lık numune ve her biri 420 gr olan 12 çelik top konur. Sonra silindire 30 - 33 devir/dk hızla toplam 500 defa dönme hareketi yaptırılır.

Numunenin ilk ağırlığı **A** ve test sonucundaki ağırlığı **B**, elek üstünde kalan numune ağırlığı da **W<sub>LA</sub>** ile gösterilir. Burada **d** değeri; Fransız Demiryolları için d = 1,6 mm, İngiliz Demiryolları için d = 2,36 mm olarak alınmaktadır.

$$W_{LA} = \frac{A - B}{A} \cdot 100$$



Şekil 2.7. Los Angeles test silindiri

Aşınma yüzdesi Los Angeles katsayısı olarak ifade edilir. Fransız Demiryollarına göre balastın Los Angeles katsayısı 25'den küçük olmalıdır.

Los Angeles testi aşağıdaki üstünlüklere sahiptir:

- ~ Test süresi kısadır,
- ~ Operatörün etkisini önemli derecede azaltır,
- ~ Doğal malzemenin zayıflığını belirleyecek derecede etkili bir testtir,
- ~ Birçok projede kırma taş ve doğal malzeme için test sonuçları kabul edilir,
- ~ Doğal malzemenin, kırma taş ve çakıl için aynı derecede uygundur.

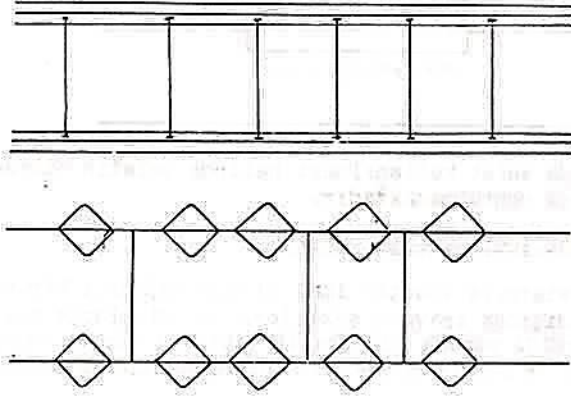
Günümüzde pek çok demiryolu veya metro işletmesinin teknik şartnamesi, Los Angeles testini esas almaktadır.

## BÖLÜM 3

### TRAVERSLER

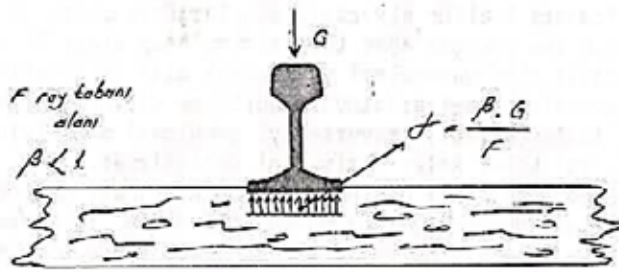
#### 3.1. Traversin görevleri (functions of sleepers/ties)

Günümüzde travers denince balast üzerine ray eksenine dik doğrultuda düzgün aralıklarla konulan “enine kirişler” akla gelir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Traverslerin hat'ta yerleştirilmesi

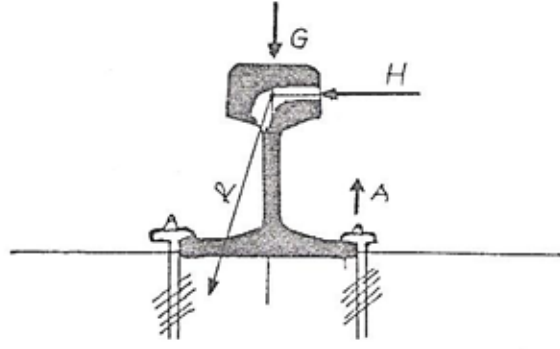
Tekerleklerden raylara gelen kuvvetler, balast ve altyapıya traversler vasıtasıyla intikal eder. Buna göre traversin, ray, eğer varsa selet tabanında oluşan basınç gerilmelerini “ezilmeden karşılaması” gerektiği ortaya çıkar (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Travers eksi eden kuvvetler

Demiryolunda iki ray dizisi arasındaki “ekartman” denilen açıklığın, standart sınır değerlerin arasında olması istenir. Bu özelliğin sağlanmasını da traversler temin ederler.

Gerek alıymanda “lase hareketleri”, gerekse kurplarda “kılavuzlama kuvveti” sebebi ile düşey “G” yüklerinin yanında, ray’a yanıl doğrultuda tesir eden “H” kuvvetleri vardır. Bu iki kuvvet birleştirilirse “R” Bileşke kuvveti elde edilir. Bu kuvvetin ray tabanının ortasında 1/3’ünün dışına çıkması halinde rayı traverse bağlayan “A” tirfonu çekmeyle karşı karşıya kalacağından, Şekil 3.3’de görüleceği gibi, bağlantı zamanla gevşeyerek yolun bozulmasına sebep olur. İstenmeyen bu durumun önlenmesi için rayın traverse oturduğu kısma 1/20 veya 1/40 kadar eğim verilerek, raylar içe doğru yatırılır. Bu eğim traverslerde, travers ile ray arasına konulan “çelik seletler” vasıtası ile verilir. Eğim; beton traverslerde beton dökülürken, çelik traverslerde preslenirken, ahşap traverslerde ise yontularak verilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Traverse yerleştirilmiş ray'a gelen kuvvetler

Modern demiryolculukta trenler yollara belli aralıklarla konan sinyallerle işletildiğinden, birbirini takip eden veya zıt yönlü gelen trenlerin “konumları” ray üzerinde hareket eden tekerleklerin etkisiyle belirlenir. Bu sayede sinyal devresinin açılıp-kapanması sağlanır. Bu fonksiyonu da traversler raylarla birlikte yaparlar.

Travers mazemeleri; ahşap, çelik, beton ve kompozit gibi türlerdedir. Çelik traversler, kullanımdan tamamen kalkmıştır. Ahşap traverslerin yerini önerilmeli beton traversler almaktadır. Ahşap traverslerin, köprü ve makas bölgelerinde kullanımı devam etmektedir. Kompozit traversler de gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır.

### 3.2. Travers Tipleri (sleeper types)

#### 3.2.1. Ahşap traversler (wooden sleepers)

Ahşap traversler, belirli ölçülerde üretilmiş ve kreozot'la emrenye edilmiş olarak üretilir ve kullanılırlar. Türkiye ormanlarında ahşap travers imaline elverişli ağaçlar; kayın, meşe ve çamdır. Bunlardan kayın ve meşe sert, çam ise yumuşak ağaç türleridir. Ahşap elastiki olduğundan düşey ve yatay yüklerden ortaya çıkan darbeleri yaylanarak alır ve zararlı tesirlerin bir kısmını yok eder. Traversle balast arasındaki sürtünme direnci, yatak yüzeyinin derinde olması ve köşeli taşların (balast) traverse iyi gömülmesi sebebiyle kâfi derecede büyüktür, dolayısıyla yol vaziyetini kolay değiştiremez.

**Not:** Kreozot emrenye edilmesi, ahşap traverslerin “kreozot buharı ortamında” bekletilerek, buharın ahşap traversin içine işletilmesi demektir. Bu işlem ahşap traverslerin çürüme ihtimalini azaltarak, ömrünü uzatır.

Kullanılacak ahşap traversin ağaç cinsini seçerken, sadece fiziki özellikler değil, güzergâh civarında bulunan ormanların ağaç türlerini, miktarını da göz önünde tutmalı, kesin bir karar vermeden evvel, “traverslerin yapılmış olarak mı, yoksa tomruk halinde mi?” şantiyeye nakletmenin daha ekonomik olacağını tespiti gereklidir.

Yapılan tecrübelerle göre, tekerlek basıncının 4.000 kg olması halinde, traverse intikal eden gerilme, seletsiz durumda 25 kg/cm<sup>2</sup>, seletli de, 10 kg/cm<sup>2</sup> civarında olmaktadır. Ayrıca traverse balasttan da, 2 kg/cm<sup>2</sup> civarında ve ters yönde bir tepki gerilmesi tesir eder.

Bu ters kuvvetler sebebiyle, traversin ray eksenini ile çakışan kesitinde bir moment doğar ve bu moment ray tabanının geniş olması veya rayın altında selet bulunması halinde daha da düşük olur. Bu sebeple rayların traverslere seletle oturtulması bakım masrafını azaltır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Ahşap travers

Aşağıdaki hallerde sert ağaçtan yapılmış travers kullanılmalıdır:

- ~ Büyük tekerlek - dingil kuvvetine maruz 1. sınıf yollarda,
- ~ Ana yollarda 600 m'den, tali yollarda da 300 m'den daha küçük yarıçaplı kurbalarda,
- ~ Meyili % 0,5'den (binde beş) daha yüksek hatlarda,
- ~ Hemzemin geçitlerde,
- ~ Peron yollarında ve makaslarda.

#### a. Ahşap traverslerin sabotesi (oyma işlemi)

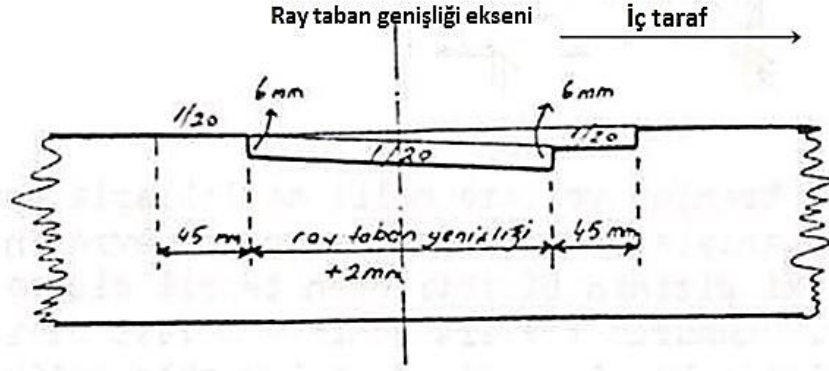
İster seletli, isterse seletsiz olsun, rayların ahşap traverslere oturdukları kısımlar, ray tabanına uygun şekilde yontulmalıdır. Bu işleme "travers sabotesi" denir. Sabote işlemi, travers'in seletli veya seletsiz olması durumuna göre, farklı biçimde yapılır.

##### 1) Seletsiz sabote

Ray traverse seletsiz olarak oturacaksa, Ray ekseninin geleceği noktanın sağ ve sol tarafında rayın taban genişliğinin yarısı kadar bir mesafe 1 mm toleransla alınır. Ray tabanı dış tarafta 6 mm kadar gömülecek ve yol eksenine doğru 1/20 veya 1/40 eğimle yatacak şekilde traversin bu kısım yontulur iç tarafta taban daha derine gömüleceğinden bu kısımda da 6 mm derinlikte bir çentik yapılır.

Bunların dışında kalan 45 mm'lik kısma da, 1/20 veya 1/40 eğim verilerek, rayı traverse tespit eden tirfonlar, traverse değmeden rayın tespiti sağlanmış olunur (Şekil 3.5).

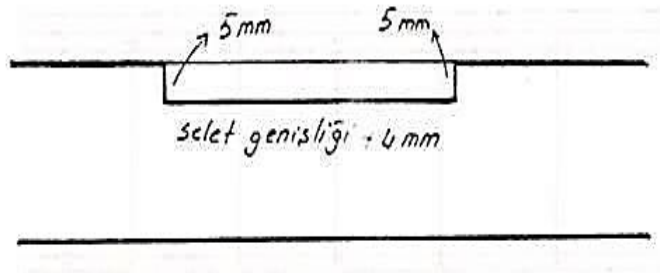




Şekil 3.5. Seletsiz sabote

## 2) Seletli sabote

Rayların traverslere seletle oturtulması uygulamasında, 1/20 veya 1/40 eğim seletle temin edildiğinden, traversin sabotajı eğimsiz olarak yapılır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Seletli sabote

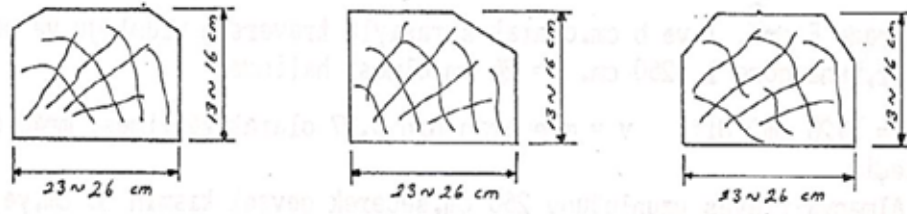
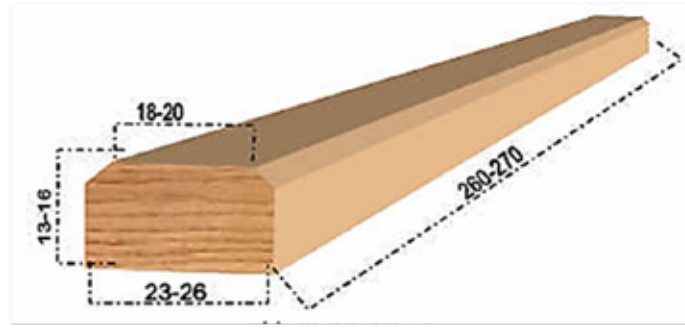
Son yıllardaki uygulamalarda selet kullanılması halinde, seletin oturacağı kısım sadece düzeltilmekte ve ayrıca yontulmamaktadır.

### b. Ahşap traverslerin boyutları

Traversler testereyle ağaçtan imal olunurken, basit bir prizma şeklinde olmaları istenir. Bunun dışındaki travers şekilleri geçici olarak ve zaruri hallerde kullanılır. Tecrübelerin verdiği sonuca göre kesit tayin olunurken statik hesaptan çok, yapımı, ekonomik sebepler ve servis müddetinin uzunluğu ile rayların tespiti durumu dikkate alınır. Bütün bu açıklamalara göre;

- ~ Travers alt yüzünün yatay olması,
- ~ Üst yüzünde, ray tabanının veya seletin uygun şekilde oturabilmesi için uygun bir kısmın bulunması (16 cm),
- ~ Travers boyunun 2,60 – 2,70 m arasında olması ve
- ~ Yüksekliğin kâfi miktarda olması sonucu çıkar.

Edinilen tecrübeler, travers yüksekliğinin 14 - 16 cm, alt yüzü genişliğinin ise 23 - 26 cm civarında olmasının yeterli olduğunu göstermiştir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Ahşap travers boyutları

Demiryolunun ilk dönemleri olan 1800'lü yıllarda, traversler bütün uzunluğu boyunca, raylara mesnet vazifesini görüyordu. Bunu temin içinde traverslerin buraj uzunluğuna eşit olarak seçiliyordu. Zamanla bu durumun aşağıda sıralanan sakıncaları olduğu anlaşılmıştır:

- ~ Ray mesnet altlarında meydana gelen gerilmelerin tek düzeliğini (homojenlik) temin için, uzun travers kullanma mecburiyeti vardır. Bu da fazla malzeme harcamaya yol açar.
- ~ Travers bütün uzunluğunca buraj yapılırsa, zamanla ray ekseninden itibaren belli bir "U" mesafesinde araçların etkisiyle çökmeler oluşur. Buna karşılık yol ekseni civarında sabit mesnetler teşekkül eder ve travers bu noktalar etrafında hareket etmeye başlar ve yolun bozulmasına, konforun azalmasına yol açar.
- ~ Bilhassa sonuncu sebepten dolayı traversler, artık boydan boya buraj yapılmamakta, orta kısımda belli bir "m" uzunluğundaki bölge gevşek bırakılmakta, mümkün olduğu kadar traversin basit basınçta çalışmasına gayret edilmektedir.

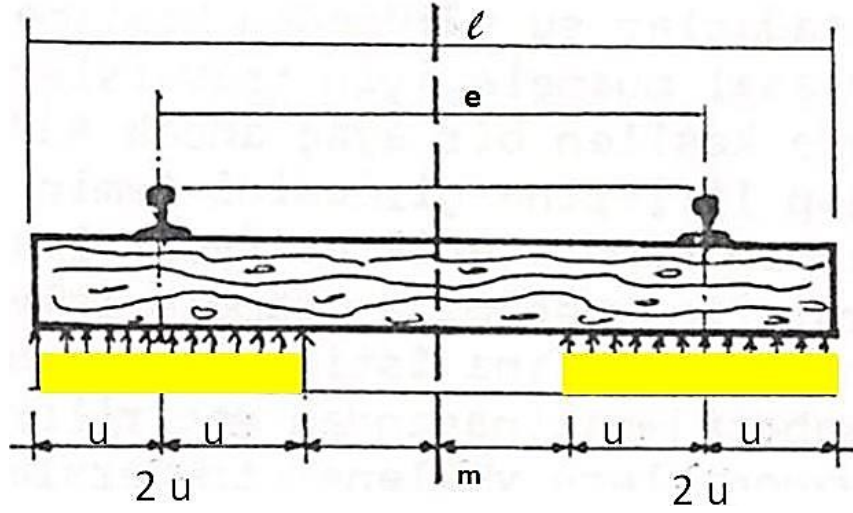
Buna göre;

- ~ Ray, traversin mesnet uzunluğunun (bir ray altında yapılacak uzunluk) ortasında bulunmalı,
- ~ Bu uzunluk (buraj uzunluğu) her iki ray altında eşit olmalı,
- ~ Traversin yol eksenine rastlayan kısmında, gevşek bir bölge bulunmalıdır.

Bu hususlar dikkate alınarak, Şekil 3.8'de verilen ölçülere göre; "l" travers uzunluğu, "e" ray eksenleri arasındaki mesafe olduğuna göre,  $e = 1,50$  metre olduğundan, (l) travers boyu 3,00 metreden küçük olmalıdır.

### c. Ahşap traverslerin enjeksiyonu

Ahşap traversler zamanla dış etkilerle bozulmaya uğrar ve ekonomik ömürleri kısılır. Bu amaçla, ahşap traversler çürümeyi önleyici maddelerle güçlendirilmelidir. Ahşap traverslerin ömürleri Tablo 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.8. Ray mesnet altı

Tablo 3.1. Ahşap traverslerin ömürleri

Ağaç cinsi	Ömür (yıl)
Kayın	3
Çam	3
Karaçam	8
Meşe	15

Ahşap traverslerin ömrünün bu kadar kısa olması ve ilaçlama metodunun henüz bulunmamış oluşuyla, ilk zamanlarda bilhassa Almanya'da çelik traverslerin kullanılmasına sebep olmuştur. Zamanla çürüme önleyici kimyasalların bulunması ile bu dezavantaj ortadan kalktığından, bütün dünya demiryollarında ahşap travers tercih edilmeye başlanmıştır.

Güçlendirilmesi maksadı ile denenen birçok kimyasal madde arasında, bilhassa kreozot (katran yağı) çok iyi netice verdi. Denenen diğer maddeler arsenik-krom bileşikleri, çinko klorit, sodyum florür'dür. Bütün bu maddeler kreozot kadar iyi netice vermediğinden 1902 yılından beri Kreozot kullanılmaktadır. Kreozotla muamelede en iyi yöntem, Wasserman ile Ruping'in bulunduğu metottur. Kreozotla muamele olduktan sonra traverslerin ömürleri Tablo 3.2'de gösterilmiştir.

Tablo 3.2. Kreozot ile güçlendirilmiş ahşap travers ömürleri

Ağaç cinsi	Ömür (yıl)
Kayın	15 - 30
Çam	13 - 30
Karaçam	10 - 20
Meşe	15 - 30

Travers yapılacak ağaçlar, dokularına su yürümeden kesilmelidir. Bu sebeple en uygun mevsim kıştır. Bundan sonra kimyasal güçlendirme işlemi için, traverslerin 6 ay kadar açık havada kurumaları beklenir. Buna göre kesilen bir ağaç ancak Ağustos ayında enjekteli bir travers olur. Kreozot'un ahşap liflerine girmesini temin için, tirfon deliklerinin açılması ve rayın oturacağı kısmın sabote edilmesi (yontulması) daha önce yapılmalıdır.

Türkiye’de ahşap traverslerin kreozotla güçlendirme işlemi, TCDD’nin Derince Ahşap Travers fabrikasında yapılmaktadır. Fabrika sahasına istif edilmiş bulunan ve yeteri derecede kuru olan traversler önce sabote makinesinden geçirilir ve yontma ile delme işleri yapılır.

Bundan sonra özel vagonetlere yüklenen traversler enjeksiyon kazanına konur (Şekil 3.9). Traversler kazana girdikten sonra, aşağıdaki işlem sırasına göre kreozotlama yapılır:

- 1) Kazan kapağı kapatılır.
- 2) Basınçlı hava 3,5 - 4 atmosfer basınçta kullanılarak, ağaçların lif araları, kreozot’un kolay girmesi için açılır, bu işlem 15 dakika sürer.
- 3) Kazana 100 °C civarında sıcak kreozot sevk edilerek, açılmış liflerin arasına kreozot’un girmesi temin edilir. Bu süre 60 dakikadır.



Şekil 3.9. Derince ahşap travers enjekte fabrikası

- 4) Kreozot kazandan çekilerek, vakum yapılarak, traverslerin “emmediği kreozot” geri alınır. Bu süre 30 dakikadır.
- 5) Tekrar 4 atmosferlik basınçlı hava gönderilerek, ilk safhada tam açılmamış bulunan lif aralarının açılması sağlanır.
- 6) 100 °C sıcaklıkta, 9 atmosferlik basınçlı kreozot sevk edilip, 4 saat beklenerek kreozot’un bütün liflere iyice nüfuz etmesi sağlanır.
- 7) Bir saat vakum uygulanarak, travers bünyesine girmemiş bulunan kreozot geri alınır. Bu işleme “fazla kreozot’un kusturulması” denir.
- 8) Kazan kapakları açılarak travers yüklü vagonetler kazandan çıkarılır.

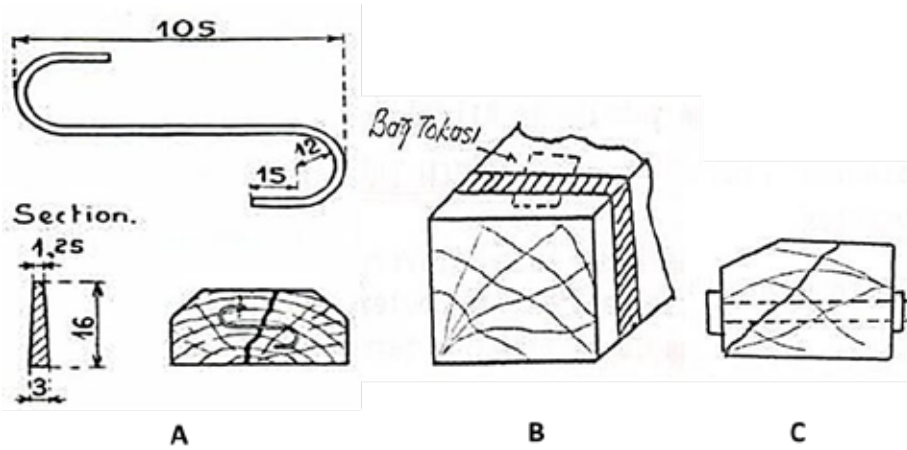
Bu işlemlerle normal bir kayın traverse 15 - 16 kg kreozot emdirilmiş olur. Böyle bir traverse 100-110 kg ağırlığa erişir. Görüldüğü üzere kreozot emdirme iki defada yapılmaktadır. 1- 4’ncü safhalar işlemin 1. kısmını, 5- 8 safhalar da işlemin 2. kısmını teşkil eder. Kayın traverslere kreozot verme yukarıda belirtilen aşamada yapılır, ki buna “çift ruping” sistemi denir. Meşe ve çam traverslerin kreozotlanması ise, tek ruping metoduna göre yapılır, yani sadece 1-4 safhalar tatbik edilir.

Burada dikkat edilmesi gereken husus, bir istifte bulunan traverslerin aşağı yukarı aynı tarihte kesilmiş olmalarının gerekliliğidir. Bu yüzden, her istif fabrikaya geliş tarihlerine göre uygun şekilde bekletilerek, kâfi derecede kurutulduktan sonra kreozotlama kazanına sevk olunur.

#### d. Ahşap traverslerin takviyesi

Ahşap traverslerden bilhassa kayın travesler çatlamaya çok müsaittir. Bu sebeple görülen ve ileride büyüme eğilimli olan yarılmalar, önceden S demiri çakılarak (A) veya kalınlığı 0,8 -1,00 cm olan çemberlerle çemberlenirler (B). Traversin büyük boyutu doğrultusunda delinerek blonlanması (C) suretiyle yarılmalara karşı tedbir alınır (Şekil 3.10).

Çemberleme esnasında kullanılacak çember 200 kg'lık bir kuvvetle çekilerek, özel travers çemberleme aleti ile traversin çemberlenmesi yapılır, uçlar kaynakla bağlandığı gibi bunu temin eden bir tokada kullanılır. Traverslerin bu şekilde takviyesi genellikle kreozotlanma işleminden evvel yapılmalıdır.



Şekil 3.10. Ahşap traverslerin takviyesi

Bundan başka traversler uzun müddet serviste kaldıklarında, tirfonlara araçlardan intikal eden tesirlerle, tirfon delikleri laçka olur ve ray traverse sağlamca oturamaz. Bunu önlemek için tirfon deliklerine özel ahşap takozları vidalanır veya aynı cins ağaçtan yapılan (isfine) kamalar tirfon deliklerine çakılır. Bu işlem yapılırken aşınmış deliklerin ahşabın sağlam kısmına kadar genişletilmesi gerekir. Bu sebeple takozlar biraz kalınca yapılır.

#### 3.2.2. Demir (çelik) travers (steel sleepers)

##### a. Genel özellikler

Çürüme sebebiyle ahşap traverslerin ömürlerinin kısa olması, demiryolcuları çelik travers kullanmaya yöneltmiştir. Ahşap traversin kreozotlanması bilinmediği devirlerde bu fikir önem kazandı. Almanya'da ayrıca milli ekonomi sebeplerinden dolayı demir sanayinin takviyesi ve yabancı ülkelerden ahşap travers ithalini önlemek istemesi çelik traverslerin kullanılmasına sebep oldu. Çelik traversin gelişme aşamasına bakılırsa ilk zamanlarda alınan neticeler pek olumlu değildi. Demir travers maliyetinin ahşap travers maliyetinin üstüne çıkmaması hususunda sarf edilen gayretler neticesinde, ilk demir traversler çok zayıf olmuş ve kısa hizmet süresi sonunda değiştirilmek zorunda kalınmıştır (Şekil 3.11).

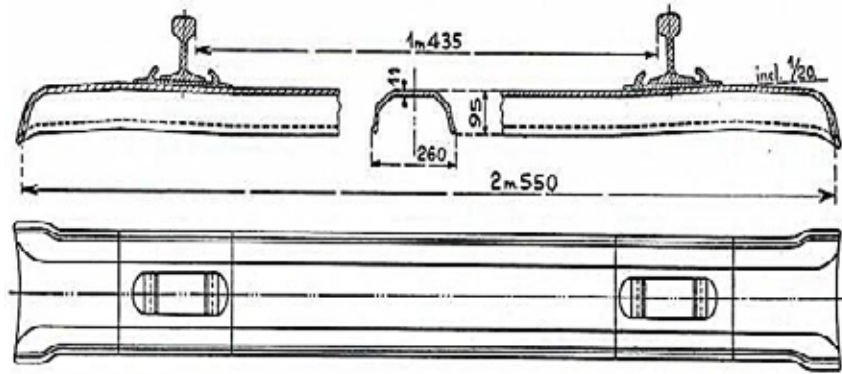


Şekil 3.11. Demir travers

Zamanla travers formları ıslah edilerek eğilme mukavemeti ve bağlantının emniyetli hale getirilmesi için iyileştirmeler yapılmış ve böylece ileri gelişmelere yol açılmıştır.

Geliştirilen çelik travers tiplerinden en çok kullanılan Tekne biçimi çelik travers olup, sadece traversin balasta bastığı etekler (oturma kenarları) yumru halinde kalınlaştırılmıştır.

Böylece ağırlık merkezi üst kenardan uzaklaştırılmış ve travers kenarları buraj kazmasının meydana getireceği hasarlardan korunmuştur. Yeni traverslerin üst taraftaki et kalınlığı 11 mm diğer kesimleri 8 mm, alt istinat genişliği de 26 cm'dir. Travers yüksekliği ise, 100 mm'dir. Tekne şeklindeki traversin iyi netice vermesi için gerekli diğer bir şart, travers başlarının aşağıya doğru bükülmesidir. Seletsiz olarak imal edilenlerde traversin üzerine rayın oturacağı kesime 1/20 eğim verilmiştir. Seletlilerde ise, rayın oturacağı mahal düz olur (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Demir travers

Ahşap travers ile arasında mevcut ekonomik rekabette çelik travers, bir diğer olay ile mücadele etmek zorunda kalmıştır. Bu olay bağlantı malzemesine ait deliklerin kenarında çatlaklar meydana gelmesidir. Bu çatlaklar vaktinden evvel traverslerin servisten çıkmasına sebep olur ve ömrün uzatılması hedefine ulaşılmaz. Eğilme etkisinin çok olduğu noktalarda deliklerin bulunması kesiti zayıflatır ve ayrıca deliklerin açılması esnasında kılcal çatlaklar meydana gelebilir. Devamlı eğilme tesiriyle malzeme yorulur ve kılcal çatlakların bulunduğu yerlerde kırılmalar başlar.

#### b. Y tipi demir traversler

Y Tipi çelik traversler, iki adet S şeklinde, sıcak haddelenmiş taşıyıcıdan ve aynı profildeki iki adet düz taşıyıcı parçadan oluşmaktadır. Çelik profillerin birbirleri ile bağlantıları her traverste iki adet

alt ve iki adet üst kuşak ile köprü oluşturularak sağlanır. Y tipi çelik traversler çift olarak düzenlenmiştir ve bir adet Y tipi çelik travers üç adet ray oturma mesnedi vardır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Y tipi demir travers

Y tipi çelik traverslerin aşağıda sıralanan üstünlükleri vardır (Lichtberger, 2005):

- ~ Yüksek çapraz ve uzunlamasına kayma direncine sahiptir,
- ~ Düşük montaj yüksekliği ile balast miktarı azaltılmış olur,
- ~ Düşük ağırlık ve boyutlar ile nakliyesi ve stoklanması kolaydır,
- ~ Yüksek burulma özelliği ve çerçeve sertliği vardır,
- ~ Kullanım dışı kalınca tamamen geri dönüştürülebilir,
- ~ Ömürleri uzundur.

### 3.2.3. Beton traversler (concrete sleepers)

İçinde çelik gergi çubukları (donatı) bulunan ve betondan yapılan traversler, beton travers olarak isimlendirilir. 1942 yılına kadar, beton traverslerin ekonomik ve teknik yönleri hakkında bazı tereddütler vardı. Betonun çatlamaya müsait olması ve raylara bağlantı şeklinin yeterli bulunmaması sebebiyle, o tarihlerde teknik bakımdan performansı yeterli görülüyordu.

Traverslik ağaç bulmaktaki güçlükler ve ahşap traverslerin sakıncalı tarafları, demir traverslerin ise memnuniyet vermemesi sonucu başka bir travers malzemesi aranmış ve beton traversler ele alınmıştır. Betonarme traversler için pek çok tip önerilmiş ve denenmiştir. Ekonomik bakımdan ise, ahşap fiyatları betona oranla çok ucuz olduğundan beton travers kullanımındaki başarı şüpheli görülüyordu. Bu şartlar beton traverslerin kullanımını sınırlandırdı.

İlk nesil önerilmeli betonun tatbikatıyla, betonarmede meydana gelen ilerleme ve ahşap fiyatının yükselmesi, dikkatleri beton traverse çekti. Hemen hemen bütün ülkelerde, bilhassa ormansız olanlarda beton traverse rağbet arttı ve birçok demiryolu idaresi büyük miktarda beton traversli yol inşa ettiler.

Ancak Birinci Dünya savaşına kadar geçen dönemde, beton travers uygulaması pek başarılı olmamıştır. Titreşimler ve contalardaki şoklar, betonun bir müddet sonra parçalanarak dağılmalarına neden olmuştur. İkinci Dünya savaşından sonra bir taraftan elde edilen tecrübeler, diğer taraftan da “öngerilmeli beton” uygulaması ve özellikle elastik bağlantılardan yararlanılması ile beton traverslerin kullanımı yaygınlaşmıştır.

Betonarme traversin betonunu oluşturan agrega ve çimento bazı özelliklere sahip olmalıdır. Çimento piyasada satılan portland çimentosundan daha üstün özelliklere sahip, özel travers

çimentosudur. Kum içinde mil ve diğer artık madde oranı en az olandan seçilir ve yıkama işlemine tabi tutulur. Çeşitli boyutlarda kırılarak betona katılan mıcır, çok sağlam ve gözenekli bir yapıya sahip balast taşından yapılır.

Beton travers kalıplara döküldükten ve priz yaptırıldıktan sonra, içine konularak gerdirme işlemine tabi tutulan çelik de özeldir. Bu gergi çeliği gerildikten sonra, beton travers ancak beklenen görevlerini yapabilecek dayanıma ulaşır.

Rayları traverste tespit için kullanılan; **K** ve **HM** tipi bağlantılar için; **B.55**, **B.58**, ve **B.70** olmak üzere üç çeşit beton travers kullanılmaktadır. **B.55** tipinin metrolar için üretimi yapılmayıp halen konvansiyonel hatlar için **B.58** tipi ve hızlı tren hatları için de, **B.70** tipi tek bloklu beton travers kullanılmaktadır.

Tablo 3.3'te kullanma yerine göre, travers ölçüleri verilmiştir.

**Tablo 3.3. Monoblok Beton travers ölçüleri**

Ölçüler	Tipi		
	B.70	B.58	B.55
Uzunluk (cm)	260	240	230
Orta alt genişlik (cm)	22	22	22
Uç alt genişlik (cm)	30	30	30
Orta yükseklik (cm)	17,5	17,5	17,5
Uç yükseklik (cm)	20	20	20
Ağırlık(seletli) (kg)	300	252	242

#### a. Beton travers şekilleri

Beton traversler, ya raylar altına iki münferit mesnetle bunları birbirine bağlayan ve açıklığı muhafazasını temin eden bir çubuktan meydana gelmiştir veya normal travers gibi az çok prizma şeklinde olurlar (Şekil 3.14).



**Şekil 3.14. Betonarme traversler**

#### b. Tek mesnetli beton traversler

Bu tür traverslerin özellikleri aşağıda sıralanmıştır:



- ~ Tek mesnetli olup, açıklığı muhafaza edecek çubuğun eğilme mukavemeti bulunmayan traverslerdir. Bunlar poz sırasında ve bakımda uygun görülmediklerinden az miktarda tecrübe maksadıyla kullanılmıştır.
- ~ Bu traverslerin bir türü de, iki tek mesnedi bulunan ve bunları bağlayan açıklığı tespit eden çubuğu eğilmeye mukavemetli olan traverslerdir. Bu tür traversler, Fransada **R. S.** tipi adıyla bilinirler. Bu traverste blokları bağlayan çubuk, eski raylardan da imal edilebilir. Metrolarda beton tespitli olarak ve konvansiyonel hatlarda balastlı olarak kullanılmaktadır.
- ~ Tek mesnetler 72 cm uzunlukta ve 29 cm genişliktedir. Traversin bütün dayanma (istinat) yüzeyi 4180 cm<sup>2</sup>'dir.
- ~ İki oturma yüzeyli beton demiryolu plağı, bir çeşit boyuna travers olup, enine traverslerle değişmeli olarak konulur. Enine travers olarak beton veya ahşap travers kullanılır. Bu çeşit traversler deneme mahiyetinde Almanya'da kullanılmış ve iyi netice alınmıştır.

### c. Enine olan (arzani) beton traversler

Alman demiryollarınca ön planda tutulan bu traversler, 1943 senesinden beri muhtelif zamanlarda gerek şekil gerekse donanım bakımından değişikliklere uğramıştır. Betonarme traversin basit betonarme olarak yapımı, lüzumlu direnci temin için kullanılacak donanımın fazla olması sebebiyle pahalıya mal olacağından, daima gerilmeli olarak yapılması gerekir.

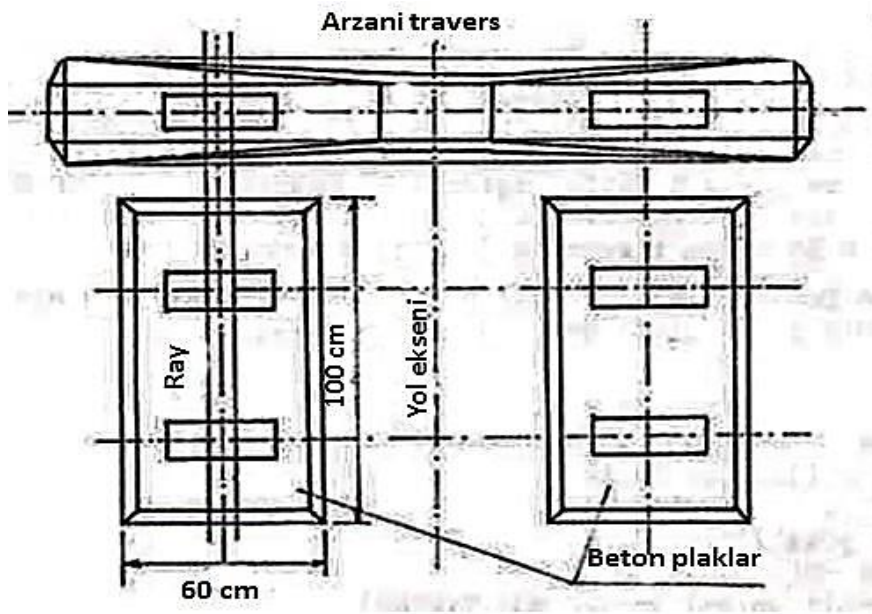
Bu şekilde travers imalinde, travers içinde çelik donatı aşağıdaki gibi olmaktadır:

- ~ Fazla miktarda (20 - 50 adet) ince teçhizat,
- ~ Az miktarda (2 - 8 adet) yuvarlak yahut özel kesitli, daha kalın germe çubukları ince tellerle imal olunan traversler çok iyidirler. Fakat pahalıya mal olurlar. Bu cins traverslerin uzun şeritler halinde dökülüp sonradan kesilmesi uygun imalat şeklidir.

Beton travers uçlarının kırlangıç kuyruğu şeklinde genişletilmesiyle, traverslerin balast içinde sağa sola oynamaları azaltılmış ve mesnetlerden balasta geçen gerilme azaltılmış olur. Beton traverslere, selet ve rayların tespitinde; ahşap takoz ile madeni ve sentetik malzeme veya kauçuk dübeller kullanılır. Kreozot emdirilmiş sert ağaçtan mamul dalgalı takozlar da kullanılmaktadır. Beton traverslerin uygulamalar sonucundaki performansları yeterli görülmüştür. Şimdiye kadar yapılan tecrübelerle göre, enine beton traverslerin ömrünün 50 sene olduğu görülmüştür. Yenilenmeleri de kolay ve ucuzdur (Şekil 3.15).

### d. Monoblok beton traversler

Dünya demiryollarında en çok kullanılan betonarme travers tipi tek bir parçadan oluşan "monoblok" traverslerdir (Şekil 3.16). Bu traversler ağırlıklarından dolayı yolun stabilitesine uygun olduğundan ve ekartmanı çok iyi koruduğundan, ağır tonajlı ve hızlı balastlı demiryolu işletmeciliklerinde iyi sonuç vermektedir.



Şekil 3.15. Enine olan beton travers

Ancak bu traverslerin esnekliği düşük olup, bu olumsuzluğun en aza indirilmesi için kesit kalınlıkları ortada azaltılmaktadır.



Şekil 3.16. Monoblok beton travers

#### e. Sonradan gerdirmeli tek bloklü betonarme traversler

Bu tür traversler, 500 ve 600 kg/cm<sup>2</sup> basınçlı beton kalitesinde, fabrikada imal edilirler. Ülkemizde, sonradan gerdirmeli olarak imalat yapan TCDD'nin Afyon ve Sivas'ta birer fabrikası vardır. Bu yöntemde travers çelik kalıp hazırlanarak betonlanır. Kalıptan çıkan travers buhar kürü ile kısa zamanda (8 saat) prizlenerek % 70 mukavemetini almaktadır. Özel bir tezgaha getirilen traverse, betonlama sırasında içinde aralıklı bırakılmış 4 adet boyuna yuvalara, yüksek vasıflı (110 – 150 kg/mm<sup>2</sup>) ve uçları yivli 2 adet U şeklinde 7,5 mm'lik çelik çubuklar çapraz olarak yerleştirilir. Çubukların her 4 serbest ucu özel çekici aletle (apereyle) 8'er ton gerdirilip, 32 ton bir gergi kuvvetiyle travers başına somun ile bağlanır. Çelik çubuk yuvalarındaki boşluklar basınçlı çimento şerbetiyle doldurulur. Traversler her iki baş taraflarının sıvanması ve izole edilmesiyle kullanılacakları yerlere sevk edilmek üzere istifeye konulurlar.

#### f. Ön gerdirmeli tek bloklü betonarme traversler

Ön gerdirmeli betonarme travers imalinde ise, sonradan gerdirmeli şeklin aksine, daha ince çelik çubuklar (2,5 cm) 20 veya 30 traverslik imalatı kapsayacak kalıp içinde gerdirilerek betonlanır. Dökülen ve sıkıştırılan betonun prizlenmesinden sonra, bu uzun boylu travers, normal boylarda kesilir (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Beton traverslerin sıkıştırılması

### g. İki ve daha çok bloklu traversler

Ağır tonajlı ve hızlı taşımacılığın yapılmadığı metro, tramvay vb. raylı sistem işletmelerinde, hem ekonomik travers kesitlerinin elde edilmesi, hem de yolda esnekliğin sağlanması için çok bloklu betonarme traversler kullanılmaktadır.

#### 1) İki bloklu, balastlı yol betonarme traversleri

Bazı demiryolu işletmeleri özellikle Fransa demiryolları balastlı yollarında çift bloklu traversleri tercih etmektedir. Fransız demiryolları SNCF tarafından kullanılan, Stedef veya Sonneville adlarıyla da tanınan bu traverslerde, yola esneklik sağlamak amacıyla orta bölümü tamamen betondan arındırılmış olup, ekartmanı korumak amacıyla iki beton bloku birbirine ortadan birleştiren bir uzun çelik çubuk (korniyer) bulunmaktadır (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. İki bloklu, balastlı yol beton traversleri

#### 2) İki bloklu, balastsız yol betonarme traversleri

Balast kullanılmadan inşa edilen betonarme alt temelli raylı sistemlerde, traversler beton yapı içerisine yerleştirildiğinden, ekartman bozulması problemi doğmamaktadır. Bu nedenle traversleri birbirine bağlayan çubukların kullanılmasına ihtiyaç kalmamaktadır.

Bu traversler balastlı yollarda kullanılacaksa, rayların birbirine ayrıca çubuklarla bağlanması gerekmektedir.

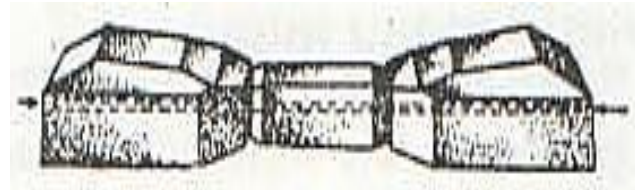
Şekil 3.19’de kentsel raylı sistemde iki bloklu, balastsız hat beton traversi görülmektedir.



Şekil 3.19. Tramvay hattına uygulanan, iki bloklu, balastsız hat beton traversi

### 3) Üç bloklu balastlı yol betonarme traversler

Elastikiyetin artırılması için bazı betonarme traversler üç blok halinde de imal edilmekte ve kullanılmaktadır. Örneğin Şekil 3.20’de gösterilen, orta kısmı yine beton olan ve ön gerilmeli olan Franki Bagon tipi travers böyledir.



Şekil 3.20. Üç bloklu, Franki Bagon tipi beton travers

#### 3.2.4. Kompozit (plastik) travers (composite sleepers)

Uzun süreli yapılan araştırmalar ve denemeler sonucunda, demiryolları yeni bir travers şekliyle tanışmıştır. Anlaşılması kolay olması için "Plastik Traversler" olarak isimlendirilse de, bu traverslerin, "güçlendirilmiş poliüretan" maddeden yapıldığını söylemek daha doğrudur.

Sağlamlığın ve tutuculuğun daha da artması için, her traversin içerisine 4 adet çelik çubuk konulmaktadır. Esnek yapıya sahip olmalarının yanı sıra, yüksek ve çok düşük ısıya, güneşin yaydığı UV ışımalara dayanıklı olması da önemli bir etkidir. 30 ton dingil basıncı altında yapılan zorlu denemelerde sağlamlığını kanıtlamıştır. Ayrıca beton traversler gibi nakliyesi de zor değildir. Nakliye sırasında oluşan sarsıntı ve çarpmalardan dolayı bazı beton traversler kırılabilir.

Plastik ya da benzeri malzemelerle, poliüretan traverslerde bu sorun büyük ölçüde ortadan kalkmaktadır. Testler sonucu yapılan hesaplamalarda, ömürlerinin en az 40 yıl olduğu hesaplanmıştır. Alman Demiryollarında, bazı hatların belirli kesimlerinde bu traversler kullanılmaktadır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Kompozit (plastik) traversler

Termo-plastik bazlı kompozit traversler, çevre dostu olarak kabul edilebilir. Bu tür traverslerin, kullanımının yaygınlaşmasıyla, dünyada demiryolları için “nispeten daha az ağaç kesilecek” demektir. Kompozit traversler çoğunlukla geri dönüşümlü malzemeden yapılmış olması, ek bir avantaj sağlamaktadır.

#### a. Kompozit traversin üstünlükleri

Kompozit traverslerin pek çok avantajı vardır ve bunlardan bazıları aşağıda sıralanmıştır:

- ~ Uzun servis ömrü: Kompozit traversler biyo-bozunur (Doğada makul sürelerde çeşitli mikroorganizmalar, ya da enzimler tarafından biyolojik yollarla doğal bileşenlerine ayrıştırılan maddelerin özelliği) olmayan malzemeden yapılmış olduğundan, ömrünün ahşap traverslerden daha fazla olması bekleniyor. Ahşap traversler; yaşam çeşitliliği, ağaç kalitesi ve trafiğe bağlı olarak normalde 10 ila 25 yıl kullanılmaktadır. Kompozit traverslerin ömrünün 40 ila 50 yıl civarında olacağı değerlendirilmektedir.
- ~ Geniş kullanım alanı: Ahşap traverslerin kullanıldığı ortamlarda, her türlü kanal açma, delik delme ve tüm işlemler için kompozit traversler de kullanılabilir.
- ~ Hafiflik: Bu özellik, taşıma ve hat'ta yerleştirme operasyonlarında kolaylık sağlar.

## BÖLÜM 4

### RAYLAR

#### 4.1. Ray'ın Görevleri (tasks of the rails)

Rayların görevi demiryolunda çeken ve çekilen araçların tekerleklerine az bir direnims göstererek yuvarlanma yüzeyi temin etmek ve dingillerden gelen yükleri mesnet görevini üstlenen traversler vasıtasıyla zemine iletmektir.

Daha geniş bir ifadeyle Rayların görevleri;

- ~ Demiryolu araçlarına, sürtünmenin en aza indirildiği bir yuvarlanma yüzeyi sağlamak,
  - ~ Demiryolu araçlarından gelen yükleri traverse aktarmak,
  - ~ Tekerlekleri kılavuzlamak ve pürüzsüz bir yuvarlanma yüzeyi oluşturmak,
  - ~ Hızlanma ve frenleme kuvvetlerini adezyon kuvvet etkisiyle yaymak (Farklı maddeler arasında var olan ve bu iki maddenin birbirine yapışmasını sağlayan çekim kuvvetine Adezyon - Yapışma denir. Adezyon, moleküller arasındaki çekim kuvvetinden meydana gelir.),
  - ~ Elektrikli hatlarda elektriği iletmek,
  - ~ Sinyalizasyon akımlarını iletmek...
- şeklinde sıralanmaktadır.

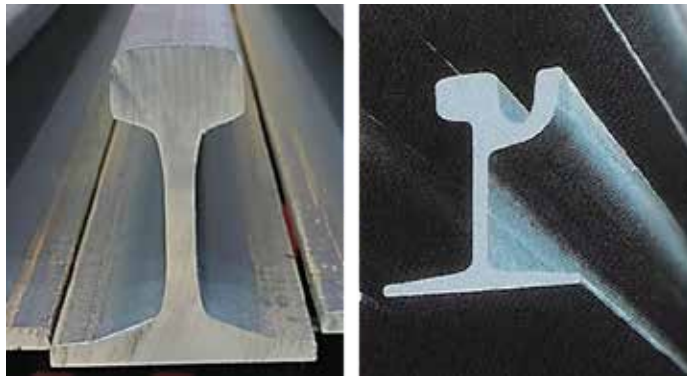
Bu görevleri yerine getirebilmesi için raylarda aşağıdaki nitelikler aranmaktadır:

- ~ Yeterli kesit boyutlarına sahip olmak,
- ~ Yeterli çekme-basınç-burulma ve aşınma dayanımlarına (statik ve dinamik) ve elastikliğe sahip olmak,
- ~ Oksitlenmeye ve korozyona karşı dayanıklı olmak,
- ~ Düşük maliyetli olmak.

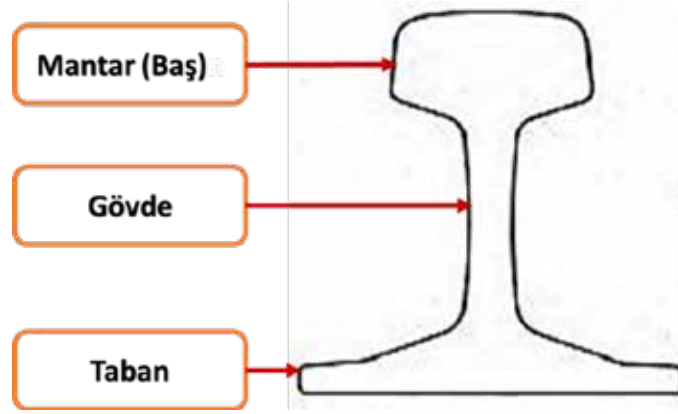
#### 4.2. Ray Türleri ve Ray Kısımları (rail types and its parts)

Demiryolunun ilk yıllarından bu yana, değişik tarihlerde değişik tipte raylar yapılmışsa da bugün bütün dünyada **Vinyol** tipi ve **oluklu raylar** olarak, iki tür ray kullanılmaktadır (Şekil 4.1).

Ray; üzerinde demiryolu araçlarının hareket edeceği yuvarlanma yüzeyi görevi yapan ray mantarı, mantarla tabanı bağlayan gövde ve traverslere tespiti yarayan kısmından oluşmaktadır (Şekil 4.2).



Şekil 4.1. Vignole ve Oluklu ray



Şekil 4.2. Rayın kısımları

### 4.3. Ray'da Yapısal Özellikler (structural properties of rails)

Tekerlek ile doğrudan doğruya temasta bulunan ray; mantarı, yuvarlanma yüzeyinin bombeliği, genişliği, yüksekliği ve yanakların eğimi ile belirtilir ve etkisinde kaldığı yüklere dayanım için aşağıda sıralanan özellikleri taşımaktadır.

#### 4.3.1. Bombelik (camber form)

Tekerleğin raya oturduğu noktanın, tam eksen üzerinde bulunmaması sebebiyle, bombeliğin sadece temas noktasına değil, bütün ray kesitinde, meydana gelen gerilmelerin dağılışı üzerinde önemli etkisi vardır. Genel olarak bombelik 200-500 mm yarıçapındadır.

#### 4.3.2. Genişlik (width)

Mantarın genişliği, tekerlerin dar bir bölgede gerilme yığılmalarına sebebiyet vermeyecek yüklerin tesiriyle, yuvarlanma yüzeyinde meydana gelecek eğilme ve maden kaymalarının azalmasını temin edecek ve mantarla gövde arasındaki bağlantıyı, uygun şekilde sağlayacak boyutta olmalıdır. Edinilen tecrübelerle göre ray mantarı genişliğinin 60-70 mm olmasının, en uygun ölçü olduğunu göstermiştir.

#### 4.3.3. Yükseklik (height)

Raydan uzun süre yararlanmak için, mantar yüksekliği ile limit aşınma arasında yeteri kadar bir fark bulunmalıdır. Yuvarlanma yüzeyinin dik aşınması genel olarak 150-200 bin tren/mm, veya 40 milyon brüt ton/mm cinslerinden tren işletilmesiyle meydana gelir. Gerek bu hızın düşük olması, gerekse haddeden çıkan sıcak rayın soğuması sırasında içsel deformasyonlara yol açması sebebiyle, mantar yüksekliği genel olarak 50 mm'dir. Bununla beraber aşınmaların normalden daha hızlı olduğu bazı rutubetli tünellerde mantar yüksekliği 60 mm olan ağır raylar kullanılmaktadır.

#### 4.3.4. Ray yanaklarının eğimi (The slope of the rail side surfaces)

Rayla tekerlek bodeni'nin temas ettiği alanın geniş olması, rayın yanal aşınmalarını azaltmaktadır. Bu nedenle ray yanakları 1/20 eğiminde yapılırlar.

#### 4.3.5. Gövde kalınlığı (body thickness)

Kesme kuvvetlerinin bulunduğu gövdede bilhassa cebire delikleri civarında, yüksek gerilmeler oluşur. Kalınlık, zamanla meydana gelecek korozyon tesiriyle zayıflamalar da dikkate alınarak,

gerilmeleri karşılayabileceği tarzda cebire delikleri civarında çatlamlar meydana gelmeyecek şekilde seçilmelidir. Bu hususlar düşünülerek yeni profillerde gövde kalınlığı en az 15 mm olarak tespit edilmiştir.

#### 4.3.6. Cebire yuvalarının eğimi (slope of fishplate slots)

Contaların teşkili ve bakımı yönünden cebire yuvaları eğimi büyük bir önem taşır. Eğimin mesela 1/2 olması halinde, aşınma sebebiyle cebirelerin sıkıştırılması gerektiğinden, cebirelerin birbirine nazaran az şekilde yaklaşmalarına karşılık, bunları açmaya zorlayan kuvvet sebebiyle blonlardaki (tespit civataları) çekme gerilmeleri çok büyük olur. Yuvaların eğimi az olursa, blonların etkisinde kalacağı kuvvet azalır. Buna karşılık aşınmayı karşılamak üzere cebirelerin hareket sahası büyür. Bu ise, cebirelerin rijitliği ve üniform aşınmamaları sebebiyle conta bakımı sırasında büyük zorluk çıkarır. Eskiden Avrupa Demiryolları'nda cebire yuva eğimi 1/2 olarak kullanılıyordu. Bugün 1/3 eğimli cebire yuvalarına sahip raylar kullanılmaktadır.

Özellikle trafiğin yoğun ve dingil yükünün ağır olduğu hatlarda, bağlantı yüzeyleri rayın en önemli kısımlarından biridir. ABD ve Kanada demiryolları'nda raylarda çok sayıda çatlamlar meydana gelmesi üzerine, fotoelastisite metoduyla yapılan araştırmalardan, çatlama sebebinin ray mantarına binen yüklerin eksantrikliğinden dolayı meydana getirdikleri "gerilme yığılması" olduğu anlaşıldı. Bunun üzerine bağlantı yüzeylerinde kullanılan birleştirme eğrileri yarıçapları arttırılarak 7-8 mm'den 19 mm'ye çıkarıldı. Şurası unutulmamalıdır ki, Cebire yuvalarının genişliğini azaltan bu değişiklik, ancak dingil basıncı 30 - 35 ton olan hatlarda lüzumludur.

#### 4.3.7. Ray tabanı (rail base)

Rayın tabanı; taban genişliği, kalınlığı ve şekli ile tanınır. Tabanın genişliği rayın traverse veya selete sağlamca oturmasını ve devrilmeye karşı stabilitesini (kararlılığını) temin eder. Geniş bir tabandan traverse intikal eden gerilmeler az olacağından, traversler daha az yorulur. Bununla beraber gerek haddeleme tekniği, gerekse rayların küçük yarıçaplı kurlara intibakını sağlayabilmek için yanıl doğrultudaki mukavemet momentinin belli bir değerden daha büyük yapılmaması bakımından, taban belli bir değerden daha geniş yapılmaz. Çeşidi 50 kg/m olan raylarda, ray yüksekliğinin taban genişliğine oranı 1/10 olarak tespit edilmiştir. Taban kalınlığı ve kollarının şekli, haddeleme imkanları ve tabanla mantar arasındaki denge ve yıpranma sebebiyle doğacak zayıflama düşünülerek tespit olunur.

Mantar, gövde ve tabana ait bu özelliklerden başka rayın kesiti şu hususları sağlamalıdır:

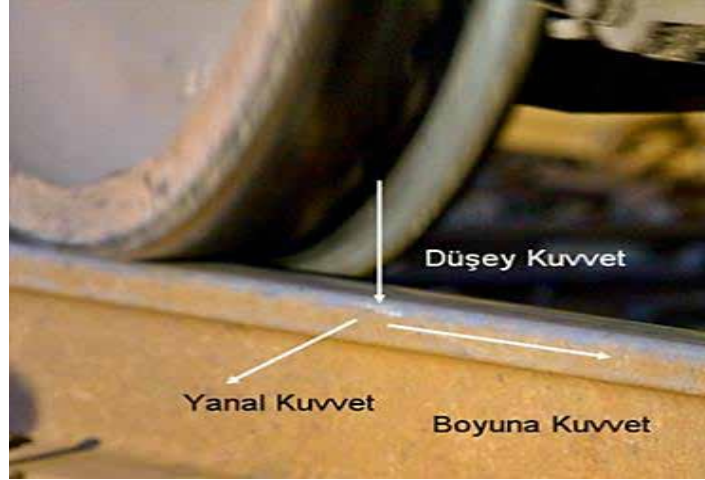
- ~ Düşey yüklere karşı mukavemet momenti imkân oranında büyük olmalı, taban ve mantarların kesit alanı gövdeye nazaran daha büyük olmalıdır.
- ~ Ray kesitinin ağırlık merkezi, yüksekliğin yarısı civarında bulunmalıdır.

#### 4.4. Rayları Etkileyen Kuvvetler (forces impacting rails)

Seyir halindeki bir raylı taşıtın tekerleğini etkileyen kuvvetler Şekil 4.3'te gösterilmiştir. Çeken ve çekilen araçların tekerlekleriyle doğrudan doğruya devamlı temas halinde bulunan, dolayısıyla altyapıya emniyetle aktarılması gerekli bütün kuvvetlerden ilk planda etkilenen ray, üstyapının en önemli elemanıdır. Tekerleğin yuvarlanması ray üzerinde olduğundan buradaki süreksizlik noktalarında (eğrilik, düşüklük, yuvarlanma yüzeyindeki intizamsızlık, v.s) doğan sarsılmalar



(sadmeler); bir yandan tekerlek ile taşıt gövdesine, diğer yandan da travers ile altyapıya geçer. Düşük hızlarda nispeten az olan bu ray kusurlarının etkisi, 100 km/sa hızdan sonra önem kazanır. Bu sebeple rayın özellikle yuvarlanma yüzeyi düzgün ve kusursuz olmalıdır.



Şekil 4.3. Ray'a etki eden kuvvetler

Ray üzerinde hareket eden yüklere karşı “kalıcı deformasyona uğramadan” dayanabilmeli, elastik deformasyonların miktarı sarsıntı doğurmayacak miktarda olmalıdır.

Yukarıdaki şarta göre oldukça yüksek mukavemetli olması gereken ray, aynı zamanda gevrek olmamalıdır.

#### 4.4.1. Düşey, dikey kuvvetler (vertical forces)

Dikey kuvvetler, Ray'ı düşey doğrultuda eğilmeye zorlayan ve taşıt tekerleklerinden intikal eden kuvvetlerdir. Yatay yollarda ve iki dingilli vasıtalarda düşey kuvvet vasıtaların toplam ağırlığına eşittir. Çok dingilli vasıtalarda dingil yükleri, taşıtın ağırlık merkezinin, yüklemenin ve tekerleklerin tahrikli-taşıyıcı olması gibi etkilerle, her dingili ayrı ayrı tartmakla bulunacaktır.

#### 4.4.2. Yanal, yatay kuvvetler (lateral)

Bu kuvvetler, doğru yolda “Aliymanda” ve “Kurlarda” olmak üzere ikiye ayrılır.

##### a. Doğru yolda (Aliymanda) yanal kuvvetler

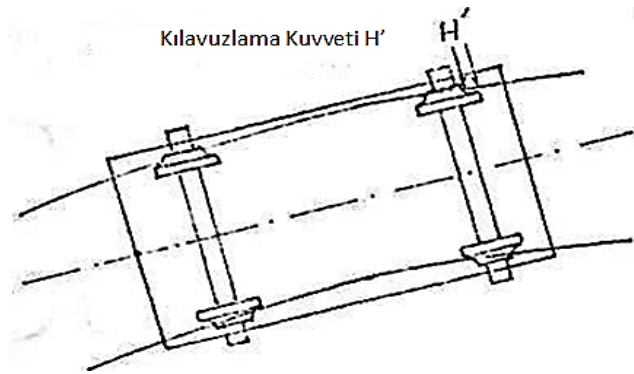
Araba tekerleklerinin konik olması, dingile sıkı sıkıya bağlı bulunması, herhangi bir sebeple, yuvarlanma dairesi yarıçaplarının değişmesiyle, demiryolculukta “Lase” hareketi denilen sinüzoidal bir hareket doğurur.

Dingillerin rahat hareketini sağlamak için ray iç yüzü ile tekerlek bodeni arasında 10 mm'lik bir oynama payı vardır. Tekerleklerin ray'a temas ettikleri noktalardaki yarıçapları (Yuvarlanma daireleri yarıçapı) eşit olduğu müddetçe, dingilin hareketi doğrusal olacaktır.

##### b. Kurlarda yanal kuvvetler

Demiryolu çeken ve çekilen vasıtalarında dingiller otomobillerde olduğu gibi bir direksiyonla eksen etrafında dönmezler, yarıçap farklarının müsaade ettiği eğriden daha dar bir kurp çizmeye zorlanan dingillerin dış tekerine ray'dan kaynaklanan bir “H” yanal kuvveti tesir eder, buna

“kılavuzlama kuvveti” denir. Bu kılavuzlama kuvvetinden başka, deverin fazla veya az olmasından da “ $H'$ ” yanal kuvvetleri doğabilir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Dingilde meydana gelen yanal kuvvet

Gerek alıyman, gerekse kurb'da mevcut olan bu yanal kuvvetlerden başka, rayların yolun projede öngörülen durumdan uzaklaşması, örneğin bir dizinin daha büyük kotlu olması, yolun sağa ve sola kaymasından da yüksek yanal kuvvetler doğar.

#### 4.4.3. Ray'a tesir eden aksenal kuvvetler (axial forces impacting rails)

Bundan evvelki tesirler hesap ve tecrübe ile az çok yaklaşık olarak hesap edilebilirse de, aksenal kuvvetlerin hepsi için böyle değildir. Başlıcaları araçların duruş - kalkıştaki fren ve demaraj (ilk harekete geçiş) kuvvetleri, contalardaki vuruntular ve bilhassa devamlı kaynaklı raylarda (UKR) oluşan genleşme kuvvetleridir. Bu kuvvetlerin taşıta ve hat'ta etkisi, yol geometrisi özelliklerinin bilinmesiyle hassas bir şekilde hesaplanabilir.

##### a. Hat yönünde etki eden kuvvetler

Bu tür kuvvetler rayı basmaya veya çekmeye çalışırlar. Vasıtalar tarafından hat'ta tatbik edilen boyuna kuvvetler, raylar bakımından büyük bir tesir göstermezler ve bu kuvvetler raylara **hareketin yönünde yürüme etkisi (Şöminman)** yaptırırlar. Bunun sonucunda da, ray birleşme noktalarındaki **conta aralıkları** kapanarak, rayların imbisat (genleşme) payları kaybolur, hat bozulur.

Şekil 4.5'de çeşitli etkenlerden dolayı yolun bozulması gösterilmiştir.

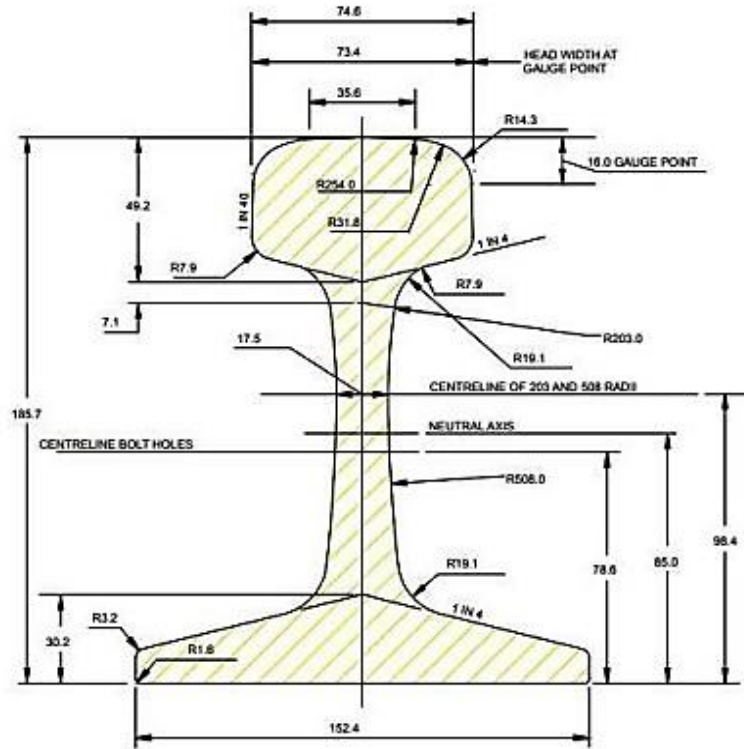


Şekil 4.5. Çeşitli etkenlerden dolayı yolun bozulması

İmbisat payları kaybolunca, raylarda çekme veya basınç gerilmeleri oluşur ve bazı hallerde bu gerilmeler büyük değerlere ulaşabilir. Eğer traversler arası uzun bir mesafe boşaltılmışsa ve raylar en ufak bir imbisat yapmayacak şekilde şöminmana maruz kalmışsa  $1000 \text{ kg/cm}^2$  değerinde gerilmeler oluşabilir. Bu gerilme kışın meydana gelen çekme kuvveti ile kırılma tehlikesini ve yazın oluşacak basınç kuvveti de hattın deformasyonuna sebep olur. Sıcak havaların etkisi ile meydana gelen basınç gerilmeleri varsa, hattın denge durumu bozulur. Bu durumdaki hat balast içine iyice gömülmüş ise, aniden yatağından fırlayarak yılankavi bir durum alabilir. Bu esnada yana doğru 1 metrelik ondülasyonlar meydana gelir. Böyle deformasyonlar araçların geçişinden evvel olabileceği gibi, araçların seyri esnasında da gerçekleşebilir. Yapılacak iş, hat'tın devamlı balast içinde oturmasını sağlayarak, basınç gerilmelerini azaltmak veya zararsız hale getirmektir.

#### 4.4.4. Rayların kimyasal bileşimi (chemical properties of rails)

Ray çeliğinin bileşiminde demirden başka karbon, silisyum, manganez, fosfor ve kükürt bulunur. Raylar bir metresinin ağırlığına göre veya kullanıldıkları hat bölgesine göre isimlendirilir. Örneğin UIC 60 ray'ı denildiğinde, bu rayın boyu 1 m, ağırlığı 60 kg gelir. Rayın yoğunluğu arttıkça, yük ve hıza karşı dayanımı artmaktadır. Şekil 4.6'da UIC 68 rayı gösterilmiştir.



Şekil 4.6. UIC 68 kg/m tipindeki ray profili

#### 4.4.5. Ray profilinin seçimi (selection of rail profile)

Bir raylı sistem hat'tı tasarlanırken, kullanılacak ray profilinin seçiminde, hat'tan geçecek taşıtların dingil basıncı (ton) ve seyir hızı (km/sa) bilinmelidir. Öncelikle hız katsayısı tespit edilir. Bunu takiben travers ara mesafesinin ne olacağı (cm) seçilir. Daha sonra Zimmerman, Engeser ve Jeahn Metodlarından birisi kullanılarak bulunan değer, momentle çarpılarak ray'a gelen hakiki moment hesaplanır.

Jeahn metoduna göre  $M = K \times G \times L$  formülü kullanılarak, ray'a gelen moment tesiri bulunabilir.

Momentin bulunmasından sonra;

$$W = \frac{M}{e} \text{ formülünden rayın mukavemet momenti hesap edilir.}$$

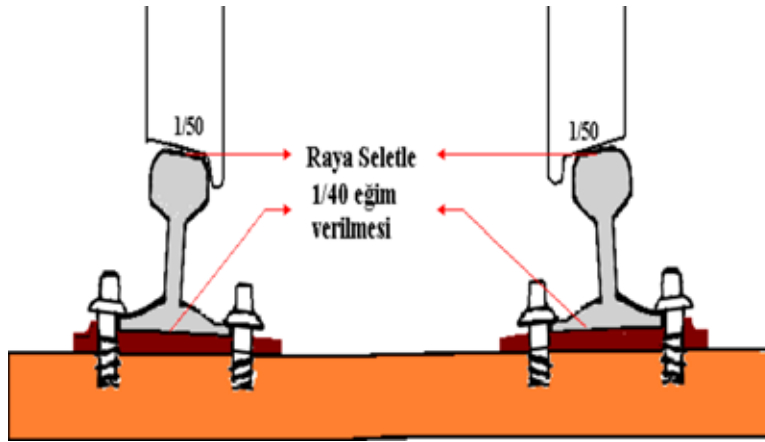
$W = 5,2 \times H - 533$  formülüyle de rayın yüksekliği (mm) olarak bulunur.

$$G = 156 - \frac{16000}{H} \text{ eşitliğiyle de, kullanılacak ray'ın m}^2 \text{ ağırlığı tespit edilir.}$$

#### 4.4.6. Raylara eğim verilmesi (tilting the rails)

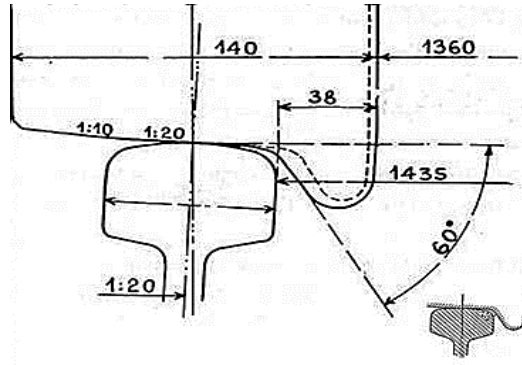
Doğru yollarda her iki tekerleğin yuvarlanma mesafeleri, aynı dingile tespitli olduklarından ve beraber döndüklerinden eşittir. Ancak kurplarda iç ray dizisi yarıçapı dış ray dizisi yarıçapından küçük ve daha kısa olduğundan, dış rayda yol alan tekerleğin iç raydaki tekerleğe nazaran daha uzun bir yol katetmesi gerekecektir. İki tekerleğin aynı yolu gitmesi için bandajları konik biçimde imal edilmiştir.

Kurplarda merkezkaç kuvveti etkisiyle dış ray dizisindeki tekerleğin yuvarlanma yüzündeki koniklik sebebiyle konik kısmın büyük çapı üzerinde ve daha büyük çember ile iç ray dizisindeki tekerlek konik kısmın küçük çapı üzerinde ve daha küçük çember ile dönmek sureti ile bu olumsuzluk giderilmiştir (Şekil 4.7). Bu tasarım, kara taşıtlarındaki diferansiyel etkisi gibi görev yapmaktadır.



Şekil 4.7. Raylara hat eksenine doğru eğim verilmesi

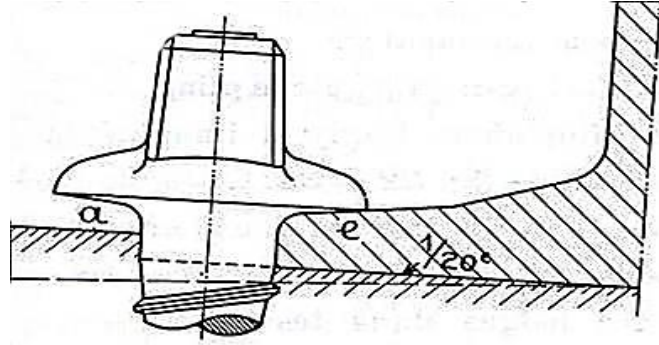
Bu bandajların ray üzerine uyumlu oturabilmesi için raylara yol içine doğru 1/20 - 1/40 eğim verilir. Bu eğim tekerleklerdeki koniklikle etkileşince, tekerlek yüzeyi ile ray yüzeyi birbirine paralel hale gelmiş olur. Bunun aksine, tekerlek yüzeylerinin konik, rayların yatay durumda olması halinde, tekerlek rayla çizgi teması yapacağından ray üzerinde büyük basınçlar oluşacaktır (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. Tekerlek – Ray etkileşimi

Tekerlek ray ilişkisini düzeltmek için, raylar yol içerisine doğru 1/20 ~1/40 eğimli olarak döşenmektedir (Şekil 4.9).

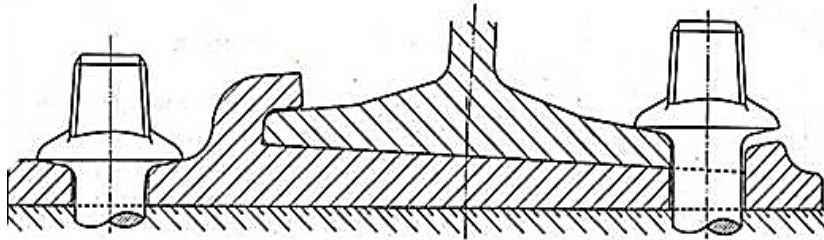
Ayrıca verilen eğimle, rayların yanal kuvvetler nedeniyle devrilmeleri de güçleştirilmiş olur. Bu eğimlerin verilme usulleri beton, demir ve ahşap traverslerde farklı şekildedir.



Şekil 4.9. Eğimli yerleşen ray

#### a. Beton traversli yollarda

Beton traverslerde Şekil 4.10'da görüldüğü gibi, traverse eğimli selet takılır ve ray'a eğim verilmiş olur.



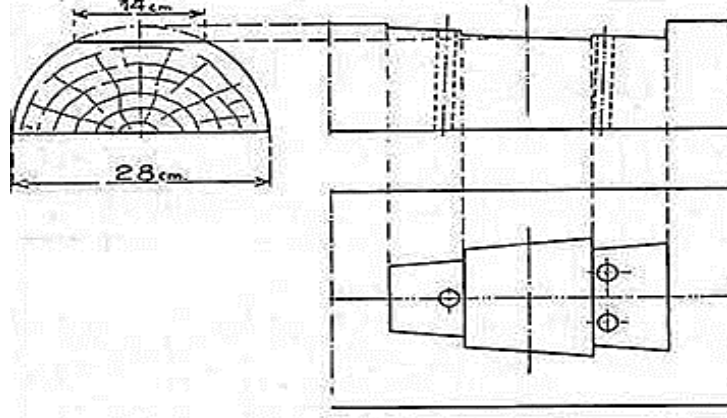
Şekil 4.10. Selet yardımıyla ray'a eğim verilmesi

#### b. Demir traversli yollarda

Seletsiz tiplerde 1/20 – 1/40 eğim travers üst yüzeyine imalat esnasında verilmiştir. Seletli tiplerde ise, travers üst yüzeyi düz olup, seletlerin üst yüzeyine verilen eğimle verilmiştir.

### c. Ahşap traversli yollarda

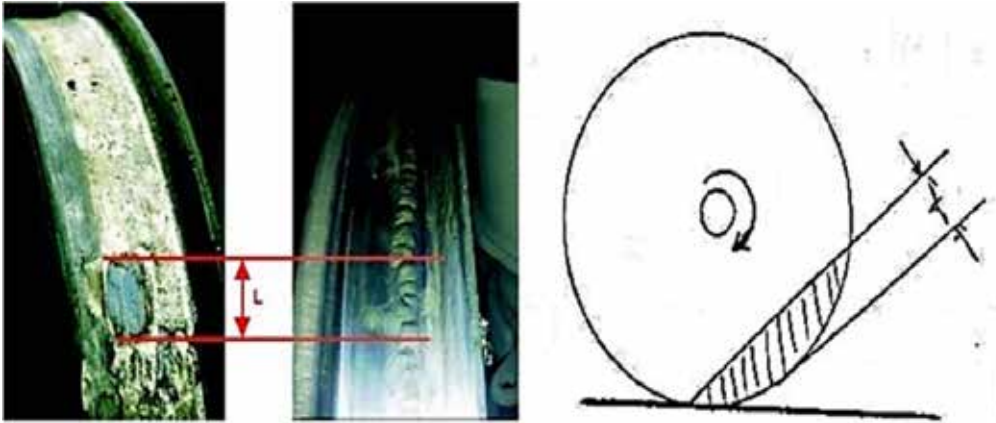
Ray tabanına gelen kısım önceden 1/20 veya 1/40 eğimde yontularak, sabotesi yapılır veya seletli tip ve "K" tipi bağlantılarda (selet eğimli olduğundan) seletin üst yüzeyi ile ray'a eğim verilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11. Ahşap traverslere eğim verilmesi

#### 4.4.7. Tekerlerde apletlik (Wheel flat)

Bir treni durdurmak veya süratini azaltmak için dinamik enerjisini azaltmak veya sıfırlamak gereklidir. Bunu temin etmek için, tekerlekler saboların doğurduğu kuvvet tesiriyle frenlenerek, yavaşlatılır ve durdurulur. Eğer frenleme kuvveti tekerleğin dönmesini engelleyerek kilitlemesine sebep olursa, tekerlekler ray üzerinde kayar. Bu şekilde dönmesi engellenen tekerlek ray üzerinde kayar ve yuvarlanma yüzeyi düzleşir. Bu duruma Apletlik denir (Şekil 4.12). Kayma olayı, ray yüzeyinde de, oyulmalar ve metalik yığılmalar oluşturarak, yüz yüzeyinin düzlemselliğini bozar.



Şekil 4.12. Tekerlerde apleti

Apletlik, tekerleklerin yuvarlanma yüzeylerinde; 60 m boyunda ve 1 mm derinlikte **düzleşme kusuru** olarak tarif edilir. Kızaklama ile giden tekerlekte oluşan ısıdan dolayı, aşınan yerden çıkan malzeme çapak (malzeme yığıntısı) olarak aynı yüzeye yapışır. Bu yığıntı da ,apleti gibi mahzurlu bir durumdur. Bu ölçüden büyük apletlik, rayın (özellikle kışın -raylar daha kırılğan olduğundan), hatta tekerleğin kırılmasına sebep olabilir. Düzlenen yuvarlanma yüzeyi sebebiyle, tekerlek her dönüşünde büyük vuruntulara sebep olmaktadır.

Ayrıca şiddetli vuruntu, aşırı gürültü olmasına, tekerleğin daha fazla aşınmasına, yatak yanmasına ve taşıtın seyir emniyetinin kötüleşmesine neden olabilir. Tekerleği apleti olan vagona başka tekerlek takımı monte edilemiyorsa, vagon mutlaka diziden çıkarılır.

Apletliğin oluşma sebepleri;

- ~ Fren arızaları,
- ~ İmalat hatası,
- ~ İşletme hatası,
- ~ Hatalı tren sürüş tekniği

şeklinde sıralanmaktadır.

#### 4.4.8. Raylarda apletlik (pothole in rails)

Raylarda oyulma ve dalgalanmalar da seyir kalitesini kötüleştirir. Ondülasyon olarak da tanımlanan bu dalgalanmalar, seyir anında taşıtta aşağı - yukarı salınımına yol açmaktadır. Lokomotiflerin patinaj yapmasıyla rayların bir veya birkaç yerinden oyulmasına **apletili ray** denir. Şekil 4.13'de gösterilen apletili raylar, Tablo 4.1'deki kriterleri göre değiştirilmelidir.



Şekil 4.13. Apletili ray

Tablo 4.1. Raylarda apleti miktarları

	Derinlik	Boy	Yükseklik
	mm	mm	mm
<b>Apletlik</b>	1	60	-
<b>Katmerleşme (Yığıntı)</b>	-	60	1

Apletliklerde;

- ~ Apleti derinliği masterla ölçülür. Master yoksa, apletli yerin uzunluğu cetvel ile ölçülebilir.
- ~ Boyu 60 mm'ye kadar ve derinliği 1 mm'den büyük kusurlar apletlik kabul edilir.
- ~ Boyu 60 mm'den daha uzun ve yüksekliği de 1 mm'den büyük olan malzeme yığıntısı, katmerleşme (krepaj) olarak isimlendirilir.
- ~ Katmerli kısımlar 60 mm uzunluğu aşmamalıdır.

#### 4.4.9. Ray kusurları (rail defects)

Gerek rayın içinde, gerekse dış yüzünde bulunan istenmeyen süresizlik noktaları birer kusurdur. Kusurlar buldukları yere ve büyüklüklerine göre önemli veya önemsiz olurlar. Başlangıçta önemsiz görülen kusurlar, zamanla önemli hal alabilirler. Bilhassa ray'ın yuvarlanma yüzeyinde bulunan kusurlar bu gruptandır.

Ray kusurları; imalat hataları ve işletme anında doğan kusurlar olarak iki grupta toplanır.

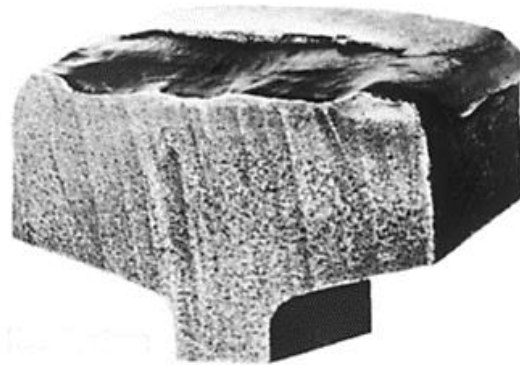
##### a. Raylarda imalat hataları (manufacturing defects in rails)

Raylar üretilirken, muhtelif hatalar oluşur. Bu hatalar imalat kalite yönetim işlemleriyle bulunur ve giderilmeye çalışılır. Raylar; gözle, tahribatsız ve tahribatlı testlerle muayene edilir ve testi başarıyla geçen raylar kullanıma hazırdır.

Ray üretimi esnasında, daha hafif ve ergime noktası düşük metalik malzemelerin, rayın üst yüzeyine yakın kısımlarda toplanması ve soğuması sırasında ısı kaybının bilhassa üst kısımda fazla olması sebebiyle, buralarda çukurlaşmalar meydana gelir. Bu şekildeki arızalar eğer rayın başında olmayıp, sadece orta kısımlarda kalıyorsa, göze görülmez, ancak özel aletlerle tespit edilir. Başlangıçta küçük olan bu kusur zamanla büyüyüp çok zararlı bir hal alabilir. İlerlemiş halde mantar içine kadar yükselir. Dingil ağırlığı sebebiyle ray gövdesi şişip mantar üzerinde ezilmeli vuku bularak, rayın ikiye ayrılmasına bile sebep olur.

##### 1) Kabuk Atma (shelling)

Bu tür ray kusurları, üretimden gelen oksit kalıntıları ve kalıntı gerilmeden dolayı yüzeyaltı yorulma çatlakları şeklinde başlayıp, parça kopmasıyla son bulan kusur çeşididir. Genellikle yüksek rayın ekartman tarafındaki yuvarlanma köşesinde görülür (Şekil 4.14). Kabuk atma hataları; ray yuvarlanma yüzeyinde ve ray'ın ekartman tarafında kabuk atma olarak iki farklı biçimde görülmektedir.



Şekil 4.14. Ray'da kabuk atma

##### ~ Ray Yuvarlanma Yüzeyinde Kabuk Atma

Ray yuvarlanma yüzeyinde birkaç milimetre derinliğinde "sahte dalgalanma" şeklinde görülen kabuk atma kusurudur.

##### ~ Rayın Ekartman Tarafında Kabuk Atma

Başlangıçta ray mantarının ekartman tarafında "rastgele uzun karartı" şeklinde görülüp, bir süre sonra metal yığılmasına dönüşerek, kırılma ve kabuk kopması şeklinde oluşan kusurdur (Şekil 4.15).



## 2) Oval biçimli iç kusur (tache Ovale)

Mantar yüzeyinin 10 - 15 mm altında; hidrojen birikintisi, oksit kalıntısı veya kaynak yapımı esnasında içeride kalan gaz boşluğu, curuf kalıntısı gibi süreksizlikten oluşan oval şeklinde kusur çeşididir.



Şekil 4.15. Ray'ın ekartman tarafında kabuk atma örneği

## 3) Ray mantarında dikey ayrılma (vertical cracking)

Üretimden gelen bir kusur nedeniyle ray mantarında oluşan çatlağın dikey olarak büyüyerek mantarın ikiye ayrılmasıyla son bulan bir kusur çeşididir.

## 4) Yapraksı kopma (flaking)

Yüzeyin hemen altında üretim esnasında oluşan, yüzeye gelen baskıyla da ince yaprak şeklinde parça kopması şeklinde sonuçlanan üretim kusuru çeşididir (Şekil 4.16).



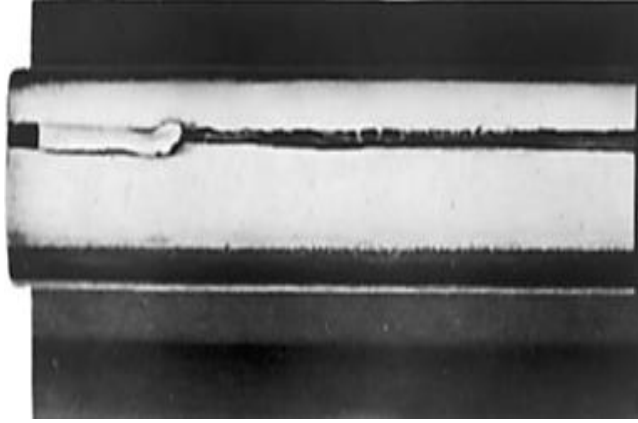
Şekil 4.16. Yapraksı kopma

## 5) Uzun yiv (long groove)

Ray yüzeyinde derinliği çok az olup, birkaç metre uzunluğunda olabilen, çizgi halinde metal kopması şeklinde görülen üretim kusurudur (Şekil 4.17).

### 6) Çizgi oluşumu (line)

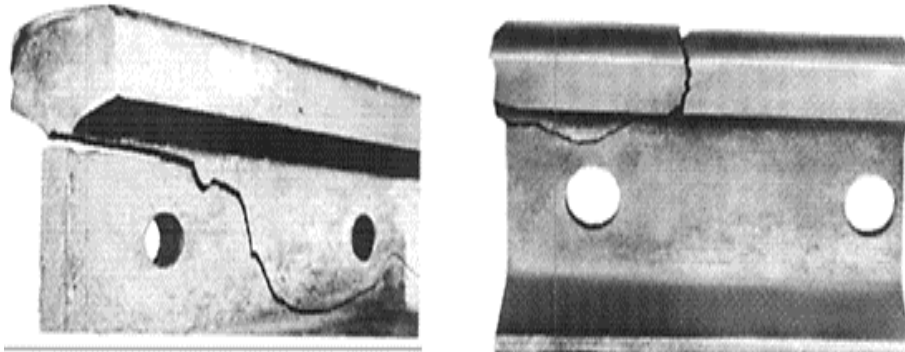
Derinliği 2 - 3 milimetreyi geçmeyen, boyuna çizgi şeklinde görülen üretim kusurudur. Ray yola serilir-serilmez gözle fark edilir, yapraksı kopmayla birleşmez ise, aşınmanın etkisiyle zamanla kaybolur.



Şekil 4.17. Uzun yiv

### 7) Gövde-Mantar birleşiminde yatay çatlaklar (horizontal cracking at the web-head fillet radius)

Şekil 4.18’de gösterilen ve üretim esnasında doğan hatadır. Metal dışı kalıntıların birikmesi ve ray üretim fabrikasında yapılan soğuk doğrultmadan gelen “kalıntı gerilmelerin” bu tür kusura yol açar. Dikey ve enine doğru yüksek dinamik yüklemeler çatlakın gelişmesine sebep olur.

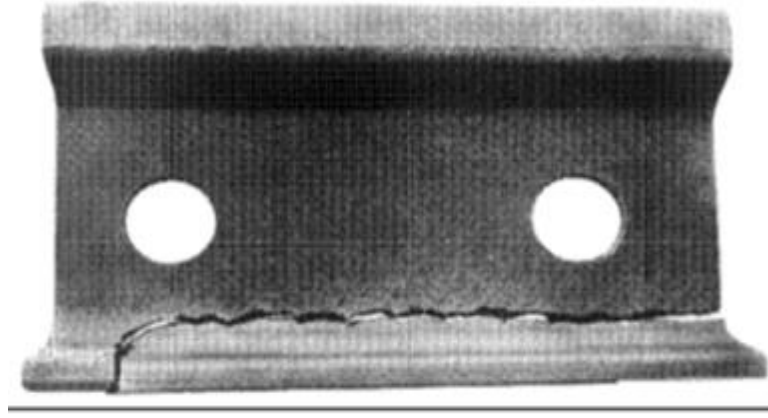


Şekil 4.18. Gövde - Mantar birleşiminde yatay çatlak

### 8) Gövde-Taban birleşiminde yatay çatlaklar (horizontal cracking at the web-foot fillet radius)

Üretim anında doğan bir hatadır. Metal dışı kalıntıların gövde - taban birleşim noktalarına birikmesi, ray üretim fabrikasında yapılan soğuk doğrultmadan gelen artık gerilmeler ile dikey ve enine doğru dinamik yüklemelerin sebep olduğu kusur çeşididir.

Çatlak başlangıçta yana doğru ilerler, daha sonra o bölgeye gelen yük durumuna göre yukarı veya aşağı doğru yönelir ve kırılmayla sonuçlanır (Şekil 4.19).



Şekil 4.19. Gövde-Taban birleşiminde yatay çatlak

### 9) Beyzi Leke (white stain)

Rayın dökümü sırasındaki homojen bozukluklardan kaynaklanan bu arıza, başlangıçta bir çekirdek veya merkezden doğar. Küçük bir çatlama ve ayrılma şeklindedir. Zamanla büyüyerek, bütün mantar kesitine yayılabilir. Yuvarlanma yüzeyinde görüldüğü zaman ray artık kırılmış demektir.

Amerikalı bilim adamlarının araştırmasına göre, karbon miktarı yüksek bulunan Martin çelikleri'nde soğuma sırasında, iplik demeti şeklinde hidrojen yığılmaları, beyzi lekenin başlıca sebebi olduğu tespit edilmiştir. Bu şekildeki arızalı bir ray kesilip incelenirse, parlak pürüzsüz çatlamanın ilerlemesini gösteren iç içe aynı merkezli halkalar görülür. Bu görünüşten dolayı bu arızaya **beyzi leke** adı verilmiştir.

Beyzi leke kusuru aynı rayın değişik kesitlerinde bulunacak olursa, ikinci kırılmalar meydana getirebildiği gibi, aynı fabrika üretimi olan rayların çoğunda var olmasıyla, adeta bir salgın halinde görülebilir. Beyzi leke gözle görüldüğü anda, artık ray kırılmıştır. Bu arızanın önceden tespiti gerekir. Bu nedenle rayların ultrasonik testle kontrol edilmesi gerekir.

### b. İşletmeden doğan ray kusurları (operational defects of rails)

#### 1) Ray - Teker temas çatlakları (head checks)

Rayın boylama eksenine  $30^\circ - 60^\circ$  arasındaki açılarla, ray yuvarlanma yüzeyinden ekartman tarafına doğru oluşan, küçük yüzey çatlaklar grubu şeklindeki kusurdur. Kontrol edilmezse, ray kırılmalarına sebep olabilir. Başlangıç aşamasında taşlama yaparak kusur giderilir (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Ray - Teker temas çatlakları

## 2) Pullanma (spalling)

Ray yuvarlanma yüzeyinde başlayan bir çatlağın, başka çatlaklarla birleşerek yüzeyden küçük parçalar koparması şeklinde oluşan kusur çeşididir. Daha çok kış aylarında rayın sertliğinin arttığı soğuk dönemlerde görülür.

## 3) Ezilme (squat)

Ray yuvarlanma yüzeyinde teker ile rayın temas sahasında bölgesel olarak ezilme sonucu genişleme biçiminde görülen kusur türüdür. Yüzeyde görülen çatlak, zamanla ray mantarının içine doğru ilerleme gösterir. Çatlak boyu 3 - 5 mm derinliğe ulaştığında, aşağı ve enine doğru gelişir ve rayın kırılmasına sebep olur.

Ezilme tipi kusurlar genellikle ondülasyonlu bölgelerde alın kaynaklı ve termit kaynaklı bölümlerde görülür (Şekil 4.21).

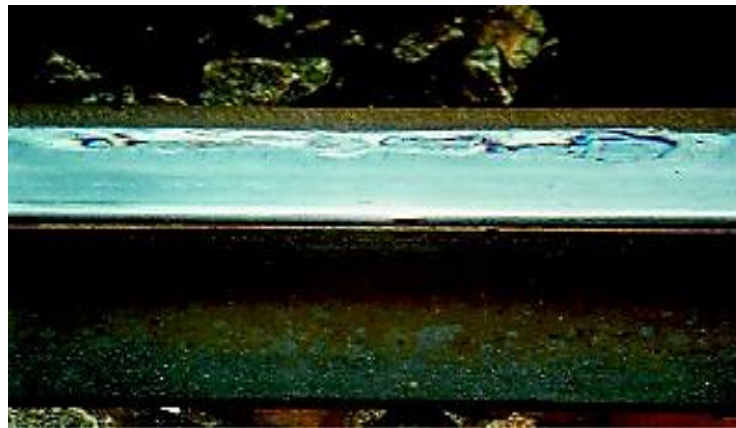


Şekil 4.21. Ezilme kusuru

## 4) Patinaj izi (isolated wheel burn, wheel slip mark)

Duran aracın hareketi, hareketli aracın durması, eğimli bölgelerde tekerin ray üzerinde kaymasından veya patinaj yapması ile sürtünmeden kaynaklı ortaya çıkan ısının ray yüzeyinde bölgesel meydana getirdiği koyu gri renkli, elips şeklinde kusur çeşididir. Bazen ray yüzeyinde yatay düzlemde gelişir, derinliği artmaz ve kabuk atma şeklinde sonuçlanır.

Diğer bir şekilde de, enine doğru gelişir çatlak derinleşerek gövdeye doğru ilerler ve rayın kırılmasıyla sonuçlanır (Şekil 4.22).



Şekil 4.22. Patinaj izi

### 5) Tekrarlayan Patinaj İzi (repetitive skating track, rail burn)

Tekerin ray yüzeyinde tekrar tekrar kayması veya tekerin kaydığı bölgede aracın hareketine devam etmesi veya tekerin kusurlu (apletili) olması sonucu oluşan kusur çeşididir (Şekil 4.23).



Şekil 4.23. Lokomotifin olduğu yerde patinajı sonucu oyulma

Bu tür kusur, lokonun bulunduğu “rampa yukarı” noktada, katar tonajının yüksekliği sebebiyle harekete geçemeyerek, çekiş yapamaması sonucu doğmaktadır. Ray üzerinde içeriye doğru ilerleyen birçok kılcal çatlak oluşur, bu durum özellikle soğuk havalarda rayın gevrekleşmesine ve kırılmasına sebep olur.

### 6) Ray Mantarında Yatay Ayrılma (horizontal cracking)

Ray başında ray mantarına paralel küçük bir çatlak şeklinde başlayıp, yatay ilerleyen ve ray üzerinden bir parça kopmasıyla son bulan yatay çatlak şeklinde kusur çeşididir.

### 7) Metal Yığılması (plastic flow and tongue lipping)

Ray mantar bölgesinde, çoğunlukla rayın dış kenarında fazla yüklemekten kaynaklı “metal birikmesi” şeklinde görülen kusur çeşididir.

### 8) Soğuk Yaralanma (bruising)

Rayın; taşınması, deray durumu, yol çalışması, balast sıçraması ya da dışarıdan gelen sert bir darbeden dolayı zedelenmesi veya hasarlı tekerin tesiriyle oluşan kusur çeşididir. Bu yaralanma keskin köşeli olursa, çentik etkisi yapıp, rayın kırılmasına neden olur.

### 9) Raya uygulanan işleme hatası (faulty machining)

Yolda uygun olmayan bir teknik kullanarak ray tabanının veya ray gövdesinin uygunsuz bir gereç ile (örneğin oksii-asetilen üfleciyle) delinmesi ya da kesilmesi, çift delik açılması gibi hatalı işlemler sonucu oluşan kusur çeşididir. Genellikle çentik etkisi yaparak rayın kırılmasına yol açar.

### 10) Cebire deliğinde yıldız kırık (star-cracking of fishbolt holes)

Cebire deliği çevresinde yıldız şeklinde gelişen kusur çeşididir. Cebire deliğinin matkapla değil, oksii-asetilen üfleciyle delinmesi sonucu, gerilim yoğunluğunun artmasıyla oluşur.

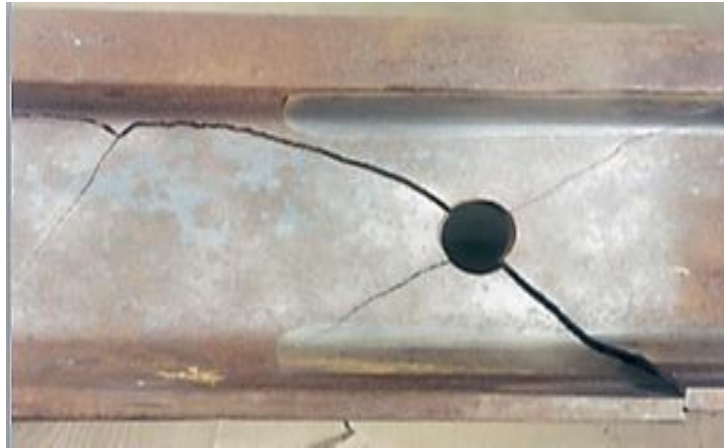
Gerilim yoğunluğunun 45° açılı olarak toplanmasıyla, genellikle yatay düzleme göre 45° açıyla başlayan çatlaklara neden olur (Şekil 4.24).



Şekil 4.24. Cebire deliğinde yıldız kırık

### 11) Cebire deliği dışında, ray üzerindeki herhangi bir delik çevresindeki kırık (cracking around holes other than fishbolt holes)

Ray üzerinde açılan herhangi bir delik çevresinde gelişen kusur çeşididir. Deliğin oksii-asetilen üfleciyle delinmesi, keskin köşelere pah yapılmaması, gerilim yoğunluğunun delik çevresinde artmasını doğurur ve genellikle yatay düzleme 45° açılı çatlaklara yol açar (Şekil 4.25).



Şekil 4.25. Delik çevresinde delik

### 12) Dirsek yapma (buckling)

Rayın çevre sıcaklığına bağlı uzaması sonucu, yanal olarak geometrisinin bozulması şeklindeki kusur çeşididir. Genellikle sürekli kaynaklı raylarda (UKR), küçük bağlantı malzemelerinin doğru ortam sıcaklığında sıkılmamasından dolayı ve rayın uzamaya çalışmasının getirdiği stres birikimi ile dışa doğru dirsek yapması şeklinde meydana gelir.

Bu tür kusur kontrol altında tutulmaz ise, trenin derayına sebep olur.

### 13) Eğri ray (warped rail)

Kaza, deray, hatalı taşıma veya herhangi bir dış sebepten dolayı oluşan kalıcı bir kusur çeşididir. Hat'tın doğruluğunu bozar, yolun gerilimini arttırdığından, başka hataların oluşmasına sebep olur.

**14) Kaynakta yatay çatlak (horizontal cracking of the web)**

Rayların kaynak edilmesi sırasında, kaynağın karşılıklı iki tarafında kavisli olarak birleşen, çatlak şeklinde gelişerek oluşan kusur çeşididir.

**15) Dolgu kaynağında kavlama (detachment or shelling of the resurfaced portion)**

Genellikle kaynak metali ile ana metal arasında oluşan bir kusurdan veya ana metalle kaynak metalinin kaynamamasından dolayı, kabuk kalkması şeklinde oluşan kusur çeşididir.

**16) Bondig kaynağı kırığı (transverse cracking under electrical connection)**

Ray mantarının dış tarafında, ray gövdesinin bir tarafında veya gövde ile tabanın birleştiği kaviste enine gelişen bir çatlak şeklinde görülen kusur çeşididir. Genellikle gelişen çatlak rayın kırılmasına sebep olur.

**17) Ondülasyon (corrugation)**

Ray yuvarlanma yüzeyinde aşınma, yorulma veya metal yığılması gibi birçok bozulma türünün çeşitli nedenlerle bir araya gelmesi sonucu oluşan kusur çeşididir. Ray yüzeyinde dalgalı aşınma şeklinde inişli, çıkışlı ya da parlak koyu şekilde görünen periyodik düzensizliklerdir. Deray'a neden olmaz, ancak küçük bağlantı malzemelerinin gevşemesine, balastın bozulmasına, sesin artmasına ve titreşimin artarak yolculuk konforunun düşmesine neden olur. Erken evrede ray taşlaması yapılırsa kusur giderilir.

Bu kusur tipi kısa dalga boylu ve uzun dalga boylu olarak ikiye ayrılır (Şekil 4.26).



Şekil 4.26. Ray yüzeyinde ondülasyon (Konya tramvay hattı, Foto E. Sevil)

**- Kısa dalga boylu ondülasyon (short pitch corrugation)**

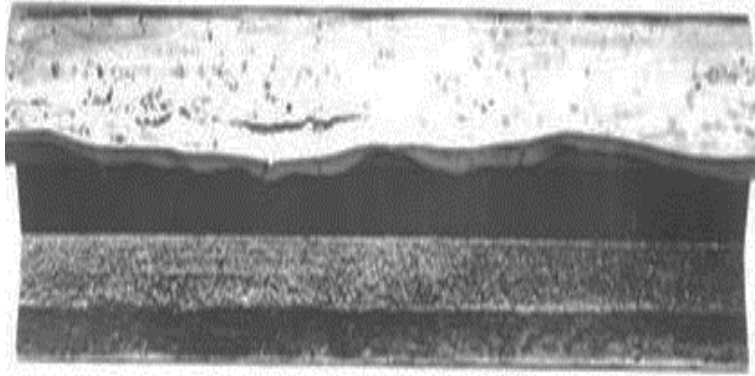
Hasarlı teker, teker takımı veya ağır yük altında çalışma sonucu dalga boyu 3 - 8 cm arasında değişen ondülasyon çeşididir.

**- Uzun Dalga Boylu Ondülasyon (long pitch corrugation)**

Genel olarak rayın haddelenmesi sırasında oluşan üretim hatasından, yoğun trafik ve yüksek hız altında çalışma sonucu oluşan, dalga boyu 8 - 30 cm arasındaki ondülasyon çeşididir.

### 18) Ezilme kopması (crushing)

Genellikle dar yarıçaplı kurplarda, iç rayda ray çalışma yüzeyinin yan tarafında metalin boydan boya dikiş şeklinde yana doğru ezilerek birikmesi ve zamanla kopması şeklinde görülen ray kusur çeşididir (Şekil 4.27).



Şekil 4.27. Ezilme kopması

### 19) Bölgesel ezilme (local batter of running surface)

Ray üst yüzeyinde bölgesel olarak oluşan, ezik görünümlü, genellikle ray üst yüzeyinin genişlemesine neden olan, sebebi ilk bakışta anlaşılamayan üretim kusurudur.

### 20) Korozyon (corrosion)

Havadaki kimyasal bileşenlerden, sudan, özellikle de tünelde ve hemzemin geçitteki rayların paslanarak korozyonun meydana gelmesi halidir. Gövdenin paslanması sonucu parça kopması, gövde kalınlığının azalmasına ve zaman içinde kırılma ile sonuçlanmasına sebep olur (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Korozyon

#### 4.4.10. Rayların aşınması (rail wear)

Raylar tekerlekle temasta bulunan noktalardaki teğetsel kuvvetler sebebiyle, devamlı şekilde aşınmaya maruz kalırlar. Bu sebeple bir taraftan dingil ağırlığı, yapılan hız ve trafik yoğunluğuna, diğer taraftan da ray ve tekerlek bandajının çelik cinsine bağlı olarak, raylar ortalama aşınma hızı 40 milyon brüt ton için 1 mm olmak üzere yavaş veya hızlı bir tempoyla aşınırlar.

Bunun sonucu olarak belli bir miktar aşınmadan sonra rayların hat'tan çıkarılarak yerlerine yenilerinin konulması gerekir.



Belirli bir dingil ağırlığında, istenen hızın yapılması için gerekli “*mukavemet momentinin*” altına düşülmemesi icap ettiğinden, ray’ı değiştirmeyi gerektiren başka bir sebep yoksa, zaman zaman sırf aşınma yönünden Mukavemet Momentinin ölçülmesi yapılmalıdır.

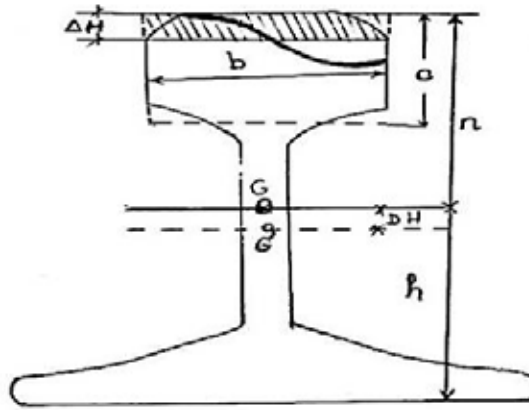
**Not:** Araçların yaptığı hızlara göre demiryoluna aktarılan yükleri, üstyapının taşıyıp taşımayacağına araştırılması gerekir. Bu amaçla; hız katsayıları, yola gelen dingil basıncı, traversler arası mesafe ve travers altındaki balast kalınlığı dikkate alınarak yapılan hesaplama **Mukavemet Momenti** denir.

#### a. Düşey aşınma (vertical wear)

Ray yüzeylerinde araç tekerleğinin raya teması sonucunda oluşan ve genel olarak yatay ve düşey hat geometrisinin bozukluğu ile orantılı olarak meydana gelen, raylardaki düşey aşınmalara **ondülasyon** aşınmaları denilmektedir.

Ondülasyon aşınmaları azami 0,5 mm olabilir. Düşey ondülasyonlar, genel olarak düşey ekseninde araç titreşmesine neden olmaktadır.

Nivelman yolu ile hat’ta yapılan düşey düzeltmeler tamamlandıktan sonra, Ray taşlama makinesi ile ondülasyonların giderilmesi yapılabilir. Düzenli bir taşlama için ölçümlerin sağlıklı ve nivelman değerlerinin ideal olması gerekmektedir (Şekil 4.29).



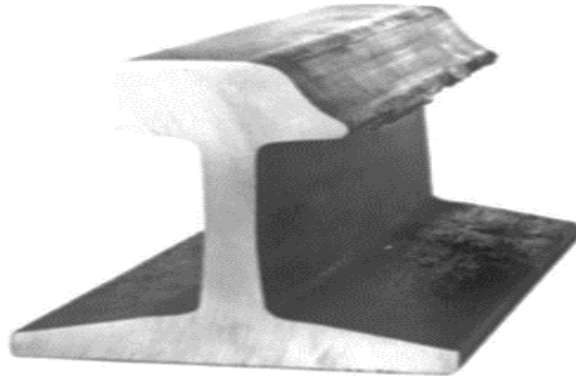
Şekil 4.29. Düşey aşınma (Ondülasyon)

#### b. Yanal Aşınma (lateral wear)

Şebekede dizel elektrikli (DE) lokomotiflerin çalışmaya başlamasıyla, dar yarıçaplı kurplarda “yanal ray aşınmasının” hızlandığı gözlenmiştir. Yanal aşınmaya maruz kalmış ray Şekil 4.30’da verilmiştir.

Bunun sebebi lokomotif tekerleğinin, ray çeliğine oranla diğer vagon ve loko tekerleklerinden daha sert olmasıdır. Kurplarda dış rayların aşınma sebepleri şöyle sıralanabilir:

~ Kurplarda boden seyir istikametinin çembere teğet, yani raya teğet istikamette olmasından, arada meydana gelen açı dolayısıyla bodenin raya bu açı altında sürtünmesinden,



Şekil 4.30. Yanal ray aşınması

- ~ Merkezkaç kuvveti dolayısıyla, ilk maddede açıklanan açı altında bodenin dışarıya yandan daha büyük bir kuvvetle sürtünmesinden,
- ~ Boden çeliğinin (Bandaj) raydan daha sert olmasından,
- ~ Aşınmış ve normal şeklini kaybetmiş bodenin, raya normal uyum sağlayamayıp, “rayı yontarcasına” sürtünerek seyir etmesinden doğmaktadır.

Ray aşınma miktarları TCDD’de ROBEL - A ve ROBEL - B aletleriyle ölçülmektedir. Şekil 4.31’de gösterilen aletin, mantarın ortasından başlamak üzere dört kalemi vardır. Ray mantarı ortasına inen kalem “d” kalemi olup, yandan birinci kalem “a”, ikinci “b” kalemleri yan aşınmayı üçüncü kalem “c” kalemi mantarın üst köşe aşınmasını, “d” kalemi üstte dikey (şakuli) aşınmayı ölçer.



Şekil 4.31. Robel aleti

Rayın düşey aşınma miktarı, mantar üst seviyesinden 15 mm aşağıdaki miktarıdır. Robel-A aleti Robel-B aleti arasındaki fark A - Aletin kalemler uçları mantarın gövdeye birleştiği yerde, B aleti kalemlerinin de 10 mm daha aşağıda çalışmasından ibarettir. Ayrıca kalemlerin yatay düzlemle yaptığı açılar birbirlerinden farklıdır.

#### 4.4.11. Ray aşınmalarının önlenmesi (prevention of rail wear)

Hat açıklığının (ekartman) hem yüksek olması (sürekartman), hem de düşük tutulması aşınmayı arttırmaktadır. Bu sebeple;

- ~ Bandajları ray çeliğinden sert olan lokomotif bodenlerini yağlamakla (boden yağlama sistemi),

~ Rayların bodene temas eden kısımlarını devamlı yağlı tutmakla, ray aşınmalarının azaldığı tespit edilmiştir. Bu uygulamalar yaygın olarak kullanılmaktadır.

Evvelce aşınmaya karşı özel yağlar veya yanık yağ ile ray yanakları yağlanmasına karşın, bugün dar kurplarda uzun süre ray yanağında kalabilen 8.01.002.137 kodlu grafitli gres olup, bu yağ ile yapılan yağlamanın iyi netice verdiği tespit edilmiştir. Bu tür yağın çok pahalı olması sebebiyle, bunun yerine adi gres yağıda kullanılabilir. Ancak bu yağla yapılan yağlamada günde 7 - 8 tren işleyen bir bölgede iyi netice vermekte ve gres ray yanağında 30 gün civarında kalmaktadır. Yaz kış ortalaması 30 gün kabul edilmiştir. Tahminen 240 tren geçtikten sonra yağ kaybı olmaktadır.

Gres yağının rayın aşınmış yüzeyine sürülmesine ve ray mantarı üzerine taşırılmamasına çok dikkat etmek lazımdır. Aksi durumda mantarı yağlı ray, tekerlekte aderans kaybına yol açacaktır. Yağın raya sürülmesi için kullanılmış kısa tüylü boya fırçası veya kıldan dokunmuş bir çul parçası kullanılabilir. Deneylere göre 12 m boyundaki bir raya, bir seferinde ortalama 7 - 8 gram ve kış mevsiminde yağ donuk olacağından 9 - 10 gram arasında yağ sarfı gerektiği neticesine varılmıştır.

Ray mantarı üzerine çıkan yağ ile trenlerin dik rampalarda patinajını önlemek amacıyla, bölgedeki kurplu kısımların yağlanmasında, sağ kurpları belirli bir günde, sol kurpları da başka günlerde yağlamak suretiyle dönüşümlü uygulama yapılmasında fayda vardır.

#### **4.4.12. Rayların işletme altında kontrolü (rail control under operation)**

##### **a. Gözle kontrol ve donanımları (visual control and its equipments)**

Rayların yuvarlanma yüzeylerinin gözle denetimi, genelde çıplak göz ile yapılır. Kontrastın iyileştirilmesi, belirli bir bakış açısının korunması, göstergelerin netleştirilmesi ve yeterli derecede bir aydınlatmanın sağlanması için, aşağıda sıralanan yardımcı aletler kullanılır:

- ~ 10X büyüteç,
- ~ Fotoğraf makinesi,
- ~ Aydınlatma tertibatı (lamba veya el feneri),
- ~ Lüksmetre,
- ~ Kontrol aynası,
- ~ Sentil,
- ~ Ray masterları,
- ~ Ray aşınma ölçme (Robel) aracı,
- ~ Çelik cetvel, kumpas vb.,
- ~ 1 metrelik çelik master.

Ray yüzeyinde görülen çatlak, oyuk, çizik, yüzey geometrisinin bozulması, cebire deliğinde yıldız kırık, boylama kırık, dikey ve enine kırık, yanal ve dikey aşınma, gövde - mantar birleşim yerlerindeki yatay çatlaklar, yığılma kopması, gövde - taban birleşim yerlerindeki yatay çatlaklar ve mantar kalınlığı ile yüksekliği gibi "Süreksizlik tipleri" sayısal ve geometrik verilerdir.

Gözle muayene ile belirlenen zaman aralığında ray malzemesinde, yola serilmesinden veya işletmesinden kaynaklanan kusurlar tespit edilir. Muayene personeli tarafından tespit edilen kusurlar şüphe götürmeyecek şekilde belirlenecek ve buna göre gerekli olan işlemlerin raya uygulanması sağlanacaktır.

### b. Ray ve profil kusurlarının bilgisayar destekli tespit edilmesi (computer aided detection of rail and profile defects)

Çeşitli firmalarca ultrasonik ray arızası tespit araçları üretilmiştir. Bir ekrandan ray kusur dedektörü ile iz kontrolü yapılarak, varsa arızalar tespit edilir (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Ray kusurları ölçme makineleri

#### 1) Küçük hatalar

Tren işletilmesi esnasında rayların kullanılmasına uygunluk yönüyle herhangi bir olumsuz etkiye sahip olmayan veya küçük bir etkiye sahip olan hatalardır.

#### 2) Büyük hatalar

İşletme esnasında rayların kullanılmasına uygunluk yönüyle artık bir garanti sağlayamayan veya işletmeyi tehlikeye sokabilecek hatalardır. En kısa sürede rayda taşlama yapılarak hatanın giderilmesi ya da rayın değiştirilmesi yoluyla giderilmesi gereken hatalardır.

#### 3) Kritik hatalar

İşletme emniyeti üzerinde büyük bir etkiye sahip ve taşımacılık için ciddi tehlikeler taşıyan hatalardır. Hat işletmeye kapatılır ve ray değişimi yapılır.

#### 4.4.13. Ray ek yerleri, contalar (rail joints and seals)

Çeşitli uzunluktaki rayların birbirlerine bağlandığı “ek yerlerine” conta adı verilmiştir (Şekil 4.33). Contalar düşey ve yatay ekseninde yolun en çok bozulan, malzemeleri sık sık kırılan ve yolun bakım masrafı yüksek olan bölümleridir. Raylar genel olarak, 12 - 18 - 24 - 36 - 54 ve 72 metre uzunluklarında üretilmektedir. 72 m uzunluğundaki raylar, ülkemizde 2000 yılından itibaren Kardemir A.Ş. tarafından üretilmektedir.

Contalardaki bakım masrafından kaçınmak ve yolun konforu ile hızını arttırabilmek için contaları kaynaklayarak uzun kaynaklı raylar (UKR, SKR) elde edilmektedir. Bu nedenlerle SKR rayların teşkili esnasında ne kadar uzun ray kullanılırsa masrafı da o kadar azalır.



Şekil 4.33. Rayların birleşme yerleri (Conta)

Conta teşkili yapılırken karşılıklı iki dizideki ray başlarının aynı hizada olması gerekir. Contaların karşılıklı olmaması halinde, oluşacak çapraz düşey eksen (nivelman) arızaları araçlarda seyir halinde burulmalara ve bu nedenle deraylara sebep olur. Contalar karşılıklı iki dizideki ray başlarının gönye farkına göre; karşılıklı, şaşırtmalı, mesnetli, sakın ve konsollu conta gibi şekillerde düzenlenir.

#### a. Karşılıklı conta

Her iki ray dizisinde ray başları aynı hizadadır. Yolun genel bakımı ve contaların düşük olmaması açısından “karşılıklı conta” en ideal conta teşkil sistemidir. Bu sistemde eğer ray dizisinin her ikisinde de contada düşüklük varsa, çok şiddetli sarsıntı ve vuruntular oluşarak yolun üzerinde seyreden araçların sustaları (yaylar) kırılabilir.

Bu sistemde fleş hatası çok görülür. Karşılıklı contada ray başı gönye farkı 70 mm’den fazla olmamalıdır (Şekil 4.34).

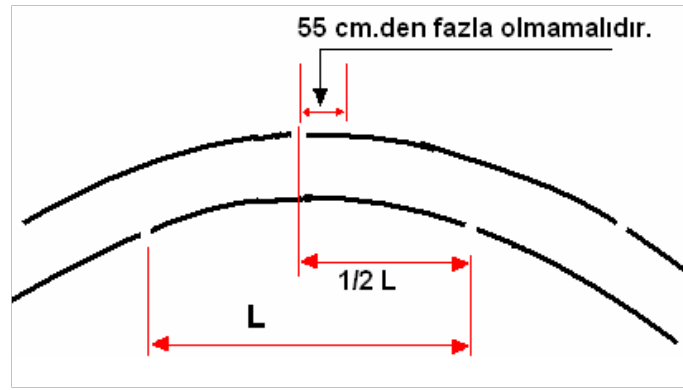


Şekil 4.34. Karşılıklı conta

#### b. Şaşırtma conta

Kısa raylı contalardaki dirsekleri önlemek için, bir ray dizisinde teşkil edilen conta diğer dizideki rayın ortasında ya da orta noktasının 55 cm ilerisine veya gerisine gelecek şekilde conta oluşturulmasına “şaşırtma conta” denir.

Şaşırtma conta sistemi uygulanan yollarda contalarda meydana gelecek çapraz düşüklükler nedeniyle, üzerinde seyreden araçlarda lase (yalpalama) hareketlerine neden olur. Şaşırtma farkı 55 cm’den fazla olmamalıdır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35. Şaşırtma conta

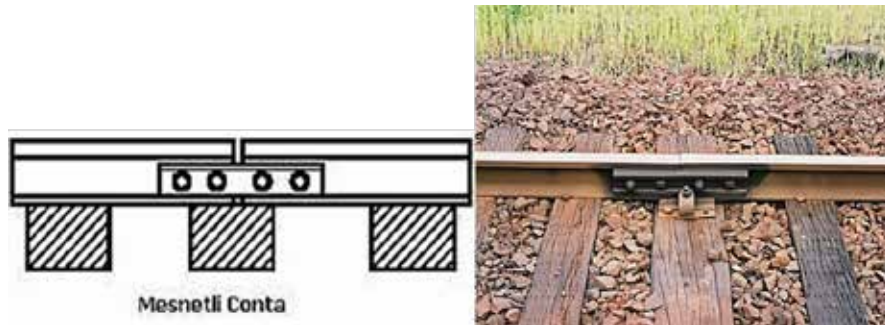
Şaşırtma 55 cm'den fazla olursa;

- ~ Ekartman daha çabuk bozulur.
- ~ Yol üstyapı malzemelerine zarar verir. Rayların; aşınmasına, kırılmasına ve laçkalaşmasına neden olur.
- ~ Yolda dresaja yol açar.
- ~ Üzerinde seyreden araçlarda aşınma, kırılma vb. arızalar meydana getirir.
- ~ Demiryolu taşımacılığı konforu bozulur.

### c. Mesnetli conta

Mesnetli contalarda travers conta altında mesnet teşkil ettiğinden, trenlerin geçişi esnasında meydana gelen vurutular sebebiyle ray başlarında ezilmeler, traverslerde çatlama ve kırılma, balastta yıpranma ve toz haline gelme, yolda daha çabuk bozulma meydana gelir. Ayrıca esneklik çok az olduğundan tekerlere intikal eden dinamik kuvvetlerde artış meydana gelir.

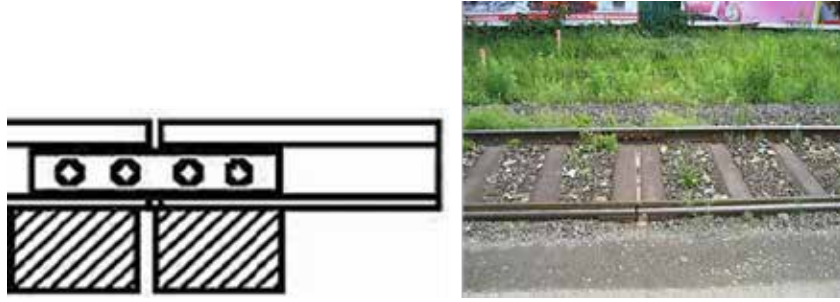
Ayrıca seyir konforu da bozulur. Bu nedenlerle az uygulanan bir conta yöntemidir (Şekil 4.36).



Şekil 4.36. Mesnetli conta

### d. Sakin conta

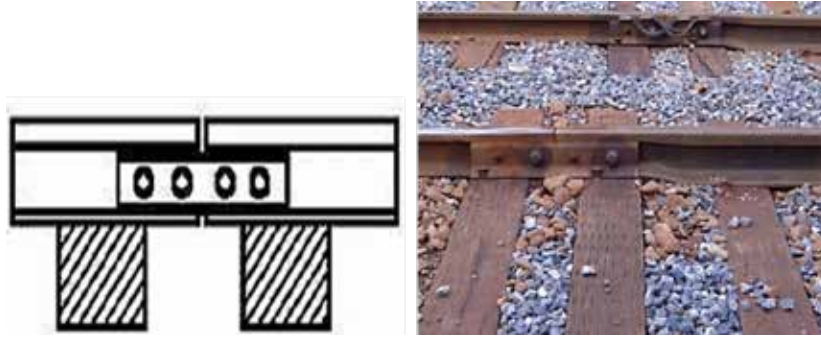
Contalardaki iki traversin yan yana getirilip birleştirilmesidir. Birleştirilen bu traverslerin yükseklikleri birbirine eşit olmalıdır. Travers altlarının balastla sıkıştırılması (buraj yapılması) her iki travers'te tek yanlı yapılabildiği için, zamanla traverslerin yan dönmesine, çatlamlarına, kırılmalarına ve bağlantı malzemelerinin gevşeme ve kırılmalarına sebep olduğundan tercih edilmemektedir (Şekil 2.37).



Şekil 4.37. Sakin conta

#### e. Konsol contalar

Demiryollarında en çok uygulanan conta çeşididir. Şekil 4.38’de gösterilen bu tür conta, elastikiyeti nedeniyle contalardaki vuruntuları iyi bir şekilde yok eder, vasıtaları ve hattı zararlı dinamik tesirlerden korur.



Şekil 4.38. Konsol conta

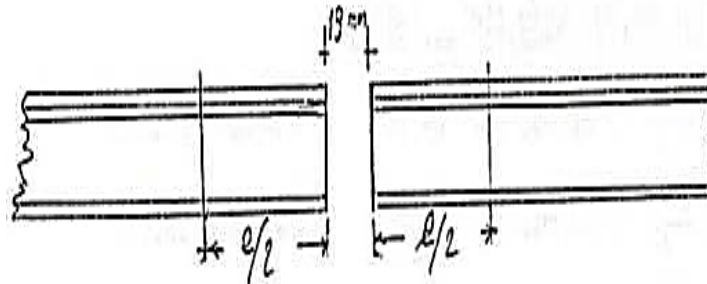
Mesnetli ve sakın contanın olumsuz etkileri bu sistemde görülmediğinden, raylı sistemlerde genellikle konsol conta uygulanmaktadır. Ray ve traverse göre cebire daha düşük maliyetlidir. Konsol contaların tek sakıncası, cebirelerde eğilme kırılmalarına sebep olmasıdır.

#### 4.4.14. Conta aralıkları (seal clearances)

Sıcaklık değişimlerine bağlı olarak, raylar uzunlukları ile doğru orantılı olarak uzarlar. Bu yüzden hat’ın döşenmesi sırasında ve ray başlarının birleştirilmesinde yaz - kış sıcaklık değişimleri dikkate alınarak gerekli genişleme boşluğu bırakmak lazımdır. Bırakılan bu aralığa “genleşme payı” veya “imbisat payı” denir. Ray döşenmesi sırasında, ray sıcaklığı ray termometresi ile ölçülür.

Termometre’de en yüksek sıcaklık derecesi bulunur ve aralıklar buna göre tayin edilir. Ray uzunluğu  $s > 30$  m’den büyük ise, ve  $t_v$  sıcaklığı  $20$  °C’nin üstünde ise conta aralığı  $lv = 0$ ’dır (Şekil 4.39).

Tablo 4.2 de ise, ray uzunluğu ve sıcaklıklara göre, conta aralık değerlerinin seçimi gösterilmiştir.



Şekil 4.39. Conta aralığının gösterilmesi

Tablo 4.2. Conta aralık değerlerinin seçilmesi

°C Sıcaklık Ray Uzunluğu	Conta Aralıkları		
	46 °C üzerinde	40 °C sıcaklıkta	35 °C sıcaklıkta
12.00 m	0	-	-
18.00 m	0	-	-
24.00 m	-	0	-
36.00 m	-	-	0

Poz sırasında açıklıkların daralıp veya açılmaması için, demirden yapılmış “imbisat kalleri” denilen çelik levhalar kullanılır. Bu kal’ler ray başları arasına konur ve Tablo 4.3’de gösterilen ray payları yanaştırılarak, aralık bırakılır.

**Not:** Raylı sistemlerde yeni yol yapımı veya yol yenileme çalışmaları POZ adıyla tanımlanır. Poz esnasında, raylar yerine konulurken havanın sıcaklığı nedeniyle raylar uzayıp-kısalacağı için, ray aralarında bir miktar boşluk bırakılır. Bu boşluğa “genleşme ya da imbisat payı” diyoruz. Poz esnasında bu açıklığı temin etmek maksadı ile havanın sıcaklığına göre KAL denilen çeşitli kalınlıkta çelik levhalar kullanılır. Bu kal’ler ray başları arasına konur ve Tablo 4.3’de gösterilen ray payları yanaştırılarak, aralık bırakılır.

Tablo 4.3. Sıcaklık değerlerine göre imbisat payları

Sıcaklık Derecesi	İmbisat Payı (mm)
+ 30 °C’den Yukarı	4 mm
+ 20 °C ile + 30 °C arasında	5 mm
+ 6 °C ile + 20 °C arasında	7 mm
+ 6 °C ile - 6 °C arasında	9 mm
- 6 °C ile - 20 °C arasında	11 mm
- 20 °C’den aşağı	12 mm açıklık verir.

İmbisat payı genişliği bozukluklarının düzeltilmesi için, travers ve conta gevşetilir. Ayarlama için özel olarak yapılmış “imbisat payı tanzim aleti” kullanılır ve ray başlarına kal koyularak açılır. Bu iş yapılırken yol iki taraftan emniyete alınır. Keski kullanmak doğru değildir. Zaruret olmadıkça imbisat payı ayarlaması ilkbahar ve sonbaharda yapılır.

İmbisat payı ampirik formülle hesaplanması için, aşağıdaki eşitlik kullanılır:

$$e = x.L (t_1 - t_0)$$

Bu eşitlikte;

x = Rayın imbisat katsayısı (emsali);  $-1 \times 08 \times 10^{-5}$

t<sub>1</sub> = Azami sıcaklık (TCDD için 60 °C)

t<sub>0</sub> = Poz esnasındaki hava sıcaklığı (°C)

L = Ray boyu (metre)



elemanları bulunmaktadır.

Ray boyları ve sıcaklık değerlerine göre, verilecek conta aralıkları Tablo 4.4'de gösterilmiştir.

Tablo 4.4. Ray boyları ve sıcaklık değerlerine göre, conta aralıkları

12.00 Metre Ray		24.00 Metre Ray	
Isı Derecesi	Conta Aralığı	Isı Derecesi	Conta Aralığı
46 C <sup>0</sup> 'den yukarı	0 mm.	42 C <sup>0</sup> 'den yukarı	0 mm.
45-39 C <sup>0</sup> arasında	1 mm.	41-39 C <sup>0</sup> arasında	1 mm.
38-32 C <sup>0</sup> arasında	2 mm.	35-38 C <sup>0</sup> arasında	2 mm.
31-24 C <sup>0</sup> arasında	3 mm.	34-31 C <sup>0</sup> arasında	3 mm.
23-17 C <sup>0</sup> arasında	4 mm.	30-28 C <sup>0</sup> arasında	4 mm.
16-10 C <sup>0</sup> arasında	5 mm.	27-24 C <sup>0</sup> arasında	5 mm.
9-3 C <sup>0</sup> arasında	6 mm.	23-20 C <sup>0</sup> arasında	6 mm.
2 ila -4 C <sup>0</sup> arasında	7 mm.	19-17 C <sup>0</sup> arasında	7 mm.
-5 ila -11 C <sup>0</sup> arasında	8 mm.	16-14 C <sup>0</sup> arasında	8 mm.
-12 ila -11 C <sup>0</sup> arasında	9 mm.	13-10 C <sup>0</sup> arasında	9 mm.
-10 ila -26 C <sup>0</sup> arasında	10 mm.	9-7 C <sup>0</sup> arasında	10 mm.
		6-3 C <sup>0</sup> arasında	11 mm.
		2-1 C <sup>0</sup> arasında	12 mm.
		-2 ila -4 C <sup>0</sup> arasında	13 mm.
		-5 ila -8 C <sup>0</sup> arasında	14 mm.
		-9 ila -12 C <sup>0</sup> arasında	15 mm.
		-13 ila -15 C <sup>0</sup> arasında	16 mm.
		-16 ila -19 C <sup>0</sup> arasında	17 mm.
		-20 ila -23 C <sup>0</sup> arasında	18 mm.

#### 4.5. Kurplarda İç Ray Kısılması (inner rail shortening in curves)

İklim şartları, taşıma ve çalışma imkanlarına göre tespit olunan ray uzunlukları, kurbsuz doğru yol (Aliyman) içindir. Kurplarda contaların kurb merkezi ile imkan nispetinde aynı hizada olmaları için, uygun şekilde kısa raylara ihtiyaç vardır.

Kurbun dışındaki ray dizisine normal raylar, iç diziyeye de kısa raylar konulmak suretiyle bu husus temin edilir (Şekil 4.40).

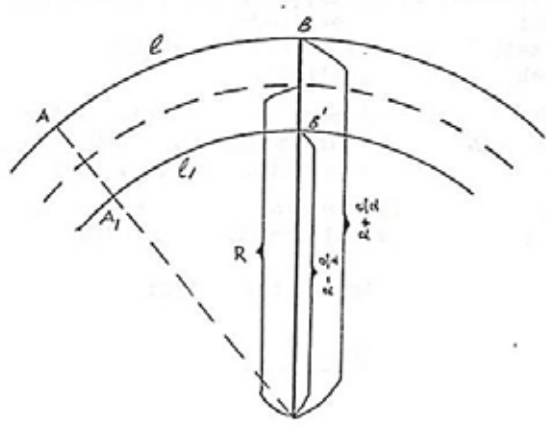
Kullanılacak ray boyunun hesaplanması için aşağıdaki eşitlikten yararlanılır:

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{R - \frac{e}{2}}{R + \frac{e}{2}} \quad l - l_1 = \Delta l$$

$$= \frac{e}{R + \frac{e}{2}} = \frac{\Delta l}{l}, \quad = \frac{e \times l}{R}$$

$$e = 1500 \text{ mm konursa } \Delta l = \frac{1500 \times l}{R} \text{ olur.}$$

Burada; l = Normal ray boyu, R = Kurb yarı çapı (m), Δl = Ray uzunlukları farkı (mm) cinsindedir. Her kurb için farklı uzunlukta kısa ray kullanılmalıdır. Halen kurb bölgelerinde TCDD tarafından 12.00 m, 18.00 m, 24.00 m ve 36.00 metrelik raylar kullanılmaktadır.



Şekil 4.40. Kurplarda iç ray kısalması

Örneğin, 12.00 m'lik raylarla yapılan kurb pozlarında kısa raylar; 11,88 m, - 11,92 m ve 11,96 metredir. Bu raylar kurbların iç dizilerine kurbların başlangıç noktaları olan "Tg" Tanjantlarından başlayarak, çıkış tanjantına kadar uygun şekilde yarıçapa göre dağıtılır. Contalar mümkün olduğunca bir hizaya getirilir.

**Örnek;** Yarıçapı 500,00 metre olan bir kurbta dış ray uzunluğu 12,00 metre olduğuna göre, iç ray uzunluğu ne kadardır?

$$l = \frac{1500 \times l}{R} = \frac{1500 \times 12.00}{500} = 0.036 = 0,04 \text{ metre}$$

$$12.00 - 0,04 = 11,96 \text{ metredir.}$$

#### 4.6. Sürekartman, Ekartman fazlası (superelevation)

Kurblarda dingille raylar arasındaki oynama payını arttırmak için, iç ray dizisi kurbun merkezine doğru bir miktar çekilerek hat açıklığı artırılır.

Araçların daha rahat bir şekilde yoldan geçmesini sağlamak üzere normal hat açıklığına ilaveten fazladan verilen bu açıklığa "**ekartman fazlası (Sürekartman)**" denir. Bu uygulamayla aşağıdaki faydalar elde edilmeye çalışılır:

- ~ Çok dingilli araçların, özellikle lokomotiflerin hat'tı zorlamasını önlemek,
- ~ İki dingilli arabalarda, dingillerin kurb yarıçapı doğrultusunda gelmesini sağlamak,
- ~ Bilhassa buharlı lokomotiflerde ön yürütücü kılavuz dingillerin bodenlerinde basınç kuvvetlerini azaltarak, aşınmaları ve raya tırmanma olaylarını önlemek.

Sürekartmanın lüzumsuz yerlerde fazlaca verilmesi faydadan ziyade zararlı da olabilir. Sürekartman vermek, rayların traverslere tespitini pahalı hale getirir, yahut özel traversler gerektirir. Bu bakımdan bir üstyapı tipinin ekonomik ve pratik olabilmesi için, sürekartman uygulamasına gereksiz olarak başvurulmaması tavsiye edilmektedir.

Ayrıca dingil - ray arasında büyük bir oynama payı, yol konforu bakımından da mahsurludur. Oynama payı büyüdükçe iç ve dış tekerlekler arasındaki yuvarlanma daireleri yarıçapları arasındaki fark da

büyüyeceğinden, lase kuvvetleri de artar, sarsıntılar çoğalır ve deray tehlikesi meydana gelir. Bu sebeple gerekmedikçe sürekartman verilmemeli, ancak zaruri hallerde ve yeterli miktarda uygulanmalıdır.

Sürekartman kurb yarıçapı ile ters orantılıdır, yarıçap küçüldükçe sürekartman büyür. Ahşap traversli yollarda azami 15 mm, demir traversli yollarda azami 24 mm'dir.

Sürekartman için aşağıdaki 3 farklı ampirik formül kullanılmaktadır.

$$a) E = \frac{(1000 - R)^2}{30000} \quad b) E = \frac{6280}{R} - 12 \quad c) E = \frac{7000}{R} - 12$$

Bu formüllerle sürekartman hesaplandığında, sonuçlar mm olarak bulunur.

#### 4.7. Rayların Kırılması (rail breakage)

İşletme sırasında zaman zaman ray kırılmaları yaşanmaktadır (Şekil 4.41). Kırılma nedenleri ve çözüm yolları aşağıdaki maddelerde gösterilmiştir.

##### 4.7.1. Ray'lar niçin kırılır? (why are the rails broken?)

Rayların kırılma sebepleri aşağıda sıralanmıştır:

- ~ Rayların kimyasal bileşim bozukluğu, yani fabrikasyon döküm hatası,
- ~ Şiddetli soğuklar,
- ~ Rayın gevrekleşmesi, iç gerilmelerin artması,
- ~ Platform ve balastın donması ile elastikiyetin azalması,
- ~ Donan platformda kabarmalar ve kamburlukların oluşması,



Şekil 4.41. Kırık ray

- ~ Donan platformda tamiratın yapılmaması,
- ~ Malzeme yorgunluğu, eskime ve yıpranma,
- ~ Yolun tamirat yönünde meydana getirdiği kusurlar (altı boş traversler, düşükler, buraj zafiyeti, imbisat paylarının ayarsız oluşu, küçük bağlantı malzemesinin laçka oluşu),
- ~ Tekerlekleri Apletli araçların bandajındaki "düzlemsel yuvarlama yüzünün" tekerleğin her dönüşünde ray'a balyoz tesiri yapması,
- ~ Patinaj anında açığa çıkan ısının, ray çeliğinde doku değişimi yapması ve değişik gerilmelerin doğması,
- ~ Ray aşınması sonucu mukavemet momentini kaybetmesi.

#### 4.7.2. Ray kırılmaları nasıl önlenir? (how to prevent rail breakage?)

Rayların kırılmalarına mani olmak için alınacak tedbirler aşağıda sıralanmıştır:

- ~ Makine ile yapılan turnelerde (hat kontrolü) gidiş ve gelişte gizli boşlukların tespiti (Bu gibi yerlerde öncelikle iş verilmesi),
- ~ Yaya turne yapılarak özürlü malzemelerin tespiti ve değiştirilmesi (Contalarda cebirelerin sökülerek ray başlarının muayenesinden sonra yağlanarak cebirelerin takılması ve ray başlarında fazla delik varsa bu tip rayların değiştirilmesi),
- ~ Yolun karakterine göre her km'de yedek ray bulundurulması (Bu rayların en az üç noktada ahşap takoz üzerine alınması),
- ~ Her km'de yol içerisinde 4'er tirfonlu ahşap takoz bulundurulması,
- ~ Trenlerin seyri anında apletli vagonlara dikkat edilmesi,
- ~ Şiddetli soğuklar sebebiyle platformda donma yol arızasına sebep olacağından, bu durumlarda yola hız azaltılması (tekayyüdat) konması,
- ~ Çok şiddetli soğuklarda, yol kontrolüyle görevli bekçi sayısının artırılması, ray muayenesinin yapılması, işçilere kırık ray gördükleri zaman yapacakları işe ait tatbikat yaptırılması,
- ~ Robel aleti ile aşınan rayların ölçülmesi ve kontrol altında bulundurulması,
- ~ Aşınmaya karşı kurlarda ray yanakları ile küçük malzemenin yağlanması işine önem verilmesi,
- ~ Köprü ve geçit başları ile tünel içlerinin burajının hassasiyetle yapılması,
- ~ İlkbahar ve sonbaharda yapılması gereken dörtlü conta burajına önem verilmesi,
- ~ Her tren geçişinde, istasyondaki görevlilere "treni izleme görevi" verilmesi, katardan çıkacak apleti veya yatak sesi gibi anormal sesleri takip etmelerinin sağlanması ve vuruş duyulduğunda katar personelinin ikaz edilmesi,
- ~ Apletli vagon geçen hat kapatılarak, derhal muayeneye tabi tutulacaktır. Yolun kontrolü yapıldıktan sonra bir arıza görülmez ise, yol tekrar seyrüsefere açılacaktır.

#### 4.8. Rayların Kaynaklanması (welding of rails)

##### 4.8.1. Kaynak hakkında genel bilgi (general information about welding)

Rayların ek yerleri demiryolunun ilk dönemlerinden beri sistemin hassas kısmı olup, sıklıkla sorun çıkarmaktadır. Sorunun çözümü, önceleri daha dayanıklı cebire kullanmakta aranmış, ancak yine de yararlı olmamıştır. Dolayısıyla rayların kaynaklanması gündeme gelmiştir. Öncelikle uzama sorunu yaşanmayan, tramvay raylarında "alüminotermite usulü" ray kaynağı tatbik edilerek, contalar kaldırılmıştır. İlk yıllarda kullanılan raylardaki karbon, demir vb. ray kalitesini aşınma mukavemetini ve sertliğini artıran alaşım metalleri bulunmadığından alüminyum-demir reaksiyonundan meydana gelen "yüksek ısı" neticesi ray başlarının "beyaz renk alması" durumunda preslenerek demirci ocak kaynağı şeklinde rayların kaynatılması mümkün olabiliyordu.

Raylara mukavemet veren, sertliğini arttıran alaşım metalleri ilave edildikçe, rayların kaynaklanması, araya yanıcı metal ince plakalar konularak yine alüminyum-demir ısısından istifade ile eriyen ray uçlarının kaynağı vidalı presler yardımıyla yapılabiliyordu.

Rayların tamamının alüminyum-demir reaksiyonundan doğan ısı ile kaynaklanması pahalı olduğundan, kaynak öncesi ön tavlama sistemi geliştirildi ve rayların uçları hava-benzin karışımının

yanmasından faydalanılarak 700 - 900 °C arasında ısıtılarak, daha az alüminyum-demir (termit) malzemesi kullanılmış ve maliyette önemli düşüşler sağlanmıştır.

Bu şekilde kaynak yapımı ilk kez 1906 yılında Paris civarında 28 adet contada yapıldı. Ancak yapılan kaynaktan emin olunamadığı için yine cebire bağlantısına devam edildi. Bu rayların aşınıp, 1935 yılında servisten alınmasına kadar raylar sorun çıkarmadan kaynaklı olarak hizmet verdiler. Daha sonra rayların preslenerek kaynaklanması geliştirilmiş, ray bünyesinde bulunan (Si – Mn) gibi elementler kaynak maddesinin de içerisine konularak rayla aynı mukavemette kaynak bölgesi elde edilmiş ve ray başları eritilerek kaynaklama sistemi geliştirilmiştir. Bu usul 1922 yılında Fransa'da uygulamaya başlamışken, aynı şekilde 1900 lü yılların başında Almanya'da denenen termit kaynağı da 1928 yılında uygulamaya girmiştir.

Bugünkü kaynak sistemine 1930 - 1935 yıllarında geçilmiş, o yıllardan bugüne alüminotermit kaynak aynı şekilde yapılagelmiştir. Bu usul daha sonra sanayinin diğer alanlarında büyük gövdeli parçaların kaynaklanmasında uygulamaya konmuştur.

Şekil 4.42'de alüminotermit kaynak uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 4.42. Almanya Münih Neuperlach İstasyonunda ray kaynağı çalışmaları, ön ısıtma (Foto E. Sevil)

#### 4.8.2. Ray kaynağının amaçları (purposes of rail welding)

Yolun bozulmasının yanı sıra kaynak yapılmayan contalar yolun altyapısını da bozmaktadır. Ayrıca çeken ve çekilen araçlarda da hasar ve yıpranmalara yol açmaktadır. Bunun yanı sıra çevre kirliliği (gürültü kirlenmesi) ve çekim gücü zorlukları da yaratmaktadır. Bütün bunlar tamir, bakım ve işletme masraflarını arttırmaktadır. Bu nedenle ray kaynağı yapılarak birçok yarar sağlanmaktadır.

Ray kaynağının amaçları kısaca şöyle sıralanmaktadır:

- ~ Yolun tamir ve bakım masrafları ile, conta tamir işlemini azaltmak,
- ~ Contalarda meydana gelen ray uçlarının ezilmesini ve ray kırılmalarını önlemek,
- ~ Üstyapı malzemelerinin yıpranmasını önlemek,
- ~ Küçük malzemedan tasarruf sağlamak,

- ~ Sık sık kırılan özel cebireleri ortadan kaldırmak,
- ~ Çeken ve çekilen araçlardaki arıza ve yıpranmaları önlemek,
- ~ Çevre kirliliğine yol açan sebepleri ortadan kaldırmak,
- ~ Contalarda oluşan “yetersiz cer” zorluklarını önlemek,
- ~ Konforlu bir seyahat temin etmek ve hız kazandırmak.

Raylar haddeden çekilebildiği büyüklüklerde kesilmeden, doğrudan kullanılamazlar. Bu nedenle standart ölçülerdeki boylarda kesilerek, haddeden çekilirler. Bu rayların birleştirilmesi için Ray kırılmaları, üstyapıda bulunan diğer kusurlar, rayların eğilmesi sebebi ile ray uçları kesilerek ray boyları kısaltılmış olur. Bu suretle normalden farklı uzunluktaki rayların kullanılabilmesi için, farklı profile sahip rayların birleştirilerek kullanılması için gereklidir.

#### 4.8.3. Kaynak çeşitleri (welding types)

Rayların birbirine kaynaklanma yöntemleri;

- ~ Alüminotermite ray kaynağı ve
- ~ Elektrikli direnç alın kaynağı gibi yöntemlerle yapılmaktadır.



Şekil 4.43. Konya – Ulukışla arasında termit kaynağı çalışmaları (Foto E. Sevil)

Ray yuvarlanma yüzeyine uygulanan tamirat kaynakları ise;

- ~ Elektrikli ark kaynağı (Dolgu kaynağı)
- ~ Gaz ve tozaltı kaynağı şeklinde uygulanmaktadır.



Şekil 4.44. Alın kaynağı çalışmaları

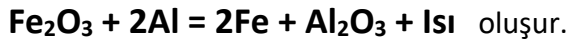
#### 4.8.4. Kaynak yapılmadan önce ve kaynak sırasında yolda yapılacak işler (work to be done on the track before and during welding)

Ray kaynağı öncesinde ve kaynak esnasında aşağıdaki işler yapılmalıdır:

- ~ Hat eksenine ve kotuna getirilir.
- ~ Yolun burajı ve bakımı tamamlanır. Bu sayede hattın oturması ve dengesini bulması sağlanır.
- ~ SKR'li yollarda kaynak çalışma sıcaklığından en fazla 3 °C farklı sıcaklıkta olmalıdır.
- ~ Kaynaktan önce mutlaka rayların gerilimi alınmalıdır.
- ~ Hat'ta bırakılacak "imbisat contalarının" köprü, hemzemin geçitler üzerine ve mümkünse tüneller içine getirilmemesine dikkat edilmelidir.
- ~ Kaynaklanacak raylarda dikey aşınmalardan dolayı seviye farkı bulunmamalıdır. Ezilmiş contalarda ray uçları deliklere kadar kesilmeli veya dolgu kaynağı ile ıslah edildikten sonra ek kaynağı yapılmalıdır.
- ~ Mümkün olduğu kadar deliksiz raylar kullanılmalı delikli ray kullanılması halinde, delik ray ucuna en az 90 mm mesafede olmalıdır.
- ~ Raylar asla oksijenle kesilmemelidir. Mecburi durumlarda kesildiğinde ray ucunda kalan çapaklar taşlama yapılarak cüruf lar temizlenmelidir.
- ~ Ray altı seletleri tamamlanmalı, küçük bağlantı malzemelerine gerekli bakım yapılmalıdır.
- ~ Yanal aşınmanın hızlı olduğu hat kesimlerinde SKR (Sürekli Kaynaklı Ray) yapılmadan önce yan al aşınmış raylar değiştirilmelidir.
- ~ Kaynak çalışmaları sırasında gerek çıkan kıvılcımların gerekse sıcak kaynak artıklarının hat kenarına gelişi sebebiyle yangınlar çıktığından veya yoldaki mevcut ahşap traversler yandığından, gerekli önlemler alınacak, sıcak kaynak artığı suya atılmayarak toprağa gömülecektir.

#### 4.8.5. Termit kaynağı (thermit welding)

Termit denilince demir oksit ( $Fe_2O_3$ ) ve alüminyum (Al) karışımı anlaşılır. Termite 1300 °C lik bir ısı tatbik edildiğinde, ekzotermik yanma reaksiyonu sonucunda,



Bu reaksiyon sırasında demir oksit alüminyum karışımı 2500 °C civarında sıcaklığı olan bir eriyik haline gelir. 15-30 sn süren reaksiyon sırasında demir metali ağır olduğu için alta çöker ve ( $Al_2O_3$ ) alüminyum oksit (cüruf) hafif olduğu için potanın üst kısmında toplanır.

Potanın alt kısmından açılan delikten bir kalıbın içine akıtılan demir eriyiği kalıp içinde bulunan ray uçlarını da eriterek birleştirir ve kalıbın şeklini alır. Fazlalıklar sıyrıldığında düzgün kaynaklanmış bir ray profili elde edilir.

Termit kaynağı demiryolu taşımacılığında konfor ve emniyete tesir eden faktörler arasında rayların döşenmesi önemli bir yer tutar. Uzun yıllardan beri bilinmekte olan termit kaynağı rayların çökmesini önler, trenin yoldan çıkmasına mani olur ve sarsıntısız bir yolculuk sağlar. Bununla birlikte rayların ve vagonların ömrünü uzatarak çeşitli ekonomik faydalar da temin eder. Termit kaynağı ana hatlarda uygulanmamakta, sadece makaslarda yapılmaktadır.

Kaliteli bir termit kaynağı yapmak için termit alaşımının sıkı kontrolü ve ateşlemeden sıvı çeliğin hazneye dolmasına kadar geçen kademelerin kontrollü bir şekilde yapılması gerekir. Bu faktörlere

ek olarak iyi bir kaynak elde etmek, uygun ray kesimi, yüzey hazırlanması, rayın doğrultulması, kalıp yerleştirilmesi uygun ön ısıtmayı gerektirir.

Rayların termit kaynağı ile ilgili kapsamlı bir çalışma American Railway Assosation (AREA)'da Myers et al. (1982) tarafından yapılmıştır.

Bu çalışmadan ortaya şu sonuçlar çıkmıştır:

~Kaynak metalinin çekme, esneklik ve darbe enerjisi değerleri düşüktür. Kırılma yüzeyleri gerek çekme, gerekse çentik numunelerinde tane içi kırılma türündedir.

~Bazı kaynaklarda mikroyapı taneler arası Widmanstätten ferrit iken, bazılarında ise kaba içyapı şeklindedir. Bu tür yapılar kısmen gevrek kırılmanın nedenidir.

**Not:** Widmanstätten ferrit; aşırı ısıtılmış çeliklerde ısı işlem sonucu ortaya çıkan yapıdır.

~Sütun şeklindeki dentritler ısı akış yönünde tüm kaynak yapıyı kapsar. Rayın ekseni boyunca mikrogözenekler ve bir dizi kalıntıya rastlanabilir. Bütün bu oluşumlar düşük çekme, esneklik ve düşük darbe enerjisinin sebebi şeklinde yorumlanabilir.

Termit ile kaynak yapmanın avantajları;

- ~ Düşük ekipman ve malzeme maliyeti,
- ~ Elektrik gücüne ihtiyaç görülmeksizin yerinde kaynak edilebilme,
- ~ Personel eğitiminin kolay olması,
- ~ Nispeten sağlam ve karmaşık olmayan ekipman,
- ~ Kaynak malzemelerinin kolayca temini,
- ~ Her kalitede ray çeliğinin kaynak edilebilmesi şeklinde sıralanmaktadır.

#### 4.8.6. Kaynak ekipmanları (welding equipments)

Termit kaynağı yapmak için aşağıdaki teçhizata gerek vardır:

- ~ Ön ısıtma gurubu,
- ~ Ray ısıtıcıları,
- ~ Pota - Pota ayağı - Pota arabası - cüruf tablası,
- ~ Mastarlama gurubu,
- ~ Sıyırma ve Taşlama aletleri,
- ~ Tirfönöz - Blonoz aletleri,
- ~ Ray kesme - delme makinasından meydana gelmektedir.

#### 4.8.7. Kaynak malzemesi (welding materials)

Termit kaynağında aşağıda sıralanan sarf malzemelerine ihtiyaç duyulmaktadır:

- ~ Master; 1 m boyunda çelikten yapılmış olup, rayın yatay ve dikey ayarlanmasını sağlar.
- ~ Ön ısıtma sistemi; oksijen + propan, oksijen + asetilen, basınçlı hava + benzin olmak üzere üç türlü ön ısıtma yöntemi vardır.
- ~ Pota ve ayağı; termit maddesinin reaksiyona uğradığı kaptır. İçi magnezit refrakter (dayanıklı) ile kaplıdır.
- ~ Baga; mekanik ve otomatik olmak üzere iki türüdür. Potanın altına yerleştirilir.
- ~ Termit



- ~ Curuf tablası; dökümden sonra yolun kirlenmemesi için curuf içine dolar.
- ~ Keskileme makinası; dökümden sonra fazla yığıntıları almakta kullanılır.
- ~ Soğuk keski; keskilme makinası olmadığı zaman kullanılır.
- ~ Kalıp tutucu (Kalıp karkası); kalıbın ray uçlarına bağlanmasını temin eder.
- ~ Diskli ray kesme makinası; ray uçlarında termit aralığını temin için kullanılır. Bu makine olmadığı zaman oksijenle kesilir. (Oksijenle kesilme önerilmez.)
- ~ Taşlama motoru (MP 12); dökümden sonra fazlalıkları alıp, kaynak bölgesini ray profiline uygun hale getirir.
- ~ Ahşap kama; rayın yatay ve dikey ayarlanmasında kullanılır.
- ~ Model; yaş kalıp imalinde kullanılır.
- ~ Balyoz, manivela, tel fırça, anahtar, tirfonöz, бага çubuğu.

#### 4.8.8. Alüminotermite kaynak yapımı (Aluminothermit welding)

Alüminotermite kaynağı aşağıdaki işlem sırasıyla yapılmaktadır:

- ~ Contaların hazırlanması,
- ~ Kaynak açıklığının ayarlanması,
- ~ Kalıpların bağlanması ve Potanın hazırlanması (Şekil 4.45),
- ~ Ön tavlama yapılması: Bu işlem için; a) tazyikli hava + benzin, b) oksijen + propan+bütan, c) oksijen + asetilen cinsi yakıcı ve yanıcı maddeler kullanılmaktadır.



Şekil 4.45. Prefabrik kalıp ve pota

Kaynak için gerekli donanım aşağıda sıralanmıştır:

- ~ Oksijen – Propan brulörü,
- ~ Oksijen tüpü ve regülatörü,
- ~ Propan tüpü ve regülatörü,
- ~ 10 metre ikiz hortum,
- ~ Özel çakmak,
- ~ Kronometre

#### a. Kaynak bölgesinin gözle kontrolü (visual inspection of weld area)

Kaynak yüzeyi tel fırça, keski ve zımpara makinesiyle temizlendikten sonra, küçük bir ayna yardımıyla kaynaklı bölge gözle kontrolden geçirilir. Gözle doğrudan görülmeyen cebire yatakları, taban altındaki çıkıntılar ayna kullanılarak muayene edilir.

Bu kontrolde incelenecek hususlar aşağıdaki gibidir:

- ~ Ray ile kaynak malzemesi arasında metal deformasyonu, ray ile ergimiş metalin kaynaşmaması, ray maddesinin içine cüruf ve camlaşmış kum tanelerinin nüfuz etmesi, kırıklar, çatlaklar, kum cüruf, iğne delikleri ve metal deformasyonları olmamalıdır.
- ~ Kaynak yüzeyinde herhangi bir çukur, leke ve görünür bir bozukluk bulunmamalıdır.
- ~ Yuvarlanma yüzeyi, mantar üstü bölgelerinde devamsızlık, kaynak malzemesi azlığı vs. olmamalı, kaynak yüzeyi düzgün ve pürüzsüz olmalıdır.

Gözle görülemeyen kusurlar özel aletlerle kontrol edilir, bu kusurlara göz yumulacağı veya rayın yenileneceği konusunda kaynak uzmanlarınca karar verilir. Gerektiğinde tahribatsız muayene metodu (NDT) ile kaynak kontrolü yapılır.

#### **b. Geometrik Kontrol (geometrical control)**

Gözle kontrolü takiben, 1 metrelik masterla geometrik kontrole geçilir. Master kaynak bölgesini ortalayacak şekilde, ray mantarının üst ve yan yüzeyleri kontrol edilir. Ray mantarının üst kısmında yapılan ölçümde masterların orta kısmındaki düşüklük 0,15 mm'yi geçmemelidir. Masterın her iki yanında yapılan ölçümlerde toplam boşluk 1 mm'yi geçmemelidir.

Yuvarlanma yüzeyinde oluşacak herhangi bir çukurluk normal yollarda 1/500, yüksek hız yapılan yollarda 1/1.000 eğiminden küçük olacak şekilde düzeltilmelidir. Bu düzeltmeler ray mantarında kesit kaybına sebep olmamalıdır.

Master kontrollerinde ray mantarının yanağı ile yuvarlanma yüzeyi arasında kalan dairesel kısmın kontrolü iyi yapılmalıdır. Özellikle taşıma hataları bu noktalarda bulunur. Burada olabilecek hatalar neticesinde, kısa mesafede yol daralmaları veya sürekartman meydana gelebilmekte, bu durum vasıtaların sarsıntılı seyrine veya daha ileri hallerde deraylara sebep olmaktadır.

Bu hususlar dikkate alınarak, son taşımanın master kontrolü beraberinde yapılması önem arz etmektedir.

#### **c. Kaynakların markalanması (marking of welds)**

Yapılan her kaynak, son kontrolden sonra sicil fişine işlenmek üzere markalanmalıdır.

Markalamada;

- ~ Kaynak yapan ekibin numarası (Ekiplere verilen numara yazılacak),
- ~ Kaçınıcı kaynak olduğu (O yıl içinde yapılan kaynak sıra no'su),
- ~ Hangi yılda yapıldığı (Yılın son iki rakamı) bilgileri rayın dış yanağına marka ile yazılır,
- ~ Bilgiler kaynak sicil fişine işlenerek, gerekli makamlara gönderilir.

#### **4.8.9. Termit kaynak hataları (thermit welding defects)**

Kaynak hatalarını; yapılan işlemlerin neticelerine ve kırılan kaynakların durumuna göre inceleyebiliriz.

Yapılan işleme göre kaynak hataları;

- ~ Conta ayar hataları,
- ~ Kalıp bağlama hataları,
- ~ Ön ısıtma hataları,
- ~ Döküm hataları,
- ~ Sıyırma hataları,

- ~ Taşlama hataları ve
- ~ Diğer hatalar... şeklinde görülmektedir.

Kaynak sırasında yapılan hataların kaynakta meydana getirdiği hasarlar incelendiğinde ise;

- ~ Soğuk Kaynaklar,
- ~ Metal yetersizliği,
- ~ Kaynak metaline cüruf veya kum karışması,
- ~ Profil bozulmaları,
- ~ Gözenekli başlıklı kaynak,
- ~ Ray gövdesinde çatlamlar... oluşmaktadır.

Yukarıda bahsedilen kaynak kusurlarını, kaynak yapımı sırasında yapılan hatalar doğurmaktadır. Bu nedenle kaynağın her aşamasında, kaynak talimatlarına kesinlikle uyulmalıdır. Aksi durumlarda kaynak kusurlarının olması kaçınılmazdır. Kaynak kusurları yakın veya uzak zamanlarda ray kırılmalarına sebep olmaktadır.

Kaynak kusurları nedeniyle raylarda meydana gelen kırılmalar kontrol altında tutulmalı, şüphelenilen veya kusuru tespit edilen kaynakların uzmanlarca kontrolü yapılmalı ve sağlamlığından emin olunan kaynakların hat'ta kalmasına izin verilmelidir. Kırılma ihtimali bulunan kaynaklar kontrol altında tutulmalı ve en kısa sürede yenilenmelidir.

#### **4.8.10. Kaynakların tahribatsız muayene metodu (NDT) ile kontrolü (controlling of welding defects by ndt methodes)**

Gözle ve masterla yapılan kaynak kontrollerinde tespit edilemeyen kaynak hataları, ultrasonik test yöntemiyle (UT) yüksek frekanslı ses dalgaları yardımıyla bulunabilir.

Ultrasonik test cihazları, değişik açılarda ses dalgaları yayarak kaynak içerisinde boşluk bulunup bulunmadığını, eğer kaynak içerisinde bir boşluk varsa, büyüklüğü ve hata yeri tespiti yapılabilir.

Kaynakta boşluk, ya da başka kusurların bulunması halinde, uzmanlarca yapılacak değerlendirmeye göre kaynak hakkında karar verilir, kaynaklı ray gözlem altında tutulur. Tehlikeli bir durum arz etmesi halinde kaynak yenilenebilir.

#### **4.8.11. Makine kaynağı (machine welding)**

Seyyar Ray Kaynak Makinesi ile hat'ta döşenmiş veya hat kenarında serilmiş vaziyette bulunan rayların elektrikli direnç kaynağı metodu ile kaynatılarak uzun kaynaklı hale getirilmesi işlemi yapılmaktadır.

Kaynak, elektrik ark sistemi ile ray başları eritilip iki ray birleştirilerek yapıldığından, hiçbir ilave madde (elektrot, eritici madde, koruyucu gaz vb.) kullanılmamaktadır.

Makine kendinden hareketli olup, ray üzerinde kaynak yapabilecek her yere gidebilir. Makine kendi halinde 80 km/sa sürat yapabilmektedir. Ayrıca vagon olarak da sevk edilebilir.

Kaynak yapan ünite (Kaynak Kafası) bir vinç yardımıyla makineden dışarıya çıkartılarak kaynak işlemini uygulanır. Seyir halinde iken kaynak kafası makinenin gövdesinde bulunmaktadır. Kaynak sırasında gerekli olan akım 400 kWA'lık bir jeneratörle sağlanmaktadır. Çalışma Gerilimi 380 Volt, nominal kaynak akımı 20.000 Amperdir.

Makine saatte 8 - 10 noktada kaynak yapabilmektedir. Rayların ayarlanmasından sonra bir kaynak süresi 120 - 180 saniyedir. Germe ve sıyırma hidrolik sistemle çalışmakta olup, bu tertibatın çalışma hızı 20 mm/sn' dir. Makine 12 silindirli hava soğutmalı bir dizel motorla teçhiz edilmiştir.

Seyyar Ray Kaynak Makinesinden yeterli verimin alınabilmesi için ön hazırlıkların iyi yapılması önemlidir. Hat kenarına önceden kaynatılmak amacıyla serilmiş raylar gabari dışında 10x10x50 cm' lik takozlar üzerine alınarak aynı ekseninde düzenlenirse, hızlı ve verimli bir çalışma yapılmış olur.

Mevcut hatlardaki trafik arasında yapılan çalışmalardan gerekli verimin alınabilmesi için, yeterli çalışma zamanının olması gereklidir. Bu zaman en az 3 saat olmalıdır. Kaynaklanan rayların uzama ve kısaltmalarında gabari içerisine girerek kazaların önlenmesi için ray uçları hat ekseninden uzaklaştırılmalıdır. Rayların uzayınca birbirlerini itmesini önlemek için de ray başları kaydırılmalıdır.

Yolda mevcut döşeli rayların kaynaklanması durumunda, ray başlarında eziklik, çatlak ve cebire deliği bulunmamalıdır. Mecburi hallerde en yakın delik mesafesi kaynak bölgesinden itibaren 100 mm olmalıdır. Rayların kaynaklanmasında ray başlarında toplam 30 - 35 mm'lik bir kısalma meydana gelmektedir. İş bitiminde kaynaklanan kesimdeki kısaltmalar yolun trafiğe açılmasına engel olduğundan gerekli tedbirlerin önceden alınması trafiğin aksamasını önleyecektir. Bu nedenle yeterli bir miktar yedek ray, çalışma mahallinde hazır bulundurulmalıdır.

Yolda döşeli rayların kaynaklı hale getirilmesi için rayların tamamı sökülüp, kaynak kafasının sığacağı kadar yükseltilmelidir. Kaynak sonrasında raylar yerine konularak yol bağlanır.

Bunun için gerekli işçi ve makineler kaynak yapılmadan önce temin edilmeli işin aksamadan yürütülmesi sağlanmalıdır.

Yaz mevsiminde veya sıcak havalarda yol kenarında bulunan kurumuş otlar veya ekili alanlar kaynak sırasında etrafa yayılan kıvılcımlarla tutuşabilir. Yangın çıkmasını önlemek için gerekli tedbirler mutlaka alınmalıdır.

Kaynak sırasında raylara akım verildiğinden iletkenliğin sağlanması için elektronların geldiği ray başlarının 50 cm'lik kısmı taşlanarak yağ, pas ve kirden arındırılmalıdır. Daha sonra yatay ve düşey ekseninde bir olacak şekilde kaynaklanacak olan rayların baş kısımları aynı hizaya getirilmelidir. Bu iş için 100 cm'lik masterlarla rayların tabanlarından mantar ve üst yanaklarından kontroller yapılmalıdır.

Kaynak yapan ünite (Kaynak kafası) karayolunda seyreden vasıtalara da monte edilerek karayolundan ulaşımı sağlanabilir. Bu tip makinelerin çalışma alanları müsait olduğundan yol kapama problemi olmayacaktır. İhtiyaca göre seçim yapılarak her iki vasıttadan da istifade edilebilir.

Kaynak işlemi bittikten sonra kaynaklanan bölge taşlanır. Bu taşlama işlemi kaynak bölgesinin soğumasından (ray ile aynı ısıya gelmesinden) sonra yapılmalıdır. Çalışma süresince kaynak bölgesinin sıcaklığının ray sıcaklığına gelmemesi halinde, taşlama işlemi bir sonraki çalışma gününde yapılır. Gerektiğinde yolda sürat azaltılması (tekayyüdat) uygulanır.

Kaynak sonrasında yapılan işlemin düzgünlüğü masterlarla kontrol edilmelidir. 1 metrelik masterlarla yapılan kontrolde hata 0,5 mm'den büyük olmamalıdır. Daha büyük hata olması durumunda, kaynak kafasındaki tespit takozlarının ayarı yapılmalıdır. Kaynak kafasının kaynaklanacak ray tipine uygun olup olmadığı önceden kontrol edilmelidir. Kaynatılacak ray tipine uygun başlıkların montajı yapılmalı, yaklaşık 2 metrelik bir masterla kafaların aynı doğrultuda

oldukları kontrol ve ayar edilmelidir. Aynı şekilde ray tipine göre uygun sıyırma bıçakları takılmalıdır.

#### 4.8.12. Dolgu kaynağı (filler welding)

Yolun yapısı itibariyle rayların yuvarlanma yüzeyinin devamlılığı esastır. Yolun diğer kısımlarına oranla conta ve makas göbeklerinde aşınmalar daha fazla olur. Aşınmış olan bu kesimlerde yol tamirata yapılırsa da, vuruntular şiddetlenerek artacağından vasıtalar üzerinde ve yol malzemelerinde olumsuz tesirler yapar.

Aşınmış conta, apletli raylar, yaslanma rayları ve makas göbekleri dolgu kaynağı ile tamir edilebilirler. Bu tamirin amacı; aşınmış olan profili mümkün olduğunca normal ölçü ve şekline getirmektir. Dolgu kaynağı elektrik ark kaynağı ile ve aşağıdaki basamaklarda yapılmaktadır:

- ~ Dolgu yapılacak kesim madeni fırça ile temizlendikten sonra gazla tavllanır.
- ~ 1. aşamada sertlik derecesi az olan elektrottan bir tabaka çekilir.
- ~ 2. aşamada sertlik derecesi orta derece olan elektrottan 2. tabaka çekilir.
- ~ Üst tabakaya ise, ray çeliğine yakın sertlik derecesindeki elektrottan tabaka çekilerek dolgu işlemi tamamlanır.
- ~ Dolgu işleminden sonra yapılan kaynağın zımpara taşı ile taşlanması yapılır.

#### a. Dolgu kaynağı öncesi hazırlık (preparation before fill welding)

Dolgu kaynağı yapılmadan önce aşağıdaki işlemler yapılmalıdır:

- ~ Cebireler kontrol edilmeli, eğri cebireler değiştirilmeli ve cebire blonları tamamlanarak sıkılmalıdır.
- ~ Contada küçük bağlantı malzemeleri tam ve sıkı olmalıdır.
- ~ Contadaki çamurlu balast elenerek ıslah edilmelidir.
- ~ Contadaki nivelman hataları ve gizli boşluklar giderilmelidir.
- ~ Yol ekseninde olmalıdır.
- ~ Aşınmış ve uçları çatlamış raylar değiştirilmelidir.
- ~ İmbisat payları ayarlanmalıdır.

#### b. Makaslarda dolgu kaynağı (filler welding on turnouts)

Hat'tı cari contalarında olduğu gibi makaslarda da contalar, göbek uçları, tavşanayakları, kontraylar ve dil iğne uçlarında aşınmalar meydana gelir. Bu aşınmalar da dolgu kaynağı ile ıslah edilmelidir.

Bunu temin için makaslarda dolgu kaynağından en az bir gün önce yapılması gereken işler aşağıdaki gibidir:

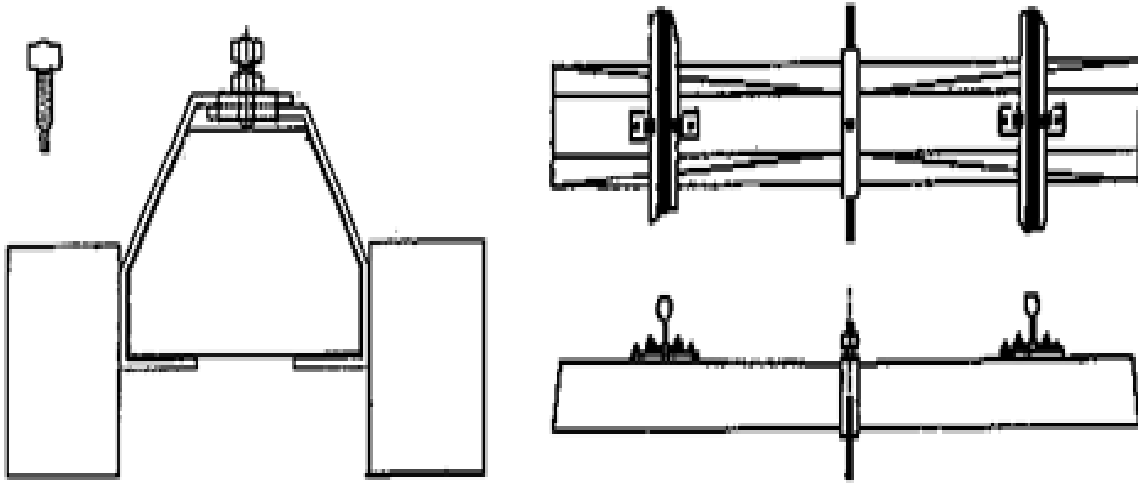
- ~ Çürük traversler değiştirilmelidir.
- ~ Göbek ucu altında kamburlaşmış traversler sabote edilerek, düzeltilmelidir.
- ~ Küçük malzeme bağlantıları sağlamlaştırılmalı ve gerektiği durumlarda alüminyum alaşımli helezonik dübellere kullanılarak tirfon delikleri sağlamlaştırılmalıdır.
- ~ Ekartman düzeltilmesi yapılmalı ve göbek emniyet açıklığı kontrol edilmelidir.
- ~ Travers ekerleri düzeltilmelidir.
- ~ Göbek takozu blonları tamamlanmalı ve sıkılmalıdır.
- ~ Göbekte düşüklük varsa giderilerek, iyice buraj yapılmalıdır.

~ Varsa dresaj hataları giderilmelidir.

#### 4.8.13. Direnç levhalarının kullanılması (using resistor plates)

Uzun kaynaklı kurplarda ve dresaj yapmaya müsait hat kesimlerinde yolun yanal direncini artırmak üzere direnç levhaları kullanılır. Kurp yarıçapları 400 veya, 400 metreden küçük olan kesimlerde aşağıda belirtilen şekilde direnç artırıcı levhalar takılmalıdır:

- ~  $400 > R > 300$  ise, üç traverste bir,
- ~  $300 > R > 250$  ise, iki traverste bir,
- ~  $250 > R > 200$  ise, her traverste bir adet direnç artırıcı levha takılmalıdır (Şekil 4.46)



Şekil 4.46. Direnç artırıcı levhaların takılışı

#### 4.8.14. Rayların taşlanarak düzeltilmesi (straightening of rails by grinding)

##### a. Ray taşlaması tanımı ve gelişimi

Ray mantarının üzerinde veya yanında oluşan hataların, motor tahrikli aşındırma taşlarıyla sıyırılması "ray taşlaması" olarak isimlendirilir. (Şekil 4.47).

1930'ların sonundan itibaren basit taşlama araçlarıyla özellikle kargo ve maden hatlarında başlayan bu çalışmalar o zaman şartlarında gözle görünür mantar üstündeki dalgalanmaları, ray üst yanakları ve çok ezilmiş kısımlarda yapılmaktaydı. 1930'lar ile 1980'ler arasında gelişen teknoloji ile birlikte bazı araçlar dizayn edilmiş ve ray hataları literatürü oluşturulmaya çalışılmıştır. Bunlar arasında ondülasyonlar, kaynak ezilmeleri, conta direnç levhaları hataları, ray yüzeyi yanakları, kabuklanmalar, kavlanmalar, haddeme hataları sayılabilir. Bu periyottaki çalışmalar "rayüstü rektifikasyonları" olarak adlandırılmıştır.



Şekil 4.47. Konya - Ulukışla arası kaynak çalışmaları ray taşlama (Foto E. Sevil)

1980'lerden sonra yeni nesil gelişmiş bilgisayar donanımlı taşlama araçlarının imalatını takiben, raylara orijinal profillerini kazandırma (re-profiling) veya rayın mantarını başka bir ray tipine değiştirmeye varan başarılı dönüşüm çalışmaları halen günümüzde yapılmaktadır. Bu gelişmeler ışığında raydan taş cihazının tek bir "paso geçişinde" daha fazla metal sıyırma imkânı doğmuştur. Bu da, taşlama maliyetlerinde de kayda değer kazanımlar getirmiştir. Fakat bundan daha da önemlisi "önleyici-bakım taşlaması" kavramı gelişmiş, ray'da herhangi belirgin bir hata veya hatalar silsilesi olmadan ray yüzeyleri, ray-teker kontak noktaları kontrol altında tutulmaya başlanmıştır.

#### **b. Taşlama çalışmasının faydaları**

Ray taşlama operasyonu aşağıda sıralanan faydaları sağlamaktadır:

- ~ Ray geometrisinin tekrar kazanılması,
- ~ Ray ömrünün maksimize edilmesi,
- ~ Sağlıklı Ray-Teker ilişkisi neticesinde araç bakım masraflarının azalması ve tekerlerin zarar görmesinin engellenmesi,
- ~ Araç içi ve dışındaki gürültü seviyesinin azalması,
- ~ Enerji tasarrufu,
- ~ Diğer üstyapı malzemelerinin korunmasıdır.

#### **4.8.15. Ray taşlama metotları (methodes of rail grinding)**

##### **a. Koruyucu taşlama**

Bahsedilen ray hatalarının ve yorulmaların başlangıcında, bunların fark edilip büyümelerine izin verilmeden yapılan taşlamadır. Ezilmiş bir izole cebire noktası veya işletme sırasında tren tarafından ezilmiş yüzeylerde oluşan bozulmalar, koruyucu taşlamayla yok edilir.

##### **b. Düzeltici taşlama**

Ray yüzeyinde ve ekartman kısmındaki hataların artması, tekerlek-ray ilişkisindeki bozukluklar, ray üzerinde gözle görülen ondülasyonların yok edilmesi için uygulanan taşlama çeşididir.

**c. Tekrar profil verme**

Ana hattaki demiryolu rayları çabuk aşınırlar. Bu durumda biriken metal parçalarının temizlenmesi ve ray'a orijinal kesitinin tekrar kazandırılması için, ray'a tekrar profilleme yapılır. Vignole tip raylarda mantar kesitleri uyumlu ise, büyük olan kesitten küçük olan kesite dönüşüm yapılabilir.

**4.8.16. Taşlama makineleri (rail grinding machines)**

Taşlama makineleri aşağıda sıralanan türlerde kullanılmaktadır:

- ~ 2 veya 3 taşlı taşlama araçları,
- ~ 4 veya 6 taşlı taşlama araçları,
- ~ 6 veya 16 taşlı taşlama araçları,
- ~ Birkaç diziden oluşan taşlama trenleridir.



## BÖLÜM 5

### BAĞLANTI ELEMANLARI

#### 5.1. Bağlantı Elemanlarının Tanımı (definition of rail fasteners)

Bir raylı ulaştırma sistemini meydana getiren “raylı hat” raylarla birlikte, çok sayıda bağlantı elemanından oluşmaktadır. Rayları, raylara ve traverslere bağlayarak, stabilitesi yüksek bir çerçeve oluşturan, raylar ve ray ile travers arasında kuvvet aktarımını sağlayan, rayların şekil ve yer değiştirmelerini önleyen, üstyapıya gelen etkileri elastik şekil değiştirmelerle azaltan, cebire, krapo, ergo, bulon, tirfon ve selet gibi malzemelere bağlantı elemanları” denir.

#### 5.2. Bağlantı Elemanlarının Görevleri (duties of fasteners)

Raylı hat'ta kullanılan bağlantı elemanları aşağıda sıralanan görevleri yaparlar:

- ~ Stabilitesi yüksek bir çerçeve oluşumunu sağlamak,
- ~ Raylardan etkiyen yatay ve düşey kuvvetleri azaltarak raya ve traverse aktarmak,
- ~ Ekartmanın korunmasını sağlamak,
- ~ Rayların şekil değiştirmesini önlemek.

#### 5.3. Bağlantı Elemanlarının Özellikleri (properties of fasteners)

Ray bağlantı elemanları aşağıda sıralanan özellikleri taşımalıdır:

- ~Basınca, burulmaya ve devrilmeye karşı mukavim olmalı, sağlam yanal ve dikey tutuş sağlamalı,
- ~Ray - Travers arasında sürekli bir elastiki bağlantı sağlamalı, böylece sürekli ve milyonlarca kez etki eden bir taşıt yükü zarar görmeden taşınabilmeli,
- ~Başka parçalarla karıştırılmayan ve mümkün olduğu kadar az tekil parçadan oluşmalı,
- ~Montajı ile sökülmesi gerek elle, gerekse makine ile kolayca yapılabilmesi,
- ~Traverslere ön montajı mümkün olmalı,
- ~Laçkalaşmayan ve aşınmayan (dişsiz) yapıya sahip olmalı,
- ~Traversi zayıflatan dübel, vida ve vidalı civata için az delik gerektirmeli,
- ~Uzun ömürlü olmalıdır.

#### 5.4. Bağlantı Elemanlarının Sınıflandırılması (classification of fasteners)

Ray bağlantı elemanları; rijit bağlantılar ve esnek bağlantılar olarak iki kısma ayrılmaktadır.

##### 5.4.1. Rijit bağlantılar (rigid fasteners)

Bu tür bağlantılar, elemanları birbirine sıkı şekilde bağlanan ve “oyunması istenmeyen” bağlantılardır. Başlangıcından itibaren raylı sistemlerde özellikle de Ray - Travers bağlantılarında rijit sistemler kullanılmıştır. Ahşap traverslere rayların doğrudan bağlanması, demir travers bağlantısı ile “N” tipi bağlantılar, rijit bağlantı sistemleridir. Ancak üstyapı elastikiyeti dolayısıyla her dingil geçişte yatay ve düşey deplasmanlar (oyunmalar) yapmaktadır. Buna karşılık rijit bağlantılar bu deplasmanlara uyum sağlayamamaktadır. Bu nedenle rijit bağlantı sistemlerinin hepsi zamanla laçkalaşmakta ve önemli bakım ve onarım sorunları çıkarmaktadır.

#### 5.4.2. Esnek bağlantılar (flexible fasteners)

Bağlantı malzemelerinde oluşan laçkalaşmaların önüne geçebilmek amacıyla üstyapının elastikiyeti ile uyumlu bağlantı sistemleri üretilmiştir. İlk önceleri yaylı tek katlı, çift katlı, üç katlı rondelalı sistemler ile “tek elastikiyet” gerçekleştirilmiştir. Zaman içerisinde ise, çelik seletlerin üzerinde önce ahşap, sonraları da plastik seletler kullanılmış olup, sonucunda çelik seletlerin yerine kullanılacak plastik seletler üretilmiştir.

Çifte elastik bağlantı sistemleri elastik bağlantıların en başarılı olanıdır. Bu bağlantılar ray pateni altına konulan kauçuk sömel ve magnezyumlu çelikten yapılmış esnek iki katlı krapolar ile karakterize edilebilir.

HM bağlantıda olduğu gibi kauçuk sömeler, raydan gelen bütün titreşimleri emdikleri için, özellikle betonarme traverste çok başarılı olmuştur. Ayrıca bu bağlantı sisteminde “rayların şöminmanı” olayı da önlenmekte veya en aza indirilmektedir.

Elastik açıdan birbiri ile uyumlu olan bağlantı malzemeleri ve plastik seletler kullanılmalıdır.

### 5.5. Rayların Birbiri İle Bağlanması (connection of rails)

#### 5.5.1. Cebire (fishplate)

Rayları iki ucundan birbirlerine bağlamak için kullanılan demir çubuklara “cebire” denir. Cebireler, yumuşak çelikten, haddeden geçirilmek suretiyle yapılır. Yol içinde ve dışında kalan kısımları, aynı veya farklı şekilde olabilir.

Cebirelerde delik sayısı, ray başlarındaki delik sayısına göre 4 veya 6 olur (Şekil 5.1.).



Şekil 5.1. Cebireler

#### 5.5.2. Cebire blonu (fishplate bolt)

Cıvata başı, gövde ve somundan ibaret tespit elemanıdır. Bulon somunları yol kontrolünde, kolaylıkla görülebilmesi için yolun iç kısmına gelecek şekilde bağlanarak kullanılır (Şekil 5.2).



Şekil 5.2. Cebire blonu

### 5.5.3. Rondela (washer)

Hem ray ile rayın bağlantılarında hem de rayla traversin bağlantısında kullanılır. Tek katlı, çift katlı, üç katlı tipleri vardır. Cebire ile cebire bulonu somunu arasına konulur. Rondelalar, bağlantının sürekli gergin ve sıkı olmasını sağlar (Şekil 5.3).



Şekil 5.3. Rondelalar

### 5.5.4. Kör cebire (rigid fishplate)

İki rayın kaynaksız olarak birbirine bağlandığı ray kırılmalarında veya cebire deliği bulunmayan rayların birleştirilmesinde acilen seyrüseferin devamlılığını sağlamak için kullanılır. Bir adet mengene, bir çift sifero döküm parçanın birbirine 2 adet bulon birleştirilmesiyle oluşur (Şekil 5.3).

Kör cebire uygulamasında, contalarda cebireler rayların gövdelerine iki yerden tutturulup bağlanılır. Ray sökülerinde ise, cebiredeki blonlar sökülür.



Şekil 5.3. Kör cebire

### 5.5.5. İzole cebire (isolated fishplate)

Sinyalli trafik yönetimi yapılan bölgelerde veya ray devrelerinin “elektriksel olarak” birbirinden ayrıldığı, otomatik kumandalı hat kesimlerindeki hemzemin geçitlerdeki izole contalarda kullanılan cebiredir (Şekil 5.4).



Şekil 5.4. İzole cebire

Bu tür cebireler ray ile teması önlemek için plastik malzeme ile izole edilmiştir.

### 5.5.6. Özel cebire (special fishplate)

İki farklı tipteki rayları bağlamak için kullanılır. Ancak zamanımızda bu uygulamanın yerini, ray kaynağı almıştır (Şekil 5.5).



Şekil 5.5. Özel cebire

## 5.6. Rayların Traverse Bağlanması (connecting rails to sleepers)

### 5.6.1. Rayların ahşap traverse bağlanması (connecting rails to wooden sleepers)

#### a. Kramponla bağlama

Ray ve traversleri birbirine bağlayan en eski ve en basit bağlantı malzemesi “krampon” ile bağlanmıştır. Şekil 5.6’da gösterilen Krampon, bir tırnağı ile rayın tabanını kavrayan ve traverse bastıran, sivri ucu ahşap traverse çivi gibi giren tespit malzemesidir.

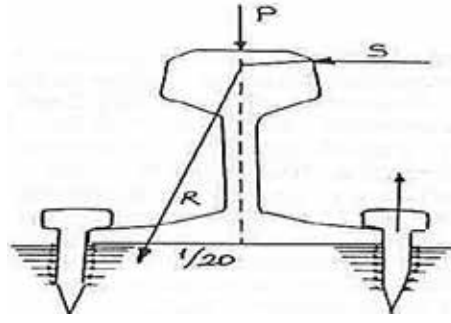


Şekil 5.6. Krampon çivisi ile Ray – Traverse bağlantısının sağlanması

Şekil 5.7’de ise, Rayların Traverse bağlanmasında, Krampon çivisi kullanılması durumunda kuvvet dağılımı gösterilmektedir.

Trenin geçmesi halinde, Şekil 5.7’deki kuvvetlerin dağılımı incelenecek olursa, aşağıdakiler söylenebilir:

~ Taşıt tekerleği **P** dikey ve tekerlek bodeni de **S** yanal kuvveti doğurur. **P** ve **S** kuvvetlerinin etkisiyle de **R** bileşke kuvveti oluşur. **S** kuvvetinin tesiri ile dış taraftaki krampon traversin içine bastırılır. Bu vaziyette aderans kuvvetleri üniform bir şekilde yayılmaz, asgari basıncın aşılması halinde sürekartman (Açıklık Fazlası)’lar meydana gelir.



Şekil 5.7. Krampon çivisi ile ray tespitinde kuvvetler dağılımı

~  $P$  ve  $S$  kuvvetlerinin  $R$  bileşkesi, ray tabanının çekirdeği dışına çıkarsa, Şekil 5.7’de görüleceği üzere, rayın dış tarafı ahşap traverse daha fazla batar ve bu anda iç krampon çekmeye çalışır. Ray tabanının böyle istenmeyen bir batma hareketini önlemek amacıyla ray, iç tarafa doğru  $1/20$  eğimle oturtulur.

Daha evvel görüldüğü gibi, traversin yüzeyini sabote etmek suretiyle eğim teşkil edilir.

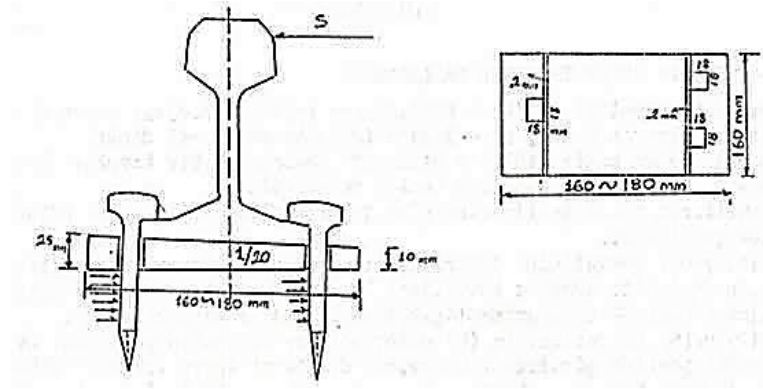
~ Tek dingilli taşıtların etkisiyle, üstyapı dalgalar halinde deforme olacağından, dalgaların tepe noktalarına isabet eden kısımlarda ray, traversten kurtulmaya çalışır ve neticede bağlantı malzemesi olan her iki krampon “çekme kuvvetine” maruz kalır. Genellikle çekme kuvvetleri çok büyük değildir ve kramponların ahşap içindeki aderans dirençleri bu çekme kuvvetlerini karşılayabilecek şiddettedir. Ancak tesirlerin binlerce defa devam etmesiyle ve zamanla krampon ile ray tabanı arasında boşluklar meydana gelir.

~ Bunun neticesinde büyük hızlarda ve üstyapının ani deformasyonu ile darbe şeklinde “çekme kuvvetleri” doğar ve ray tabanının her iki taraftaki kramponlar, traverslerden kurtulur. Demiryollarında, Tırnağı ray tabanının 10 mm ve daha fazla üstüne çıkmış kramponlara rastlanmıştır.

Hat’ın boyuna ekseninde de bir takım kuvvetler raya tesir etmektedir. Tecrübe ile görülmüştür ki, bu kuvvetler esas itibarıyla hareket yönünde esneyip, rayları traversler üzerinde kaydırırlar. Bu hadise üstyapının “Şöminömanı – Ray yürümesi” adını alır. Şöminman sırasında kramponlar, belirtilen ilk tesir yönünde dik, ikinci bir doğrultuda tesirlere maruz kaldıklarından ahşap traverse gömülürler ve aynı zamanda dönerler. Kramponlar bu çeşitli tesirlere, ancak zayıf trafikli hatlarda dayanıklıdırlar. Bu tespit sistemi daha büyük tesirlere dayanıklı olmadığından, zamanla ilave düzenleme ve değişiklikler istemektedir.

Evela ray tabanı ile travers arasına ebatları belli olan demir seletler konmak suretiyle basınç intikal ettiren yüzey büyütülmüştür. Böylelikle ahşabın birim yüzeyine isabet eden kuvvet (gerilme) küçülür ve üniform hale gelir ve bu sayede ahşap korunur. Selet kullanılması halinde bağlantı malzemesi yana doğru basınca maruz bulunurken, dış kramponla birlikte iç krampon da çalışır. Bu sebeple ekartmanın (Yol Açıklığı) muhafazası daha kolaylaşır.

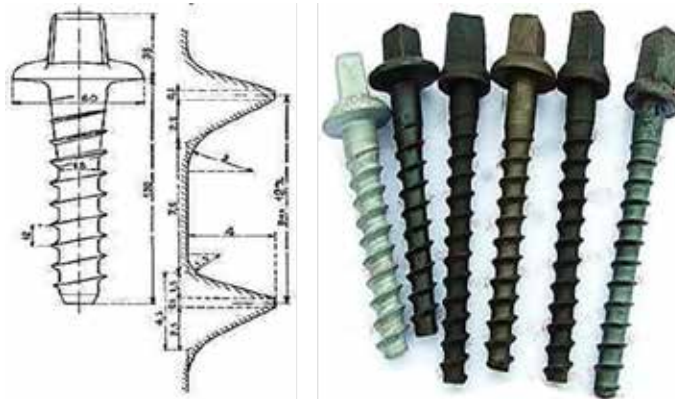
İç taraftaki tespit malzemesi, dış taraftakinden daha çok çekmeye çalıştığından, seletlerde genellikle iç tarafa iki, dış tarafa bir krampon konması doğru olur. Seletsiz raylarda dış tarafa iki, iç tarafa bir krampon konur. Çünkü “ekartmanı açmaya çalışan” dış tarafı etkileyen kuvvetlerin karşılanması, rayı “dışarıya doğru deviren” dönme momentine karşı koymaktan daha mühimdir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8. Ray yürümesi önleme (antişöminman) uygulaması

### b. Tirfonla bağlama

Rayların traverse tespit malzemesi geliştirilerek çakılan kramponların yerine, evvelce delinen traverslere vidalanan “tirfonları” kullanmak daha faydalı olmuştur. Üçgen kesitli vida yüzeylerinden oluşan Tirfonların, ahşap içindeki aderans dayanıklılığı kramponlardan çok yüksektir. Üzerinde kare anahtar ağzı bulunan Tirfon başının, alt kenarı ray tabanına iyi bir dayanıklılık sağlayacak şekilde tasarlanmıştır (Şekil 5.9).



Şekil 5.9. Tirfon resmi ve çeşitleri

Tirfonun büyük aderans kuvvetinin etken olabilmesi için yarıçapı, tirfon gövdesinin yarıçapından daha küçük ve önceden açılmış traverse deliklerine vidalanması gerekir. Eğer tirfon çakılırsa vida dişleri ahşap liflerini harap eder ve tirfon, krampondan daha kötü bir tespit malzemesi haline gelir. Tirfonun çakılması, vidalanmasından daha rahat olduğundan, bazı işçiler bunu tercih ederler. Bu sebepten kesik piramit başlı tirfonların kesik piramidin üstüne imalat esnasında “TCDD” forsu işlenir, böylelikle külah veya TCDD forsu ezilmiş ise tirfonun çakılarak yerine yerleştirildiği anlaşılır. Tirfon evvela krampon şeklinde doğrudan doğruya, daha sonra seletlerle birlikte kullanıldı. Seletlerin tirfona uygun deliklere sahip bulunması lazımdır. Gerek kramponlu ve gerekse tirfonlu bağlantıda bugün artık sadece ray’a 1/20’lik iç eğim temin eden seletler kullanılmaktadır.

Eğimli seletler traverslerin sabotajını lüzumsuz kılmakta, böylelikle işçilikten tasarruf sağlandığı gibi, ahşabın çürümesi de önlenir. Çünkü sabote anında meydana gelen çukurlukta su biriktiği halde sabotesiz traverse yüzeyinde su birikmez.

Tecrübeler göstermiştir ki, ray tabanına doğrudan doğruya temas eden tirfonlu ve seletli bağlantı malzemesi dahi, ağır trafiğe devamlı olarak dayanmazlar.

Bu nedenle ahşap traversler üstüne rayların bağlantısında yeni bir ileri aşamaya ulaşmak için ray'ın selet ile bağlantısı, seletin travers ile irtibatından ayrılmıştır. Ray'ın selete irtibatı ilave konstrüksiyon elemanları ile sağlanmış ve tirfon seleti traverse bağlamak vazifesini yapmak maksadıyla ray tabanından uzaklaştırılmıştır. Bu durum ile tirfon en olumsuz tesirlere dayanacak hale girmiştir.

Ülkemizde yeni yapılan yollar ile üstyapısı değiştirilen yollarda kullanılan ahşap traverslerde K tipi üstyapı sistemi uygulanmaktadır (Şekil 5.10).

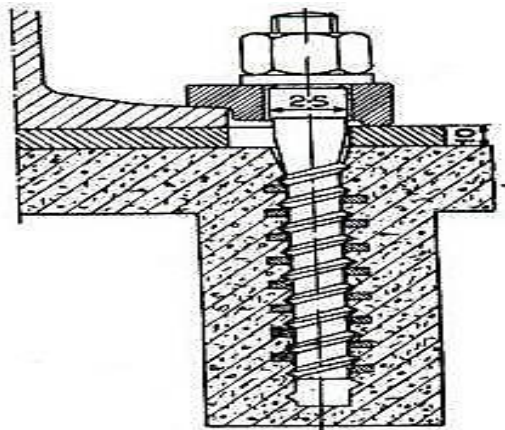


Şekil 5.10. Ahşap traversste K tipi bağlantı

Nervürlü seletler, enjekte fabrikasında ekartmana uygun bir aralıkla traverslere dört tirfon yardımı ile tespit edilir. Gerekli sürekartmanlar uygun miktarda seletleri kaydırmakla sağlanır. 1/20 veya 1/40'lik ray eğimi, seletin üst yüzeyini meyillendirmekle sağlanır. Basınç intikalini üniform bir hale sokmak için, ray ile selet arasına 5 mm kalınlıkta kreozotlanmış bir kavak levha (ahşap selet) veya plastik selet yerleştirilir. Bu sayede ray ile selet arasındaki sürtünmeyi çok arttırdığından şöminmana da mani olur. K tipi üstyapıda mevcut olan ray'ın yanal ankastrelik noksanlığı da, bu sürtünme sayesinde arttırılır.

### c. Blon-Tirfon tipi bağlantı

Çelik selet, blon-tirfon, krapo, rondela, plastik seletten oluşan rijit bir bağlantıdır (Şekil 5.11).



Şekil 5.11. Blon - Tirfon bağlantı

Ahşap, beton, plastik traverslerde ve travers'siz beton bağlantılarda kullanılabilen bir bağlantı sistemidir. Tirfonla travers blonu bir bütün olup, diğer malzemeler K tipi bağlantının aynısıdır.

Trenlerin normalin üzerinde hız yaptığı yerlerde bu tirfonlar merkezkaç kuvvetini karşılayamadığından, sık sık kırılmakta veya tirfon yatakları laçkalaştığından traversler kullanılamaz duruma gelmektedir. Bu olumsuzluklar yoldaki malzeme ve bakım masraflarını arttırdığından ve esnek bir bağlantı sistemi olmadığından bu bağlantı sistemi tercih edilmemektedir.

#### d. N tipi bağlantı

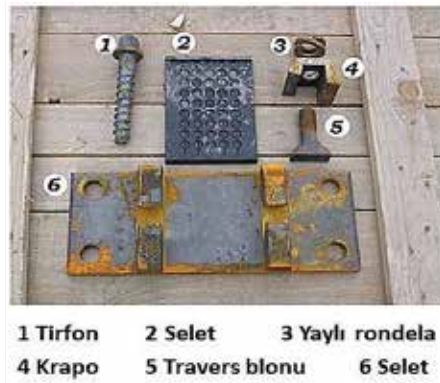
Çelik selet ve tirfondan oluşan rijit bir bağlantıdır. Özellikle plastik selet kullanılmadığından, rayların vuruntu olan kesimlerinde ray, travers ve bağlantı malzemelerinin kırılmalarına neden olmaktadır. N tipi bağlantı sadece ahşap traverslerde kullanılır. Tirfon delikleri laçkalaştığında, traverslerde ayrıca delik açılması zorunluluğu getirmektedir. Bu durum traverslerin ömrünü kısalttığı gibi, bakım masraflarını da arttırdığından, trafiğin yoğun olduğu hatlarda tercih edilmemektedir (Şekil 5.12).



Şekil 5.12. N tipi bağlantı

#### e. Rayları ahşap traverse bağlayan küçük yol malzemeleri

Şekil 5.13'te ray-ahşap traverse bağlantı elemanı örnekleri sergilenmiştir.



Krampon çivisi



Tirfon

5.13.a. Toplu olarak küçük bağlantı elemanları

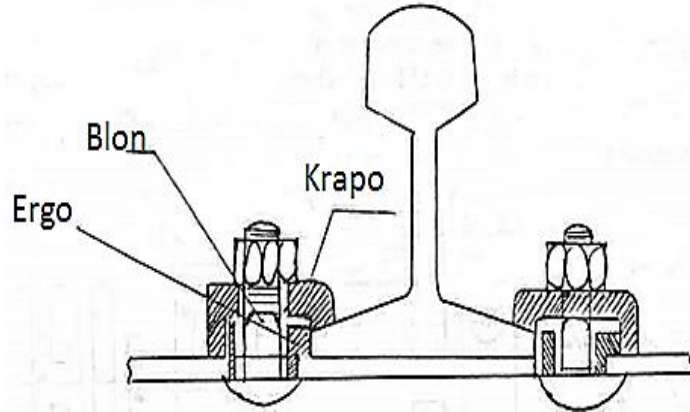




Şekil 5.13.b. Seletler ve dübeller

### 5.6.2. Demir travers bağlantı elemanları (fasteners for steel sleepers)

Ergo, krapo, travers blonu ve rondeladan oluşan rijit bir bağlantı sistemidir. İsminden de anlaşılacağı üzere, sadece demir traverslerde ergolu ve krapolu bağlantısı olan bir sistemdir. Karşılıklı iki ray arasında elektrik akımını geçirdiğinden, sinyalizasyonlu ve ray devreli hatlarda kullanılmaz. Ayrıca bakım maliyeti yüksek ve yüksek hıza müsait olmayıp, konforsuz seyahat imkânı sağlayan bir sistemdir. Özellikle plastik selet kullanılmadığından, rayların vuruntu olan kesimlerinde ray, travers ve bağlantı malzemelerinin kırılmalarına neden olmaktadır (Şekil 5.14).



Şekil 5.14. Demir travers bağlantı biçimi ve elemanları

Bu tür bağlantı sistemi; ahşap, beton, plastik traverslerde ve traverssiz beton bağlantılarda kullanılabilen bir bağlantı sistemidir. Tirfonla travers blonu bir bütün olup, diğer malzemeler K tipi bağlantınının aynısıdır.

Trenlerin normalin üzerinde hız yaptığı yerlerde, bu tirfonlar merkezkaç kuvvetini karşılayamadığından, sık sık kırılmakta veya tirfon yatakları laçkalaştığından traversler kullanılamaz duruma gelmektedir. Bu olumsuzluklar yoldaki malzeme ve bakım masraflarını artırdığından ve esnek bir bağlantı sistemi olmadığından, bu bağlantı sistemi tercih edilmemektedir.

Şekil 5.15'te demir travers bağlantı elemanları gösterilmiştir.



Şekil 5.15. Demir travers bağlantı elemanları

### 5.6.3. Beton travers bağlantı elemanları (fasteners of concrete sleepers)

#### a. K tipi bağlantı

Çelik selet, tirfon, krapo, krapo bulonu, çift katlı rondela, plastik seletten oluşur. K tipi, elastik bir bağlantı olup, ahşap, beton, plastik traverslerde ve traverssiz beton bağlantılarda kullanılabilen bir bağlantı sistemidir. Beton traverslerde bir selette sadece iki tirfonla bağlantı yapılır ve yatay kurplardaki merkezkaç kuvvetini bu iki tirfon karşılamaktadır. Blon-Tirfon” tipi bağlantı sistemindeki olumsuzluklar bu sistem için de geçerlidir. Sadece konvansiyonel hatlarda (hızın 200 km/sa’den düşük olduğu hatlar) bulunan ahşap traversli makaslarda hız düşük olduğunda kullanımı devam etmektedir.

K tipi ve blon-tirfon tipi bağlantılar rondela, ray altı ve selet altı plastik seletleri ile yumuşatılarak, elastik bağlantı haline getirilmiştir. Bu bağlantılarda plastik seletler kullanılmazsa rijit bağlantı durumuna geçerler (Şekil 5.16).



Şekil 5.16. Beton traverste K tipi bağlantı

#### b. HM tipi bağlantı

Bu bağlantı tipi; gergi kısıkaçı, aç kılavuzu, ara plastik selet, tirfon ve besleme rondelasından oluşur ve sadece beton traverslerde kullanılan tek elastik sistemdir.

Diğer sistemlerdeki olumsuzlukların tamamı bu sistemde giderilmiştir. Kurplardaki merkezkaç kuvvetleri beton traverslerin inşası esnasında oluşturulan omuzlar vasıtasıyla karşılandığından malzeme kırılmaları ve laçkalıkları görülmemektedir. Merkezkaç kuvvetinin oluşturduğu 10-12 tonluk fazla yükte, malzemenin yatay ve düşey eksenindeki, elastikiyetinden kaynaklanan 10 mm’lik yol açıklığı oluşmakta, daha büyük kuvvetlerde ise yol açıklığı sabit kalmakta daha fazla açıklık oluşturmamaktadır. Bu sistemde tirfonlar tirfonöz motoru ile tork ayarına uygun olarak sıkıldığı takdirde traverslerin ömrü uzun ve bakım masrafları az olmaktadır (Şekil 5.17).

Bağlantı malzemeleri ne kadar fazla elastik olursa, traverslerdeki yük dağılımı dengesizliği doğru orantılı olarak ortadan kalkar. Elastik olmayan bir yolda yükleri iki veya üç travers karşılarken, yoldaki elastik arttıkça yola gelen yükleri karşılayan travers sayısı da artar. Mevcut yük daha geniş alana yayıldığından, altyapı ve üstyapı elamanları daha uzun ömürlü olur.



Şekil 5.17. HM tipi bağlantı

HM bağlantıların tirfonları tirfonöz motoru ile ve 200 kilonewton'luk (~20 kg) kuvvetle sıkılmalıdır. Sıkım esnasında gergi kiskacının altı ile aç kılavuzu arasında 0,5 mm'lik boşluk kalmalıdır. Belirtilen basınçla sıkım yapıldığında bu boşluk kalır (Şekil 5.18).



Şekil 5.18. HM bağlantıların takma ve sökme aleti

#### 5.6.4. Elastik bağlantılar (elastic fasteners)

İlk demiryollarında traverslerin üzerine sabitlenmiş, rayın oturacağı çeşitli dökme demir oturaklar kullanılmış ve bunlar sert ağaçtan kamalarla yerlerinde tutulmuştur. Mantar kesitli ray kullanılan yollarda temelde bu şekilde bağlantı elemanları kullanılmıştı. 1940'ların sonlarına doğru düztabanlı rayların kullanılmaya başlanmasıyla, yeni bağlantı elemanları geliştirilmiştir.

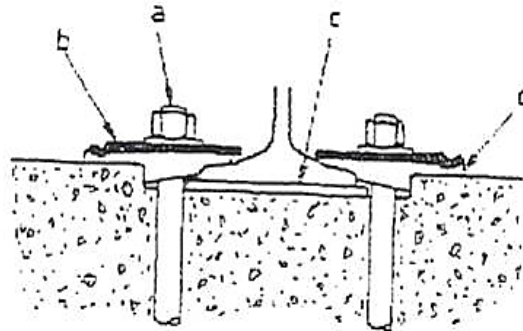
Piyasada çeşitli ray bağlantı sistemleri bulunmaktadır. Genel olarak ortak tipler; E-ray rayı sabitleme sistemi, Nabla klipsli ray bağlama sistemi, SKL ray bağlantı sistemi ve KPO kelepçeli ray bağlantı sistemini kapsamaktadır. Müşterilerin ihtiyacına göre daha fazla tipte bağlama sistemi sağlanabilir.

Bağlayıcıların hem elektrik izolasyonu sağlaması hem de sarsıntı ve titremeyi kesmesi beklenir. Bunu sağlamak için bağlantı noktalarında dayanıklı yalıtkan ped'ler kullanılır. Elastik bağlantılar; cıvatalı ve yaylı olarak, iki farklı tip'de olurlar.

#### a. Cıvatalı tip

Bu bağlantıların en önemli avantajı; bakımları ve değiştirilmelerinin kolay olmasıdır. Germe gücünün yüksekliği de bir başka üstünlüktür. Ancak bağlantı elemanlarının iyi verimle çalışabilmesi için, düzgün bir montajla yerine takılması icap eder, bu da çevre şartlarına bağlıdır.

Bu tip bağlantılar RN, Nabla, Vossloh gibi isimlerle tanımlanırlar. Cıvatalı tip bağlantıların ortak elemanları Şekil 5.19'da gösterilmiştir.



Şekil 5.19. Cıvatalı bağlantı elemanları  
(a. Bağlantı somunu, b. Çelik yay, c. İzole eleman d. Elastik selet)

Somunlu bir eleman, yay elemanlara bir kuvvet uygular ve bu eleman travesten çıkarılabilir. Çelik yay elemanı çubuk veya plaka şeklinde olabilir. Ray ve travers arasında vibrasyonları ve darbeleri absorbe (emen, içine çeken) eden bir elastik selet, ray ile travers arasında elastik bir tabaka sağlar ve elektrik yalıtımı sağlar. İzole elemanı raydan bir metal aracılığı ile traverse elektrik akımının ulaşmasını önler.

#### b. Yay tipi elastik bağlantılar

Cıvatalı tipe göre daha az yaygındırlar. Montaj şartlarından daha az etkilenirler ve kusurları gözle kolaylıkla fark edilebilir. Bu tip bağlantılar Pandrol, Lineloc, Hambo, vb.dir. Elemanları bakım gerektirmeyen, bu tip bağlantı sisteminin ortak elemanları aşağıdadır (Şekil 5.20):

- ~Traverse yapılan ankraj elemanları, bağlantı elemanı – travers ilişkisini sağlar ve traversle birlikte de üretilebilir.
- ~Çelik yay eleman, ray tabanına germe gücü uygular.
- ~Ray ve travers arasında vibrasyonları ve darbeleri absorbe eden bir elastik ped, ray ile travers arasında elastik bir tabaka oluşturur ve elektrik yalıtımı sağlar.
- ~İzolatör veya izole tabakası, raydan bir metal aracılığı ile mesela "a ve b" elemanları ile traverse elektrik ulaşmasını önler.

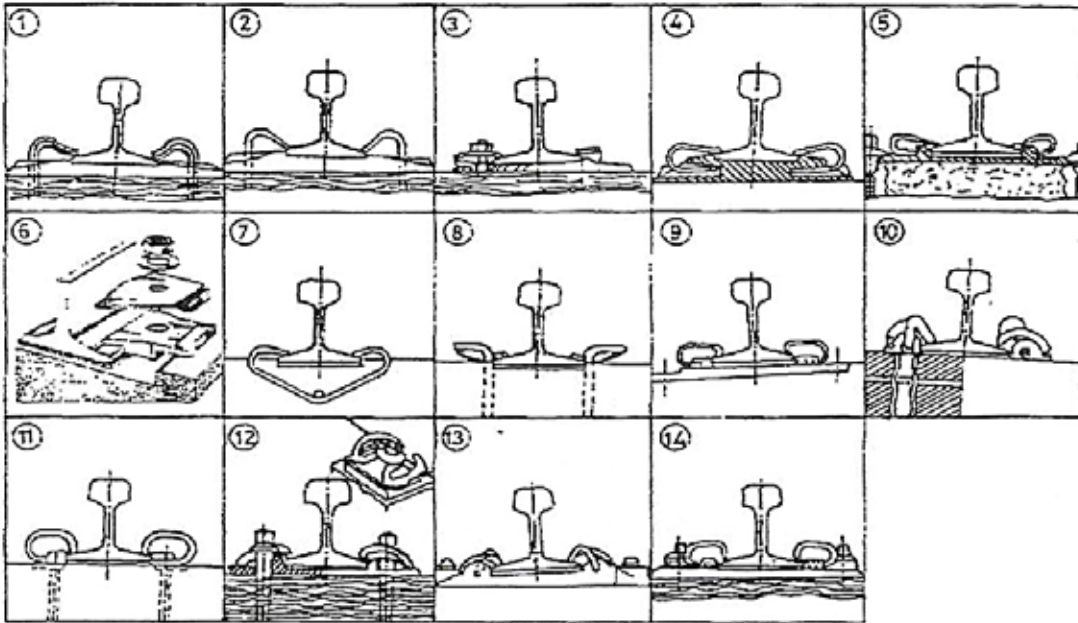


Şekil 5.20. Yaylı elastik bağlantı

### c. Seletli ve Seletsiz elastik bağlantı tipleri

Elastik bağlantılar seletli ve seletsiz olarak kullanılmaktadır. Elastik bağlantıların aşağıdaki tipleri tanımlanmıştır (Şekil 5.21):

- ~ Seletli direkt monteli bağlantılar (1 ve 2 no'lu),
- ~ Seletli direkt monteli olmayan bağlantılar (3, 4, 5, 12, 13 ve 14 no'lu),
- ~ Seletsiz direkt monteli bağlantılar (6, 7 ve 8 no'lu),
- ~ Seletsiz direkt monteli olmayan bağlantılar (9, 10 ve 11 nolu olanlar),
- ~ 1 - 5 arasındaki bağlantılar, diğerlerinden daha eski olan bağlantılardır.



Şekil 5.21. Elastik bağlantı tipleri

Şekil 5.21'deki bağlantı elemanlarının adı numaralarına göre şöyledir:

- 1) Elastic Spikes, 2) Macbeth, 3) Rail Anchor, 4) Mills, 5) Hey-bac, 6) Nabla, 7) Fist, 8) Omega (Vossloh), 9) DL, 10) Pandrol (taban plakasıyla), 11) Delta (taban plakasız), 12) Vossloh, 13) Pandrol (taban plakasıyla), 14) Delta (taban plakasıyla).

### 5.6.5. Elastik bağlantıların işletme kriterleri (operating criteria of elastic fasteners)

İşletme esnasında elastik bağlantılar aşağıdaki görevleri yerine getirmesi gerekir:

- ~ Bağlantının rezonans frekansı, rayın rezonans frekansından daha fazla olmalıdır,
- ~ Bağlantılar uzun süre yeterli bağlantı kuvvetini sağlamalıdır,
- ~ Bağlantıların sıklığı sökme – takma yapmadan kolaylıkla fark edilebilmelidir,
- ~ Montajdan uzun süre sonra bile bağlantılar elastikiyetini korumalıdır,
- ~ Ray tabanına uygulanan kuvvetin, bağlantıdan traverse iletilen kuvvete oranı (bağlantı etkinliği) mümkün olduğu kadar büyük olmalıdır.

### 5.6.6. Elastik bağlantı örnekleri (samples of elastic fasteners)

#### a. Vossloh

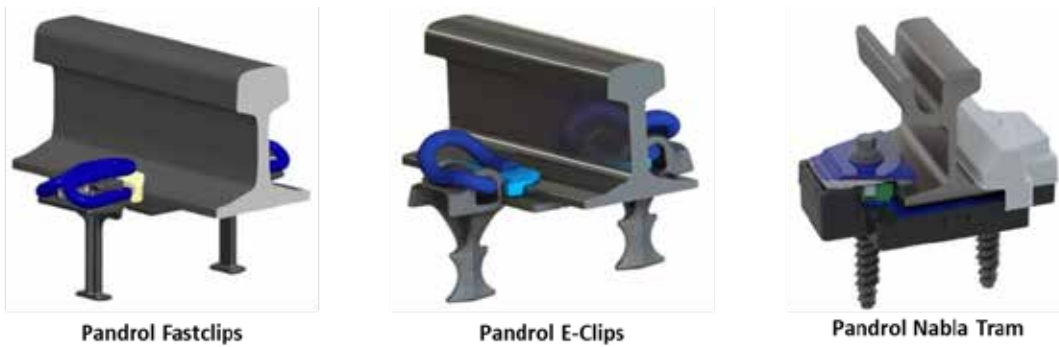
Vossloh firmasının geliştirilen elastik bağlantı örnekleri, Şekil 5.22’de verilmiştir. Vossloh; W14, Sys 336 ve Sys W Tram olarak, üç farklı bağlantı modeli uygulamaktadır.



Şekil 5.22. Vossloh elastik bağlantıları

#### b. Pandrol

Pandrol şirketi; Pandrol fastclips, Pandrol E-clips ve Pandrol Nabla Tram olarak, üç farklı bağlantı modeli üretmiştir. Pandrol firması elastik bağlantı örnekleri, Şekil 5.23’de verilmiştir.



Şekil 5.23. Pandrol elastik bağlantıları

#### c. Brrailparts

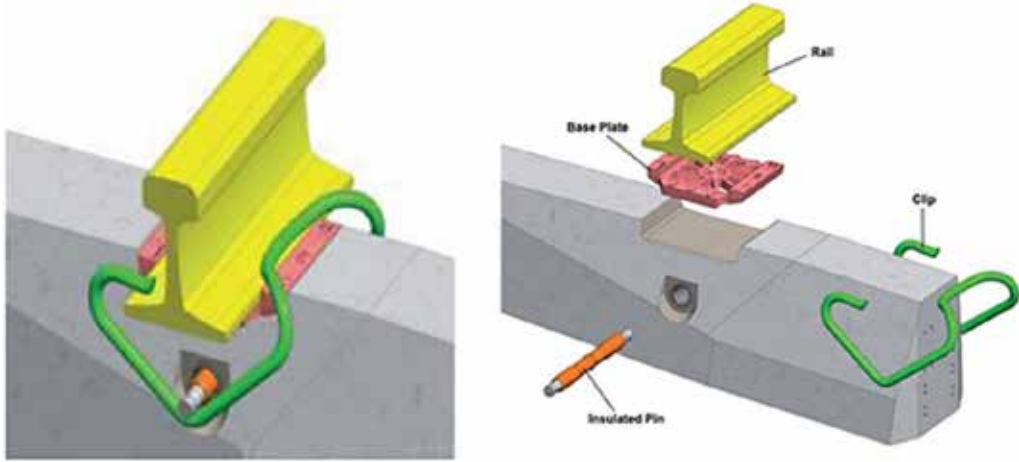
Bu firmanın geliştirildiği elastik bağlantı örnekleri, Şekil 5.24’te verilmiştir. Brrailparts uygulamasının diğerlerinden farkı, yayın şekli ve yay tespit elemanından ibarettir.



Şekil 5.24. Brrail elastik bağlantıları

#### d. Fist ray bağlama sistemi

Bu tür elastik bağlantı uygulamasında; ray altı seleti, clip yayı ve clip yayını traverse tespit eden yalıtıcı pim vardır. Şekil 5.25'te gösterildiği gibi, yalıtıcı pim'e tespit edilerek, traversten kuvvet almakta, traversin her iki yanına dolaşarak, yayı iki noktadan tutmaktadır.



Şekil 5.25. Fist tipi ray tespit sistemi ve elemanları

## BÖLÜM 6

### BALASTSIZ ÜSTYAPI

#### 6.1. Giriş (introduction)

Günümüzde mevcut demiryolu hatlarının büyük kısmını klasik balastlı hatlar oluşturmaktadır. Balastlı hatların zayıf yanlarından olan; yüksek bakım giderleri, inşası daha ucuz olan uygulamanın işletmesini pahalı hale getirmektedir.

1964 yılında Japonya’da başlayan yüksek hızlı demiryollarındaki (Shinkansen) tecrübeler ışığında, balastlı hatların yoğun bakım gerektirdiği, hat ölçü ve geometrisinin çabuk bozulduğu ve bakım kaynaklı işletme giderlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Diğer yandan, yüksek hızla seyir etkisiyle “balastın çalkalanmasından” kaynaklanan “balast uçması” tekerleğe, araç altı donanıma ve raylara zarar vermektedir. O yüzden, betona tespitli hatlar konusu, hem Japonya, hem de Avrupa demiryollarında araştırmaya konu edilmiş ve 1980’lerden itibaren kullanıma girmiştir. Yine Japonya’daki tecrübelerle göre, balastsız hat’tan kaynaklanan “yüksek inşa maliyetinin” azalan bakım giderleri ile 6 yıl sonra başabaş noktasına geldiğini göstermiştir.

Ancak metrolarda balastsız hat (slab track) daha fazla kullanılmaya başlanmıştır. Balastsız hatların başlıca avantajları; düşük bakım ihtiyacı, üstyapı yüksekliğinin daha düşük olması ve üstyapı ağırlığının azalması sayılabilir. Bunlara ek olarak, maliyet açısından yaklaşıldığında, uzun kullanım ömürleri betona tespitli hatları, balastlı hatlar karşısında rekabet eder hale getirmektedir.

Demiryolu hatlarını projelendirilirken, yapım-işletim-bakım maliyeti ile tren işletme türüne uygunluk ve dayanıklılık önemle dikkate alınmalıdır. Bu açılarından bakıldığında, balastsız yapılar daha iyi olanaklar sağlamaktadırlar. Artan trafik yoğunluğu ile birlikte, bakım ve yenileme çalışmalarına ayrılan zaman kısaltmakta, Avrupa’daki hatlarda gece bakım zamanı 5 saat veya daha az olmaktadır. Bu durumlar göz önüne alındığında düşük bakım gerektiren hatların tercih edilmesi daha mantıklıdır.

Balastsız (Rijit) üstyapı balast tabakası yerine; daha az şekil değiştiren beton, betonarme ya da asfalttan yapılan taşıma tabakalarının kullanıldığı bir demiryolu üstyapı tipidir. Taşıma tabakası asfalt ya da beton olabilir. Rijit üstyapı için gerekli elastiklik, ray ve travers arasında ve/veya travers altında elastik malzemeler kullanılarak sağlanır.

Balastsız üstyapının en önemli nitelikleri;

- ~ Yük iletimi, gevşek bağlantılı balasttan daha rijit bir tabaka ile sağlanmaktadır.
- ~ Balastlı üstyapıdaki elastik davranış, yol boyunca ray tabanının altına ya da travers tabanı altına konulan elastik elemanlarla sağlanmaktadır.

Balastsız üstyapıdaki inşa prensibi, farklı taşıyıcı tabakaların rijitlik derecelerine göre üstten alta doğru sıralanmasıdır. Bu sıralama sırasıyla;

1. Ray ve ray sabitleme elemanları
2. Beton taşıyıcı tabaka (BTT), ya da asfalt taşıyıcı tabaka (ATT)



3. Suyun etkisinden koruyucu hidrolik olarak bağlanmış tabaka (HBT)
4. Don Koruma Tabakası (DKT)

Balastsız üstyapı elemanları aşağıda sıralanmıştır:

- **Ray ve elemanları:** Ray elemanları, Endirekt bağlantılar; elastik veya rijit, Direkt bağlantılar; elastik veya rijit şeklindedir.

- **Travers;** Monoblok betonarme, Ortası bağlı ikiz blok betonarme ve Ortası bağısız ikiz betonarme traversler türlerindedir. Diğer elemanlar;

- Elastik pedler (seletler)
- Beton taşıyıcı tabakadır. Beton taşıyıcı tabakanın;
  - a. donatılı-derzsiz,
  - b. zayıf donatılı-yüzeysel derzli ve
  - c. donatısız-derzli

olmak üzere 3 farklı uygulaması vardır. Tipik bir beton taşıyıcı tabakanın kalınlığı 20 cm olmakla birlikte, bu değer kullanılacağı yere göre değişmektedir.

- **Asfalt taşıyıcı tabaka:** Asfalt taşıyıcı tabaka, balastsız üstyapı uygulamalarında beton taşıyıcı tabakaya alternatif olarak kullanılmaktadır.

- **Hidrolik bağlayıcı tabaka:** Bu tabaka, agregası ile bağlayıcı özellikte madde karışımından oluşan bir tabaka olup beton ya da asfalt taşıyıcı tabaka altına serilmektedir ve tüm sistemin toplam taşıma gücüne önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

- **Don koruma tabakası:** Don kabarmasına karşı altyapıyı korumak için hidrolik bağlayıcı tabakanın altına, yoksa beton ya da asfalt taşıyıcı tabaka altına bir koruma tabakası serilir. Bu tabaka don koruma tabakası olarak adlandırılır. Don koruma tabakasının yapıyı dona karşı koruması dışında başka bir görevi de farklı tabakalar sebebiyle oluşan rijitlik farkını dengelemesidir. Don koruma tabakası için çakıl, cüruf gibi değişik malzemeler kullanılabilir.

## 6.2. Balastsız Üstyapı Tipleri (type of ballastless slab track superstructure)

Balastsız üstyapı sistemleri değişik şekillerde sınıflandırılabilirler. En genel sınıflandırma şekilleri şunlardır:

- ~ Demiryolu türü,
- ~ Uygulama yeri,
- ~ Yapı tipi ve döşenme şekli,
- ~ Ülkeye özgün gelişmelere göre ve
- ~ Kronolojik gelişime göre sınıflandırmalardır.

Demiryolu türüne göre sınıflandırmada, kentler arası demiryollarında ve kentiçi raylı sistemleri olan metro, hafif raylı sistem (LRT - Light Rail Transit) ve tramvay yollarında uygulanan balastsız üstyapı tipleri yer alır.

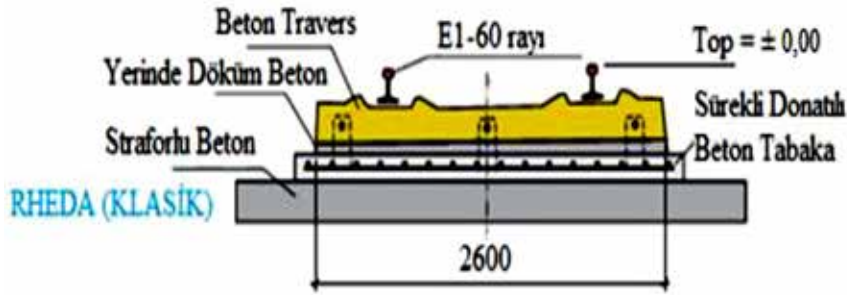
Uygulama yerine göre sınıflandırmada ise, tünel, viyadük, toprak gövde üzerine yapılan hatlar yer almaktadır.

### 6.2.1. Traversli balastsız üstyapılar (ballastless superstructures with sleepers)

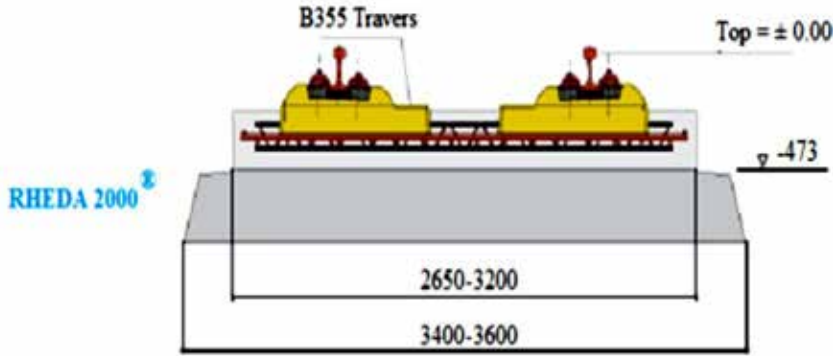
#### a. Rheda tipi üstyapı

İlk olarak 1972 yılında Almanya Rheda İstasyonunda hali hazır monoblok veya ikiz beton traverslerin, donatılı yerinde döküm betonuna gömülmesi şeklinde "Rheda" adı altında tasarlanmıştır. Boyuna donatılar (çelik iskelet) ile ikiz blok traversler gevşemeye karşı koruma altına alınmıştır. Hat çerçevesi top-down (üstten alta) metodu ile enine ve boyuna millerin monte edilmesi şeklinde oluşturulur (Şekil 6.1 ve Şekil 6.2).

Plağın tabanına yeterli donatı konması durumunda zayıf zemin tabakaları üzerinde köprü vazifesi görerek oldukça rijit bir yapı oluşturur. Zeminin oturma yapması istenmez.



Şekil 6.1. Monoblok traversli Rheda tipi üstyapı



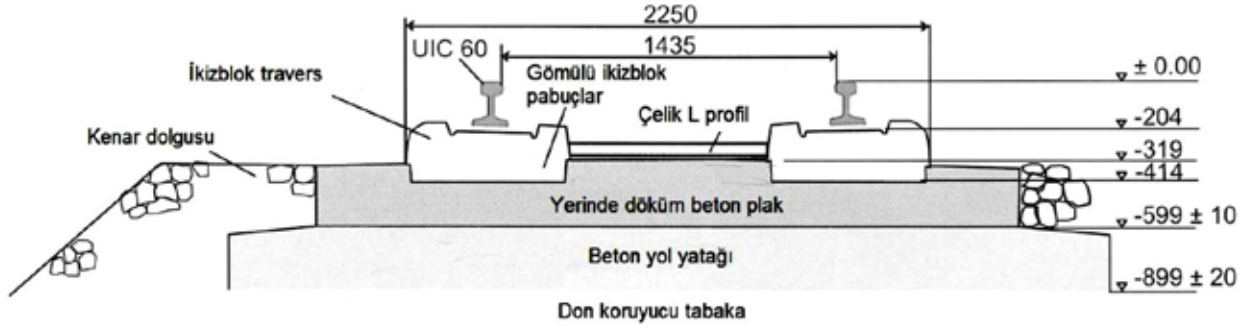
Şekil 6.2a. İkiz blok traversli Rheda tipi üstyapı (kesit görünüşü)



Şekil 6.2b. İkiz blok traversli Rheda tipi üstyapı (genel görünüşü)

### b. Züblin tipi üstyapı

Bu sistemde de yine, ikiz ya da monoblok traversler beton yatak içerisinde gömülmektedir. Diğer metotlardan en önemli farkı, beton traverslerin taze beton üzerine vibrasyon ile oturtularak döşenmesidir (Şekil 6.3). Bunun için dökülen taze beton, traverslerin istenilen seviyede oturtulmasına imkân tanıyacak, ancak batmalarına izin vermeyecek kıvama sahip olmalıdır.

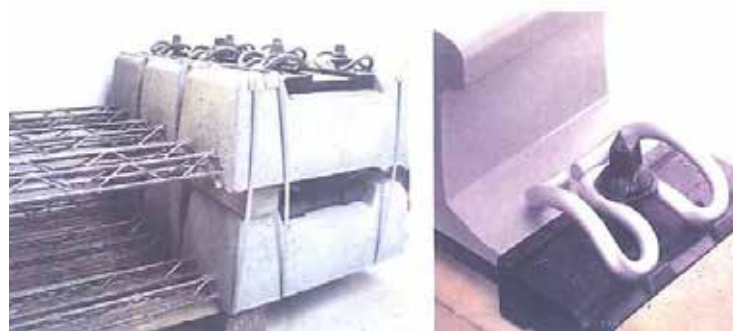


Şekil 6.3. Züblin tipi üstyapı (kesit görünüşü)

Demiryolu hat'ındaki Züblin tipi üstyapının genel görünüşü Şekil 6.4'te, ikiz blok traversli Züblin tipi üstyapı da Şekil 6.5'te gösterilmiştir.



Şekil 6.4. Züblin tipi üstyapı (genel görünüşü)



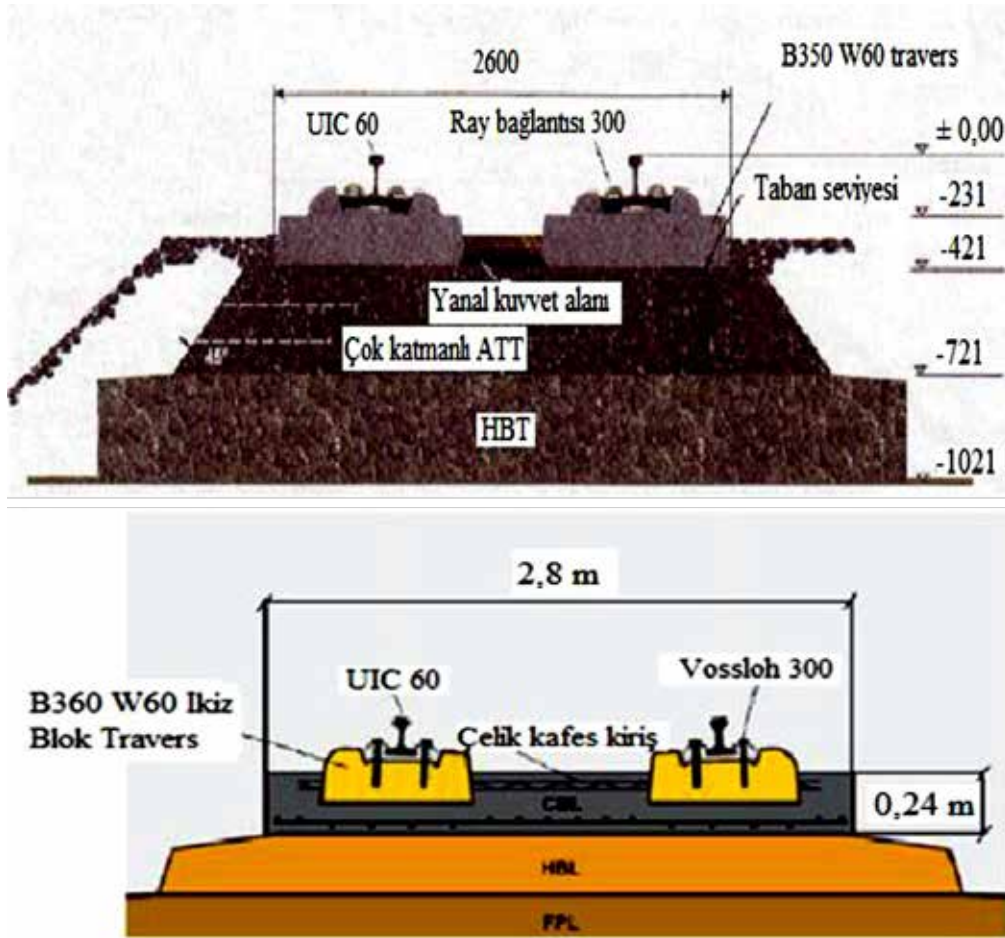
Şekil 6.5. İkiz blok traversli Züblin tipi üstyapı

### c. ATD tipi üstyapı

Şekil 6.6'da gösterilen sistemde, beton yol yatağı üzerine asfalt ya da asfalt betonu serilerek, ardından traversler yerleştirilmektedir. Ortadaki mahya yatay kuvvetlere karşı direnir.

sağlamaktadır. Yatay ayarlamalar yapıldıktan sonra mahya, asfalt ve travers blokları arasındaki boşluk elastik sentetik malzeme ile doldurulur.

Sonuçlar göstermiştir ki, asfalt katmanlar balastsız üstyapılar için uygun stabil ve destekleyici özelliğe sahiptir.

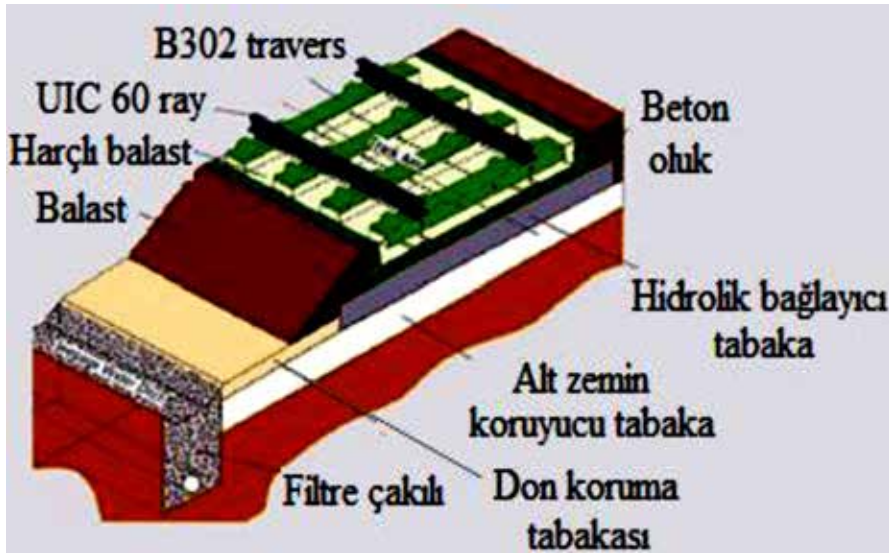


Şekil 6.6. İkiz blok traversli ATD tipi üstyapı

#### d. Heitkamp tipi üstyapı

Bu sistem Heitkamp Rail GmbH (Ltd. şirketi) firması tarafından geliştirilmiş ve sisteme de firmanın ismi verilmiştir. Bu sistemin tasarımı beton oluklu klasik Rheda üstyapı sistemine çok benzemektedir. Rheda sisteminden farkı, olukların beton yerine demiryolu inşa araçlarının çalışmasını engellemeyecek şekilde çakıl ile doldurulmasıdır (Şekil 6.7). Bu işleminden ardından ray ve traversler yerleştirilir. Bu işlem esnasında hattın geometrisi hassas bir şekilde ayarlanır ve balast tabakası sıkıştırılır.

Yerleştirme işleminin ardından, balast yatağındaki boşluklar çimento enjeksiyonu ile kapatılır.



Şekil 6.7. Heitkamp üstyapı sistemi elemanları

Şekil 6.8'de ise, demiryolu hat'tında Heitkamp üstyapı sistemi gösterilmiştir.



Şekil 6.8. Heitkamp üstyapı sistemi

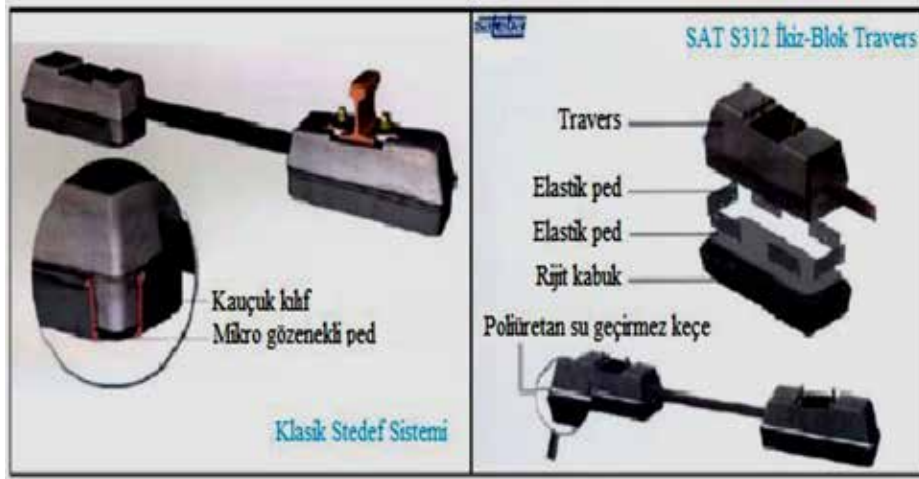
#### e. Düşük titreşimli hat üstyapı sistemleri [(Stedef, Wallo, Sonneville - LVT (Low Vibration Track))]

Stedef (Fransız), Wallo (İsviçre) ve Sonneville (İsviçre) üstyapı sistemleri aynı tasarım özelliklerine sahip sistemlerdir. Bu uygulamada, elastik ped, traversin altına yerleştirilmiş, onların altına da sistemi içine alacak şekilde kauçuk kılıf konmuştur. Bu sistem, titreşim ve gürültüyü çok iyi bir şekilde sönümleme özelliğine sahiptir.

##### 1) Stedef tipi üstyapı

Stedef sistemi Fransa Demiryolu (SNCF) mühendislerinden Roger Sonneville tarafından geliştirilmiştir. Titreşim ve gürültüyü çok iyi absorbe ettiği için, yaygın olarak tünellerde kullanılmaktadır. Metro sistemleri en yaygın kullanım alanları olsa da, yüksek hızlı hatlara da uyumlu bir üstyapı sistemidir.

Stedef sisteminin iki versiyonu; klasik ve Sabeta 312 olarak, Şekil 6.9'da verilmiştir.



Şekil 6.9. Klasik ve Sabeta 312 Stedef üstyapı sistemi (Dieleman et. al., 2008).

Şekil 6.10'da Stedef sistemi beton tabakasının hazırlanması, Şekil 6.11'de ise, üstyapı sisteminin montajı gösterilmiştir.



Şekil 6.10. Stedef sistemi beton tabakanın hazırlanışı



Şekil 6.11. Stedef üstyapı sisteminin montajı

## 2) Sonneville LVT tipi üstyapı

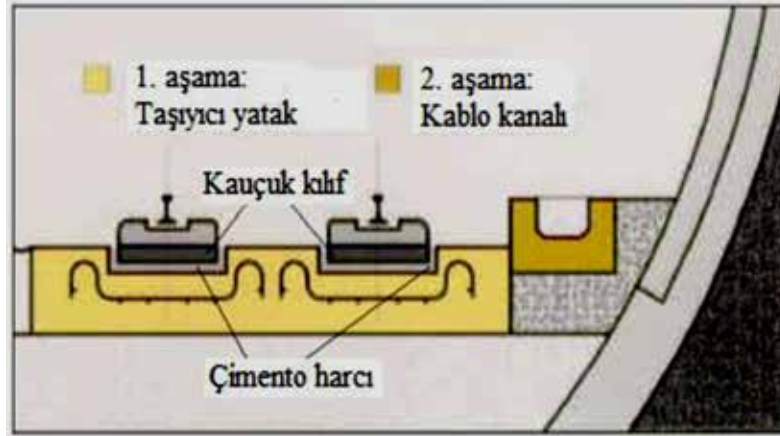
Stedef sistemi ile çok benzer bir yapıya sahiptir. Aralarındaki fark ise, Sonneville sistemindeki ikiz blok traverslerin arasının "bağısız" olmasıdır. Şekil 6.12'de Sonneville sisteminin tünele uygulaması gösterilmiştir.



Şekil 6.12. Manş tüneline Sonneville üstyapı sistemi

### c. Walo tipi üstyapı

Bu sistem ikiz blok traverslerden oluşan bir İsviçre tasarımı üstyapı modelidir. Çoğunlukla tünellerde kullanılmakta olup, Stedef ve Sonneville sistemine çok benzemektedir.

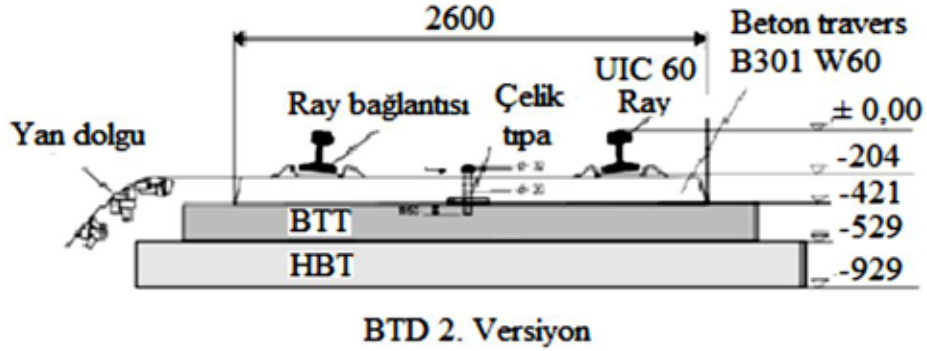
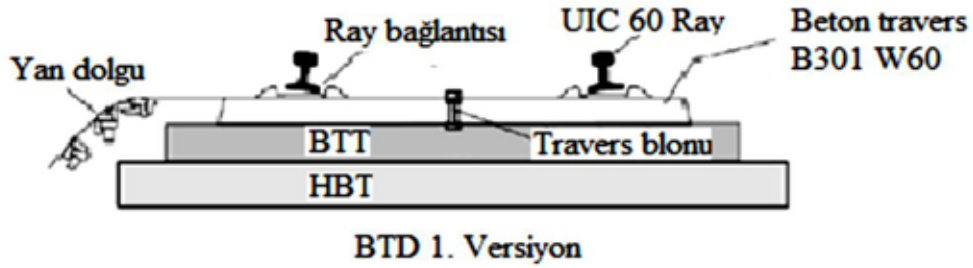


Şekil 6.13. Tünel kesitinde Walo sistemi

### d. BTD tipi üstyapı

Bu sistem, beton taşıyıcı tabaka üzerine yerleştirilen monoblok traverslerden oluşmaktadır. Her ikinci travers beton taşıyıcı tabakaya çelik dübel ile bağlanır (Şekil 6.14).

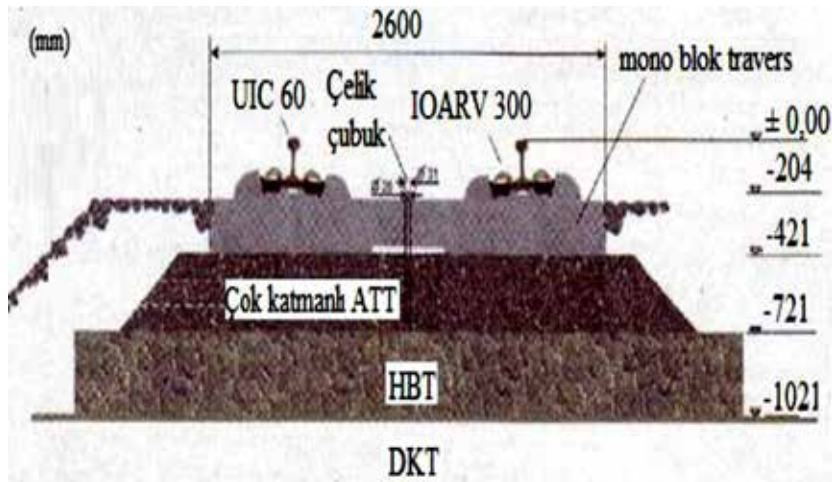
BTD tipi üstyapı, iki versiyon halinde uygulanmaktadır. 1. versiyonda ortadaki blon, traversi BTT'ye birleştirirken, 2. versiyonda aynı birleştirme, ortadaki çelik tıpa ile yapılmaktadır.



Şekil 6.14. BTD sistemi

#### e. Walter tipi üstyapı

Bu sistem tasarım ve üretim açısından BTD sisteminin 2. versiyonu ile benzerlik göstermektedir. Bu sistemin farkı, taşıyıcı tabaka olarak beton yerine asfaltın kullanılmasıdır.

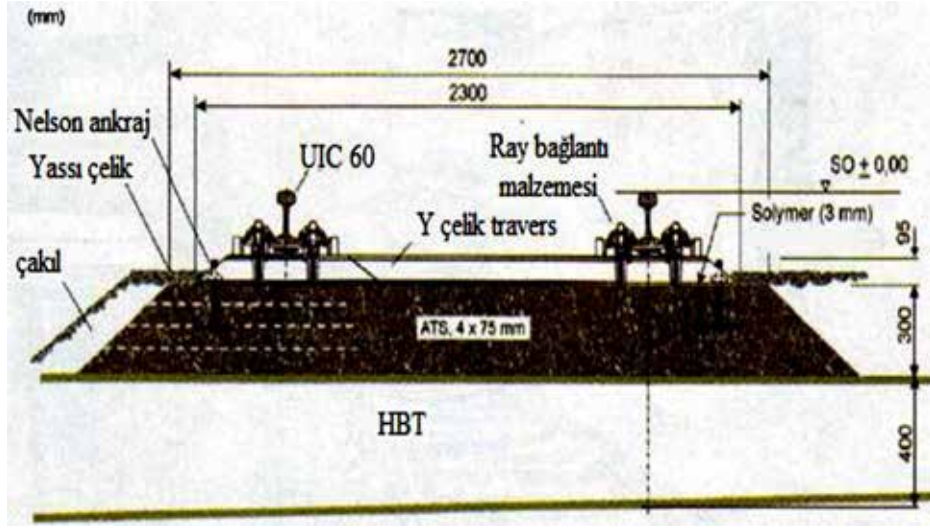


Şekil 6.15. Walter balastsız üstyapı sistemi

#### f. SATO tipi üstyapı

Bu sistemde çelik traversler, asfalt tabaka içinde bulunan düz çelik levhaya kaynaklanmak suretiyle, asfalt tabakaya tutturulur. Bu yöntem "Nelson Ankraj Yöntemi" adı verilir. Bu şekilde hem yatay hem de düşey yönde stabilite sağlanmış olur.





Şekil 6.16. Nelson ankrajlı Sato üstyapı sistemi

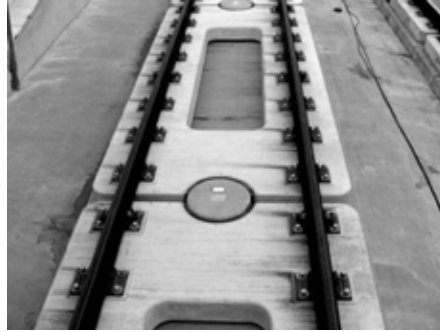
## 6.2.2. Traverssiz prefabrik sistemler (prefabricated systems without sleepers)

### a. Shinkansen tipi üstyapı

Bu sistem, beton ya da asfaltlı beton yol yatağı üzerine öngermeli prefabrik betonarme plakların yerleştirilmesinden meydana gelmiştir. Plaklar 4,93 m x 2,34 m x 0,19 m boyutlarında olup, tünelli kesimlerde kalınlık 0,16 m'ye düşmektedir. Paneller arasında hat'ın enine ve boyuna deplasmanını engelleyen silindirik beton, ya da demir stabilite elemanları bulunur.

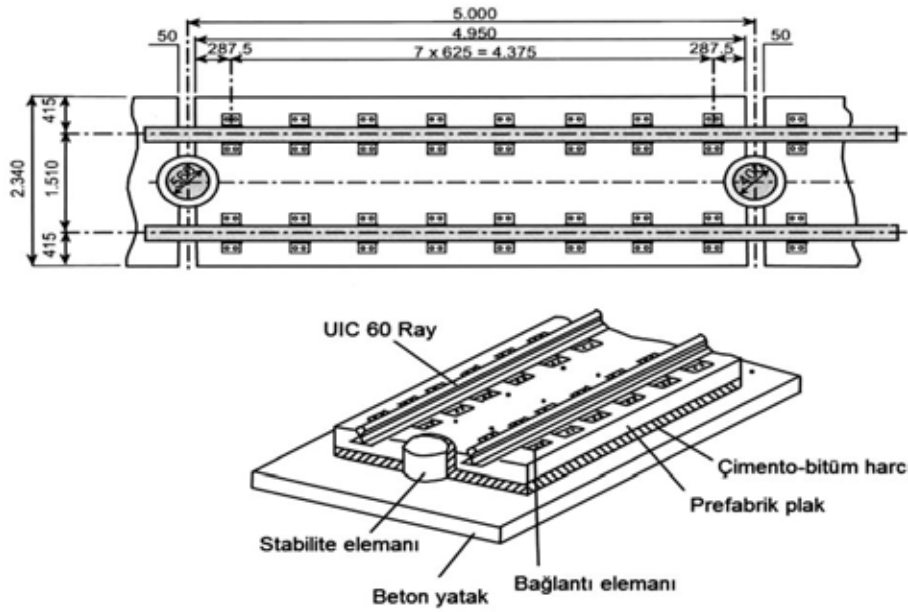
Panel ve deplasman elemanları pimler ile yatağa bağlandıktan sonra, altlarına ve birleşim yerlerine bitümlü çimento harcı enjekte edilir yapı tamamlanmış olur (6.17).

Japon plak sistemi en çok köprü, viyadük, tünel gibi mühendislik yapılarında kullanılırken, balastlı yollar kısa mesafeli toprak üstü kesimlerde kullanılır.



Şekil 6.17. Shinkansen tipi üstyapı

Şekil 6.18'de Shinkansen tipi üstyapı'nın boyutları ve elemanları gösterilmiştir.

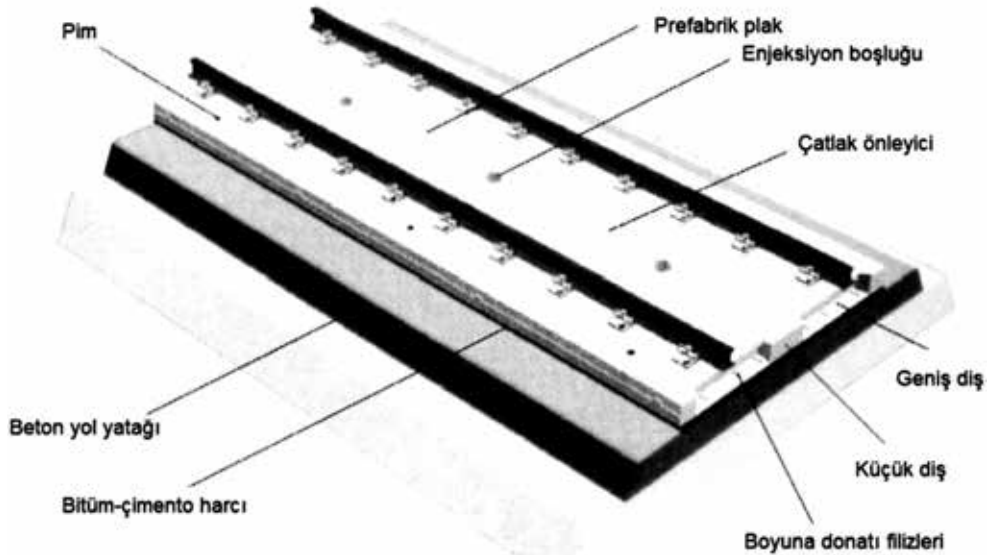


Şekil 6.18. Shinkansen tipi üstyapı; boyutlar ve elemanlar

### b. Bögl tipi üstyapı

Bögl üstyapısı büyük ölçüde Shinkansen tasarımına benzemektedir. Farklı olarak plaklar C55 çelik fibre donatılı betondan oluşmakta, 20 cm kalınlık, 6,45 m uzunluk ile 2,55 ya da 2,80 m genişliğe sahiptir. Donatılar enine yönde öngermeli olup, boyuna donatılar serbest haldedir. Pimler kolay ve hızlı ayarlama için plakların içine yerleştirilmiştir.

Bögl ana üstyapısının özelliği, çatlak oluşumunu önleyen, destek noktaları arasında kırılma noktalarının bulunmasıdır. Bögl üstyapısının elemanları Şekil 6.19'da gösterilmiştir.



Şekil 6.19. Bögl üstyapısı ve elemanları

Bögl üstyapısı, bitmiş halde Şekil 6.20'de verilmiştir.



Şekil 6.20. Bögl tipi üstyapı bitmiş durumda

### c. Yekpare (Monolitik) tipi üstyapı

Doğrudan bağlantı uygulamaları köprü gibi yapılar ve traverssiz sürekli monolitik plaklar getirilebilir. Doğrudan bağlantı sistemleri beton ya da çelik zeminlere düz cıvata ile uygulanır.

Şekil 6.21’de verilen Yekpare (Monolitik) üstyapıya örnek olarak Vossloh DFF 300 klipsli sistemi gösterilebilir.



Şekil 6.21. Monolitik üstyapı

### d. Çimle kaplı (Rasengleis) üstyapı

Alman tasarımı çim kaplı üstyapı sistemi, su geçirimli 30 cm kalınlığında beton tabaka ve 2 tane boyuna doğrultuda trapez şekilli betonarme kirişten oluşmaktadır. Bu kirişler beton taşıyıcı tabakaya donatılar vasıtasıyla sabitlenmiş ve hattın stabilitesi de bu şekilde sağlanmıştır.

Kirişlerin arası ve kirişlerin dışında kalan kısımlar ise oligotrofik (besin değeri düşük) çimle doldurulmuştur (Şekil 6.22).



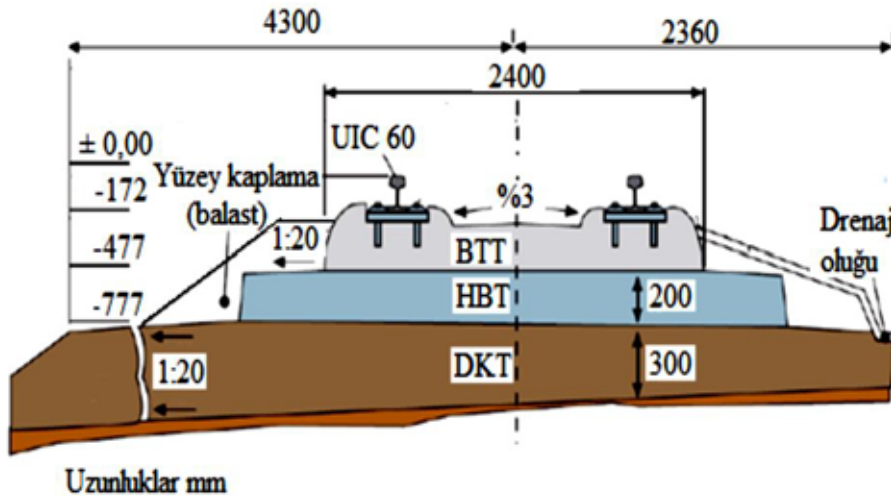
Şekil 6.22. Çimle kaplı üstyapı sistemi

Rasengleis tipi üstyapı sistemi; tramvay hatlarıyla, yerüstünde seyir eden; metro ve hafif raylı sistemlerde kullanılmakta, sistem rekreasyon açısından da güzel bir görünüm arz etmektedir.

#### e. FFC tipi üstyapı

FFC (Feste Fahrbahn Crailsheim - Crailsheim Balastsız Üstyapı Sistemi) teknolojisi de Alman tasarımıdır. Üstyapının, hem üretimi hem de montaj aşaması büyük bir titizlikle yürütülür. Ray bağlantı elemanları için yerleştirilecek dübeller; ya taze betonun içine daldırılır ya da beton katılaştıktan sonra delikler açılarak içine konulur. Ray bağlantı elemanları travers boyunca bir profille konumlandırılır. Beton taşıyıcı tabaka beton serme makinesiyle betonlanır, ardından özel makineler yardımıyla ray bağlantı elemanları ayarlanır.

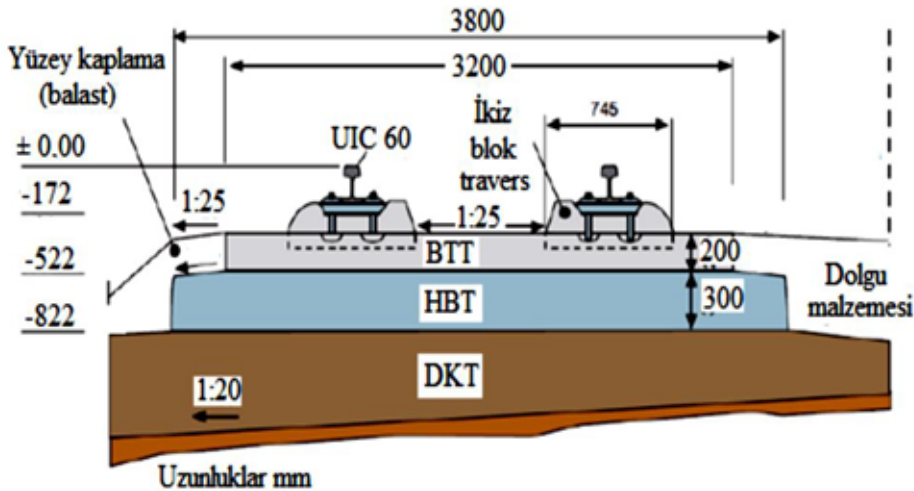
Şekil 6.23'de FFC sistemi elemanları ve ölçüleriyle gösterilmiştir. Şekilden de görüleceği gibi, traversin altında, HBT ve DKT olarak gösterilen iki tabaka altyapı bulunmaktadır.



Şekil 6.23. FFC üstyapı sistemi

#### f. Hochtief / SHRECK-MIEVES / LONGO üstyapı sistemi

Şekil 6.24'te gösterilen Hochtief sisteminde, FFC sistemindeki gibi, HBT ve DKT olarak gösterilen iki tabaka altyapı vardır. Bu üstyapı sisteminde, hidrolik bağlayıcı tabaka üzerine beton taşıma tabakası yerleştirilir. Mesnet levhası betona gömülü olacak şekilde monte edilir.

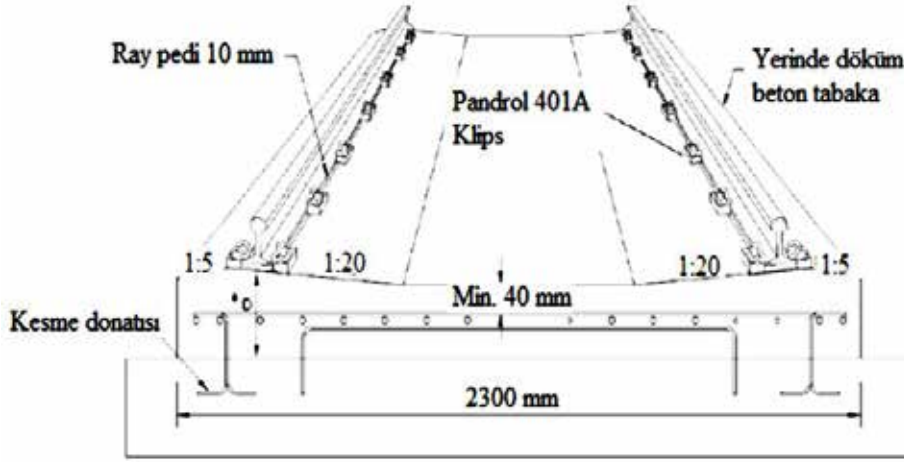


Şekil 6.24. Hochtief / SHRECK-MIEVES / LONGO üstyapı sistemi

### g. PACT tipi üstyapı

İngiltere’de geliştirilen PACT (Paved Concrete Track), beton kaplamalı hat olarak isimlendirilen bir üstyapı sistemi olup, sistem iki parçadan oluşur. Üstteki parça donatılı beton (betonarme) tabaka iken, alttaki parça donatısız beton tabakadır.

Şekil 6.25’de PACT tipi üstyapı elemanlarıyla birlikte görülmektedir.



Şekil 6.25. PACT üstyapı sistemi ve elemanları

### 6.2.3. Sürekli mesnetlenmiş ray uygulamaları (continuously supported rail applications)

#### a. Gömülü ray uygulamaları

Bu sistemde, üst kısmı hariç, rayın tamamı elastik malzeme ile kapatılacak şekilde mesnetlendirme işlemi yapılmaktadır. Bu sistem, hafif raylı sistemlerden yüksek hızlı hatlara kadar geniş bir kategoride kullanılabilir. Gömülü ray teknolojisinin;

- ~ INFUNDO - EDILON tipi üstyapı,
- ~ BBERS tipi üstyapı ve
- ~ DECK-TRACK tipi üstyapı

gibi değişik uygulamaları vardır.

#### b. Kenetlenerek sürekli mesnetlenmiş ray uygulamaları

Bu sistemler özellikle tramvaylar için tasarlanmıştır. Sistem hem yanal, hem de boyuna doğrultuda traverslerden ve geleneksel ray bağlantı elemanlarından oluşmaktadır. Bu tür ray mesnetleme teknolojisi;

- ~ COCON - TRACK tipi üstyapı,
- ~ Oluklu ray tipi üstyapı,
- ~ VANGUARD & KES tipi üstyapı,
- ~ SFF tipi üstyapı ve
- ~ SAARGUMMI tipi üstyapı

gibi değişik biçimlerde uygulanmaktadır.

## KAYNAKLAR

1. Anonim, **Demiryolu Mühendisliği, Ders notu**, Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Ulaştırma ABD, Adapazarı, 2012.
2. Anonim, Temren, Z., (çeviren), **“Demiryolu Hatlarında Asfalt Kullanımı - EAPA durum tespit dokümanı”**, EAPA Avrupa Asfalt Üstyapı Birliği - Türkiye asfalt müteahhitleri derneği, (çeviri), The Netherlands, 2016.
3. Anonim, **“Demiryolu İnşaatı”**, MEGEP Raylı Sistemler Teknolojisi Alanı Yayını, 2011, Ankara.
4. Anonim, GMS Bağlantı malzemeleri broşürü, B & S Rails System, tarihsiz.
5. Arioğlu, E., Kurt, G., Yoldaş, R., Yalçın, H., **“Los Angeles Deneyi; Kimi kayaçların çok yüksek devirli Los Angeles aşınma değerleri”**, 5. Ulusal Kırmataş Sempozyumu, 1 – 2 Aralık 2009, İstanbul.
6. Anonim, **“TCDD Ray Kusurları Kataloğu”**, DATEM yayını, tarihsiz.
7. Anonim, **“Demiryolları Malzeme Yapım Kontrol ve Bakım Onarım Teknik Esasları”**. Ulaştırma Bakanlığı - DLH Genel Müdürlüğü, tarihsiz, Emek, Ankara.
8. Anonymous, **“Vossloh Brochure of Rail Fastening Systems”**, tarihsiz.
9. Anonymous, **“Voies de tram en Beton”**, Infrastructure, Le présent bulletin est une publication de FEBELCEM Fédération de l’Industrie cimentière, Avril 2017,  
URL:[https://www.febelcem.be/fileadmin/user\\_upload/dossiers-ciment2008/fr/I10\\_FR\\_VoiesDeTram.pdf](https://www.febelcem.be/fileadmin/user_upload/dossiers-ciment2008/fr/I10_FR_VoiesDeTram.pdf)
10. Arlı, V., **“Demiryolu Mühendisliği”**, 2nci baskı, Birsen yayınevi, 2019, İstanbul.
11. Bezgin, N., Özgür, **“Balastlı demiryolu hat üstyapı bileşenlerinin granülometrik nitelikleri”**, Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 16. Ulusal Kongresi, 13 - 14 Ekim 2016, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
12. Çelik, M. Seçkin, **“Demiryolu Traverslerinin Çok Yönlü İncelenmesi ve Örnek Hat Üzerinde Kullanılan Farklı Tipteki Traverslerin İrdelenmesi”**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
13. Demirdağ, M. Nesih, **“Kentiçi raylı sistemlerde hat bakımı ve maliyeti”**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
14. Dautry – Gervet – Masse, **Ecole speciale des travaux publics du batiment et de l’industrie – Cours de Chemins de Fer**, Paris, (tarihsiz).
15. Gülsoy, M., **“Demiryolu Üstyapısı”**, Ders notu, Yıldız Teknik Üniversitesi, tarihsiz, İstanbul.
16. Günoral, Ş., **“Balastlı Üstyapılarda Yol Bakım ve Onarımı”**, 2nci baskı, Karabük Üniversitesi Yayını, 2018, Karabük.
17. Kansu, C., Atif, **“Balım Kız, Dalım Oğul”**, Türk Dil Kurumu Yayınları, 1971, Ankara.
18. Kozak, M., **“Beton traverslerin gelişimi ve üretim aşamasının araştırılması”**, *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, Cilt: 6 , No: 2, 2010 (73-81).
19. Köse, H., **“Balastsız üstyapıda asfalt ve beton taşıyıcı tabakaların teknik ve ekonomik yönden karşılaştırılması”**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2015.
20. Moderen, O., **“Balastlı demiryolu üstyapısının yapısal modellemesi ve analizi”**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.

21. Öztürk, Z., ve Öztürk, T., **“Kent içi demiryolunda balastsız üstyapı tasarımları ve uygulama esasları”**, makale, İstanbul. URL: <http://www.imo.org.tr/resimler/ekutuphane/pdf/11156.pdf>.
22. Öztürk, Z., ve Uluç, M., **“Balastsız üstyapılarda aralıklı desteklenmiş raylı sistemlerin incelenmesi”**, 2. Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Sempozyumu (ISERSE'13), 9-11 Ekim 2013, Karabük, Türkiye.
23. Sevim, R., **“İstanbul’da kentiçi raylı sistemler ve üstyapı hesapları”**, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi - Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.
24. Yunlong Guo and Guoqing Jing, **“Ballast degradation analysis by Los Angeles Abrasion test and image analysis method”**,  
URL:[https://www.researchgate.net/publication/318855611\\_Ballast\\_degradation\\_analysis\\_by\\_Los\\_Angelos\\_Abrasion\\_test\\_and\\_image\\_analysis\\_method](https://www.researchgate.net/publication/318855611_Ballast_degradation_analysis_by_Los_Angelos_Abrasion_test_and_image_analysis_method).

## ÖZGEÇMİŞ

20.05.1940 tarihinde Tekirdağ'da doğdum. İlk ve Orta Okulu Tekirdağ'da okudum. Demiryolu Meslek Okulundan 1960 yılında mezun oldum. 1995 yılında Eskişehir Anadolu Üniversitesi İşletme Fakültesini bitirdim. 31 Temmuz 1960 tarihinde TCDD Mersin Kısım 636 Şefliğinde Yol Sürveyanı olarak göreve başladım. Askerlik görevimi Yedek Subay Öğretmen olarak yaptım. 6. ve 7. Bölgelerde, Afyon – Nusaybin arasında; Yol Sürveyanı, Kısım Şefi ve Şube Şefi olarak görev yaptım.

Bu süre içerisinde; Poz (Yol yenilemesi), Makas montajı, Ray kaynağı, Makineli yol tamirâtı, İstasyon ve Gar çevre düzenlemesi, Yaya ve Vasıta üst geçit inşaatları, Lojman inşaatları, menfez ve diğer inşaatların yapımında nezaret edilmesi, Kültürel tahkimat, Demiryolu Bakım ve Onarımı, Hizmet içi ve seminerlerde eğitmen olarak, Kazalar (Deray ve karambol) ile Doğal Afetlerde demiryolunun biran önce trafiğe açılması için gereken önlemlerin alınarak, çalışmaların aksatılmadan yapılması gibi görevlerde bulundum.

44 yıl 9 ay 15 gün hizmet sonrasında, 20 Mayıs 2005 tarihinde emekliye ayrıldım.



# DÜNYADA DEMİRYOLU ŞEBEKESİ

## ÜLKELER VE DEMİRYOLU ŞEBEKELERİ

Ülke	Demiryolu hattı (km)	Ülke	Demiryolu hattı (km)	Ülke	Demiryolu hattı (km)
ABD	149.910	Arjantin	36.917	Meksika	19.166
Çin	131.000	Avusturalya	33.168	İran	16.998
Rusya	85.500	Fransa	29.273	İtalya	16.788
Hindistan	68.442	Japonya	27.311	Birleşik krallık (UK)	16.320
Kanada	49.452	Güney Afrika	26.000	İspanya	15.949
Brezilya	38.743	Ukrayna	20.952	Kazakistan	15.530
Almanya	38.594	Polonya	19.209	Türkiye (2023)	13.128

## TÜRKİYE'DE KENTSEL RAYLI SİSTEMLER

Şehir	Metro	Hafif Raylı Sistem	Tramvay	Füniküler ve Teleferik
İstanbul	M1a, M1b, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8, M9, M		T1, T3, T4 VE T5	F1 VE F4 TF1 VE TF2
Ankara	Başkentray, M1, M2, M3, M4	Ankaray		Yenimahalle-Şentepe, Meteoroloji-Keçiören
İzmir	İZBAN, İzmir metro		F. Altay - Alsancak, Bostanlı - Karşıyaka	Balçova teleferiği
Bursa	Bursa metrosu		Burtram	Uludağ teleferiği (3 hat)
Eskişehir, Kocaeli , Konya, Antalya, Kayseri, Samsun, Gaziantep, Eskişehir'de: Tramvay işletmesi yapılmaktadır.				
Gaziantep	Gaziray		Tramvay	
Adana	Adana metrosu			