

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEMİRYOLU RAY - TRAVERS BAĞLANTI SİSTEMLERİNİN VE
UYGULANAN TESTLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Muhammet Zikrullah AKÇAER

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

MAYIS 2014

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**DEMİRYOLU RAY – TRAVERS BAĞLANTI SİSTEMLERİNİN VE
UYGULANAN TESTLERİN İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Muhammet Zikrullah AKÇAER
(501101414)**

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Ulaştırma Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK

MAYIS 2014

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 501101414 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Muhammet Zikrullah AKÇAER**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**DEMİRYOLU RAY - TRAVERS BAĞLANTI SİSTEMLERİNİN VE UYGULANAN TESTLERİN İNCELENMESİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Zübeyde ÖZTÜRK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Yrd. Doç. Dr. Bekir Yılmaz PEKMEZCİ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. İsmail ŞAHİN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **5 Mayıs 2014**
Savunma Tarihi : **30 Mayıs 2014**

*Annem, Babam ve
küçük kardeşim Hurşit'e*

ÖNSÖZ

Ülkemizde özellikle son yıllarda büyük yatırımlar yapılan demiryolu sistemlerinde ray bağlantı elemanları demiryolu üstyapısında önemli görevler üstlenmektedir. Bir demiryolu sisteminde yüzlerce binlerce adet bağlantı elemanı kullanılmaktadır. Dolayısıyla bağlantı sisteminin seçimi önem arz etmektedir.

Bu çalışmada ray bağlantı sistemi ve bağlantı elemanlarının seçiminde kullanılan testler incelenmiştir.

Çalışmada ve yüksek lisans öğrenimim boyunca çok değerli yönlendirmelerini ve katkılarını esirgemeyen her zaman alanımla ilgili konularda çalışma yapmamız hususunda bizi teşvik eden kıymetli hocam Sayın Prof Dr Zübeyde ÖZTÜRK'e teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca lisans hayatımda Ulaştırma alanını seçmemde etkisi, katkısı büyük olan değerli hocam Sayın Yrd Doç Dr Mustafa Sinan YARDIM'a, üniversite hayatımın ilk gününden itibaren her türlü yardımını esirgemeyen, demiryolu alanında çalışmam için her fırsatta yönlendirmede ve katkıda bulunan, demiryolu alanındaki tecrübelerini benimle paylaşan, bu alanda kendimi geliştirmem için yönlendirmelerde bulunan, yılların birikimi olan arşivini cömertçe benimle paylaşan, her türlü sorumu bıkmadan cevaplayan İstanbul Ulaşım AŞ Başakşehir Metro Hattı Hat Bakım ve İnşaat Şefi ağabeyim İnş. Yük. Müh. Muhammed Nesih DEMİRDAĞ'a, yüksek lisans öğrenimim boyunca desteklerini her an hissettiğim İstanbul Ulaşım AŞ Taksim Metrosu eski Hat Bakım ve İnşaat Şefim İnş. Yük. Müh. Seha ÖZGÜÇ'e, tezin yazımı sırasında destek olan İstanbul Ulaşım AŞ Taksim Metrosu Hat Bakım ve İnşaat Şefim Doğan SÜRMEN'e, yılların kazandırdığı demiryolu tecrübelerini cömertçe, esirgmeden ilk mesai gününden beri her an benimle paylaşan Taksim Metrosu İnş. Tek. Yusuf AKYAZICI'ya, İstanbul Ulaşım AŞ Hat Bakım Şefliklerindeki ve Taksim Metrosu Hat Bakım ve İnşaat Şefliğindeki değerli çalışma arkadaşlarıma, tezin yazımı sırasında manevi desteklerini her an hissettiğim kardeşlerime ve tabii ki bugünlerimi borçlu olduğum anne ve babama teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2014

Muhammet Zikrullah AKÇAER
İnşaat Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xix
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xxi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xxiii
ÖZET.....	xxvii
SUMMARY	xxxi
1. GİRİŞ	1
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı	2
2. RAY BAĞLANTI ELEMANLARI	3
2.1 Etkiyen Kuvvetler ve Sağlaması Gereken Özellikler.....	3
2.2 Bağlantı Elemanlarının Tipleri.....	5
2.2.1 Şöminman önleyiciler	6
2.2.2 Travers ankrajları ve güvenlik demirleri.....	7
2.2.3 Pedler	7
2.2.3.1 Pedlerin özellikleri ve görevleri.....	8
2.2.3.2 Pedlerin ebatları ve malzemeleri.....	9
2.2.4 Bağlantı sistemleri.....	9
2.2.4.1 Rijit bağlantı sistemleri	10
Ahşap traverslerde kullanılan rijit bağlantı sistemleri	11
Çelik traverslerde kullanılan rijit bağlantı sistemleri.....	11
Betonarme traverslerde kullanılan rijit bağlantı sistemleri	12
Rijit bağlantı sistemlerinin dezavantajları.....	13
2.2.4.2 Elastik bağlantı sistemleri	13
Civatalı tip elastik bağlantı sistemleri.....	14
Yaylı tip elastik bağlantı sistemleri.....	15
2.2.4.3 Rijit ve elastik bağlantı sistemleri arasındaki farklar	16
3. RAY BAĞLANTI SİSTEMLERİNE UYGULANAN TESTLERİN	
İNCELENMESİ	18
3.1 Bağlantı Sistemlerine Uygulanan Testler.....	18
3.1.1 Boyuna ray direnimi testi	19
3.1.1.1 Test.....	19
3.1.2 Burulma dayanımı (direnimi) testi	21
3.1.2.1 Test.....	21
Yükün momenti – yerdeğiştirme grafiği	22
3.1.3 Darbe yüklerini sönmleme testi	23
3.1.3.1 Prensip.....	23
3.1.3.2 Aparatlar.....	24
Düşüş kütlesi	24
Önyükleme ekipmanı	25
3.1.4 Tekrarlı yükün etkisi testi	25
3.1.4.1 Semboller ve kısaltmalar.....	25
3.1.4.2 Prensip.....	26
3.1.4.3 Aparatlar.....	27
Yük uygulama kafası.....	27
3.1.4.4 Bir ray için prosedür.....	27

Genel	27
Testin hazırlanması	27
Aynı hizadaki bağlantı sistemi	27
Karşılıklı hizadaki bağlantı sistemi	27
Tutma kuvveti	27
Boyuna ray direnimi	28
Bağlantı sistemi montajının düşey statik rijitliği	28
Döngüsel yükleme	28
Tekrar testi	31
Son gözlem	32
3.1.4.5 Alternatif test prosedürü	32
Yükleme çerçevesi	32
Prosedür	33
3.1.5 Elektiriksel direncin belirlenmesi testi	33
3.1.5.1 Semboller ve kısaltmalar	33
3.1.5.2 Prensip	34
3.1.5.3 Aparatlar	34
Su	34
Püskürtme ekipmanı	34
Elektrik kaynağı	34
3.1.5.4 Prosedür (referans metodu)	34
3.1.5.5 Prosedür (alternatif metod)	35
3.1.5.6 Hesaplamalar	35
3.1.6 Şiddetli çevre şartlarının etkisinin ölçülmesi testi	36
3.1.6.1 Prensip	36
3.1.6.2 Aparatlar	37
Tuz püskürtme aparatı	37
Aletler	37
3.1.6.3 Prosedür	37
3.1.7 Tutma kuvvetinin belirlenmesi testi	37
3.1.7.1 Semboller ve kısaltmalar	38
3.1.7.2 Prensip	38
3.1.7.3 Test prosedürü	38
Teste hazırlık	38
Ray pedli montaj için yükleme ve ölçüm	38
Ray pedi içermeyen montaj için yükleme ve ölçüm	39
3.1.8 İşletme testi	40
3.1.8.1 Prensip	40
3.1.8.2 Test koşulları	40
3.1.9 Rijitliğin belirlenmesi testi	41
3.1.9.1 Semboller ve kısaltmalar	42
3.1.9.2 Pedler için test prosedürü	44
Pedler için statik test prosedürü	44
Prensip	44
Prosedür	44
Pedler için düşük frekanslı dinamik rijitlik test prosedürü	45
Genel	45
Prensip	45
Prosedür	45
Pedler için yüksek frekanslı dinamik rijitlik test prosedürü	46

Genel	46
Prensip.....	46
3.1.9.3 Tam bir ray bağlantı sistemi montajı için test prosedürü	46
Statik test prosedürleri (ray bağlantı sistemleri için)	46
Prensip.....	46
Prosedür	47
Bağlantı sistemi montajları için düşük frekanslı dinamik test	47
Genel	47
Prensip.....	47
Prosedür	47
Bağlantı sistemi montajları için yüksek frekanslı dinamik test	48
Prensip.....	48
Doğrudan metod.....	48
Dolaylı metod.....	49
Düzeltilmiş sürüş noktası metodu	50
3.1.10 Standartlarda kullanılan tanımlar	51
3.1.10.1 Bağlantı sistemi kategorileri	52
3.1.10.2 Kategori A bağlantı sistemleri	52
3.1.10.3 Kategori B bağlantı sistemleri.....	52
3.1.10.4 Kategori C bağlantı sistemleri.....	52
3.1.10.5 Kategori D bağlantı sistemleri	52
3.1.10.6 Kategori E bağlantı sistemleri.....	53
3.1.10.7 Mesnet.....	53
3.1.10.8 Ray pedinin aktif alanı	53
3.1.10.9 Gövde destekli bağlantı sistemleri	53
3.1.10.10 Referans bağlantı sistemi	53
3.1.10.11 Statik rijitlik	53
3.1.10.12 Dinamik rijitlik.....	54
3.1.10.13 Transfer rijitlik	54
3.1.11 Beton traversler için bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri ...	54
3.1.11.1 Gereksinimler	55
Boyuna ray direnci	55
Burulma dayanımı (direnci)	55
Darbe yüklerinin sönümlenmesi	55
Ped ve montaj rijitliği.....	55
Tekrarlı yüklemenin etkisi	57
Bağlantı sistemi ve traversin elektiriksel direnci	58
Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi	58
Ölçüler.....	58
Tutma kuvveti	59
İşletme testi	59
Gürültü ve titreşimin azaltılması.....	59
Çevresel titreşim hesapları için parametreler	59
Çevresel gürültü	59
3.1.12 Ahşap traversler için bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri ..	59
3.1.12.1 Gereksinimler	60
Boyuna ray direnci	60
Burulma dayanımı (direnci)	60
Ped ve montaj rijitliği.....	60
Tekrarlı yüklemenin etkisi	61

Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi	61
Ölçüler	61
Tutma kuvveti	61
İşletme testi	62
Gürültü ve titreşimin azaltılması	62
Genel	62
Çevresel titreşim hesapları için parametreler	62
Çevresel gürültü	62
3.1.13 Çelik traversler için bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri	62
3.1.13.1 Gereksinimler	63
Boyuna ray direnci	63
Burulma dayanımı (direnci)	63
Ped ve montaj rijitliği	63
Tekrarlı yüklemenin etkisi	64
Çelik travers konfigürasyonunda tekrarlı yüklemenin etkisi	64
Test düzeneği	64
Elektriksel direnç	66
Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi	66
Ölçüler	66
Tutma kuvveti	66
İşletme testi	66
Gürültü ve titreşimin azaltılması	66
Genel	66
Çevresel titreşim hesapları için parametreler	67
Çevresel gürültü	67
3.1.14 Doğrudan tespitli sistem ve gömülü ray için bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri	67
3.1.14.1 Gereksinimler	68
Boyuna ray direnci ve boyuna rijitlik	68
Montaj ve ped rijitliği	69
Tekrarlı yüklemenin etkisi	69
Bağlantı sistemi ve doğrudan tespitli hat elemanlarının elektriksel direnci	69
Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi	70
Ölçüler	70
İşletme testi	71
Gürültü ve titreşimin azaltılması	71
Genel	71
Çevresel titreşim hesapları için parametreler	71
Çevresel gürültü	71
3.1.15 Makaslar, kruvazmanlar ve kontraylar için özel bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri	71
3.1.15.1 Gereksinimler	72
Genel	72
Boyuna ray direnci	73
Burulma dayanımı (direnci)	73
Montaj ve ped rijitliği	73
Tekrarlı yüklemenin etkisi	73
Genel	73
Montajın dinamik rijitliği	73

Test performansının değerlendirilmesi	74
Darbe yüklerinin sönümlenmesi	74
Bağlantı sistemi ve mesnetin elektiriksel direnci	74
Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi	74
Tutma kuvveti	74
İşletme testi	75
Gürültü ve titreşimin azaltılması	75
Genel	75
Çevresel titreşim hesapları için parametreler	75
Çevresel gürültü	75
3.2 Bağlantı Sistemlerine Uygulanan Testlerin Bir Örnek Üzerinde İncelenmesi	75
3.2.1 Montajın dinamik rijitliği testi (EN 13481-5:2002)	79
3.2.2 Tutma kuvveti testi (EN 13146-7:2002)	79
3.2.3 Boyuna ray direnci testi (EN 13146-1:2002)	81
3.2.4 Düşey rijitlik testi (EN 13146-4:2002)	83
3.2.5 Tekrarlı yük testi (EN 13146-4:2002)	85
3.2.6 Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi (EN 13146-6:2002)	90
3.2.7 Elektriksel direnç testi (EN 13146-5:2002)	91
3.2.8 Test sonuçlarının değerlendirilmesi	93
4. RAY BAĞLANTI SİSTEMLERİ ORTAK BİLEŞENLERİNE TEKİL OLARAK UYGULANAN TESTLER VE FABRİKA KABUL PROSEDÜRLERİ	95
4.1 Bağlantı Sistemi Bileşenlerine Yapılan Testler ve Değerlendirilmesi	95
4.1.1 Tirfonlar	95
4.1.1.1 Üretim koşulları	96
Malzemeler	96
Üretim yöntemi	96
Genel	96
Sertleştirme	97
Galvanizasyon	97
Çizimler ve ölçüler	97
İşaretlemeler	97
Bitirmeler	97
Toleranslar	97
Boyutsal toleranslar	97
Ağırlık toleransları	98
4.1.1.2 Kabul koşulları	98
Testlerin mahiyeti ve oranı	98
Malzemedeki testler	98
Bitmiş parçalarda yapılan test ve incelemeler	99
Tamamlanan test ve gözlemlerden elde edilecek sonuçlar	99
Genel koşullar	99
Test ve gözlemler için prosedür	99
Bitirilmiş parçalardaki testler	99
Mekanik testler	99
Testlerin ve incelemelerin uygulanması	99
Bitmiş parçalardaki testler	100
4.1.2 Çelik civatalar	100
4.1.2.1 Üretim koşulları	101
Malzemeler	101

Üretim yöntemi	102
Genel	102
4.1.2.2 Kabul koşulları	102
Testlerin mahiyeti ve oranı.....	102
Malzemedeki testler	102
Bitmiş parçalarda yapılan test ve incelemeler	102
Test ve gözlemler için prosedür	103
Malzeme testleri	103
Çekme ve eğilme testleri	103
Bitirilmiş parçalardaki testler	103
4.1.3 Yaylı rondelalar.....	104
4.1.3.1 Üretim koşulları.....	105
Malzemeler.....	105
Üretim yöntemi	105
Genel	105
Sertleştirme ve tavlama	105
Toleranslar.....	105
Boyutsal toleranslar.....	105
4.1.3.2 Kabul koşulları	106
Genel	106
Testlerin ve incelemelerin mahiyeti ve oranı	106
Malzemedeki testler	106
Bitmiş parçalarda yapılan test ve incelemeler.....	106
Tamamlanan test ve gözlemlerden elde edilecek sonuçların performansı	107
Test ve gözlemler için prosedür	107
Malzeme testleri	107
Kimyasal analiz	107
Düzleşme testi	108
Tekil rondelalar (tek sarımlı).....	108
Katlı rondelalar (iki veya üç sarımlı)	108
Yaylandırma testi	108
Tekil rondelalar	108
Çok katlı rondelalar	108
Serbest bırakıldığında yaylanabilirlik	109
Burulma testi	109
Doku (yapı) testi.....	109
Sertleşme testi	109
4.1.4 Ray oturağı pedleri (rayaltı pedler)	109
4.1.4.1 Üretim koşulları.....	110
Malzemeler.....	110
Üretim süreci	110
Çizimler	110
Bitiş	110
Toleranslar.....	110
4.1.4.2 Doğal veya sentetik kauçuktan oluklu pedlere yapılan testlerin	
organizasyonu ve elde edilen sonuçlar	111
Sertlik	111
Yük – sehim eğrisi.....	111
Çekme mukavemeti ve boyuna uzama özellikleri.....	111
%100 boyuna uzamadaki katsayı	113

Elektriksel direnç	113
Tamamlayıcı ölçümler	114
4.1.4.3 Etilen kopolimer pedler.....	115
Giriş.....	115
Testlerin uygulanması – sonuçların elde edilmesi	115
Sertlik	115
Erime akışı indeksi (MFI)	115
Karbon siyahı içeriği	115
Yoğunluk.....	115
Elektriksel direnç	115
4.1.4.4 Mantar – elastomer pedler.....	115
Giriş.....	115
Testlerin uygulanması ve elde edilen sonuçlar	116
Sertlik	116
Yük – sehim eğrisi	116
Genel	116
Statik test.....	116
Dinamik test	116
Çekme mukavemeti ve boyuna uzama özellikleri	117
Elektriksel direnç	117
Yoğunluk.....	117
Aşınma dayanımı	117
4.1.5 Seletler	120
Malzemeler.....	121
Üretim	121
Çizim ve ölçüler	121
Haddelenmiş kesitlerin kesilmesi.....	121
Delme ve kamalama	122
Tamiratlar	122
Toleranslar.....	122
Boyutsal ve düz kesim toleransları	122
4.1.5.1 Kabul koşulları	123
Testlerin mahiyeti ve kapsamı	123
Mekanik test	123
Boyutsal ve bitiş incelemeleri	123
Gruplardan örnek alınarak yapılan boyutsal kontrollerden istisnalar, kalite Örnek profiller.....	123
4.2 Örnek Bir Bağlantı Sistemi İçin Fabrika Kabul Prosedürü.....	125
4.2.1 Uygulanan standartlar	125
4.2.2 Üretim sırasında yapılan testlerin spesifikasyonu.....	125
Besleme pulu Uls 10	127
<i>Pul için boyut kontrolü</i>	127
<i>Son muayene</i>	127
Helezon yay Fe 28.....	127
<i>Helezon yay Fe28 için boyut kontrolü</i>	127
<i>Son muayene</i>	128
Ankraj civatası M27	128
<i>Civata ve somunlar için boyut kontrolü</i>	128
<i>Paslanmaya karşı koruma kontrolü</i>	129
<i>Son muayene</i>	129

Besleme pulu Uls 6	130
<i>Pullar için boyut kontrolü</i>	130
<i>Son muayene</i>	130
Yaylı kıskaç Skl 12	130
<i>Boyutlar</i>	130
<i>Isıl işlem</i>	131
<i>Son muayene</i>	131
T – kafalı civata Hs32 ve altı köşeli somun	132
<i>Civata ve somunlar için boyut kontrolü</i>	132
<i>Son muayene</i>	132
İzolasyon halkası Fbu 6.....	133
<i>Boyut ve yüzey kontrolleri</i>	133
<i>Yoğunluk</i>	133
<i>Nem içeriği</i>	133
<i>Son muayene</i>	133
Rayaltı ped Zwp 686	133
<i>Boyut ve yüzey kontrolleri</i>	133
<i>Yoğunluk</i>	134
<i>İzabe akış oranı</i>	134
<i>Rijitlik</i>	134
<i>Son muayene</i>	134
Nervürlü selet Rp 125/160/20 (dökme demir)	134
<i>Nervürlü seletler için boyut kontrolü</i>	134
<i>Son muayene</i>	135
Elastik ped Zwp 362/155/10	135
<i>Boyut ve yüzey kontrolleri</i>	135
<i>Yoğunluk</i>	135
<i>Son muayene</i>	136
Polyamid ara ped Zwp 407/200/10	136
<i>Boyut ve yüzey kontrolleri</i>	136
<i>Yoğunluk</i>	136
<i>Rijitlik</i>	136
<i>Son muayene</i>	136
4.2.3 Fabrika kabul testi sonuçları	137
5. İSTANBUL KENTİÇİ RAYLI SİSTEMLERİNDE KULLANILAN RAY BAĞLANTI SİSTEMLERİ.....	139
5.1 İstanbul’da Metro Sistemlerinde Kullanılan Ray Bağlantı Sistemleri	139
5.1.1 Taksim Metrosu’nda kullanılan ray bağlantı sistemleri.....	139
5.1.2 Kirazlı-Başakşehir Metrosu’nda kullanılan ray bağlantı sistemleri.....	140
5.1.3 Kadıköy – Kartal Metrosu’nda kullanılan ray bağlantı sistemleri	142
5.2 İstanbul’da Hafif Metro (LRT) Metro Sisteminde Kullanılan Ray Bağlantı Sistemleri	145
5.3 İstanbul’da Cadde Tramvayında Kullanılan Ray Bağlantı Sistemleri	146
6. ÖRNEK BİR HAT ÜZERİNDEKİ RAY BAĞLANTI SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ	149
6.1 Taksim Metrosu ve Kullanılan Ray Bağlantı Sistemleri.....	149
6.1.1 Nabla ray bağlantı sistemi	150
6.1.1.1 Nabla ray bağlantı sisteminin kontrol ve bakımları	154
Koruyucu bakım	154
Düzeltilici bakım	156

6.1.1.2 Değerlendirme.....	156
6.1.2 Vossloh sistem 336 tipi ray bağlantı sistemi.....	157
6.1.2.1 Sistemin özellikleri.....	160
6.1.2.2 Vossloh sistem 336 tipi ray bağlantı sisteminin kontrol ve bakımları	161
6.1.2.3 Değerlendirme.....	161
6.1.3 Pandrol Vanguard tipi ray bağlantı sistemi.....	162
6.1.3.1 Pandrol Vanguard tipi ray bağlantı sisteminin kontrol ve bakımları	164
6.2 Taksim Metrosu'nda Kullanılan Nabla ve Vossloh Sistemlerinin Maliyetlerinin İncelenmesi.....	165
6.2.1 Nabla ray bağlantı sistemi maliyetleri	166
6.2.1.1 İlk yatırım maliyeti.....	166
Kurulum (döşeme) maliyeti	166
İmalat ve işçilik hatalarının düzeltilmesi için yapılan ilk düzeltici bakım maliyetleri	169
İnce temizlik.....	169
Dübel tamiratları	170
Travers değiştirilmesi.....	171
6.2.1.2 Bakım maliyetleri.....	171
Koruyucu bakımlar.....	172
Düzeltici bakımlar	173
6.2.2 Vossloh Sistem 336 tip ray bağlantı sistemi maliyetleri.....	175
6.2.2.1 İlk yatırım maliyeti.....	175
Kurulum (döşeme) maliyeti	175
İmalat ve işçilik hatalarının düzeltilmesi için yapılan ilk düzeltici bakım maliyetleri	177
Sıklık problemleri	177
Yanan bağlantı sistemi takımı problemleri	178
Makas bağlantı sistemi ankrajlarının yerinden çıkması	179
6.2.2.2 Bakım maliyetleri.....	179
Koruyucu bakımlar.....	179
Düzeltici bakımlar	180
6.2.3 Karşılaştırma ve değerlendirme	181
7. SONUÇLAR	187
KAYNAKLAR	191
EKLER.....	195
ÖZGEÇMİŞ.....	207

KISALTMALAR

UIC	: Uluslararası Demiryolları Birliği
CEN	: Avrupa Standardizasyon Komitesi
LRT	: Hafif Raylı Sistem
VSB	: Doğrudan tespitli hat (Voie Sans Ballast)
DIN	: Alman Standartlar Enstitüsü
EN	: Avrupa Standartları
ISO	: Uluslararası Standartlar Teşkilatı
CWR	: Sürekli Kaynaklı Ray

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Standarttaki tanımlara göre bağlantı sistemlerinin kategorileri çizelgesi	54
Çizelge 3.2 : Bağlantı sistemi kategori kriterleri	55
Çizelge 3.3 : Rijitliğin ölçümü için yükler.	57
Çizelge 3.4 : Test yükleri ve pozisyonları	58
Çizelge 3.5 : Taban pedi ölçüleri (mm)	66
Çizelge 3.6 : Test yükleri ve pozisyonları	71
Çizelge 4.1 : Tirfonların üretildiği çelik çubukların özellikleri.....	98
Çizelge 4.2 : Civataların üretildiği çelik çubukların özellikleri	103
Çizelge 4.3 : Yaylı rondelaların üretiminde kullanılan çelik yayların özellikleri ...	107
Çizelge 4.4 : Çelik yaylı rondelaların üretiminde kullanılan çelik çubukların maruz bırakılmaları gereken testler	108
Çizelge 4.5 : Kimyasal analizde rondelanın sağlaması gereken element içerik sınırları	109
Çizelge 4.6 : Testlerden sonra elde edilen minimum sonuçlar	115
Çizelge 4.7 : Testlerden sonra elde edilen boyuna uzama katsayıları	116
Çizelge 4.8 : Testlerden sonra elde edilmesi gereken sonuçlar	120
Çizelge 4.9 : Seletlerin üretilmesinde kullanılan çelik sınıfları.....	124
Çizelge 4.10 : Besleme pulu Uls10 için kalite güvence planı	130
Çizelge 4.11 : Helezon yay Fe28 için kalite güvence planı.....	131
Çizelge 4.12 : Ankraj civatası M27 için kalite güvence planı	132
Çizelge 4.13 : Besleme Pulu Uls 6 için kalite güvence planı	133
Çizelge 4.14 : Yaylı Kısaç Skl 12 için kalite güvence planı	134
Çizelge 4.15 : T – kafalı somun ve altı köşeli civata için kalite güvence planı.....	135
Çizelge 4.16 : İzolasyon halkası Fbu 6 için kalite güvence planı.....	136
Çizelge 4.17 : Rayaltı ped Zwp 686 için kalite güvence planı	137
Çizelge 4.18 : Nervürlü selet Rp 125/160/20 (dökme demir) için kalite güvence planı	138
Çizelge 4.19 : Elastik ped Zwp 362/155/10 için kalite güvence planı	139
Çizelge 4.20 : Polyamid ara ped Zwp 407/200/10 için kalite güvence planı	140
Çizelge 6.1 : Nabla ray bağlantı sistemlerini oluşturan bileşenlerin alım maliyetleri .	170
Çizelge 6.2 : Taksim Metrosu için 1km’lik hattın döşenmesinde Nabla ray bağlantı sistemi maliyeti[35]	172
Çizelge 6.3 : Taksim Metrosu için 8,5 km’lik çift hat Nabla bağlantı sistemine yapılan maliyetler	178
Çizelge 6.4 : Vossloh sistem 336 tipi ray bağlantı sistemlerini oluşturan bileşenlerin alım maliyetleri ve 1 km için kurulum maliyetleri	179
Çizelge 6.5 : Taksim Metrosu için 10 km’lik çift hat Vossloh sistem 336 bağlantı sistemine yapılan maliyetler	185
Çizelge 6.6 : Taksim Metrosu için Nabla bağlantı sistemi ile Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sisteminin karşılaştırılması	186

Çizelge 6.7 : Vossloh sistem 336 tipi ray bağlantı sistemlerini oluşturan bileşenlerin Nabla sistemi ile aynı geometrideki alım maliyetleri ve 1 km için kurulum maliyetleri.....	188
Çizelge 6.8 : Taksim Metrosu için eşit geometriye sahip Nabla bağlantı sistemi ile Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sisteminin karşılaştırılması	189

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Bir demiryolu üstyapısı enkesit görünümü [1].	1
Şekil 2.1 : Etkiyen kuvvetler [1].	3
Şekil 2.2 : Ray bağlantı elemanlarının tipleri.	6
Şekil 2.3 : Anti-şöminman takozları[2],[3].	7
Şekil 2.4 : Travers ankraji [2].	7
Şekil 2.5 : Pedler [4].	8
Şekil 2.6 : Seletli tip rijit bağlantı sistemi [3].	10
Şekil 2.7 : Seletsiz tip rijit bağlantı sistemi [3], [6].	11
Şekil 2.8 : Amerika’da ahşap traverslerde kullanılan rijit bağlantılı üstyapı [2].	11
Şekil 2.9 : Çelik traverslerde uygulanan rijit bağlantı sistemi [2].	12
Şekil 2.10 : Betonarme traverslerde uygulanan rijit bağlantı sistemlerinden FIST bağlantı sistemi çeşitleri [6].	12
Şekil 2.11 : Civatalı tip elastik bağlantı sistemi tipik kesiti [3].	14
Şekil 2.12 : Nabla bağlantı sistemi kullanılarak döşenmiş ray hattı.	15
Şekil 2.13 : Yaylı tip elastik bağlantı sistemi tipik kesiti [3].	15
Şekil 2.14 : Pandrol bağlantı elemanı kullanılarak döşenen ray hattı.	16
Şekil 2.15 : Zamanın bir fonksiyonu olarak rijit ve elastik bağlantı sistemlerinde kuvvetin gelişimi [3].	17
Şekil 3.1 : Boyuna ray direnir test düzeneği[9].	20
Şekil 3.2 : Bir yükleme döngüsü için yükleme-yerdeğiştirme diyagramı [9].	20
Şekil 3.3 : Aynı hizadaki bağlantı elemanlı test düzeneği [10].	22
Şekil 3.4 : Bağlantı sistemiyle karşılıklı dengelenen test düzeneği [10].	22
Şekil 3.5 : Rayın açısai yerdeğiştirme – yükün momenti grafiği [10].	23
Şekil 3.6 : Gerilim ölçerlerin pozisyonları [11].	24
Şekil 3.7 : Tipik düşüş kütlesi[11].	25
Şekil 3.8 : Yükleme uygulama pozisyonu [12].	26
Şekil 3.9 : Karşılıklı hizadaki bağlantı sistemli test traversinin düzenlenmesi [12].	28
Şekil 3.10 : Bir ray kullanılan test düzeneği[12].	30
Şekil 3.11 : Karşılıklı ray bağlantı sistemi için bir raya iki ray oturağı kullanılan test düzeneği [12].	30
Şekil 3.12 : Yükleme uygulama düzenekleri [12].	31
Şekil 3.13 : Yerdeğiştirme ölçüm noktaları[12].	31
Şekil 3.14 : İki ray kullanılan test düzeneği [12].	32
Şekil 3.15 : Test düzeneği [13].	35
Şekil 3.16 : Akım ölçümü[13].	35
Şekil 3.17 : Tipik direnç-zaman grafiği [13].	36
Şekil 3.18 : Test düzeneği[14].	39
Şekil 3.19 : Yükleme – yerdeğiştirme diyagramı [14].	39
Şekil 3.20 : Ray pedleri için test düzeneği[15].	45
Şekil 3.21 : Doğrudan metod ile transfer rijitliğin ölçülmesi[15].	49
Şekil 3.22 : Transfer rijitliğinin dolaylı metod ile ölçülmesi[15].	50

Şekil 3.23 : Transfer rijitliğinin düzeltilmiş sürüş noktası metoduyla ölçülmesi[15].	51
Şekil 3.24 : Bağlantı sistemi çevre örtüsü[50].	58
Şekil 3.25 : Test düzeneği[17].	65
Şekil 3.26 : Montajlanmış halde Pandol e-klips bağlantı sistemi[20].	76
Şekil 3.27 : Pandol e-klips bağlantı sistemi bileşenleri[20].	77
Şekil 3.28 : Montajın dinamik rijitliğinin ölçülmesi testi düzeneği[21].	79
Şekil 3.29 : Montajın dinamik rijitliğinin ölçülmesi testi sonuç tablosu[21].	79
Şekil 3.30 : Tutma kuvveti testinin uygulandığı test düzeneği[21].	80
Şekil 3.31 : Tutma kuvveti testinin sonuçlarının işlendiği tablo[21].	80
Şekil 3.32 : Tekrarlı yük testi öncesi yapılan tutma kuvveti test sonuçları grafiği[21].	81
Şekil 3.33 : Tekrarlı yük testi sonrasında yapılan tutma kuvveti test sonuçları grafiği[21].	81
Şekil 3.34 : Boyuna ray direnci testinin yapıldığı düzenek[21].	82
Şekil 3.35 : Boyuna ray direnci testinin sonuçlarının işlendiği tablo[21].	82
Şekil 3.36 : Tekrarlı yük testi öncesi yapılan boyuna ray direnci test sonuçları grafiği[21].	83
Şekil 3.37 : Tekrarlı yük testi sonrasında yapılan boyuna ray direnci test sonuçları grafiği[21].	83
Şekil 3.38 : Düşey rijitlik testinin yapıldığı düzenek[21].	84
Şekil 3.39 : Tekrarlı yük testi öncesi yapılan düşey rijitlik testi sonuçları grafiği[21].	84
Şekil 3.40 : Tekrarlı yük testi sonrasında yapılan düşey rijitlik testi sonuçları grafiği[21].	85
Şekil 3.41 : Statik düşey rijitlik testi (5-80 kN) sonuçlarının işlendiği tablo[21].	85
Şekil 3.42 : Statik düşey rijitlik testi (0-50 kN) sonuçlarının işlendiği tablo[21].	85
Şekil 3.43 : Tekrarlı yük testinin uygulandığı düzenek[21].	86
Şekil 3.44 : Tekrarlı yük testi sonrası rayaltı pedinin üst ve alt yüzeylerinin durumu [21].	87
Şekil 3.45 : Tekrarlı yük testi sonrası ray krapolarının üst ve alt yüzeylerinin durumu[21].	87
Şekil 3.46 : Tekrarlı yük testi sonrası izolatörlerin üst ve alt yüzeylerinin durumu [21].	87
Şekil 3.47 : Tekrarlı yük testi sonrası çelik selet altı pedin üst ve alt yüzeylerinin durumu [21].	88
Şekil 3.48 : Tekrarlı yük testi sonrası siyah ve beyaz şimlerin durumu[21].	88
Şekil 3.49 : Tekrarlı yük testi sonrası çelik seletin durumu[21].	88
Şekil 3.50 : Tekrarlı yük testi sonrası çelik selet altı pedin üst ve alt yüzeylerinin durumu[21].	89
Şekil 3.51 : Tekrarlı yük testi sonuçlarının işlendiği tablo[21].	89
Şekil 3.52 : Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi sonrası ray altı pedinin durumu[21].	90
Şekil 3.53 : Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi sonrası ray krapolarının durumu[21].	90
Şekil 3.54 : Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi sonrası izolatörlerin durumu[21].	91
Şekil 3.55 : Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi sonrası somun, yay ve pulların durumu[21].	91
Şekil 3.56 : Elektriksel direnç testinin uygulandığı düzenek [21].	92
Şekil 3.57 : Elektriksel direnç testi sonuçlarının işlendiği tablo[21].	92

Şekil 3.58 : Elektriksel direnç testi sonuçları grafiği[21].	93
Şekil 4.1 : Tirfon boyutsal ölçülerinin gösterimi [22].	98
Şekil 4.2 : Oluklu pedler için eğri limitleri grafiği[25].	112
Şekil 4.3 : Oluklu pedler için çekme testi parçası[25].	112
Şekil 4.4 : Test düzeneği[25].	114
Şekil 4.5 : Mantar Elastomer pedler için eğri limitleri grafiği (kalınlık: 5mm, alan: 200 cm ² ±%2) [25]	119
Şekil 4.6 : Mantar Elastomer pedler için yük-sehim dinamik eğrileri limitleri grafiği (kalınlık: 5mm, alan: 200 cm ² ±%2, frekans: 300 cpm) [25].	120
Şekil 4.7 : Ray seletleri için haddelenmiş profiller [27].	124
Şekil 4.8 : Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sistemi ve bileşenleri [27].	126
Şekil 5.1 : İnşaat aşamasından yerinde döküm doğrudan tespitli sistem.	140
Şekil 5.2 : İnşaat aşamasından ana hat üzerinde kullanılan plakalı tip üstyapı kesiti.	140
Şekil 5.3 : Tünel içinde plakalı tip üstyapının döşenmiş son hali.	141
Şekil 5.4 : Balastlı üstyapıdaki depo yolunda kullanılan W-14 tipi bağlantı sistemi.	141
Şekil 5.5 : Vossloh W-14 tipi ray bağlantı sistemi bileşenleri[28].	142
Şekil 5.6 : Kadıköy – Kartal hattı tipik üstyapı enkesit görünüşü[28].	143
Şekil 5.7 : Pandrol e-klips bağlantı sistemi bileşenleri[20].	143
Şekil 5.8 : Pandrol e-klips bağlantı sisteminin montaj ve demontaj işlemi için “panpuller” aletinin kullanılması[20].	144
Şekil 5.9 : Hafif Metro Hattında Beton Traversli Üstyapı Kesiti[30]	145
Şekil 5.10 : Hafif Metro Hattında Ahşap Traversli Üstyapı Kesiti[30].	146
Şekil 5.11 : Hafif Metro Hattında Betona Tespitli Üstyapı Kesiti[30].	146
Şekil 5.12 : Tramvay Hattı Klasik Üstyapı Kesiti[30]	147
Şekil 5.13 : Tramvay Hattı Üstyapı Kesiti(Ray Altı Mesnet Taşlı) [30].	147
Şekil 6.1 : Nabla bağlantı sistemi ve stedef vsb tipi üstyapının birlikte kullanıldığı bölgeden en kesit.	150
Şekil 6.2 : Nabla bağlantı sisteminin bileşenleri[32].	151
Şekil 6.3 : Taksim Metrosu için standart olarak döşenen mavi renkte Nabla Oballer.	151
Şekil 6.4 : Nabla Obal kesiti ve farklı renkte Nabla Oballerin ölçüleri[32].	152
Şekil 6.5 : Farklı renkte Nabla Oballerin birlikte kullanılarak yapılabilecek ekartman ayarlamaları [32].	153
Şekil 6.6 : Nabla sisteminde tirfon sıkılık kontrolünü yapmaya yarayan kamber mastarı ve durumlar [32]	155
Şekil 6.7 : Nabla bıçağının elastisitesinin diğer elastik bağlantı sistemi tiplerinin elastisitesi ile karşılaştırılması [32]	157
Şekil 6.8 : Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sisteminin kullanıldığı balastsız üstyapı en kesiti.	157
Şekil 6.9 : Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sisteminin montajlı hali[33]	159
Şekil 6.10 : Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sisteminin hattan görünümü.	159
Şekil 6.11 : Kaçak akımdan dolayı yanan Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sistemi.	162
Şekil 6.12 : Taksim Metrosu Haliç Metro Geçiş Köprüsü.	163
Şekil 6.13 : Pandrol Vanguard bağlantı sistemi bileşenleri[34].	163
Şekil 6.14 : Pandrol Vanguard bağlantı sistemi monte-demonte el aleti[34].	164
Şekil 6.15 : Pandrol Vanguard bağlantı sistemi monte-demonte el aletinin kullanılması[34].	164

Şekil 6.16 : Haliç Metro Geçiş Köprüsü üzerinde Pandrol Vanguard bağlantı sistemi.	165
Şekil A.1 : Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sistemi parçalarının fabrika kabul testi sonuç dökümanları[27].....	205

DEMİRYOLU RAY – TRAVERS BAĞLANTI SİSTEMLERİNİN VE UYGULANAN TESTLERİN İNCELENMESİ

ÖZET

Kentiçi ulaşımı rahatlatmak için kullanılan çözümlerin en önemlilerinden birisi de raylı sistemlerin artırılmasını ve geliştirilmesini sağlamaktır. Bunun yanında teknolojik gelişmeler sonucunda yüksek hızların uygulanmasıyla şehirlerarası ulaşım da raylı sistemler önem kazanmıştır. Ülkemizde hem şehirlerarası hem de kentiçi ulaşım da son yıllarda raylı sistemlere önemli ölçüde yatırımlar yapılmaktadır.

Demiryolu üstyapısının önemli bileşenlerinden birisi çeken ve çekilen araçlara hareket yüzeyi olarak görev yapan raydır. Rayların traverslere bağlanmasını sağlarken diğer yandan da etkiyen dikey, yanıl ve boyuna kuvvetleri karşılayarak altyapıya iletilmesini sağlayan bağlantı sistemleri de önemlidir. Bağlantı sistemlerinin sahip olduğu özellikler yolcu konforunu, titreşimi ve gürültüyü etkilerken diğer taraftan da sahip olduğu özelliklere göre üstyapıya yapılan koruyucu, düzeltici bakım maliyetlerini etkilemektedir.

Önceki dönemlerde rayların çivilerle traverslere tespitlenmesi şeklinde basitçe tarif edebileceğimiz rijit bağlantı sistemleri kullanılırken, günümüzde sektörde yaşanan gelişmelerle ve yüksek hızların uygulanmasıyla rijit bağlantı sistemleri gereksinimleri karşılayamaz duruma gelmiştir. Bu da yeni ihtiyaçları karşılayabilecek yeni sistemler geliştirilmesini beraberinde getirmiş böylece elastik bağlantı sistemleri geliştirilmiştir.

Elastik bağlantı sistemleri rijit bağlantı sistemlerinin birçok dezavantajını ortadan kaldırmış, yüksek hızlara çıkılmasının önünü açmış, konforu arttırmış, bakım maliyetlerini de yok denecek kadar aza indirmiştir.

Bir bağlantı sisteminin elastik olarak nitelendirilebilmesi için sağlaması gereken bazı özellikler bulunmaktadır. Bu özellikleri sağlayıp sağlamadığını belirleyebilmek için laboratuvar ortamında hat üzerindeki yükleri taklit edebilen özel geliştirilmiş makinelerle testler yapılmakta elde edilen sonuçlar değerlendirilmektedir. Bu sonuçlara göre yeni geliştirilen bir bağlantı sistemi gerek görülürse, deneme hatlarında belirli bir süre işletme altında da test edilmektedir.

Demiryolu üstyapısında önemli görevleri olan bağlantı sistemlerinin yeterliliğini araştırmak için yapılan bu testleri ve elde edilen sonuçların değerlendirilmesini inceleme isteği, bu çalışmanın hazırlanmasına sebep olmuştur.

Çalışmada öncelikle ray bağlantı sistemleri hakkında bilgi verilmiş, sağlaması gereken özellikler incelenmiş tiplerine göre ana başlıklar altında gruplandırılmışlardır. Bağlantı elemanları şöminman önleyiciler, travers ankrajları ve güvenlik demirleri, pedler ve travers – ray bağlantı sistemleri olarak gruplandırılmış, ardından bağlantı sistemleri rijit ve elastik bağlantı sistemleri olarak ayrılmış, onlar da sahip oldukları alt gruplara göre gruplandırılmışlardır. Çalışmada buraya kadar da bahsettiğimiz üzere ana konumuz travers – ray bağlantı sistemleri olduğundan diğer

başlıklara değinilerek geçilmiştir. Yalnız pedler her ne kadar ayrı gruplandırılrsa da bağlantı sistemleriyle birlikte değerlendirilmesi gerektiğinden pedlere daha fazla değinilmiştir.

Yukarıda bahsettiğimiz ray bağlantı sistemlerine uygulanan testlerin nasıl yapılması gerektiği Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN) tarafından EN 13146 isimli standart serisinde belirlenerek standart haline getirilmiştir. Bu standart en son 2012 yılında güncellenerek son hali verilmiştir. CEN bağlantı sistemlerine bütün olarak yapılan testlerin yapılışının yanısıra bu testlerden elde edilen sonuçların nasıl değerlendirilmesi gerektiğini, minimum değerlerini ve hangi değerler arasında olması gerekliliğini de belirleyerek standart haline getirmiştir. Bu standart da yine en son 2012 yılında güncellenerek EN 13481 standart serisi olarak kullanıma sunulmuştur. Çalışmanın devamında bu iki test ayrıntılı olarak incelenmiştir. EN 13146 serisinde uygulanan dokuz adet testin nasıl yapıldığı, EN 13481 serisinde ise beş ayrı üstyapı durumunda testlerden alınan sonuçların yorumlanmasından ayrıntılı şekilde bahsedilmiştir.

Çalışma Kadıköy-Kartal Metrosu'nda kullanılan ray bağlantı sistemine uygulanan testlerin ve sonuçlarının incelenmesiyle devam etmiştir. İstanbul'un yeni metrolarından olan Kadıköy-Kartal Metro'su 2012 yılında hizmete açılmış olup yaklaşık iki senedir hizmet vermektedir. Hatta Pandrol firmasına ait e-klips elastik bağlantı sistemi kullanılmıştır. Bu ray bağlantı sistemine EN 13146 standardına göre uygulanan deneyler ve deney sonuçlarının EN 13481-6 standardına göre değerlendirilmesine ilişkin rapor incelenmiştir.

Her ne kadar bağlantı sistemleri bir bütün olarak çalışsa da sistemi oluşturan bileşenler ve bu bileşenlerin malzemesi, sahip olması gereken özellikler ve mukavemetleri de önem arz etmektedir. Bu nedenle her bağlantı sistemini oluşturan bileşenler ayrı ayrı incelenmeli sahip olması gereken özellikler denetlenmelidir. Bu bileşenlerin denetlenmesi ve test edilmesiyle ilgili sistem testlerinde olduğu gibi tek bir standart bulunmamaktadır. Her ülkenin kendi ulusal standartları vardır ve bu standartlara uyulması beklenmektedir. Bunlardan hangisine uyulacağının belirlenmesi de daha çok üretim yapan firma ile müşterinin anlaşmasına bırakılmıştır. Bunun yanında Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC)'nin hemen hemen her sistemde ortak kullanılan bazı bileşenlerle ilgili belirlediği bir standart serisi bulunmaktadır. Bu standart UIC 864 O standardıdır. Bu standartta tirfonlar, civatalar ve somunlar, rondelalar ve seletlerle ilgili üretim koşulları, malzeme koşulları ve fabrika kabul koşulları öne sürülmüştür. Bizim çalışmamızın asıl konusu bağlantı sistemleri için yapılan testler olmasına rağmen UIC 864 O standart serisi de incelenmiştir.

Bağlantı sistemlerinin fabrika kabul testlerine örnek teşkil etmesi amacıyla Taksim Metrosu II.aşama inşaatında kullanılan Vossloh sistem 336 tipi elastik ray bağlantı sistemini oluşturan bileşenler için yapılan fabrika kabul testlerinin nasıl yapıldığına dair rapor da çalışmanın devamında incelenmiştir. Bileşenlere yapılan test sonuçlarını gösterir sayısal raporlar da EK kısmında verilmiştir.

Bütün bu bahsedilen bölümlerden sonra İstanbul kentiçi raylı sistemlerde kullanılan bağlantı sistemleri tanıtılmıştır. Bu tanıtımda İstanbul'un ilk metrosu olan Taksim Metrosunda kullanılan ray bağlantı sistemlerinin üzerinde ayrıntılı olarak durulmuştur.

Taksim Metrosu üç aşamada inşa edilmiştir. Bu aşamalardan sonuncusu Türkiye'nin ilk metro geçiş köprüsü olan Haliç Metro Geçiş Köprüsü'nü de içeren inşaat

aşamasıdır. Taksim Metrosu'nda üç farklı elastik ray bağlantı sistemi kullanılmıştır. Bunlardan ikisi Fransız menşeyli olan Nabla ray bağlantı sistemi, Alman menşeyli olan Vossloh sistem 336 tip bağlantı sistemleridir. Üçüncü sistem ise ülkemizde ilk defa kullanılan; yine ülkemizin ilk metro geçiş köprüsü ve yaklaşım viyadüklerinde kullanılan İngiliz menşeyli Pandrol Vanguard ray bağlantı sistemidir.

Hatta yaklaşık iki aydır işletmeye açık olan Pandrol ve Vossloh bağlantı sistemlerinin olduğu kısımla ilgili henüz istatistiksel veri elde edilemediğinden inceleme dışı bırakılmıştır. Diğer yandan hatta 15 senedir işletme altında bulunan Nabla sistemi ve 5 senedir işletme altında bulunan Vossloh sistem 336 döşeli kısımlar maliyetleri açısından incelenerek karşılaştırılmışlardır. Bu inceleme için Taksim Metrosu özellikle seçilmiştir, çünkü aynı işletme senaryosunda, aynı işletme yükleri altında farklı sistemler kullanılmıştır. Bu da inceleme için hem kolaylık hem de doğruya en yakın sonuca ulaşma imkanı sağlamıştır.

Nabla sistemi Vossloh sistem 336'ya göre daha sade ve daha basit bir yapıya sahiptir. Bunun yanında Vossloh sistem 336 daha karmaşık ancak hatta uygulanması sırasında işçilik kalitesinin daha önemli olduğu bir sistemdir. İncelemede ray bağlantı sistemleri bazında km başına düşen ilk satın alma, ilk yatırım ve yıllık olarak koruyucu – düzeltici bakım masrafları hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda Nabla sisteminin hem ilk yatırım maliyetinin hem de bakım maliyetlerinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Çalışmada; günümüzde raylı sistem beklentilerini elastik ray bağlantı sistemlerinin yerine getirebileceği açıkça görülmüştür. Ayrıca birçok bileşenin biraraya gelmesiyle oluşan ray bağlantı sistemlerinin seçilmeden önce belirlenen standartlar çerçevesinde testlerin yapılarak sistemin uygunluğu konusunda yine standartların çizdiği koşullara göre değerlendirilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Bu testlerin laboratuvarında sadece bu iş için geliştirilmiş makinelerle sistemi çeşitli koşullara tabi tutarak yapıldığı görülmüştür. Ayrıca aynı şartlarda işletme altında olan elastik ray bağlantı sistemlerinden Nabla sistemi ile Vossloh sistem 336 karşılaştırılmış Nabla sisteminin ilk yatırım ve bakım maliyetlerinin açık şekilde daha yüksek olduğu sonucuna varılmıştır.

INVESTIGATION OF RAILWAY RAIL –SLEEPER FASTENING SYSTEMS AND APPLICATION TESTS

SUMMARY

One of the most important solutions used to relieve urban transportation is provide to increase and develop railway systems. Besides, as a result of technological developments, through the application of high-speed technology, intercity railway systems have gained importance in transportation. In our country, especially recent years, there exist considerable investments on railway systems operating intracity and intercity.

One of the important components of the railway superstructure is the rail that acts as running surface for railway vehicles. For fastening rails to sleepers, the effect of vertical, lateral and longitudinal forces transmitted by satisfying the infrastructure that enables rail fastening systems is also important. Rail fastening system properties affect passenger comfort, vibration and noise. On the other hand, superstructure's protective and corrective maintenance costs are incurred because of these properties.

In prior times, rigid fastening systems were being used anchoring rails with nails to the sleepers with a simple technique, but recently with the developments in the sector and implementation of high-speeds, rigid fastening systems system has become unable to meet the requirements. This situation brought about new systems which can satisfy new requirements, and elastic fastening systems are developed.

Elastic fastening systems eliminate many disadvantages of rigid fastening systems, it paves the way for high-speed servicing, it increased comfort, and also it minimizes maintenance costs.

There are some certain characteristics for qualifying a fastening system as an elastic fastening system. In order to qualify whether a system is elastic or not some tests are conducted with machines that imitate the track loads in the laboratories and results are evaluated. According to these results, if needed, a newly developed fastening system is tested in lines for a certain time.

Inclination to investigation of these tests and evaluation of the test results which have important tasks on railway superstructure has led to prepare this study.

In this study firstly, rail fastening systems are explained, necessary characteristics are analyzed, and they are grouped under sections according to type. Fastenings are grouped as anti-creep devices, sleeper anchors and security anchors, pads and sleeper – rail fastening systems; and after that rail fastenings separated as rigid and elastic fastenings than they are also grouped as according to their sub-groups. In this study as we mentioned above until here, our main issue is sleeper – rail fastening systems

other titles are mentioned briefly. But although pads must be evaluated together with fastening systems so they are explained in detail.

Rail fastening tests, mentioned above, should be carried out according to the International Committee for Standardization (CEN) in EN 13146 series and was converted into a named standard. This standard has been updated and finalized in the year 2012. CEN determines standards for how to evaluate test results, minimum values and intervals of test which are applied for whole fastening system. This standard is finally updated again in 2012, and available in a series of EN 13481. In continuation of the study, these two tests were examined in detail. How the tests in EN 13146 series of nine tests are carried out, and how the EN 13481 series of five separate body tests are described and interpreted in detail.

Study is continued by inspecting the tests and analyzing results of tests which are carried out on fastening system used in Kadıköy – Kartal Metro in İstanbul. Kadıköy – Kartal Metro is one of the newer metros of İstanbul established in 2012 and serves about two years. In this track e-clip rail fastening system, Pandrol Company is used. The report of tests are analyzed which are applied on this rail fastening system according to EN 13146. Results of EN 13481 were also examined.

Although, rail fastening systems work as a whole system, components of system, materials and strength properties are also important. Therefore, components of every rail fastening system should be examined separately and features of components must be checked. In inspection and testing of these components as a system, there exists only one standard. Each country has its own national standards and are expected to comply with these standards. Which one of these standards to comply with is based on agreements between manufacturing companies and customers. Besides, International Union of Railways (UIC) determined a standard series for components which are in the common base used in almost every system. This standard is the standard UIC 864 O. This stipulates some manufacturing, materials and factory acceptance requirements for sleeper-screws, bolt and nuts, spring washers, pads and baseplates. The main purpose of our study is tests for whole rail fastening systems. In addition the UIC 864 standard is investigated.

For an example of factory acceptance tests of rail fastening systems components, Vossloh System 336 type elastic rail fastening system's components tests, which is used in Taksim Metro's second phase construction, factory acceptance test report is examined with how the tests done. Numerical reports which show the results of components are attached in Appendix.

Then in the study, rail fastening systems used in Istanbul urban rail systems have been introduced. In this presentation, rail fastening systems used in first metro system of Istanbul, Taksim Metro are discussed in detail.

Taksim Metro was built in three phases. The last phase is the construction phase which consists of Haliç Metro Bridge that is the first metro bridge of Turkey. Three different elastic rail fastening systems are used in Taksim Metro. Two of them are Nabla rail fastening system which originating from France and Vossloh System 336 which originates from Germany. The third one is used for the first time in our country; used in our country's first metro bridge and approach viaducts Pandrol Vanguard rail fastening system which is originates from United Kingdom.

Pandrol and Vossloh System 336 type rail fastening systems which are used in service for two months were excluded from analyses because no statistical data is achieved yet. On the other hand, Nabla rail fastening system which is servicing for fifteen years and Vossloh System 336 rail fastening system which is in servicing for five years are examined and compared in terms of costs. Taksim Metro is specially selected for this review, because different rail fastening systems are used in under the same servicing scenario and under the same operating load. This provides convenience for review and also has enabled the closest to achieving results.

Nabla rail fastening system is less complex than Vossloh System 336 rail fastening system and also Nabla system has more simple structure than Vossloh System 336 type. On the other hand, Vossloh System 336 rail fastening system is more complex but implementation on track quality of workmanship is more important than Nabla fastening system. In the examination, for each rail fastening system; initial purchase per km, initial investment per km, and yearly protective and corrective maintenance costs have calculated and compared with each other. At the end of comparing both initial investment costs and maintenance costs Nabla fastening system is found higher.

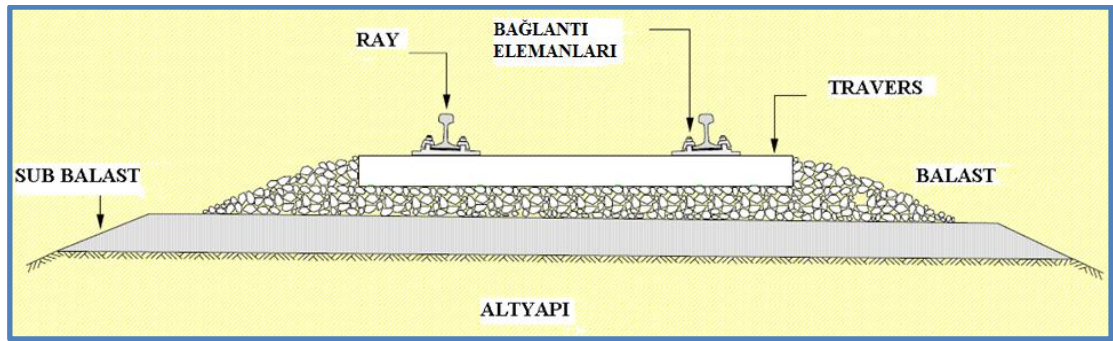
In this study it is clearly seen that, nowadays many transportation necessities can be satisfied by elastic rail fastenings. Also rail fastening system must be tested and evaluated in accordance with the requirements of related standards before selecting for a railway track. These tests are applied with machines which are manufactured for only these tests and applied various conditions. In addition, elastic rail fastenings of Nabla and Vossloh System 336 which is in-service under same conditions are compared and it has been concluded that initial investment and maintenance costs of Nabla System is clearly higher than Vossloh System 336 type rail fastening system.

1. GİRİŞ

Demiryolu sistemleri günümüz şehircilik problemlerinin en önemlilerinden birisi olan ulaşım sorununu çözmeye önem kazanan ve üzerine büyük yatırımlar yapılan bir ulaşım sistemi haline gelmiştir. Ülkemizde bütün büyük şehirler artan nüfus yoğunluğu ile büyüyen ulaşım sorununu rahatlatmak için kentiçi raylı sistemler kurmaya başlamışlardır. Bunun yanında şehirlerarası taşımacılıkta da raylı sisteme yapılan yatırımlar arttırılmakta mevcut demiryolu sistemleri rehabilite edilmekte ve hızlı tren projeleri devam etmektedir

Demiryolu sistemleri ilk yatırım maliyetleri yüksek olan projelerdir, dolayısıyla işletme ve bakım maliyetlerinin olabildiğince düşük tutulması gerekmektedir. Bu maliyetlerin düşük olması için seçilecek olan raylı sistem tipinin yanında kullanılacak üstyapı tipi de doğru olmalıdır. Üstyapı tipinin ve üstyapı elemanlarının doğru seçilmesi işletme sırasında oluşan üstyapı kaynaklı sorunları azaltacak dolayısıyla sefer kayıplarını ve bakım maliyetlerini azaltacaktır.

Bir demiryolu sisteminin üstyapısı balast tabakası, varsa alt balast tabakası, traversler, raylar ve bağlantı elemanlarından oluşur (Şekil 1.1).



Şekil 1.1 : Bir demiryolu üstyapısı enkesit görünümü [1].

Ray bağlantı elemanları bir takım testlerden geçirilerek üretilen, ray ile traversi bir arada tutan, ana görevi ekartmanı sabit tutarken diğer yandan da raya etkiyen kuvvetleri traverslere aktarmak olan; sistemin konforunu ve güvenliğini etkileyen üstyapının önemli elemanlarından biridir.

Geçmişten günümüze farklı tiplerde ve şekillerde kullanılagelen ray bağlantı elemanlarının görevlerini yerine getirebilmesi için bazı özelliklere sahip olması gerekir.

Kullanılan bağlantı sistemlerini seçmeden bu görevleri yerine getirecek özelliklere sahip olup olmadığını bilmek gerekir. Bunu belirleyebilmek için bağlantı sistemlerine laboratuvarlarda hattaki etkiyen kuvvetleri temsil edebilen özel makinelerle bir dizi testler yapılmaktadır. Testler sonucunda çıkan değerlere göre o bağlantı sisteminin hatta kullanılıp kullanılamayacağına ve performansına karar verilmektedir. Bu testlerin nasıl yapılacağı ve alınan sonuçların yeterlilik ölçütleri Avrupa Standardizasyon Komitesi CEN tarafından bir dizi standart haline getirilmiştir.

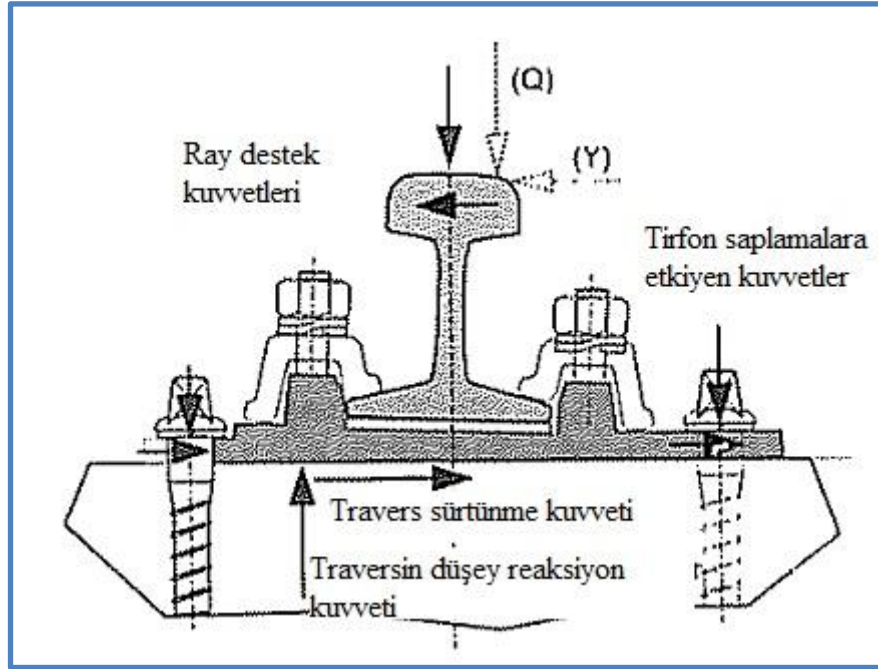
1.1 Çalışmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada amacımız bahsi geçen deneylerin standartlardan faydalanarak nasıl yapıldığını ve alınan sonuçların yeterli sayılması için sağlaması gereken şartları irdelemektir. Bu kapsamda bağlantı sistemleri gruplandırılarak incelenmiş, standartlar ayrıntılı bir şekilde ele alınarak deneylerin yapılışı irdelenmiş, örnek bir hatta bağlantı sistemi seçilirken yapılmış deneyler incelenmiş, İstanbul'da kentiçi raylı sistemlerde özellikle metrolarda kullanılan bağlantı sistemleri tanıtılarak, örnek bir hattın farklı bağlantı sistemleri ilk ve bakım maliyetleri açılarından karşılaştırılmıştır.

2. RAY BAĞLANTI ELEMANLARI

2.1 Etkiyen Kuvvetler ve Sağlaması Gereken Özellikler

Ray bağlantı elemanları raylarla traversler arasındaki stabiliteyi sağlarken çeşitli kuvvetlere de karşı koymak durumundadırlar. Bunları düşey kuvvetler, yanal kuvvetler ve hatta boyuna yönde etkiyen kuvvetler olarak üç ana başlık altında toplamak mümkündür.



Şekil 2.1 : Etkiyen kuvvetler [1].

Düşey kuvvetler demiryolundaki işletme yapılan araçlardan ve taşınan yüklerden gelerek etkiyen kuvvetlerdir. Bu kuvvetler ray altına döşenen elastik ray pedleriyle ve yay elemanlarıyla sönmölenirler.

Yanal kuvvetler işletilen demiryolu araçlarının raydan geçerken; ray açıklığını arttırmaya çalışan, bunu rayı öteleyerek veya döndürmeye çalışarak yapan dinamik kuvvetlerdir. Özellikle kurbli kesimlerde daha etkili ve yüksek değerlerde ortaya çıkmaktadırlar. Hatta etkiyen dinamik yanal kuvvetler kısmen elastik pedler vasıtasıyla absorbe edilirler. Kalan kuvvetler ise esnek dikey elemanlar yoluyla

direkt olarak traverslere iletilirler. Hatta etkiyen kuvvetler çok yüksek olabilirler. Ray bağlantıları bunları sıkı bağlanmış olarak iletemezlerse, etkiyen kuvvetlerin hattın bozulmasına sebep olacak şekilde etkisi artar.

Hat boyunca etkiyen kuvvetler ise hattın doğrultusunda etkiyen ivmelenme, frenleme ve sıcaklıktan kaynaklanan kuvvetlerdir. Bunun yanında ray üzerinde hareket eden tren ek ray kaymalarına sebep olur. Bu kayma hareketi hattaki sabit noktalarla (hat kesişim noktaları gibi) engellendiğinde çok yüksek basınç kuvvetleri oluşur. Ray bağlantı sabitleyicilerinin bu kuvvetlere dayanması gerekmektedir.

Bütün bu yukarıda bahsettiğimiz etkiyen kuvvetleri de düşündüğümüzde ray bağlantı elemanlarının görevlerini yerine getirebilmesi için aşağıdaki özelliklerin çoğunu yerine getirmesi gerekmektedir.

- *Ekartmanı ve traversteki yanal eğimi sürekli korumalıdır:* Yukarıda da bahsettiğimiz üzere ray bağlantı elemanlarının ana görevlerinden birisi ray-travers arasındaki sabitlemeyi sağlayarak ray açıklığını sürekli olarak sağlamaktır. Bunun yanında yine araç tekerleğinin konikliğiyle karşılıklı ilişkisi olan traversteki yanal eğimi bozmaya çalışan kuvvetlere de direnç göstermelidir.
- *Raydan traverse gelen yükleri iletmelidir:* Raydan gelen düşey ve yanal yüklerin bir kısmı sönümlendikten sonra geriye kalan yüklerin traverse direkt olarak iletilmesi gerekmektedir. Bunu da travers ray arasındaki bağlantıyı yapan bağlantı elemanlarının sağlaması gerekmektedir.
- *Tren titreşimlerini azaltmalı ve sönümlemeli:* Tren hareketlerinden oluşan titreşimleri sönümleyerek alt tabakaya iletmeli.
- *Montaj ve bakımı kolay olmalı:* Ray bağlantı elemanları bir demiryolu sisteminde adet olarak en fazla kullanılan elemanlardan olması nedeniyle ilk montajının pratik olması gerekmektedir. Ayrıca işletme maliyetleri açısından bakımının da aynı şekilde pratik ve kolay olması, çok zaman almaması ve kronik arızalar ortaya çıkmaması gerekmektedir.
- *Elektirik yalıtımı olmalı:* Demiryolunda sinyal ve güç için gerekli olan elektriğin kullanılması sırasında bu elektriğin beton elemanlara ve altyapıya iletilmemesi

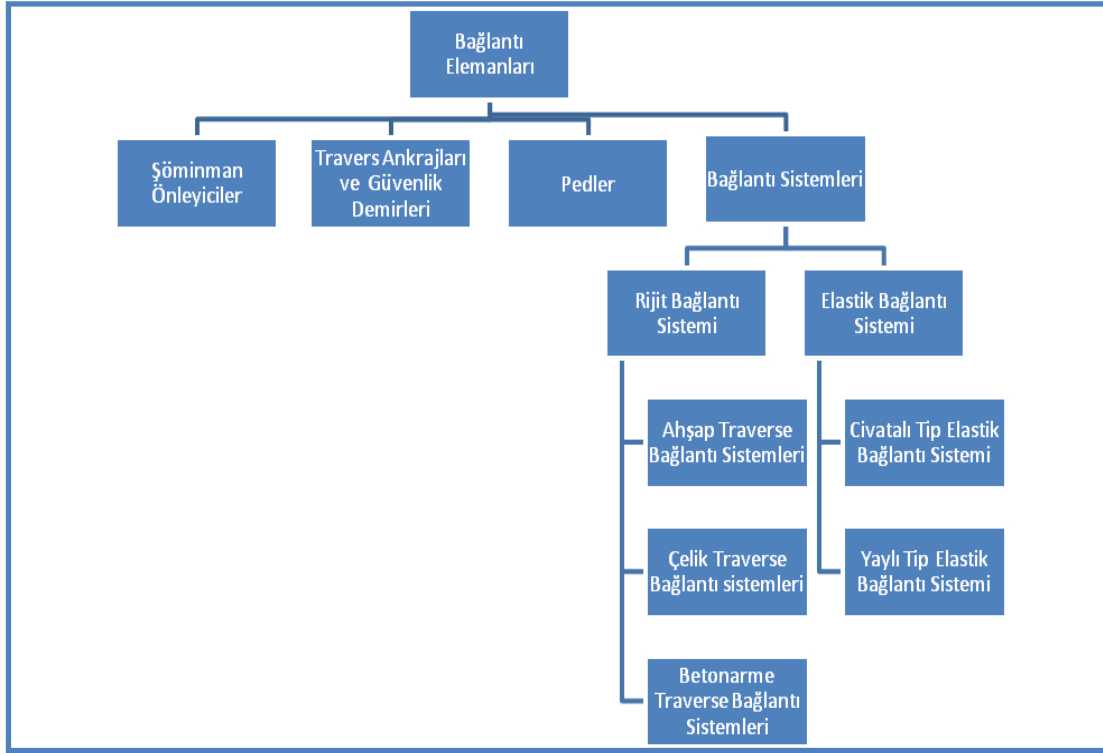
gerekmektedir. Ray bağlantı elemanları da iyi bir iletken olan rayla direk temas halinde bulunduğu için rayda bulunan elektriği yalıtması, iletmemesi gerekmektedir.

- *Esnek olmalı ve yeterli deplasmanı sağlamalı:* Demiryolunda altyapıda çok fazla deplasman ve deformasyon olması istenmeyen bir durumdur. Özellikle balastsız, doğrudan tespitli sistemlerde deplasmanların olmaması gerekir. Yüklerden dolayı meydana gelen deplasmanların bağlantı elemanları yoluyla karşılanması gerekir.
- *Elemanlar arasında aşınma ve gerilme birikmesi olmamalı:* Bağlantı elemanlarının rijit olmaması dolayısıyla aşınmaya karşı dayanıklı olması gerekmektedir. Çok rijit sistemler daha çok aşınmaya sebep olmaktadır.
- *Yeterli korozyon direncine sahip olmalı:* Özellikle tünel içinde bulunan sistemlerde bulundukları nemli ortamın etkisiyle oluşan korozyona dirençleri yüksek olması gerekmektedir.
- *Maliyeti uygun ve traversle aynı ömre sahip olmalı:* Bağlantı elemanları bir demiryolu sisteminde adet olarak en fazla kullanılan malzemelerden biri olduğundan maliyetinin düşük olması istenir. Aynı zamanda traversle ortak çalışması için birlikte aynı ömre sahip olmaları gerekir.
- *Tahribata dayanıklı olmalı:* Yukarıda bahsedilen etkiyen büyük kuvvetlerin ve yüksek basınçların yapması beklenen tahribata karşı yeterli direnci göstermesi beklenir.

2.2 Bağlantı Elemanlarının Tipleri

Ray Bağlantı elemanlarının yerine getirdiği görevleri ve özelliklerini incelediğimizde Şekil 2.2'deki gibi bir şema oluşturmak mümkündür. Bağlantı elemanı dediğimizde şöminman önleyiciler, travers ankrajları, güvenlik demirleri bağlantı elemanları içerisine girerler ancak bu elemanlar kendileri sistem olarak değil tekil olarak görev yaptıkları için bağlantı elemanı kapsamına dahil edilmekle birlikte bağlantı sistemleri tanımından ayrı tutmak gerekir. Bunun yanında pedleri bağlantı sistemlerinin bir parçası olarak değerlendirmek mümkündür. Özellikle doğrudan tespitli hatlarda

pedler bağlantı sistemlerinin bir parçası gibi kullanıldığından ray-travers bağlantı sistemleri incelenirken pedlerle birlikte incelenmesi gerekir.

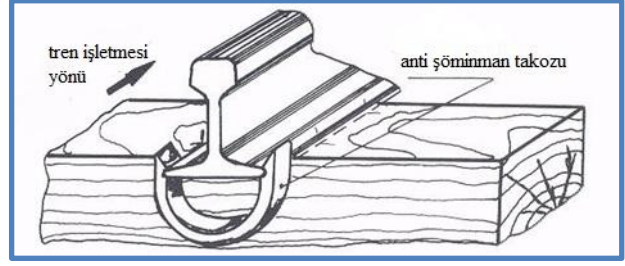
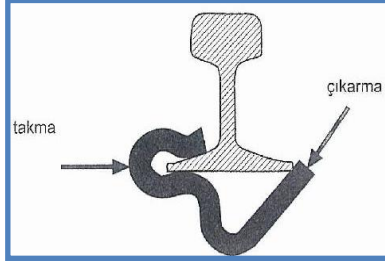


Şekil 2.2 : Ray bağlantı elemanlarının tipleri.

2.2.1 Şöminman önleyiciler

Ray yürümesi de denilen şöminman rayların ısı ve yol eğilimleri dolayısıyla az da olsa traversler üzerinde kayarak ilerlemesi olarak açıklanabilir. Şöminman etkisi, şöminman dayanımından az ise rayda şöminman oluşur. Hattın boyuna mukavemeti yanal yer değiştirme mukavemetinden küçükse hatta bütünüyle şöminman görülür. Bu yüzden traversler arasında dinamik hat dengeleyici kullanılır.

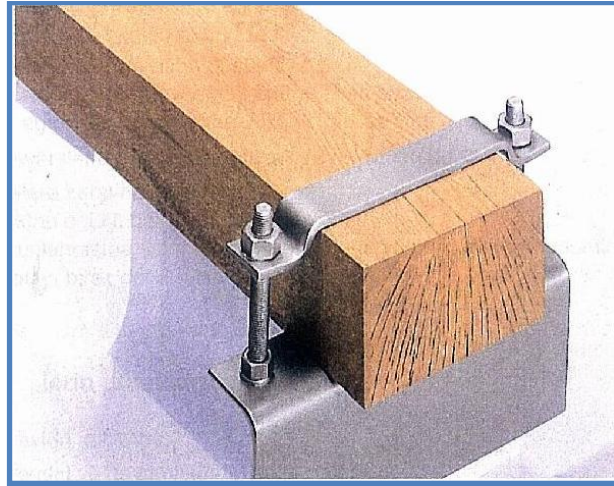
Çift hatlı raylarda, rayda trenin hareketi doğrultusunda şöminman görülür. Bu sebeple şöminman önleyici araçlar 2 ya da 4 traverse bir, traversin ön yüzüne yerleştirilmelidir. Tek hatlı raylarda ise, rayda her geçen trenin hareket doğrultusunda şöminman görülür. Şöminman önleyici araçlar 2 ya da 4 traverse bir, bu sefer traversin hem ön hem de arka yüzüne yerleştirilmelidir. Bu şöminman önleyiciler çekiç darbesiyle takılır ve yine aynı şekilde çıkarılır. [2]



Şekil 2.3 : Anti-şöminman takozları[2],[3].

2.2.2 Travers ankrajları ve güvenlik demirleri

Travers ankrajlarının amacı çapraz itme direncini artırarak yanıl yer değıştirmeye karşı koymaktır. Uzun süre dayanıklı çelik yaylardan imal edilirler. Traverslerin ortasına veya uçlarına yerleştirilirler. Böylece uzun kaynaklı bir hatta kritik bölgelerde rayın bükülmesini engellemiş olurlar. Genel olarak makaslarda, kritik kurplarda, kurplarda hızın arttığı bölgelerde, köprü ve bentlerde kullanılırlar.



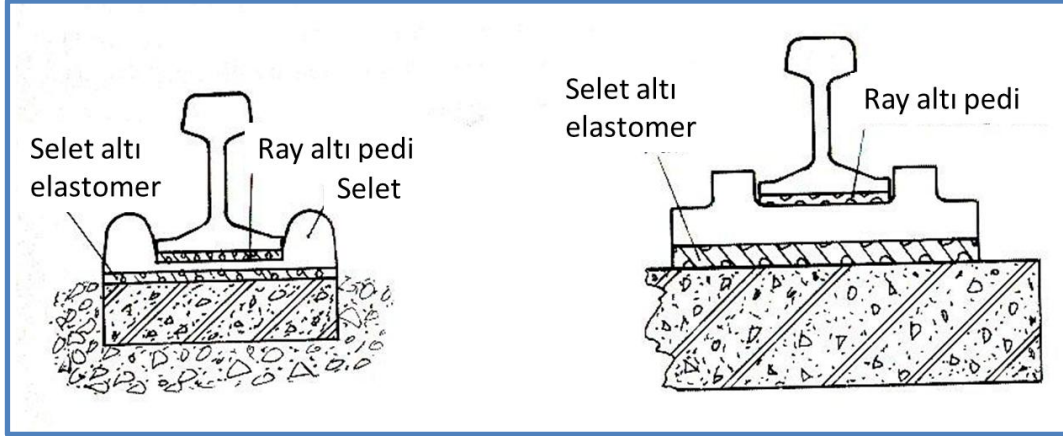
Şekil 2.4 : Travers ankrajı [2].

Güvenlik demirleri yarıçapı 450 metreden küçük kurplarda sürekli kaynak yapılacaksa yanıl yerdeğıştirmeyi azaltmak amacıyla kullanılırlar. İki uç traversinde bir traversin kurp merkezi tarafındaki başına balast yatağına 150 mm girecek şekilde montajlanırlar. Böylece travers eksenini doğrultusunda yerdeğıştirmeyi azaltmış olurlar. Bu elemanlar pahalı olduklarından üst yapı maliyetlerini oldukça arttırırlar, bu yüzden nadiren kullanılırlar.

2.2.3 Pedler

Pedler rayla travers, rayla beton, rayla selet veya seletle beton arasında kullanılarak titreşimlerin boşaltılmasını sağlayan aynı zamanda yükü dağıtıcı etkisi de olan üst

yapı elemanlarıdır. Özellikle doğrudan tespitli balastsız hatlarda yükü ve titreşimi karşılamada bağlantı sisteminin vazgeçilmezlerindendir. Ayrıca pedler sinyalizasyon ve kontrol amaçlı hat devresindeki akımı raydan traverse iletmemeli yani çok iyi bir elektriksel yalıtkan olmalıdırlar. Bunun yanında su, kimyasal maddeler, yağ ve tozdan oluşan kirlenmeyle esnekliklerini kaybetmemeli, bağlı sıcaklık ve hava şartlarından etkilenmemelidirler. Pedler bağlantı sisteminin bir parçası olsa da onlardan ayrı incelenmesi gerekir.



Şekil 2.5 : Pedler [4].

2.2.3.1 Pedlerin özellikleri ve görevleri

Pedlerin kullanılabilmesi için aşağıda sıralanan özelliklere sahip olması ve belirtilen görevleri yerine getirmesi beklenir.

Esneklik: Pedler elastik ray bağlantı malzemeleri ile toplam optimum deplasmanı sağlayacak biçimde düşünülmelidir. Bağlantılar boyuna ve yanal yüklere karşı direnirken işletme sıradındaki yük altında ısıl rijitlik yeterli olacak şekilde pedlerin elastikiyeti olmalıdır.

Elektrik yalıtımı: Pedler sinyal amaçlı ve hat devresindeki akımın raylardan traverse iletilmesini engelleyecek şekilde elektriksel yalıtkanlığa sahip olmalıdır.

Yük dağılımı: Pedler ray tabanından traverse iletilen yükün dağılımını sağlamalı ray ve travers yüzeyindeki pürüzleri engelleyen bir elastik tabaka oluşturmalıdır.

Vibrasyon etkisi: Tren geçişi sırasında oluşan titreşimi sönümleyip azaltarak iletmelidir. Özellikle tekerleği kusurlu bir araç geçişinde oluşan titreşimlere karşı iyi bir sönümleyici olmalıdır.

Şöminman direnci: Bağlantı elemanları ile birlikte şöminmana ve burkulma direncine sahip olmalı, zaman ve trafik tonajına bağlı olarak değişmemelidir.

Durabilite: Ömürlerinin en az rayın ömrü kadar olması istenmektedir. İdeal olarak raylarla birlikte değişmi istenmektedir. Japon demiryollarında yüksek hızlı Shinkansen trenlerinin çalıştığı hatta pedlerin 10 yıl sonra elastikiyetlerini %66 oranında kaybettikleri tecrübe edilmiştir[5].

2.2.3.2 Pedlerin ebatları ve malzemeleri

Ped kalınlığı montaja uygun ve özel olarak seçilir. Kalınlık ray tabanı genişliğine, kullanılan elastik bağlantı tipine, travers ve varsa selet ebadına bağlı olarak değişir. Ayrıca trafik tipine de bağlıdır; düşük hızlı, ağır tonajlı trafik hatları veya yüksek hızlı yolcu hatları olmasına göre değişir.

Pedler kauçuk, plastik ve kauçuk bazlı mantar olmak üzere 3 farklı malzemeden yapılmaktadır. Ayrıca pedlere yük altında dinamik yükleri ve titreşimleri karşılaması için hava kabarcıkları, oluklar ve boşluklar verilir.

Fransız demiryolları kauçuk olan pedleri kullanırken Alman demiryolları daha sert plastik pedleri tercih etmektedir[5].

2.2.4 Bağlantı sistemleri

Ray ile traversi birbirine bağlayarak bir arada tutan, birlikte çalışmasını sağlayan elemanların oluşturduğu sistem ray-travers bağlantı sistemi olarak tanımlanmaktadır. Günümüzde Dünyada demiryollarında çok çeşitli bağlantı sistemleri kullanılmaktadır. Gün geçtikçe, beklentiler ve gereksinimler arttıkça bunları karşılayabilmek için bu bağlantı sistemleri geliştirilmekte ve yenileri eklenmektedir.

Genel olarak bağlantı sistemlerinin sağlaması gereken özellikler ve beklenen gereksinimleri aşağıdaki gibi sıralayabiliriz:

- ✓ Ekartmanı korumak, traversteki yanal ray eğimini sürekli sağlamak
- ✓ Raydan traverse gelen yükleri iletmek
- ✓ Travers üzerindeki rayın düşey tutma kuvveti; aşınma durumunda da geçerli olmak üzere bütün yükleme durumlarında yeterli olmak
- ✓ Rayın boyuna hareketini engellemek için yeterli dirence sahip olmak

- ✓ Tren titreşimlerini azaltmak ve sönümlemek
- ✓ Montaj ve bakım kolaylığı sağlamak
- ✓ Özellikle çelik ve betonarme traverslerde raylarla traversler arasındaki elektrik yalıtımını sağlamak
- ✓ Yük geçişinde oluşan deplasmanları sağlamak
- ✓ Elemanlar arasında aşınma ve gerilme birikmesini engellemek
- ✓ Yeterli korozyon direncine sahip olmak
- ✓ Tahribata karşı dayanıklı olmak
- ✓ Maliyeti düşük ve mümkün olduğunca traversle aynı ömre sahip olmak

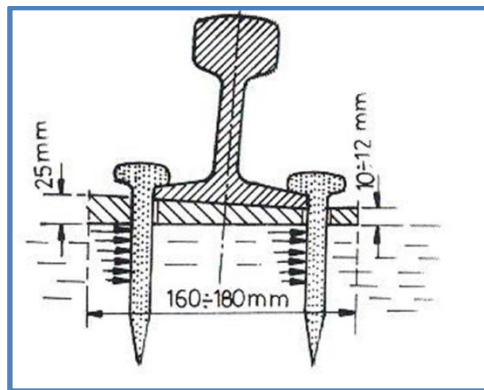
[5],[1]

Bu sistemler rijit sistemler ve elastik sistemler olarak iki ana başlıkta sınıflandırılabilir.

2.2.4.1 Rijit bağlantı sistemleri

Rijit bağlantı sistemleri rayın traverse çivi veya bulon vasıtasıyla sabitlenmesi olarak tanımlanabilir. Rijit sistemler çoğunlukla ahşap ve çelik traverslerde kullanılmışlardır. Seletli ve seletsiz olmak üzere iki şekilde uygulanabilmektedir.

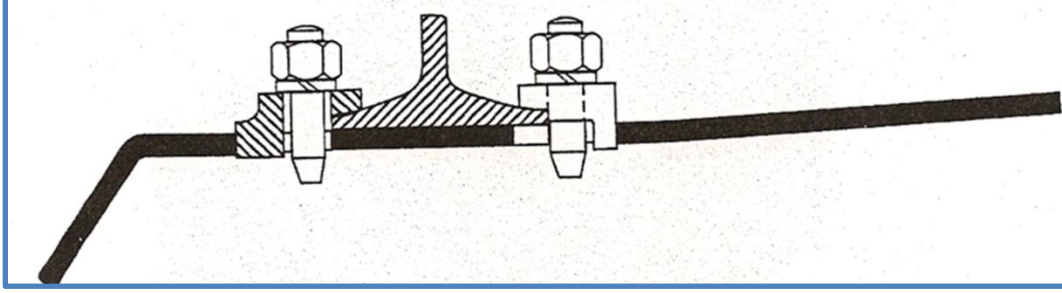
Seletli olan tipte rayla travers arasına; ray tabanının oturduğu döküm demirden imal edilmiş seletler koyulup raylar seletlere ve traverse kranpon çivileri veya tirfonlarla bağlanırlar.



Şekil 2.6 : Seletli tip rijit bağlantı sistemi [3].

Seletsiz olarak uygulanan tipte ise raylar traverslere tirfonlar, bulonlar veya kranpon çivileriyle doğrudan bağlanırlar.

fazladır. Bunu engellemek için rayla travers arasına alt plakalar bir nevi seletler kaynaklanır ancak bu plakaların zamanla gevşemesi olasıdır.

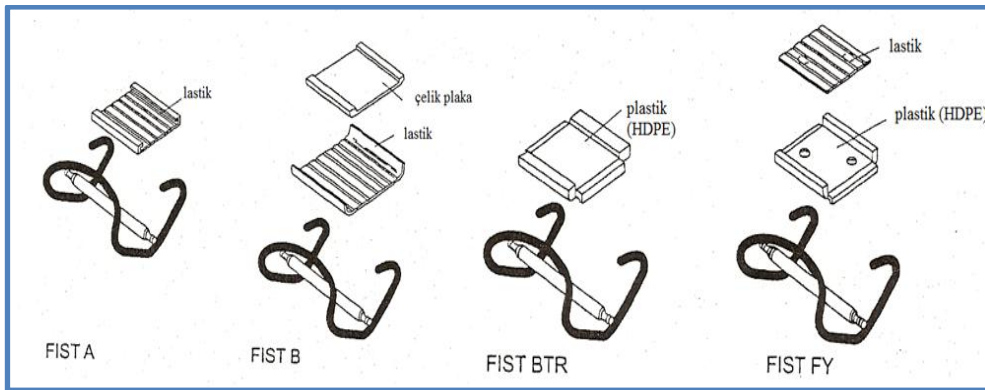


Şekil 2.9 : Çelik traverslerde uygulanan rijit bağlantı sistemi [2].

Betonarme traverslerde kullanılan rijit bağlantı sistemleri

Betonarme traverslerde kullanılan rijit bağlantı sistemi olarak FIST bağlantı sistemini gösterebiliriz. FIST bağlantı sistemi ilk olarak İsveç Demiryollarında kullanılmıştır. Yine Güney Afrika Cumhuriyeti de bu sistemi standart bağlantı olarak kullanmaktadır. Rayla travers arasına doğrudan bağlantı sağlamasının yanında çelikten ya da yüksek yoğunluklu sentetik bir maddeden yapılan bir alt plakanın rayla travers arasına yerleştirilmesiyle de bağlantı sağlanmıştır. Alt plakaların yerleştirilmesine bağlı olarak bu yöntemin birçok çeşidi bulunmaktadır.

Alt plaka olmadan kullanılan tiplerde traverslerde hasar oluştuğu tespit edilmiştir. Alt plakalar konulduğunda hasar nispeten azalmış ancak özellikle dar kurplarda lastik plakaların kayıp betonarme traverslerin yine hasar aldığı görülmüştür. Bu sistem FIST-BTR olarak adlandırılmış, bir lastik veya çelik plakanın daha konulduğu sistem daha kullanılmış olup FIST-FY olarak adlandırılmıştır. Bu sistem, Güney Afrika'da Sihsen-Saldanha hattında kullanılmıştır [6].



Şekil 2.10 : Betonarme traverslerde uygulanan rijit bağlantı sistemlerinden FIST bağlantı sistemi çeşitleri [6].

Rijit bağlantı sistemlerinin dezavantajları

Tren geçişlerinde rayın traverse basmasıyla oluşan yaylanmanın bir kısmı plastiktir; yani yük kalktıktan sonra kalıcı deformasyon oluşur. Bu deformasyon sebebiyle rayla çivi başı arasında bir boşluk oluşur. Araç geçişlerinin sürekli devam ettiğini düşünürsek bahsedilen boşluk artarak bağlantının laçkalaşmasına sebep olur. Bu durum da deraymanlar oluşturabilecek şekilde güvenlik sorunu ortaya çıkarır.

Yine plastik deformasyonların yanısıra yüksek frekanslı vibrasyonlar boşluğun genişlemesine, bağlantının gevşemesine sebep olur.

Özellikle ahşap traverslerde kullanılan rijit bağlantılarda çivilerin traverslerde açtığı delikler genişleyip, traverslerde enine ve boyuna çatlaklar oluşturabilir.

Hattın bakımı sırasında raylar kaldırıldığında çerçeve olarak hareket etmeyip traversler balastın üzerinde kalacağından bakım güçlüğüne dolayısıyla bakım maliyetinin de artmasına sebep olmaktadır.

2.2.4.2 Elastik bağlantı sistemleri

Demiryollarında uzun kaynaklı rayların kullanımının artması özellikle beton traverslerde yüksek elastisiteli ve darbelere karşı dayanımı mutlak gerekliliklerinden biri olan bağlantı sistemi ihtiyacı doğurdu. Bunun sonucunda rijit bağlantıların birçok dezavantajını ortadan kaldıran, daha uzun ömürlü, daha esnek, yüksek hızlara çıkmaya daha uygun olan elastik ray-travers bağlantı sistemleri geliştirildi. Bu elastik sistemler çelik, ahşap ve betonarme traverslerin hepsinde de etkin olarak kullanılabilmektedir.

Bunun yanında elastik ray bağlantı sistemlerinden işletme altındaki hatta yerine getirmesi beklenen bazı görevler vardır. Bunları aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz:

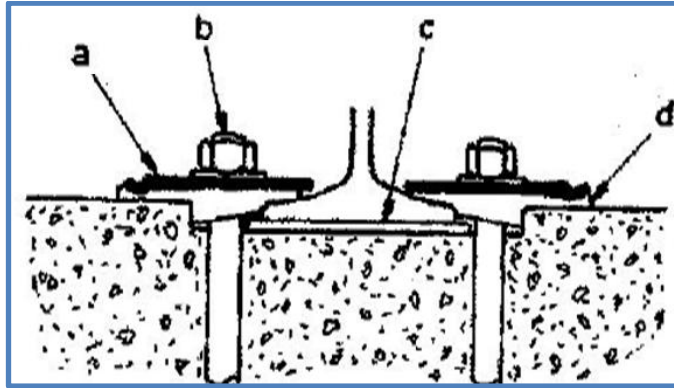
- ✓ Ray ile travers arasındaki bağlantı kuvveti tam olarak stabilize edilmiş balastlı hatta traversin boyuna hareket direnç kuvvetinden daha fazla ve ray-travers kayma direnci sağlayacak miktarda olmalıdır [7]
- ✓ Bağlantının rezonans frekansı rayın rezonans frekansından daha fazla olmalıdır.
- ✓ Uzun süreler yeterli bağlantı kuvvetini sağlayabilmelidirler.
- ✓ Sıkı veya gevşek olduğu kolaylıkla farkedilebilmelidir, kontrol için demontaj vs gerekmemelidir.

- ✓ Kullanılmaya başlandıktan uzun süreler sonra bile elastikiyetleri devam etmelidir.
- ✓ Ray tabanına uygulanan kuvvetin bağlantıdan traverse iletilen kuvvete oranı olan bağlantı etkinliği mümkün olduğu kadar büyük olmalıdır.

Elastik bağlantı sistemlerini civatalı tip ve yaylı tip olarak iki başlıkta incelemek mümkündür.

Civatalı tip elastik bağlantı sistemleri

Civatalı tip elastik bağlantı sistemleri çubuk veya plaka şeklinde olabilen, bir anlamda yay görevi gören bir eleman, bu elemana kuvvet uygulayan somunlu bir eleman, titreşim ve darbeleri sönümleyen, elektrik yalıtımı sağlayan ped ve traverse elektrik akımının ulaşmasını engelleyen izole elemandan oluşur. Bu sistemin bakımı ve değişimi kolay, germe güçleri yüksek olmasına rağmen verimli ve etkili bir şekilde çalışabilmesi için montaj şartlarının iyi olması gerekmektedir. Bu tip bağlantı sistemlerine örnek olarak Nabla, RN, Vossloh vb tipler verilebilir.



Şekil 2.11 : Civatalı tip elastik bağlantı sistemi tipik kesiti [3].

Şekil 2.11’de civatalı tip elastik bağlantı sistemine örnek bir enkesit verilmiş ve sistemin tanımlanan parçaları numaralandırılmıştır. Bu numaralandırmaya göre;

- a: yay görevi gören çubuk veya plaka şeklinde olabilen elmanı,
- b: yay görevi gören a elemanına kuvvet uygulayarak traverse sabitleyen, şekilde somunlu olarak kullanılmış olan elemanı,
- c: ray ile travers arasındaki titreşim ve darbeleri absorbe eden, aynı zamanda yine ray ile travers arasında elektrik yalıtkanlık görevi olan ped elemanını,

d: rayın ve çelik yay elemanının traversle arasındaki elektrik yalıtımını sağlayan izole elemanı göstermektedir.

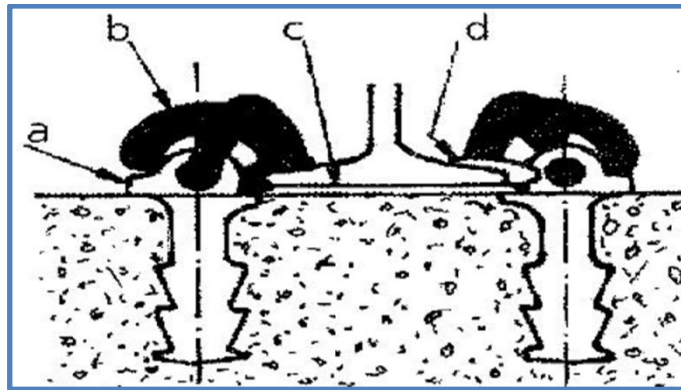


Şekil 2.12 : Nabla bağlantı sistemi kullanılarak döşenmiş ray hattı.

Yaylı tip elastik bağlantı sistemleri

Yaylı tip elastik bağlantı sistemleri ise montaj şartlarından çok fazla etkilenmezler. Kusurları gözle kolaylıkla farkedilebilir ve önemli bir bakım gerektirmezler. Bu tip bağlantı sistemleri traversle birlikte de üretilebilen ankraj elemanları, ray tabanına germe gücü uygulayan yay elemanları, yine cıvatalı tipte olduğu üzere titreşim ve darbeleri sönümleyen, elektrik yalıtımını sağlayan pedler ve traverse elektrik akımının ulaşmasını engelleyen izole elemanlardan oluşur[8].

Bu tip sistemlere örnek olarak Pandrol, Lineloc, Hambo vs bağlantı sistemleri gösterilebilir.



Şekil 2.13 : Yaylı tip elastik bağlantı sistemi tipik kesiti [3].

Şekil 2.13’de yaylı tip elastik bağlasntı sistemi için tipik bir en kesit verilmiş ve bu enkesitten bahsedilen elemanlar numaralandırılmıştır. Bu numaralandırmaya göre:

a: Traverse sabitlenmiş, genellikle traversle birlikte üretilen, doğrudan tespitli sistemlerde yerinde üretilen kiriş betonların içinde imalat sırasında bırakılan ankarajları göstermektedir.

b: Rayın tabanına tutma kuvvetini uygulayan çelik yay elemanını göstermektedir.

c: Civatalı sistemde de olduğu üzere ray tabanı ile travers arasında kullanılan, titreşimi ve darbeleri sönümleyen, rayla travers arasında eleastik bir tabaka oluşturup aynı zamanda elektriksel izolasyonu da sağlayan rayaltı pedini göstermektedir.

d: Ray tabanı ile a ve b parçası arasında, aynı zamanda ray ile travers arasında elektriksel yalıtımı sağlayan izole elemanı göstermektedir.



Şekil 2.14 : Pandrol bağlantı elemanı kullanılarak döşenen ray hattı.

2.2.4.3 Rijit ve elastik bağlantı sistemleri arasındaki farklar

Rijit ve elastik bağlantı sistemleri arasındaki en önemli ve en büyük fark; işletme altında etkiyen yüklerin meydana getirdikleri titreşim ve darbelerin rijit bağlantılar tarafından yeterince absorbe edilememesi, plastik deformasyonların elastik olarak karşılanamaması ve bunun sonucu olarak zamanla bağlantıların laçkalaşarak ortaya güvenlik açıklarının çıkması, aynı zamanda traversin ve atyapının hasar görmesidir.

Ray bağlantı sistemleri rayı daimi olarak sıkıca tutmalıdır. Bununla birlikte hattın yukarı doğru sağlam kalmasını ve yanal stabilitenin tam olmasını sağlamalıdır.

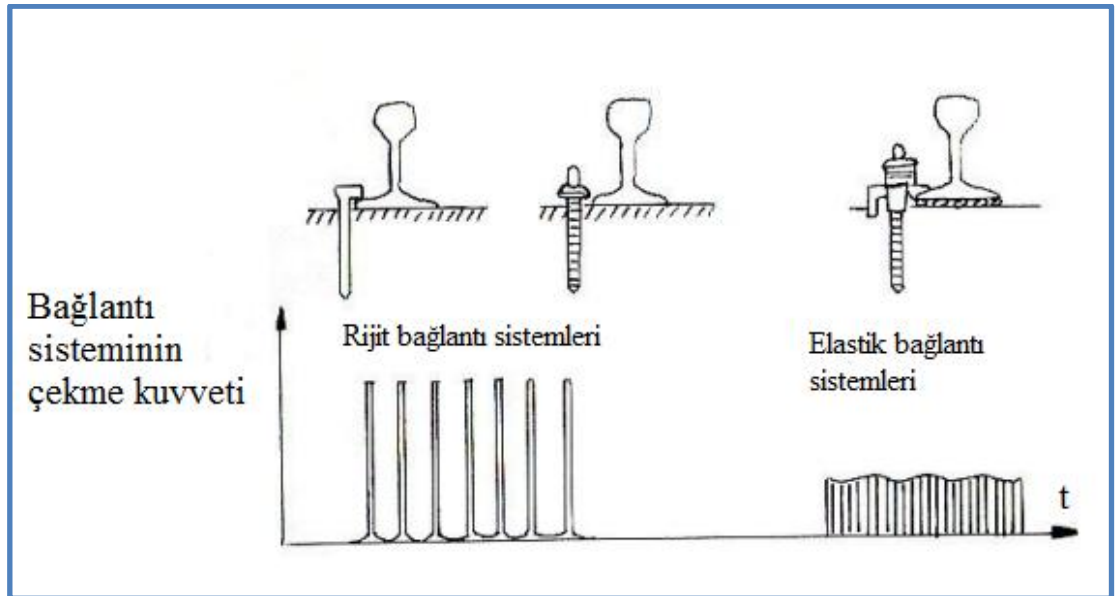
Düşey basıncın elastik olması rayın yukarı hareketini kontrol etmek için ve yüksek kayma dayanımı için gereklidir. Rijit ray bağlantı sistemleri bu gereksinimleri de sağlayamamaktadır.

Zeminin küçük, geçici deformasyonları bile ray tutucularını gevşetir. Zemindeki kalıcı bir şekil değişikliği ise koruyucu kuvveti tamamen ortadan kaldırır ve bunun sonucunda dayanım da kalmaz.

Raydaki eğme kuvvetleri tarafından bağlantı sistemlerine gelen darbeler, vida ya da çivileri gevşetir ve yana doğru iter. Bu yüzden rijit çivi veya vidalı ray bağlantı sistemleri uzun kaynaklı ray kullanımı için uygun değildir.

Rijit bağlantı sistemlerinin yük altındaki davranışları elastik olmadığı için belli periyotlarda bakımı yapılması gerekmektedir. Bunun yanında ray hattındaki diğer bakımlar sırasında çerçeve şeklinde hareket etmedikleri için bakımları zor ve bakım maliyetleri yüksektir.

Rijit ve elastik bağlantı sistemleri arasındaki en büyük farklardan biri de zamana bağlı olarak elastik bağlantı sistemlerinin daha iyi bir yük dağılımı göstermesidir. Bu durum Şekil 2.15’de verilen bağlantı sistemlerindeki kuvvetin zamana bağlı değişimini gösteren grafikte de açıkça görülmektedir.



Şekil 2.15 : Zamanın bir fonksiyonu olarak rijit ve elastik bağlantı sistemlerinde kuvvetin gelişimi [3].

3. RAY BAĞLANTI SİSTEMLERİNE UYGULANAN TESTLERİN İNCELENMESİ

Elastik ray bağlantı sistemleri teknolojinin gelişmesi, demiryollarında yüksek hızlara çıkılmasıyla artık yaygın olarak kullanılmakta ve rijit sistemlerin yerini almaktadır. Bunun yanında gün geçtikçe mevcut sistemler daha da geliştirilmeye çalışılarak mevcut dezavantajlar da ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır.

Bağlantı sistemlerinin önceki bölümde de bahsedildiği üzere sağlaması gereken bazı özellikler vardır. Bu özellikleri sağlayıp sağlamadıkları bir dizi test uygulanarak kontrol edilirler. Testler önce laboratuvar ortamlarında hat üzerindeki etkiyen kuvvetleri ray bağlantı sistemi – travers çerçevesine simule ederek uygulayacak şekilde özel olarak dizayn edilmiş makinelerle uygulanır. Laboratuvar testinden başarılı olarak geçen sistemler daha sonra özel test hatlarına uygulanarak gerçek yüklemeler altında kontrol edilerek performansları test edilir.

Laboratuvar ortamında bağlantı sistemlerine uygulanan testlerin özellikleri, yapılış şekilleri ve alınması gereken minimum veya maksimum değerler CEN (Avrupa Standardizasyon Komitesi) tarafından belirlenip standart haline getirilmişlerdir.

Bağlantı sistemlerinin sistem olarak çalışmasını belirleyen testlerin yanında bir de sistemi oluşturan her bir elemanın ayrı ayrı test edilmesi, malzemesinin ve mukavemetinin uygunluğunun tespit edilmesi sözkonusudur. Bu testler ve alınması gereken maksimum veya minimum sonuçları da UIC tarafından belirlenip standart haline getirilmiştir.

3.1 Bağlantı Sistemlerine Uygulanan Testler

Beklentileri yerine getirebilen bağlantı sistemleri birçok parçadan oluştukları için bu parçaların birarada, sistem olarak çalışmaları, kuvvetle tutunma özelliği ve kullanımdaki aşınma özellikleri laboratuvar da denir. Laboratuvar deneyleri hatta oluşan kuvvetleri ve şartları taklit edebilen makinelerle yapılır.

CEN bu testlerin nasıl yapılacağına dair prosedürü “EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları” Standardında açıklamış, “EN 13481 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Performans Gereksinimleri” isimli Standartta da özellikleri verilen bir hat için seçilmesi gereken maksimum ve minimum değerleri vermiştir.

3.1.1 Boyuna ray direnim testi

Ray bağlantı sistemlerindeki boyuna yükleme ile boyuna yöndeki yerdeğiştirme arasındaki ilişkiyi bilmek sünme, gevşeme, kırık rayın ayrılması, frenleme kuvveti durumlarında faydalıdır. Özellikle maksimum yük önem taşımaktadır.

Bu testin yapılmasındaki amaç :

- a) Bir traverse veya doğrudan tespitli sistemdeki betona; ray bağlantı sistemiyle bağlı olan bir raya uygulanabilecek elastik olmayan yerdeğiştirmeyi oluşturmayacak maksimum boyuna kuvveti belirlemek,
- b) Adhesif bağlantı sistemli örnek bir gömülü rayın verilen bir yerdeğiştirmesindeki boyuna rijitliği belirlemektir.

İlgili test “EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 1: Boyuna Ray Direniminin Belirlenmesi” isimli Standartta tarif edilmiştir. İlgili standart 2012 yılında revize edilerek son halini almıştır.

3.1.1.1 Test

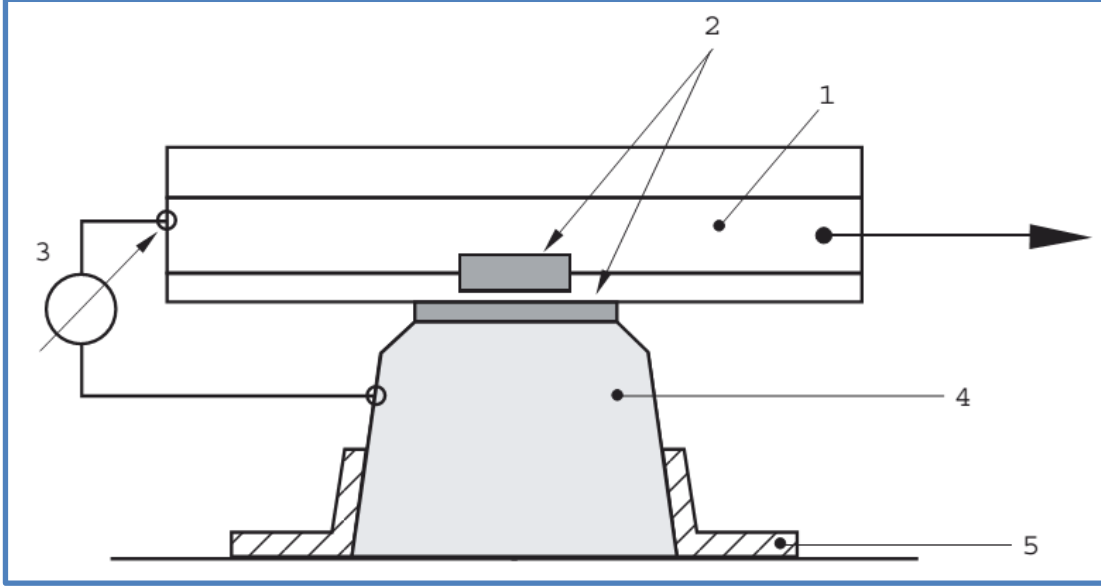
Prensip olarak uygulamayı şu şekilde tarif edebiliriz: Şekil 3.1’deki gibi sabitlenmiş raya boyuna kuvvet çekerek uygulanır. Rayın sabitlendiği yere göre relatif hareketi kaydedilir. Yük ray kaydıgında veya belirlenen boyuna yerdeğiştirme oluştuğunda kaldırılır. Kaydedilen yükün-yerdeğiştirme grafiğinden boyuna ray direnimi veya boyuna rijitlik elde edilir.

Şekil 3.1’de:

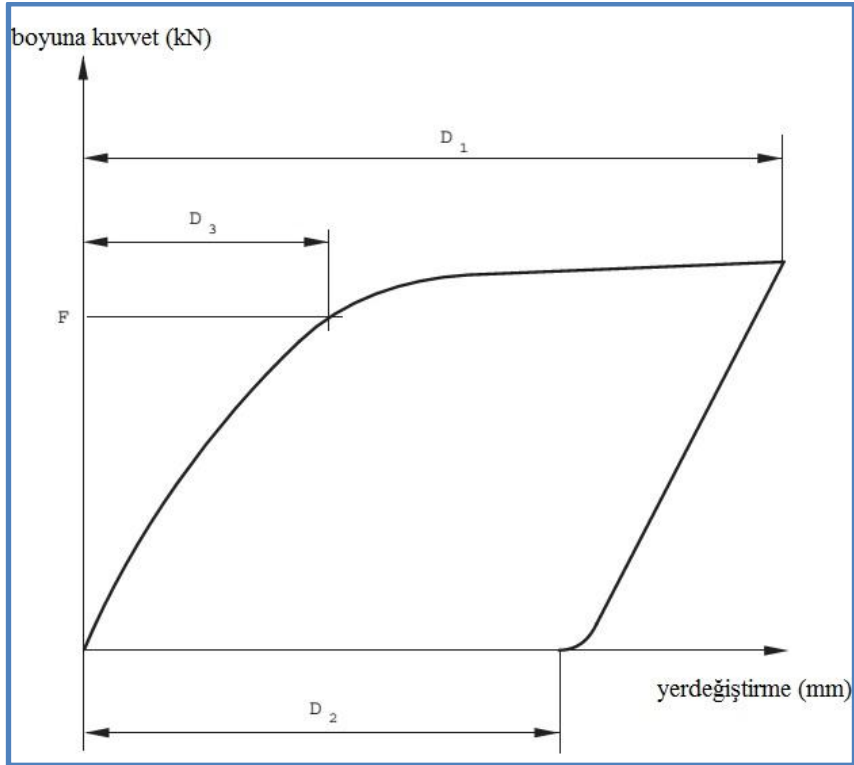
- 1: Testin uygulandığı kısa ray parçasını,
- 2: Ray pedini de içeren ray bağlantı sistemini,
- 3: Yük ve yerdeğiştirmeyi ölçen ve kaydeden ekipmanları,
- 4: Rayın sabitlendiği elemanı (travers, doğrudan tespit elemanı vs)

5: Rayın sabitlendiği elemanı rijit olarak tutup harekete ve dönmeye karşı sınırlandıran elemanı göstermektedir.

Şekil 3.2’de gösterildiği gibi uygulanan yükün rayın yerdeğiştirmesine bağlı grafiği çizilir. Eğer yerdeğiştirme düzensiz ise ortalama yumuşak bir eğri çizilir.



Şekil 3.1 : Boyuna ray direnim testi düzeneği[9].



Şekil 3.2 : Bir yükleme döngüsü için yükleme-yerdeğiştirme diyagramı [9].

D_1 : mm olarak her yükleme döngüsü boyunca rayın maksimum boyuna yerdeğiştirmesi

D_2 : mm olarak yük kaldırıldıktan sonra rayın kalan boyuna yerdeğiştirmesi

D_3 : mm olarak kaymadan önce rayın boyuna elastik yerdeğiştirmesi

F : kN olarak raydaki elastik olmayan yerdeğiştirme olmadan, ortaya çıkan maksimum eksenel yük

F_{max} : kN olarak büyük kaymanın oluştuğu maksimum eksenel yük

Test numuneleri testten önce ve sonra herhangi bir değişiklik olup olmadığına dair görsel olarak kontrol edilmelidir.

3.1.2 Burulma dayanımı (direnimi) testi

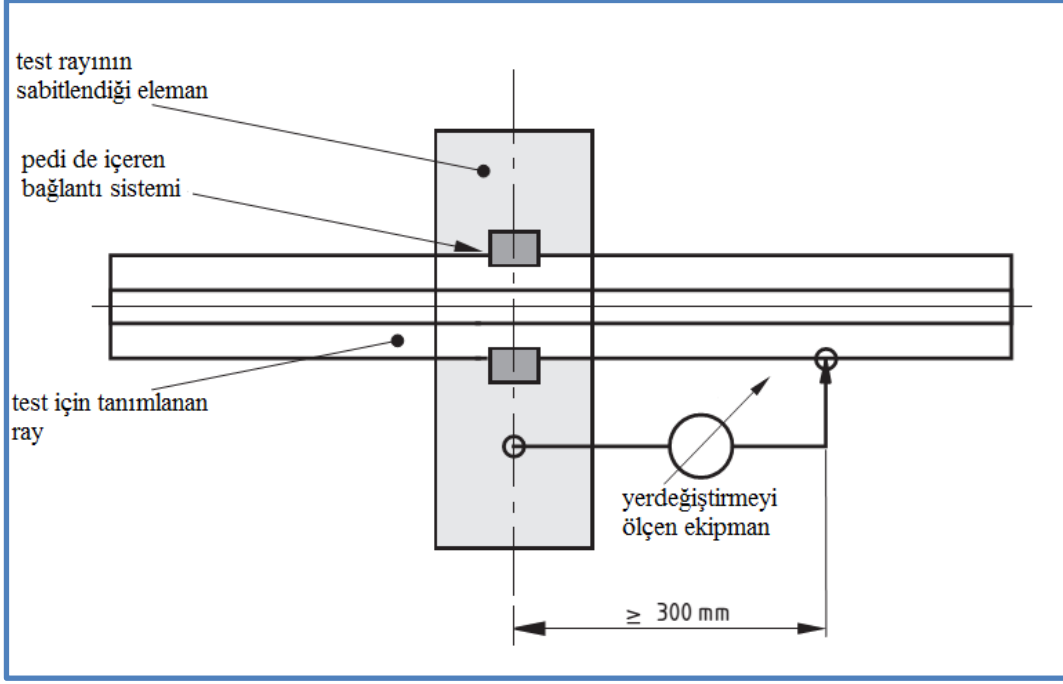
Bu test gömülü raylar için uygulanabilir değildir. İlgili test “EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 2: Burulma Dayanımının Belirlenmesi” isimli standartta tarif edilmiştir. Bu standart bir bağlantı sistemiyle traverse güvenli bir şekilde bağlanmış bir rayı; ray tabanına paralel düzlemde 1° döndürmek için gerekli momenti belirleyen laboratuvar test prosedürünü belirlemektedir. Elde edilen değer hat stabilitesini bulmak için yapılan hesaplamalarda kullanılabilir.

3.1.2.1 Test

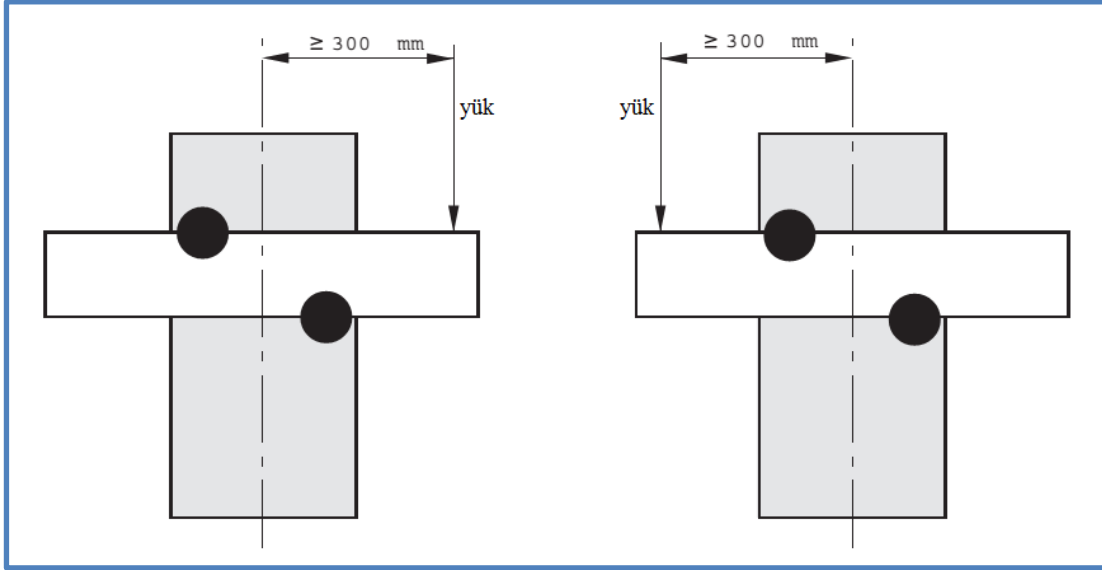
Bir travers rijit yatay bir zemine yatayda hareket etmeyecek şekilde sabitlenir. Hatta olduğu şekliyle tüm bileşenlerini içeren bağlantı sistemi kullanılarak, kısa ray parçası da hareketi sınırlandırılmış ray oturağına tespitlenir. Bu rayın tabanına çaprazlama olarak yük uygulanır. Rayın traverse göre bağıl hareketi kaydedilir. Ray minimum 1,5° dönene kadar yük arttırılır. 1° yerdeğiştirmeye sebep olan moment daha sonra yükün momenti-yerdeğiştirme diyagramından belirlenir.

Aynı hizadaki ray bağlantı elemanlı test düzeneği şekil 3.3’de verilmiştir.

Eğer bağlantı sistemi rayın sabitlendiği elemanın ortasından dengelenirse, şekil 3.4’de gösterilen aynı montajlı her düzenek üzerinde iki test uygulanır. Yükn momenti – rayın açısai yerdeğiştirme grafiği her yükleme döngüsü için çizilir.



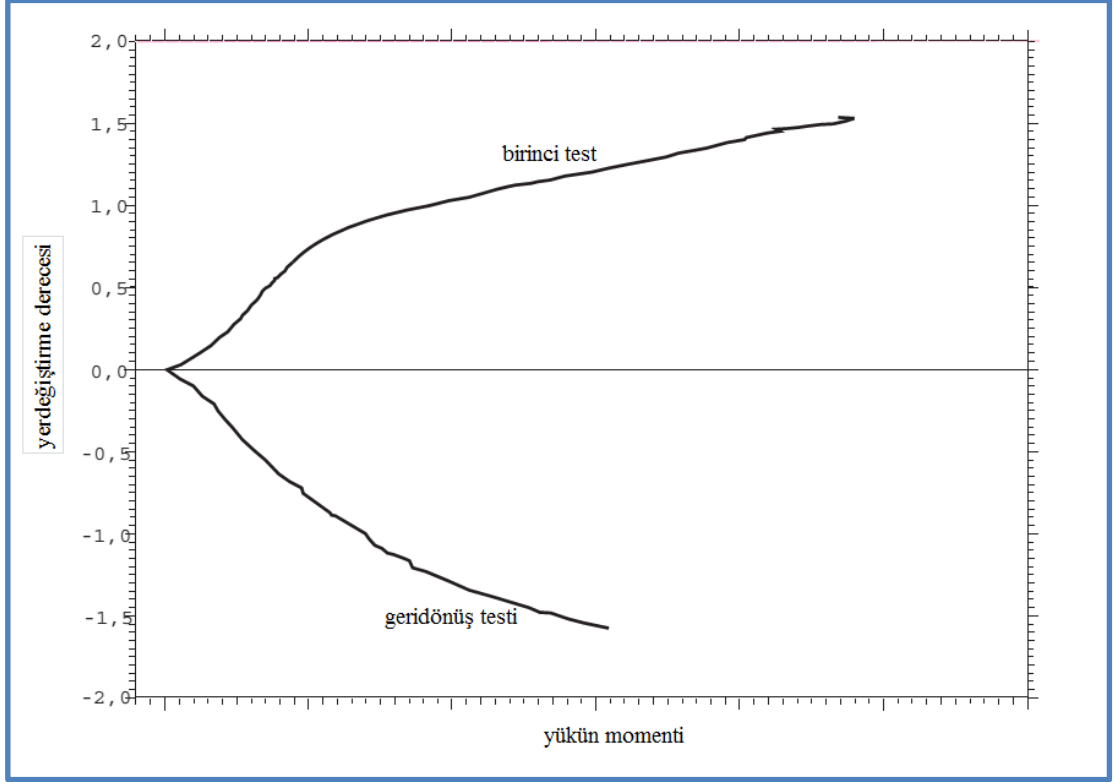
Şekil 3.3 : Aynı hizadaki bağlantı elemanlı test düzeneği [10].



Şekil 3.4 : Bağlantı sistemiyle karşılıklı dengelenen test düzeneği [10].

Yükün momenti – yer değiştirme grafiği

Tipik yükün momenti–yer değiştirme grafiği Şekil 3.5’de gösterilmiştir. Hat stabilitesi için gerekli olan bilgiler bu gibi grafiklerden alınabilir. Grafikte yükün momentine karşı rayın açısall yer değiştirmesi gösterilmiştir.



Şekil 3.5 : Rayın açısai yerdeğiştirmesi – yükün momenti grafiği [10].

3.1.3 Darbe yüklerini sönümleme testi

Bir traverse bağlantı sistemiyle tespitlenmiş raya darbe uygulayarak demiryolu hattındaki trafikten kaynaklanan darbe yüklerini simule eden ve traverslerde oluşan gerilmeleri ölçmek için yapılan testtir. Betonarme traverslerdeki darbe yüklerinin farklı pedler tarafından sönümlenmesinin karşılaştırılması için kullanılır. Bu test sadece balastlı hat için uygulanabilir ve tam bağlantı sistemi montajına uygulanır.

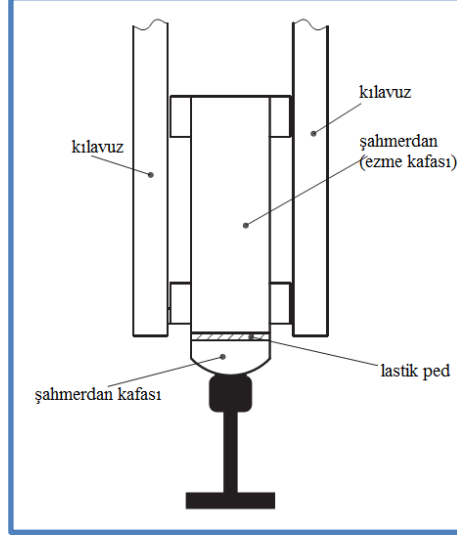
İlgili test “EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 3: Darbe Yüklerinin Sönümlenmesinin Belirlenmesi” isimli standartta tarif edilmiştir.

3.1.3.1 Prensip

Bir darbe yükü bağlantı sistemiyle bir beton traverse bağlanmış raya bir kütle düşürülerek uygulanır. Darbenin etkisi beton traversdeki gerilme olarak ölçülür. Bir bağlantı sisteminin darbe sönümlemesi; bağlantı sistemindeki düşük sönümlemeli referans ray pedinin ve bağlantı sistemindeki test pedinin karşıladığı gerilmelerin karşılaştırılmasıyla belirlenir.

Önyükleme ekipmanı

Toplam efektif rijitliği 2MN/m'den az, raya 50 kN düşey önyükleme uygulayabilen yay grubudur.



Şekil 3.7 : Tipik düşüş kütlesi[11].

Test pedi kullanılan 3 darbe ölçümü için a'nın ortalama değeri %5'e yuvarlanıp sonuç olarak raporlanmalıdır.

3.1.4 Tekrarlı yükün etkisi testi

Demiryolu hattındaki trafiğin sebep olduğu yerdeğiştirmelerin, temsili tekrarlı yerdeğiştirme döngüsü uygulanması için yapılan testtir. Doğrudan tespitli sistemlerin uzun dönem performansının belirlenmesi için kullanılır.

Prosedür traversteki, mesnetteki ve betona tespitli hattaki yüzeye monteli raya ve gömülü raya uygulanabilir.

Test prosedürü tam bağlantı sistemi montajı içindir.

İlgili test "EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 4: Tekrarlı Yükün Etkisi" isimli standartta tarif edilmiştir.

3.1.4.1 Semboller ve kısaltmalar

α : Yük eksen ve rayların çalışan yüzeyine dik olan eksen arasındaki açının derece olarak değeridir.

F: Elastik olmayan yerdeğiştirme olmaksızın raydaki maksimum boyuna eksenel yükün kN cinsinden değeri

F_{SAmax} : Montajın statik rijitliğinin ölçümünde, montaja uygulanan yük. (kN)

L: Şekil 3.8’de gösterildiği gibi tekerlek tarafından ray kafasına iletilen kuvvetin yatay bileşeni (kN)

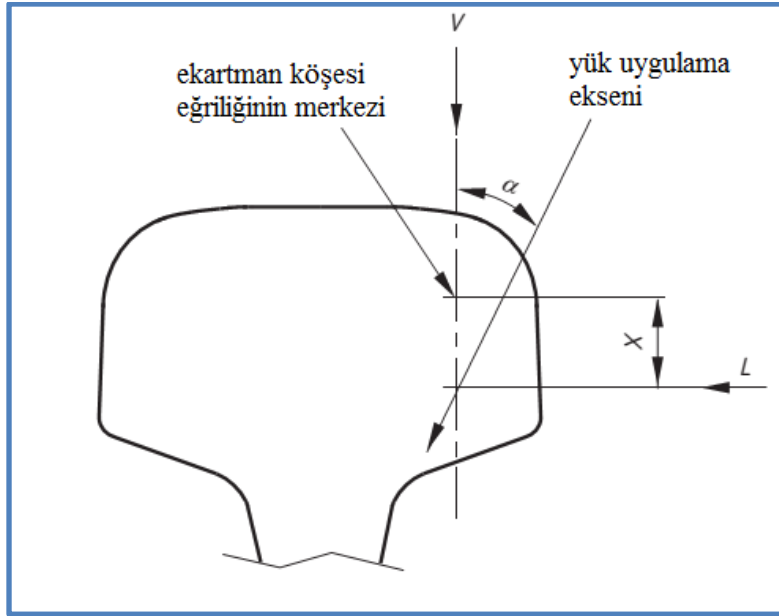
P_L : Rayın çalışan yüzeyine paralel olan kuvvet bileşeni (kN)

P_V : Rayın çalışan yüzeyine dik olan kuvvet bileşeni (kN)

V: Şekil 3.8’de gösterildiği gibi tekerlek tarafından ray kafasına iletilen kuvvetin yatay bileşeni (kN)

X: Şekil 3.8’de gösterildiği gibi ray kafasının ekartman köşesinin eğrilik merkezinin altında P_L ’nin uygulandığı eksenin pozisyonu (mm)

NOT: $\frac{L}{V} = \frac{P_L}{P_V} = \tan \alpha$



Şekil 3.8 : Yük uygulama pozisyonu [12].

3.1.4.2 Prensip

Ray kafasındaki önceden belirlenmiş yük doğrultusunda ve pozisyonunda tekil bir aktüatör tarafından sabit bir genlikte döngüsel kuvvet uygulanır. Bağlantı sistemi montajının test edildiği hat için kurp durumu, aks yükleri ve bağlantı sistemi montajının düşey rijitliğinden uygulama doğrultusu, pozisyonu ve yükü belirlenmelidir.

Performans; tutma kuvveti, boyuna ray direnimi, düşey rijitlik, ray pozisyonundaki değişimler ve test boyunca bileşenlerdeki görsel kontrollere göre belirlenir.

3.1.4.3 Aparatlar

Yük uygulama kafası

Ray kafasına bağlı olarak gerekli pozisyonda bir raya uygulanan kuvveti iletebilme yeteneğine sahip, rayla temasta olan bir kafadır.

3.1.4.4 Bir ray için prosedür

Genel

Aşağıdaki prosedür bir ray bir traversin veya yarım traversin bir ucuna sabitlendiği durumdaki test için kullanılır. İki ray kullanıldığında bu prosedür uygulanmaz.

Test dizisi aynı hizada ve karşı hizadaki bağlantılara uygun olarak numune düzeneğe şu test sırasıyla uygulanır: Tutma kuvveti, boyuna ray direnci, bağlantı düzeneğinin düşey statik rijitliği, döngüsel yükleme, bağlantı düzeneğinin düşey statik rijitliği, boyuna ray direnci, tutma kuvveti testleri. Test dizisi boyunca hiçbir şekilde sistem düzeneğinde ayarlama, yeniden sıkma veya modifiye etme yapılmaz.

Testin hazırlanması

Aynı hizadaki bağlantı sistemi

Bu şekildeki bağlantı sistemi; kısa bir ray ray oturağına hatta olduğu gibi tüm bileşenleri ile aynı hizada bağlanmıştır.

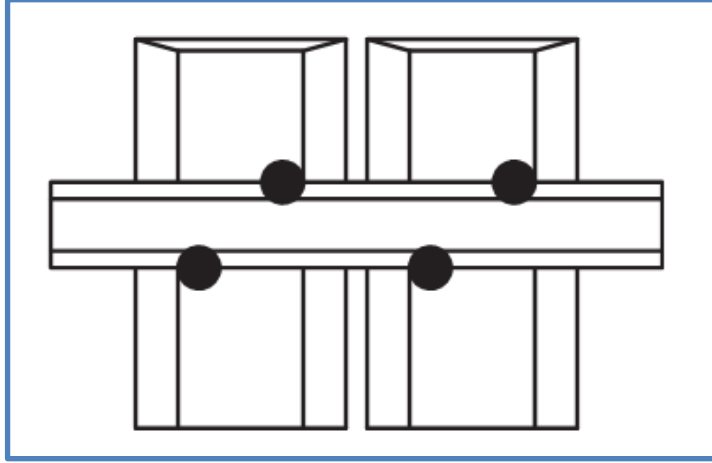
Karşılıklı hizadaki bağlantı sistemi

Eğer bağlantı sistemi simetrik değilse, test kurulumu test boyunca stabil kalmayabilir. Bu durumda kısa ray parçası her komşu travers veya yarım travers üzerindeki ray oturağına şekilde görüldüğü gibi tespitlenir. Simetrik olmayan bağlantı sistemli betona tespitli hatlarda iki ray oturaklı bir beton kesit kullanılır. Şekil 3.9’de ilgili düzenek gösterilmiştir.

Tutma kuvveti

Montajın tutma kuvveti EN 13146-7:2012 standardındaki prosedüre uygun olarak belirlenir. Eğer test dolaylı bağlantı sistemli iki ray oturağına uygulanıyorsa düşey kuvvet direkt olarak diğer ray oturağındaki selet ankrajları kısmen bağlı değilken sırayla her ray oturağının merkez doğrultusu üzerinde uygulanır.

Tutma kuvveti iki ray oturağı için ölçülen değerlerin ortalaması olarak belirlenir.



Şekil 3.9 : Karşılıklı hizada bağlantı sistemli test traversinin düzenlenmesi [12].

Boyuna ray direnimi

Boyuna ray direnmi veya boyuna rijitlik uygun görülen şekliyle EN 13146-1:2012'deki prosedür kullanılarak belirlenir.

Boyuna ray direnimi (F) = (ölçülen değer) / 2 kN

Çekme yükü uygulanmış raya önce ve sonra tekrarlı yük testi aynı yönde uygulanacaktır.

Bağlantı sistemi montajının düşey statik rijitliği

Bir ray oturağı için EN13146-9:2009, bölüm 7.1.4'deki prosedür uygulanır. Eğer numuneler iki ray oturağı içeriyorsa uygulanan yük $2F_{SAmax}$ ve yük oranı (240 ± 20) kN/dk olacaktır. Bu bir yük çerçevesine uygulanır böylece iki ray oturağı arasına eşit olarak yayılmış olur. Uygulanan kuvvet 1 kN'dan $1,6 F_{SAmax}$ 'a arttırıldığında EN13146-9:2009'daki 7.1.4'deki eşitlikten düşey rijitlik hesaplanır.

Döngüsel yükleme

A ve x değerleri EN13481-2:2012, EN13481-3:2010, EN13481-4:2012, EN13481-5:2012, EN13481-7:2012'de uygun görüldüğü şekliyle verilecektir.

Test düzeneği Şekil 3.10'da veya yeri geldiğinde Şekil 3.11'de olduğu gibi test numunesinin tabanı rijit bir yüzey üzerinde kontrplak, alçı levha veya diğer uygun numuneyle destek arasındaki bir madde tabakasıyla desteklenerek ayarlanır. Test

numunesinin boyuna veya enine hareketini engellemek için durdurucular rijit desteklere tespitlenmelidir.

Ray tabanında herhangi bir modifikasyon yapılmadan Şekil 3.12’de gösterilen yük uygulama düzeneklerinden biri kullanılır.

Yük uygulama desteği rayın boyuna eksenine paralel olarak (100 ± 10) mm’lik genişliğe sahip olmalıdır. Gömülü ray bağlantı sistemi test edildiğinde modifiye edilmemiş ray kesiti kullanılmalıdır.

Eğer iki komşu ray oturağı test altındaysa, yükün uygulama noktası iki ray oturağındaki yükü dengelemek amacıyla seçilmelidir.

Montajın dinamik rijitliği EN13146-9:2009’daki gibi ölçülür. Maksimum yük $(P_V \cos \alpha)$ kN ray ebadına, aks yüküne, eğrilik yarıçapına ve ped rijitliğine uygun olacak şekilde EN13481-2:2012, EN13481-3:2012, EN13481-4:2012, EN13481-5:2012, EN13481-7:2012’den seçilir.

Montaj tekil ray oturağı için 100 kN/dk’lık oranı aşmayacak şekilde maksimum yük ± 1 kN’a kadar, eğer komşu iki ray oturağı test ediliyorsa 200 kN/dk’lık oranı aşmayacak şekilde (2.maksimum yük ± 2) kN’a kadar yavaşça yüklenir. Sonra yük kaldırılır ve ilk döngüde olduğu gibi; aynı oranda 10 kez daha yüklenir. Son üç döngü boyunca bileşke kuvvet maksimum yükte $(\alpha \pm 0,5)^\circ$ ve $(X \pm 1)$ mm toleransı içerisinde olmalıdır.

Test numunesine tekil ray oturağı için (5 ± 1) kN’luk , iki ray oturağı için (10 ± 2) kN’luk minimum yükten maksimum yüke kadar değişen bir yük (4 ± 1) Hz frekansta ve 3.10^6 döngü için uygulanır. En az bir yükleme döngüsü için Şekil 3.13’de gösterilen her ölçüm noktasında rayın traverse veya diğer desteğe bağımlı olarak dinamik yerdeğiştirmesi ilk 1000 döngü içinde ölçülür. 3.10^6 döngü sonrasında rayın yerdeğiştirme ölçümleri tekrarlanır. Aradaki yerdeğiştirme ölçümleri belki bilgi amaçlı yapılabilir.

Bu test boyunca herhangi bir bileşenin sıcaklığı 50°C ’yi geçmemelidir. Fanla soğutma, (4 ± 1) Hz içinde kalacak şekilde frekansta çok az bir düşüş veya yüklemede geçici durma aşırı ısınmadan kaçınmak için kullanılabilir.

Şekil 3.10’daki rakamların temsil ettiği anlamlar aşağıda verilmiştir:

1: Travers veya yarım travers

2: Gerekli kesitte kısa ray parçası

3: uygun pedli bağlantı sistemi montajı

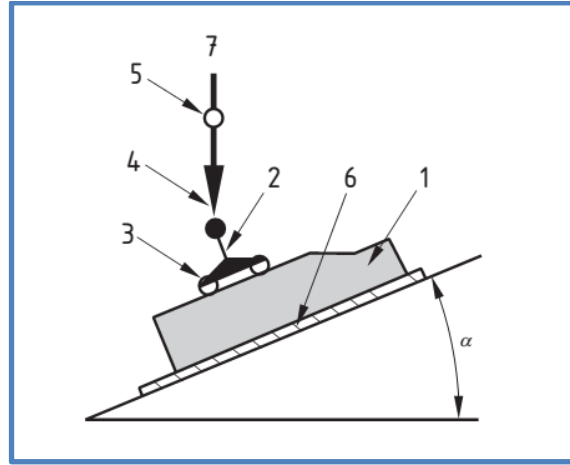
4: rayın yükleme altında serbest dönmesine izin veren yükleme mekanizması, pivot

5: pivottan 0,4 m uzunluklu raya minimum dayanak uzunluklu aktüatörün altında veya üstündeki serbest pivot

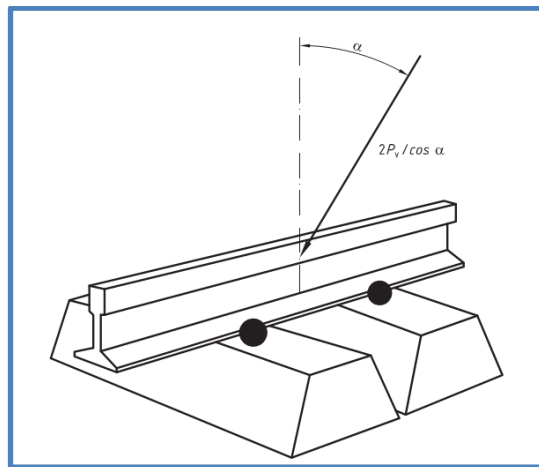
6: rijit dayanak üzerinde kırışabilir veya uygun malzemeden tabaka (ör: alçıpan levha)

7: uygulanan yük ($P_V \cos \alpha$)

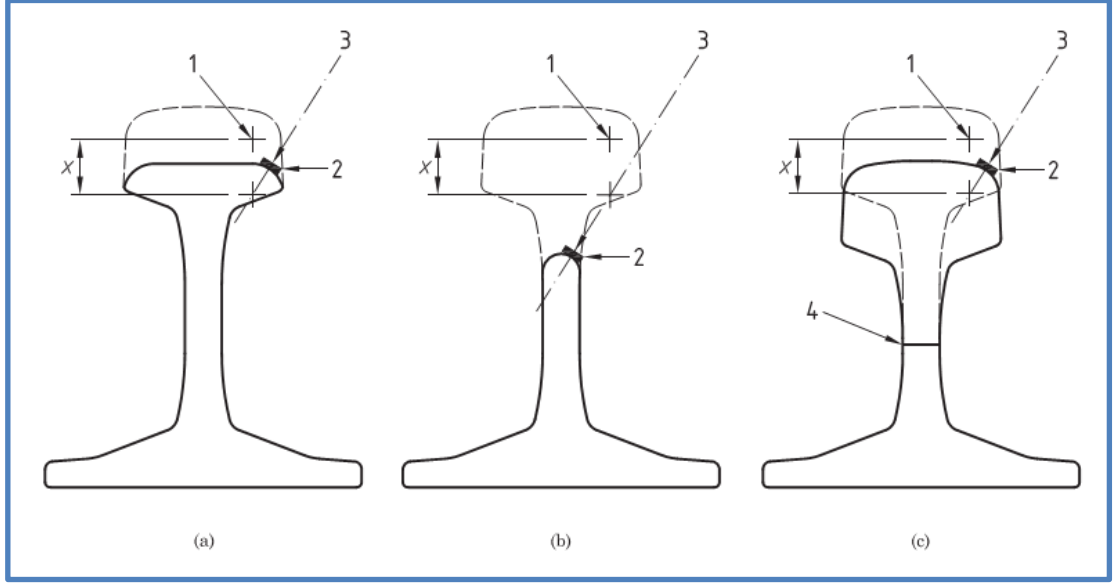
NOT: Stabilite garantisi için pivot sayısı ray kafasında bir tane ve diğer pivot olmak üzere sınırlandırılmalıdır.



Şekil 3.10 : Bir ray kullanılan test düzeneği[12].



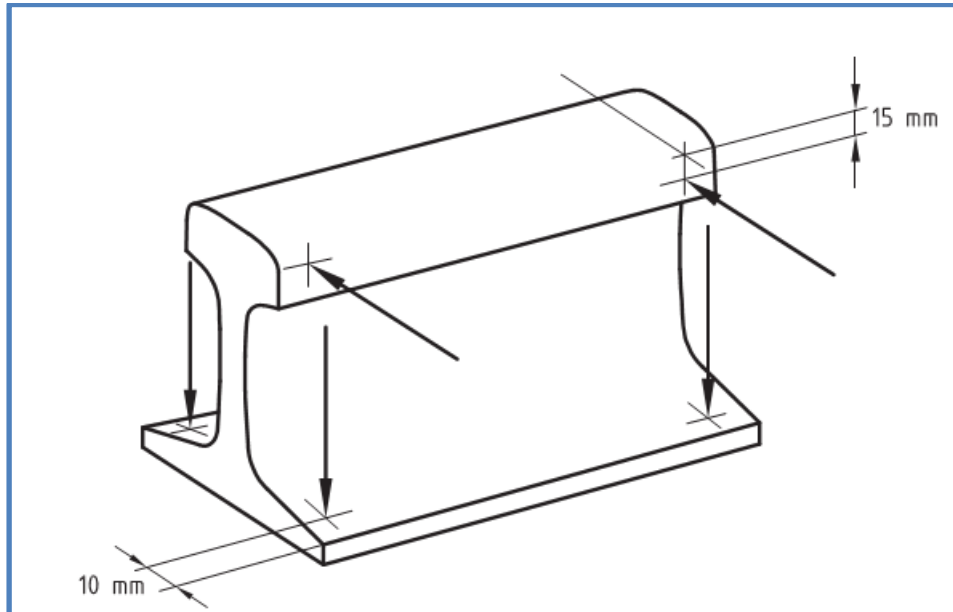
Şekil 3.11 : Karşılıklı ray bağlantı sistemi için bir raya iki ray oturağı kullanılan test düzeneği [12].



Şekil 3.12 : Yük uygulama düzenekleri [12].

Şekil 3.12'deki rakamların temsil ettiği anlamlar aşağıda verilmiştir:

- 1: Ekartman köşesi yarıçapının merkezi
- 2: Yukarıda tanımlanan dayanak
- 3: Yük uygulama doğrultusu
- 4: Atılan gövde parçası



Şekil 3.13 : Yerdeğiştirme ölçüm noktaları[12].

Tekrar testi

Düşey statik rijitlik, boyuna ray direnimi ve tutma kuvveti bu dizide tekrarlanmalıdır.

Son gözlem

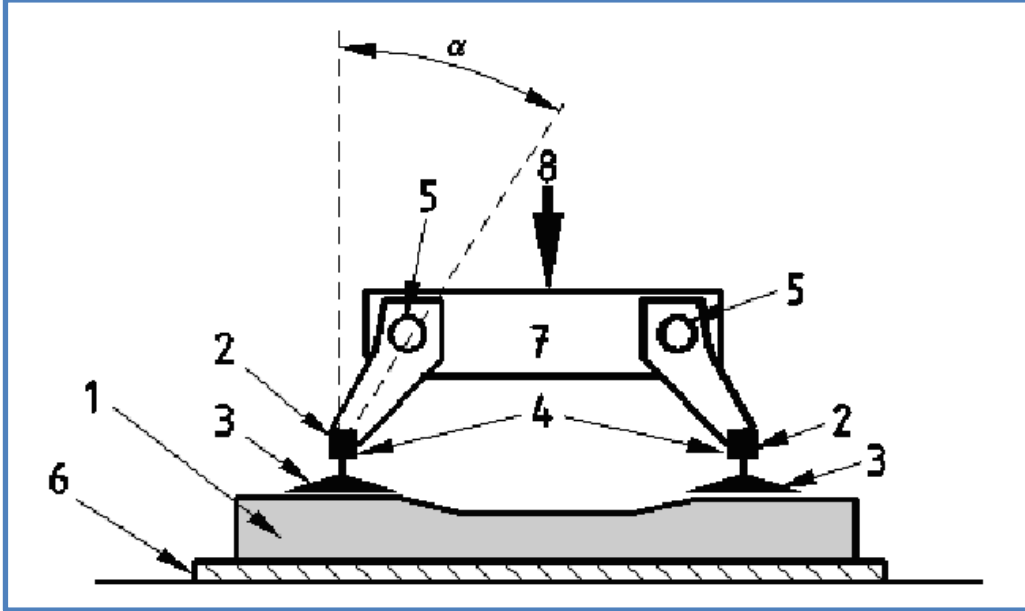
Test bağlantı sistemi montajı parçalarına ayrılarak ve bileşenler kırık, çatlak, aşınma ve kalıcı deformasyona karşı görsel olarak incelenerek tamamlanır.

3.1.4.5 Alternatif test prosedürü

Bu prosedür bir veya iki traversteki her ray oturağının kullanılmasını kapsamaktadır. Aparatlar ve ekipmanlar diğerindekiyle aynıdır.

Yükleme çerçevesi

Gerekli yük doğrultusunda bir traversin her oturağına bağlanmış raylar arasında uygulanan yükü eşit olarak dağıtabilen bir yük çerçevesidir. Tipik bir düzenek Şekil 3.14’de gösterilmiştir.



Şekil 3.14 : İki ray kullanılan test düzeneği [12].

Şekil 3.14’de rakamların temsil ettiği anlamlar aşağıda verilmiştir:

- 1: Travers
- 2: Gerekli kesitte kısa ray parçası
- 3: Uygun pedli bağlantı sistemi montajı
- 4: Rayın yük altında serbest dönmesine izin veren yükleme mekanizması
- 5: Pivottan 0,4 m uzunluklu raya minimum dayanak uzunluklu aktüatörün altında veya üstündeki serbest pivot

6: Rijit dayanak üzerinde kırışabilir veya uygun malzemeden tabaka (ör: alçıpan levha)

7: Uygun hat açıklığı için giriş uzunluğu

8: Uygulama yükü $2.P_V$

NOT: Stabilité garantisi için pivot sayısı ray kafasında bir tane ve diğer pivot olmak üzere sınırlandırılmalıdır.

Prosedür

Tüm prosedür, hazırlıklar ve test uygulaması diğer metod ile aynıdır. Ancak döngüsel yükleme aşağıdaki gibi yapılır.

Şekil 3.18’de gösterilen test düzeneği ayarlanır ve diğer metottaki prosedür izlenir. Test montajı eğer tekil travers kullanılmışsa $4.P_V$ maksimum yüke maruz bırakılır. Maksimum yükleme oranı tekil travers için 200 kN/dk’lık, travers çifti için 400 kN/dk’lık maksimum yükleme oranında olmalıdır. Sonrasında tekrar testleri ve son incelemeler diğer metodda olduğu gibi yapılır.

3.1.5 Elektriksel direncin belirlenmesi testi

Bu laboratuvar testi ıslak durumda bir bağlantı sistemi tarafından çelik travers, betonarme travers, mesnet veya betona tespitli hat elemanına bağlanan çalışan raylar arasındaki elektriksel direnci belirlemek amacıyla yapılmaktadır.

Gömülü raylara da uygulanabilir.

Bu test prosedürü tam bağlantı sistemi montajı için uygulanır ve cer akımıyla değil sinyal akımıyla ilgilidir. Referans prosedür ve alternatif prosedür içerir.

İlgili test “EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 5: Elektriksel Direncin Belirlenmesi” isimli standartta tarif edilmiştir.

3.1.5.1 Semboller ve kısaltmalar

R_γ : Ω olarak her test için ölçülen direnç

R: Ω olarak test sonuçlarının aritmetik ortalaması

γ : mS/m olarak kullanılan suyun iletkenliği

3.1.5.2 Prensip

Kontrollü oranda tüm desteklere ve bağlantı sistemine su püskürtülmüşken desteğe bağlanmış iki kısa ray arasındaki elektriksel direnç ölçülür.

3.1.5.3 Aparatlar

Su

EN 27888'e göre ölçülmüş ve (50 ± 5) mS/m iletkenlikli püskürtme anında 25°C'ye ayarlanmış içme suyu kaynağıdır.

Püskürtme ekipmanı

Raylara paralel ilerleyebilen düzenek 4 püskürtme nozulunun Şekil 3.15'de gösterildiği gibi birleşmesinden oluşmuştur..

Elektrik kaynağı

(30 ± 3) V RMS ve (50 ± 15) Hz'lik alternatif akım kaynağı olmalıdır.

3.1.5.4 Prosedür (referans metodu)

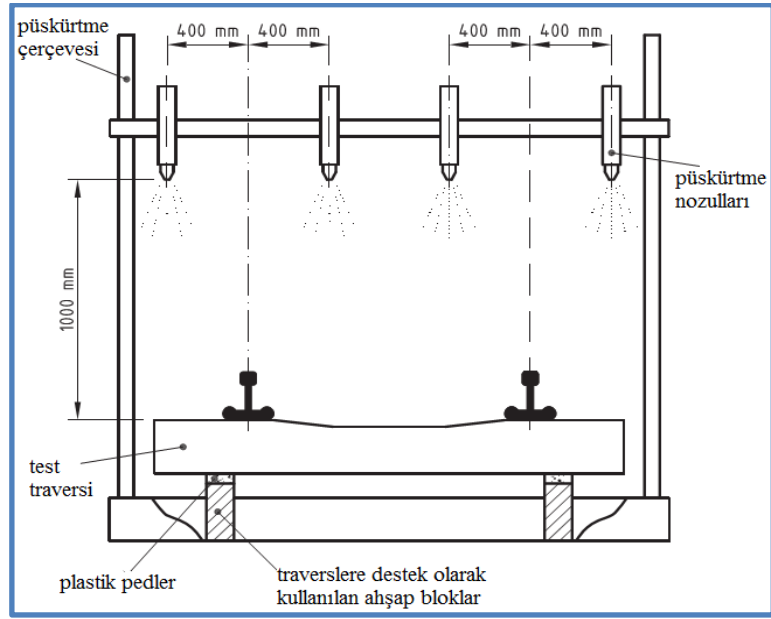
Test örtü altında, yağmurdan korunarak ve 15-30°C hava sıcaklığına sahip havalandırılmış bir odada uygulanmalıdır. Raylar hatta montajlandığı gibi bir traverse tüm bağlantı sistemi bileşenleri kullanılarak tutturulur. Traversi yüzeyi kuru olacak şekilde, kalınlığı 50 mm'den az olmayan, elektrik iletkenliği olan iki blok üzerinde destekler.

NOT: Uygun destekler izolasyonu sağlayacak uygun pedler eklenmiş ahşap bloklardır.

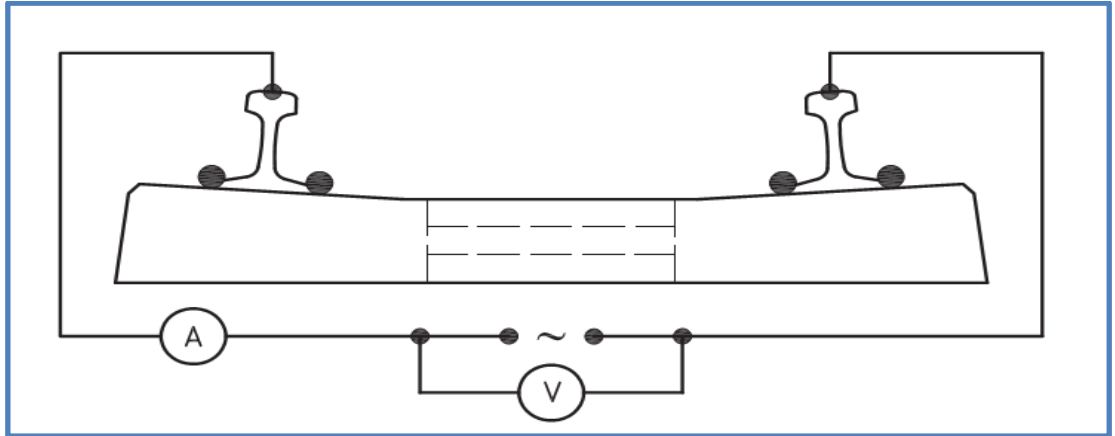
Ölçme enstrümanları Şekil 3.16'daki gibi kurulur ve elektrik kaynağına bağlanır. Püskürtme ekipmanı traversin üzerinde hareket ettirilir ve pozisyonunda sabitlenir. İki dakika boyunca her nozuldan (7 ± 1) lt/dk'lık oranında ve 10-20°C arasındaki sıcaklıkta suyla püskürtme yapılır. Püskürtme boyunca ve püskürtme sona erdikten sonra 10 dk'dan az olmayacak şekilde voltaj ve akım kaydedilir.

Test iki benzer numune üzerinde iki kez daha tekrarlanır. Eğer bir numune önceki testte de kullanılmışsa 120 saatten az olmayacak veya yüzeyi kuruyacak kadar süre geçene kadar testler arasında beklenir.

Tipik direnç-zaman grafiği Şekil 3.17’de verilmiştir.



Şekil 3.15 : Test düzeneği [13].



Şekil 3.16 : Akım ölçümü[13].

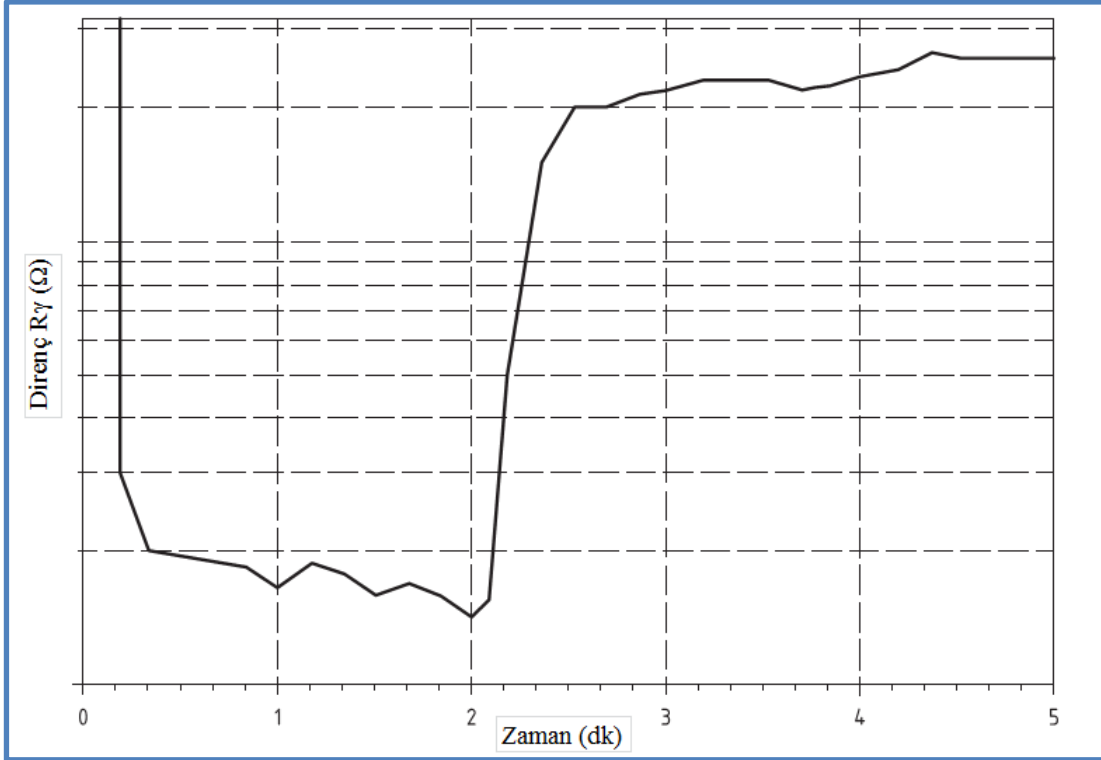
3.1.5.5 Prosedür (alternatif metod)

Referans metoddaki yukarıda anlatılan prosedür izlenir. Tekil travers üzerindeki test tamamlandığında travers en az 120 saat kurumaya bırakılır. Daha sonra prosedür tekrarlanır. İkinci testten sonra travers an az 120 saat kurumaya bırakılır ve prosedür tekrarlanır.

3.1.5.6 Hesaplamalar

Her test için minimum direnç R_{γ} , direnç-zaman grafiğinden bulunur.

Test sonucu R ; elde edilen üç R_γ değerinin aritmetik ortalamasıdır. Şekil 3.17 yukarıda bahsedilen tipik direnç-zaman grafiğini göstermektedir.



Şekil 3.17 : Tipik direnç-zaman grafiği [13].

3.1.6 Şiddetli çevre şartlarının etkisinin ölçülmesi testi

Bu laboratuvar testi bağlantı sisteminin şiddetli çevre şartlarının etkisine maruz bırakılmasının etkisini bulmak için yapılmaktadır.

Bu test mekanik bağlantı sistemli gömülü ray montajını da içeren bütün bağlantı sistemlerine uygulanabilir.

İlgili test “EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 6: Şiddetli Çevre Şartlarının Etkileri” isimli standartta tarif edilmiştir.

3.1.6.1 Prensip

Bağlantı sistemi montajının tamamı bir tuz püskürtmesine maruz bırakılır ve kolay sökülüp takılma durumu, ayrı ayrı bileşenlerinin durumu kaydedilir.

3.1.6.2 Aparatlar

Tuz püskürtme aparatı

Doğal tuz püskürtme testi (NSS: natural salt spray) için EN ISO 9227'ye uygun olmalıdır.

Aletler

Manuel kullanılan aletler genellikle bağlantı sistemi montajına tutturma aletlerinin kurulması ve çıkarılması için kullanılmıştır.

3.1.6.3 Prosedür

Görsel muayene yapılır ve her bileşenin durumu kaydedilir. Daha sonra ray travers kesitine veya selete bağlantı sisteminin bileşenleri kullanılarak hatta montajlandığı gibi tespitlenir.

300 saat boyunca EN ISO 9227 gereğince doğal tuz püskürtülmesine maruz bırakılır. Sağlanan aletlerle tutma cihazı sökülür. Görsel olarak tüm bileşenler muayene edilir ve durumları kaydedilir. Daha sonra bağlantı sistemi tekrar montajlanır. Bağlantı sistemini sökme veya tekrar takma sırasında herhangi bir bozukluk varsa kaydedilir.

Test raporunda test boyunca her bileşende görünüş bozukluğu varsa ve söküp takma sırasında herhangi bir hata bozukluk tespit edildiyse belirtilir.

3.1.7 Tutma kuvvetinin belirlenmesi testi

Bu laboratuvar testi bağlantı sistemi tarafından ray tabanına uygulanan tutma kuvvetini; onu tabanının bağlandığı destekten ayıran kuvveti ölçerek belirleyen testtir. Seletli veya seletsiz tüm travers, mesnet veya doğrudan tespitli sistemlerin tiplerine uygulanabilir. Test traverse veya diğer bağlantı sistemi desteklerine tespitlenen bağlantı sistemi bileşenlerinin güvenliğini belirlemez. Gömülü ray bağlantı sistemlerine uygulanabilir değildir. Tam bir bağlantı sistemi montajına uygulanır.

İlgili test “EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 7: Tutma Kuvvetinin Belirlenmesi” isimli standartta tarif edilmiştir.

3.1.7.1 Semboller ve kısaltmalar

d: Doğrudan bağlantı sistemi için rayın traverse bağımlı olarak mm cinsinden düşey yerdeğiştirmesi, dolaylı bağlantı sistemi için rayın selete bağımlı olarak mm cinsinden düşey yerdeğiştirmesi.

m_s : Testte kullanılan travers ve traverse tespitli bağlantı sistemi bileşenlerinin kütlesi toplamı (kg)

m_f : travers tarafından desteklenen yükleme çerçevesinin kütlesi (kg)

P: Raya uygulanan düşey yük (kN)

P_0 : Tutma kuvveti henüz etkisiz hale getirildiğindeki düşey yük (kN)

3.1.7.2 Prensip

Rayı tespitlediğı yüzeyden ayırmak için gerekli kuvvetin ölçülmesiyle bağlantı sistemi montajının tamamı için tutma kuvvetinin belirlenmesidir.

3.1.7.3 Test prosedürü

Teste hazırlık

Bağlantı sistemi bileşenleri hatta montajlandığı gibi eğer selet de montajın bir parçasıysa seletle birlikte ray traverse tespitlenir.

Travers parçası test ekipmanının tabanına tutturulur. Raya uygulanan P yükünün ray oturağına dik olacak şekilde uygulanmasına izin veren test düzeneğı Şekil 3.18’de görüldüğü gibi kurulur.

Ray oturağının her dört köşesine d’yi ölçmek için bir yerdeğiştirme transformatörü yerleştirilir.

Ray pedli montaj için yükleme ve ölçüm

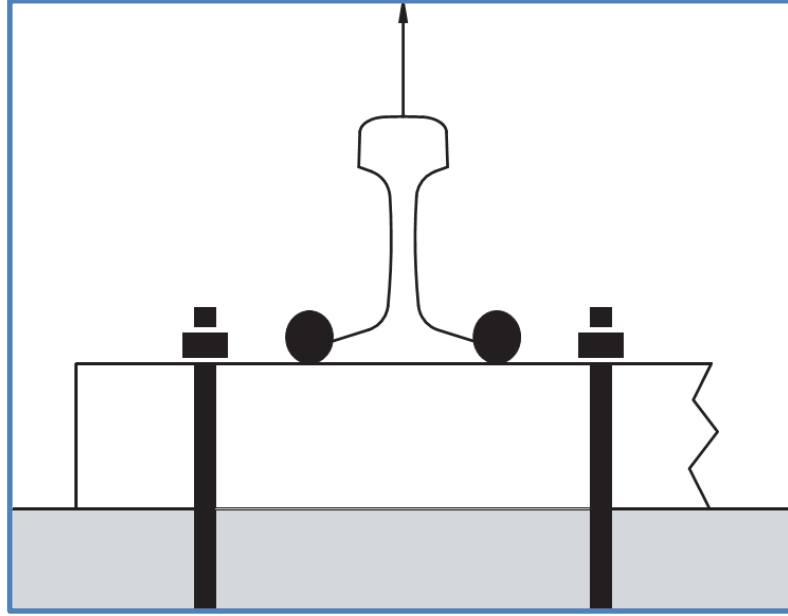
Ray tabanı devrilmeden, ray oturağına paralel kalacak şekilde ped hareket edene kadar artan bir P çekme yükü uygulanır.

Ped ayrılır ve yerdeğiştirme transformatörünün ortalaması sıfır olana kadar yük azaltılır. P yükü kaydedilir ve daha sonra yaklaşık 0,9 P kadar yükleme yapılır. d (dört transformatörün ortalaması) 10 kN/dak aşmayan bir oranla P yüküyle 1,1P’ye kadar yüklenir. Şekil 3.19’daki gibi yük-yerdeğiştirme diyagramından tutma kuvveti

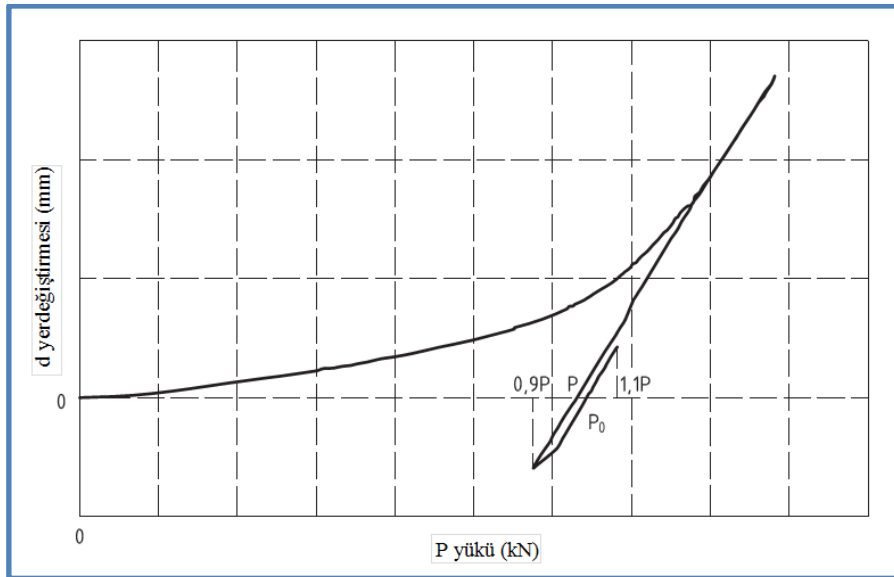
olarak alınan $d=0$ anında P_0 değeri okunur. Prosedür iki kez tekrarlanır ve ortalama tutma kuvveti hesaplanır.

Ray pedi içermeyen montaj için yükleme ve ölçüm

Ray altında ray oturağının her köşesinde bir tane olmak üzere dört tane çelik şim sokulabilecek kadar temiz bir boşluk oluşana dek artan bir P çekme yükü uygulanır. Yük sıfıra indirilir ve artan bir yük bütün şimler elle alınabilecek şekilde bir değere ulaşana dek tekrar uygulanır. Bu yük tutma kuvveti olarak alınan P_0 'dır. Prosedür iki kez daha tekrarlanır ve ortalama tutma kuvveti hesaplanır.



Şekil 3.18 : Test düzeneği[14].



Şekil 3.19 : Yük – yerdeğiştirme diyagramı [14].

3.1.8 İşletme testi

İlgili test “EN13146:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 8: İşletme Testi” isimli Standartta tarif edilmiştir. Bağlantı sistemlerinin güvenliği kritik olduğundan performanslarını normal kullanımda değerlendirmek için prosedür standartlaştırılmıştır. Hattaki performanslar her zaman tamamıyla EN13146 serisindeki laboratuvar testlerinde tahmin edildiği gibi çıkmayabilir.

EN13146’nın bu bölümünde tanımlanan test, yeni veya modifiye edilmiş bir bağlantı sisteminin hattaki performansını bilinen bir sistemin performansı ile karşılaştırarak öğrenmeyi sağlamaya yönelik prosedürü belirlemek içindir.

EN 13481-2:2012, EN 13481-3:2012, EN 13481-4:2012, EN 13481-7:2012 Standartları uyarınca bu test kullanıcı gereksinim duyduğu zaman yapılmaktadır.

Bu test bağlantı sistemi montajının tamamına uygulanır.

Bu test sadece aynı zamanda ilgili destek tipine kurulan benzer bağlantı sistemlerinin karşılaştırmalı deneyi için kullanılır.

3.1.8.1 Prensip

Test edilen bağlantı sistemiyle referans bağlantı sistemi aynı malzeme ve tasarımdaki; travers mesnet veya doğrudan tespitli beton üzerine, hatta aynı zamanda kurulur. Test edilen ve referans bağlantı sistemlerinin hatta aynı geometri ve işletme koşullarına sahip olması için hattaki kurulan bölge düzenlenir.

3.1.8.2 Test koşulları

Test edilen ve referans bağlantı sistemleri herbiri 500 traversten az olmayacak şekilde; metro sistemlerinde herbiri 200 traversten az olmayacak şekilde veya doğrudan betona tespitli sistemde ise buna eşdeğer uzunlukta olacak şekilde bir hatta kurulur. Kurulum 7 günü aşmayacak bir periyot içerisinde olmalıdır. Herhangi bir testteki bütün bağlantı sistemleri tasarlandığı tipteki traverste kurulu olmalı ve bir testte sadece bir tip travers kullanılmalıdır. Bir testteki her bağlantı sistemi hattaki aynı koşullardaki formasyon, balast, kurp, eğim, dever şartlarında ve aynı durumdaki trafik hacmi, tipi, hızı, frenleme ve ivmelenme koşuluna sahip olacak şekilde kurulmalıdır.

Eğer kurulum traverslerde değişiklik içeriyorsa hat mekanik olarak veya 1.10^5 ton trafik geçişiyle testin başlangıcından önce sağlamlaştırılmalıdır. Aşağıdakiler kaydedilmelidir:

- Traverslerin, mesnetlerin veya betonun kurulum metodu
- Bağlantı sistemi bileşenlerinin kurulum metodu
- Rayın kurulum metodu
- Kurulum boyunca hava koşulları

Testte kurulan ray tüm test uzunluğunda aynı seviye ve aynı kesitte olmalıdır. Kafa kısmında test uzunluğu boyunca kusur olmamalı, taban kısmının altı pürüzsüz, düz olmalıdır.

Herhangi kaynaklanmış veya cıvatalı birleşimler askıya alınmış veya kullanıcının normal pratiğine göre desteklenmiş olmalıdır. Test boyunca bütün mekanik birleşimler özellikle korunmuş olmalıdır. Test uzunluğunun tüm hat bakımı eş zamanlı olarak yapılmalıdır.

3.1.9 Rijitliğin belirlenmesi testi

İlgili test “EN13146-9:2009+A1:2011 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Test Metodları – Bölüm 9: Rijitliğin Belirlenmesi” isimli standartta tarif edilmiştir. EN 13146’nın bu kısmı pedlerin ve bağlantı sistemi montajlarının statik, düşük frekanslı ve yüksek frekanslı dinamik yükler altındaki rijitliğini ölçmek için test metodlarını bir araya getirmiştir.

Yüksek frekanslı ölçümler için doğrudan ve dolaylı metodlar 400 Hz e kadar geçerli iken sadece 120 Hz’e kadar geçerli olan düzeltilmiş sürüş noktası yöntemi alınmıştır. Sadece birkaç test laboratuvarı doğrudan ve dolaylı yöntemleri uygulayabilmek için gerekli deneyim ve ekipmana sahiptir. Ancak çoğu laboratuvar düzeltilmiş sürüş noktası yöntemini uygulayabilir ve bazı amaçlar için 120 Hz’e kadar olan ölçümler de yeterlidir.

Akustik frekanslarda test için bir metod içermemektedir. EN 15461 prosedürü bunun için kullanılabilir.

3.1.9.1 Semboller ve kısaltmalar

F_{SPmax} : Pedin statik rijitliğinin ölçümü için pede uygulanan kuvvet (kN)

F_{SP1} : Pedin statik rijitliğini ölçmek için kabul edilen farazi ani darbe kuvveti (kN)

F_{SP2} : $0,8x F_{SPmax}$ (kN)

k_{SP} : Pedin statik rijitliği (MN/m)

d_{SP} : Pedin ortalama düşey yerdeğiştirmesi (mm)

F_{LFPmax} : Pedin düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçümü için referans kuvvet (kN)

F_{LP1} : Pedin düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçümü için kabul edilen farazi ani darbe kuvveti (kN)

F_{LP2} : $0,8x F_{LFPmax}$ (kN)

d_{LFP} : Pedin düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçümünde pedin yerdeğiştirmesi (mm)

f_{LFP} : Pedin düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçümünün frekansı (Hz)

k_{LFPf} : Belli bir frekansta pedin düşük frekanslı dinamik rijitliği (MN/m)

$k_{LFPmean}$: 5 Hz, 10 Hz ve 20 Hz’de ölçülen; pedin düşük frekanslı dinamik rijitlik ölçümlerinin ortalaması (MN/m)

F_{SAmax} : Montajın statik rijitliğinin ölçülmesinde montaja uygulanan kuvvet (kN)

k_{SA} : montajın statik rijitliği (MN/m)

d_{SA} : montajın statik rijitliğinin ölçümünde rayın ortalama yerdeğiştirmesi (mm)

F_{SA1} : Montajın statik rijitliğinin ölçülmesinde uygulanan minimum kuvvet (kN)

F_{SA2} : Montajın statik rijitliğinin ölçülmesinde uygulanan maksimum kuvvet (kN) ($0,8x F_{SAmax}$)

k_{LFA} : montajın düşük frekanslı dinamik rijitliği (MN/m)

F_{LFA1} : Montajın düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesinde uygulanan minimum kuvvet (kN)

F_{LFA2} : Montajın düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesinde uygulanan maksimum kuvvet (kN) ($0,8x F_{LFAmax}$)

F_{LFAmax} : Montajın düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesi için referans kuvvet (kN)

d_{LFA1} : F_{LFA1} kuvveti için montajın düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesinde montajın yerdeğiştirmesi (mm)

d_{LFA2} : F_{LFA2} kuvveti için montajın düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesinde montajın yerdeğiştirmesi (mm)

F_{HFAmax} : Montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde uygulanan statik önyükleme (kN)

a_{HFAD1} : Montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde çıkış ivmesi (m/s^2)

a_{HFAD2} : Montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde ölçüm platformunun ivmesi (m/s^2)

a_{HFAI2} : Dolaylı metod ile montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde çıkış ivmesi (m/s^2)

F_{HFAD2} : Montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde ölçüm platformundaki kuvvet (N)

f_{HFAD} : Montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde frekans (Hz)

j : $\sqrt{-1}$

L_{HFADk} : Montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde aktarılan rijitlik seviyesi (dB re 1N/m)

m_{HFAD} : Bağlantı sistemi montajının elastik elemanının altında kalan parçaların ve ölçüm platformunun kütlesi (kg)

k_{HFAD} : Montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde transfer rijitliği (N/m)

k_{HFADc} : Montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde düzeltilmiş transfer rijitliği (N/m)

v_{HFAD1} : Çıkış hızı $= \frac{a_{HFAD1}}{j\omega_{HFAD}}$ (m/s)

ω_{HFAI} : açısal frekans $= 2\pi f_{HFAI}$ (rad/s)

a_{HFAI1} : Dolaylı metodla yapılan montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde çıkış ivmesi (m/s^2)

a_{HFAP1} : Sürüş noktası metoduyla yapılan montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde çıkış ivmesi (m/s^2)

a_{HFAPc} : Sürüş noktası metoduyla yapılan montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde ölçüm platformunun ivme düzeltmesi (m/s^2)

F_{HFAP1} : Sürüş noktası metoduyla yapılan montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde dinamik giriş kuvveti (N)

F_{HFAPc} : Sürüş noktası metoduyla yapılan montajın yüksek frekanslı rijitliğinin ölçülmesinde ray bağlantı sistemi montajsız dinamik giriş kuvveti (N)

L_{HFAPk} : nokta rijitlik seviyesi (dB re 1N/m)

k_{HFAPc} : düzeltilmiş nokta rijitliği (N/m)

3.1.9.2 Pedler için test prosedürü

Pedler için statik test prosedürü

Prensip

Test pedine dik olarak bir kuvvet uygulanır ve yerdeğiştirme ölçülür.

Prosedür

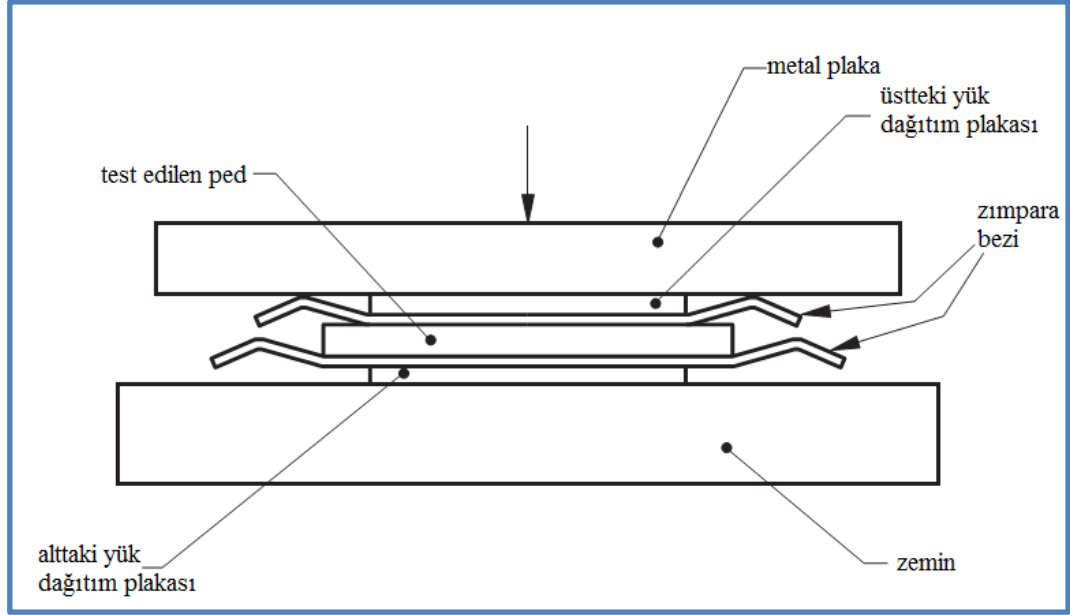
Test kurulumu Şekil 3.20’de gösterildiği gibi düz, rijit, yatay, pedin tüm alanını destekleyecek bir zemine ekipmanlar şu sıraya göre konularak yapılır: zemin, alttaki yük dağıtma plakası (gerekliyse), bez zımpara (zımpara tarafı üstte), ped, bez zımpara (zımpara tarafı altta), üstteki yük dağıtım plakası, metal plaka.

Yük dağıtma plakalarının pedin aktif alanına yerleştirildiğinden emin olunulmalıdır.

EN 13481serisinin pede yönelik hat tipi için olan kısmına yönelik bölümünde belirlenen bir F_{SPmax} kuvveti aktüatörün küresel oturma yerine uygulanır. Daha sonra kuvvet farazi bağlantı sistemi montajı klips kuvvetine F_{SP1} ’e kadar azaltılır. Bu yükleme boşaltma döngüsü iki kez daha (120 ± 10) kN/dk’lık kuvvet uygulama oranıyla tekrarlanır. F_{SP1} kuvveti muhafaza edilip $0,8F_{SPmax}$ kuvvetine eşit olan F_{SP2} kuvvetine kadar arttırılırken yerdeğiştirme kaydedilir.

Eğer herhangi bir enstrüman tarafından ölçülen yerdeğiştirme ortalama yerdeğiştirmeden maksimum yerdeğiştirmenin %20’sine eşit veya daha fazla

miktarda farklılık gösterirse uygulanan kuvvetin pedin merkezinde olması garanti edilerek tekrarlanır.



Şekil 3.20 : Ray pedleri için test düzeneği[15].

Pedler için düşük frekanslı dinamik rijitlik test prosedürü

Genel

Bu metod 3 Hz–30 Hz aralığındaki frekanslar için geçerlidir.

Prensip

Test pedine dik olarak belirli tekil bir frekanstaki aktüatör marifetiyle döngüsel yük uygulanır. Eğer düşük frekanslı dinamik rijitliğin genel değeri gerekiyorsa aktüatör 3 sabit frekansta olabilir. Ped yüzeyinin maksimum ve minimum yerdeğiştirmelerinin sonuçları maksimum ve minimum kuvvetlerle ölçülür.

Prosedür

Test kurulumu Şekil 3.20’de gösterildiği gibi düz, rijit, yatay, pedin tüm alanını destekleyecek bir zemine ekipmanlar şu sıraya göre konularak yapılır: zemin, alttaki yük dağıtım plakası (gerekliyse), bez zımpara (zımpara tarafı üstte), ped, bez zımpara (zımpara tarafı altta), üstteki yük dağıtım plakası, metal plaka.

Yük dağıtım plakalarının pedin aktif alanına yerleştirildiğinden emin olunulmalıdır.

Belli bir F_{LFPmax} değeri EN13481 serisinin ilgili bölümünden elde edilir. Gerekli test frekansında (± 1 toleransla) 10 saniye için F_{LFP1} 'in $0,8x F_{LFPmax}$ 'a eşit olan F_{LFP2} 'ye getirildiği döngüsel yük uygulanır.

Eğer hiçbir test frekansı tanımlanmamışsa test aşağıdaki frekanslarda yapılır:

- a) (5 ± 1) Hz b) (10 ± 1) Hz c) (20 ± 1) Hz

On saniye sonra her frekansta en az on döngü için döngü başına minimum 20 numunenin uygulama yükü ve metal plaka yerdeğiştirmesi kaydedilir. Ortalama yerdeğiştirme d_{LFP} hesaplanır. Eğer herhangi bir enstrüman tarafından ölçülen yerdeğiştirme ortalama yerdeğiştirmeden maksimum yerdeğiştirmenin %20'sine eşit veya daha fazla miktarda farklılık gösterirse uygulanan kuvvetin pedin merkezinde olması garanti edilerek tekrarlanır.

Pedler için yüksek frekanslı dinamik rijitlik test prosedürü

Genel

Bu prosedür ray ve selet pedlerinin yüksek frekanslı dinamik rijitliğini belirleyen test prosedürünü açıklamaktadır.

Prensip

Pedlerin yüksek frekanslı dinamik rijitliği montajlar için yüksek frekanslı dinamik testi bölümünde bahsedilen prosedürle ölçülebilir. Test donanımındaki pedler için test düzeneği Şekil 3.20'de gösterilmiştir. Yük dağıtım plakalarının ray pedlerinin aktif alanına yerleştirildiğinden emin olunur.

Farazi bir ek bağlantı sistemleri montajı klips kuvveti F_{SP1} ile EN 1481 serisinin ilgili bölümünde tanımlanan bir statik ön yükleme sırasıyla Şekil 3.21 ve Şekil 3.22'de görülen test kurulumu ile uygulanır.

3.1.9.3 Tam bir ray bağlantı sistemi montajı için test prosedürü

Statik test prosedürleri (ray bağlantı sistemleri için)

Prensip

Ray tabanına dik bir kuvvety uygulanır ve EN 13146-4'e göre yapılan yorulma testinden önce ve sonra rijitlik ölçüldüğü zaman, kuvvet travers zeminine dik olarak uygulanabilir.

Prosedür

EN 13481 serisinin ilgili bölümünden F_{SAmax} değeri alınır. Test numunesi rijit bir yüzey üzerinde desteklenir. Traversin boyuna merkez çizgisi üzerinde ray kafasının merkez çizgisine (120 ± 10) kN/dk'lık bir oranda F_{SAmax} yükü uygulanır. Yük üç kez uygulanır, üçüncü yüklemede ray oturağının dört köşesine bağımlı olarak, buradaki dört transformatör kullanılarak rayın düşey yerdeğiştirmesi kaydedilir. Eğer herhangi bir enstrüman tarafından ölçülen yerdeğiştirme ortalama yerdeğiştirmeden maksimum yerdeğiştirmenin %20'sine eşit veya daha fazla miktarda farklılık gösterirse kuvvetin desteğe dik uygulandığından emin olunarak yükleme döngüsü tekrarlanır.

Bağlantı sistemi montajları için düşük frekanslı dinamik test

Genel

Bu test montajın seçimi için ve tekrarlı yüklemenin etkisinin belirlenmesinde kullanmak için bilgi sağlamaktadır.

Prensip

Traversin boyuna merkez çizgisinin üstünde, montaja desteğine dik, ray kafasının merkez çizgisine bir döngüsel kuvvet uygulanır. Sistemin maksimum ve minimum yerdeğiştirmeleri ölçülür.

Prosedür

Travers veya sistem düz, yatay bir zemin üzerine tüm bağlantı sistemi de desteklenecek şekilde yerleştirilir.

EN 13481 serisinin ilgili bölümünden yüklerin (F_{LFA1} ve F_{LFAmax}) uygun düşey bileşenleri seçilir. 1000 döngü için belli bir frekansta ve ± 1 Hz toleransla F_{LFA1} 'den $0,8 \times F_{LFAmax}$ 'a eşit olan F_{LFA2} 'ye getirildiği döngüsel kuvvet uygulanır. Son 100 döngü boyunca 10 döngünün üzerinde uygulanan yük ve rayın düşey yük değiştirmesi kaydedilir. Daha sonra d_{LFA1} (minimum F_{LFA1} kuvvetinde ortalama yerdeğiştirme) ve d_{LFA2} (maksimum F_{LFA2} 'deki ortalama yerdeğiştirme) değerlerinin ortalaması hesaplanır. Eğer herhangi bir enstrüman tarafından ölçülen yerdeğiştirme ortalama yerdeğiştirmeden maksimum yerdeğiştirmenin %20'sine eşit veya daha

fazla miktarda farklılık gösteriyorsa; döngü uygulanan kuvvetlerin desteğe dik olduğundan emin olunarak tekrarlanır.

Bağlantı sistemi montajları için yüksek frekanslı dinamik test

Prensip

Aşağıdaki metodlardan biri kullanılarak 1 MN/m – 1000 MN/m aralığındaki bir rijitlik dahilinde 20 Hz – 450 Hz frekans aralığı üzerinde transfer rijitliği ölçülür:

-Referans metodun 400Hz değerine kadar geçerli olduğu doğrudan metod (EN ISO 10846-2)

-Bir alternatif metod olan dolaylı metod (EN ISO 10846-3)

-120 Hz değerine kadar bir alternatif değer olan düzeltilmiş sürüş noktası metodu (EN ISO 10846-3)

Bu test metodlarına ilişkin genel prensip EN ISO 10846-1’de verilmiştir.

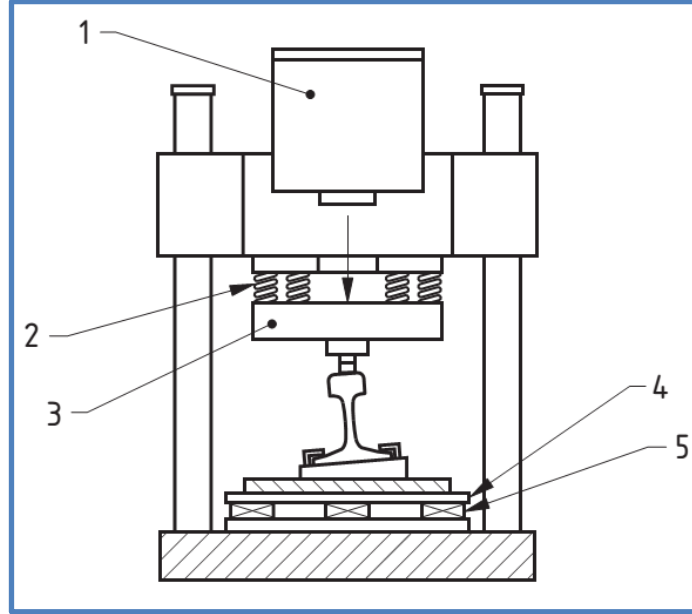
Doğrudan metod

Şekil 3.21’de test düzeneğinin şematik gösterimi verilmiştir. Bu aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır:

- 20 Hz – 450 Hz aralığı üzerinde çalışan karıştırıcı
- EN13481 serisinde belirtilen gerekli önyüklemenin uygulanması için yükleme çerçevesi
- 20 Hz – 450 Hz frekans aralığının üzerindeki çerçeveden test numunesinin dinamik ayrışması için titreşim izolatörleri
- Statik ve dinamik yükleri birleştirip test numunesi üzerinde dağıtmak için yük dağıtım plakası
- Birisi üstteki yük dağıtım plakasının merkezinde, diğeri kuvvet ölçüm platformunun üzerinde olmak üzere 20 Hz – 450 Hz aralığı üzerindeki ivmeyi ölçmek için iki adet ivme ölçüm sistemi
- 0 – 70 kN aralığında çalışan çeşitli kuvvet transformatörlerinden oluşan kuvvet ölçüm sistemleri

Şekil 3.21’de rakamların temsil ettiği anlamlar aşağıda verilmiştir:

- 1: Yükleme çerçevesinden izole edilmiş dinamik yükleme için karıştırıcı
- 2: Elastik elemanlar yoluyla statik önyükleme $F_{HFADmax}$
- 3: Yük dağıtım plakası, a_{HFAD1} ivmesinin ölçümü
- 4: Kuvvet ölçüm platformunun tepesi, a_{HFAD2} ivmesinin ölçümü
- 5: F_{HFAD2} kuvvetinin ölçümü



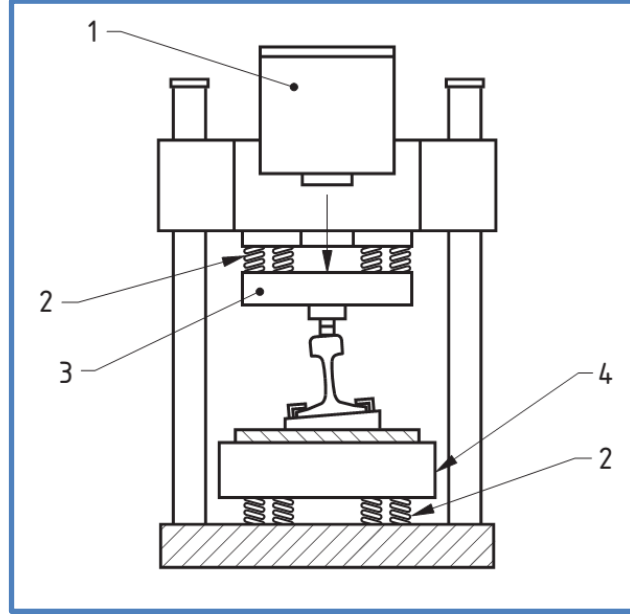
Şekil 3.21 : Doğrudan metod ile transfer rijitliğin ölçülmesi[15].

Dolaylı metod

Şekil 3.2’da test düzeneğinin şematik gösterimi verilmiştir. Bu aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır:

- 20 Hz – 450 Hz aralığı üzerinde çalışan karıştırıcı
- 20 Hz – 450 Hz frekans aralığının üzerindeki çerçeveden test numunesinin dinamik ayrışması için titreşim izolatörleri
- EN13481 serisinde belirtilen gerekli önyüklemenin uygulanması için yükleme çerçevesi
- Test numunesine sabitli elastik olarak desteklenmiş çıkış yükü kütlesi
- Statik ve dinamik yükleri birleştirip test numunesi üzerinde dağıtmak için yük dağıtım plakası

- Yük dağıtım plakasının merkezine sabitlenmiş ve çıkış yükleme kütle sine 20 Hz - 450 Hz frekans aralığı üzerinde giriş ve çıkış ivmelerini ölçmek için sabitlenmiş iki adet ivme ölçüm sistemi.



Şekil 3.22 : Transfer rijitliğinin dolaylı metod ile ölçülmesi[15].

Şekil 3.22’da rakamların temsil ettiği anlamlar aşağıda verilmiştir:

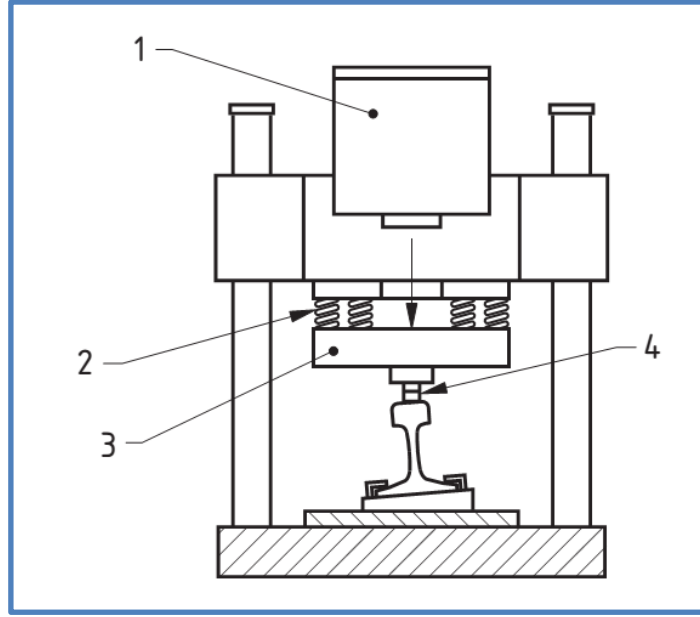
- 1: Dinamik yükleme için karıştırıcı
- 2: Elastik elemanlar yoluyla statik önyüklemeye F_{HFAmax}
- 3: Yük dağıtım plakası, a_{HFA1} ivmesinin ölçümü
- 4: Çıkış yükleme kütlesi, a_{HFA2} ivmesinin ölçümü

Düzeltilmiş sürüş noktası metodu

Şekil 3.23’de test düzeneğinin şematik gösterimi verilmiştir. Bu aşağıdaki elemanlardan oluşmaktadır:

- 20 Hz – 450 Hz aralığı üzerinde çalışan karıştırıcı
- EN13481 serisinde belirtilen gerekli önyüklemenin uygulanması için yükleme çerçevesi
- 20 Hz – 450 Hz frekans aralığının üzerindeki çerçeveden test numunesinin dinamik ayrışması için titreşim izolatörleri

- Statik ve dinamik yükleri birleştirip test numunesi üzerinde dağıtmak için yük dağıtım plakası
- 20 Hz – 450 Hz frekans aralığı üzerindeki ivmeyi ölçmek için üstteki yük dağıtım plakası merkezinde bulunan ivme ölçüm sistemi
- ± 10 kN'luk dinamik aralıkta çalışan kuvvet transformatörlerinden oluşan kuvvet ölçüm sistemi
- Titreşim izolatörleri



Şekil 3.23 : Transfer rijitliğinin düzeltilmiş sürüş noktası metoduyla ölçülmesi[15].

Şekil 3.23’de rakamların temsil ettiği anlamlar aşağıda verilmiştir:

- 1: Yükleme çerçevesinden izole edilmiş dinamik yükleme için karıştırıcı
- 2: Elastik elemanlar yoluyla statik önyükleme F_{HFAmax}
- 3: Yük dağıtım plakası, a_{HFAP1} ivmesinin ölçümü
- 4: F_{HFAD2} kuvvetinin ölçümü.

3.1.10 Standartlarda kullanılan tanımlar

Bölüm 3’ün girişinde de belirttiğimiz gibi standartlarda bağlantı sistemlerine uygulanan testlerin nasıl yapılacağı ayrıntılı olarak belirtildiği gibi bu testler sonucunda elde edilen değerlerin neye göre hangi sınırlarda kalması gerekliliği de bir başka standartta anlatılmıştır. Testlerin ayrıntılı anlatıldığı standart serisi EN 13146

iken bu sonuçlarının değerlendirilmesinin bahsedildiği standart serisi ise 13481 serisidir.

Bu serinin ilk standardı “EN13481-1:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Performans Gereksinimleri – Bölüm 1: Tanımlar”dır. Başlıktan da anlaşıldığı üzere bu standartta EN13146 ve EN13481’de geçen tanımlar açıklanmıştır.

Bu kısımda aşağıda standartta geçen bazı kritik tanımların açıklamasına yer verilmiştir.

3.1.10.1 Bağlantı sistemi kategorileri

Tasarlandıkları; hattaki trenlerin aks yüküne, hızına ve kullanılan ray kesitlerine bağımlı olarak bağlantı sistemlerinin tipik çeşitleridir.

3.1.10.2 Kategori A bağlantı sistemleri

Kentiçi hafif raylı veya bazı endüstriyel hatlar için tasarlanan; 100 kN aks yüklü, 80 m kurp yarıçaplı, 100 km/sa maksimum hızlı, 40E1 tipik ray kesitli ve 800 mm’lik travers veya destek aralıklı olarak kullanılan bağlantı sistemleridir.

3.1.10.3 Kategori B bağlantı sistemleri

Kentiçi hafif raylı veya bazı endüstriyel hatlar için tasarlanan; 160 kN aks yüklü, 100 m kurp yarıçaplı, 140 km/sa maksimum hızlı, 54E1 tipik ray kesitli ve 600 mm’lik travers veya destek aralıklı olarak kullanılan bağlantı sistemleridir.

3.1.10.4 Kategori C bağlantı sistemleri

Konvansiyonel ana hat demiryolları için tasarlanan; 225 kN aks yüklü, 400 m kurp yarıçaplı, 250 km/sa maksimum hızlı, 60E1 tipik ray kesitli ve 600 mm’lik travers veya destek aralıklı olarak kullanılan bağlantı sistemleridir.

3.1.10.5 Kategori D bağlantı sistemleri

Büyük kurp yarıçapına sahip hatlar için tasarlanan genellikle yüksek hızlı trenler için kullanılan; 180 kN aks yüklü, 800 m kurp yarıçaplı, 60E1 tipik ray kesitli ve 600 mm’lik travers veya destek aralıklı olarak kullanılan bağlantı sistemleridir.

3.1.10.6 Kategori E bağlantı sistemleri

Ağır yük trenlerini taşıyan karışık trafik hatları için tasarlanan; 300 kN aks yüklü, 150 m kurp yarıçaplı, 200 km/sa maksimum hızlı, 60E1 tipik ray kesitli ve 600 mm'lik travers veya destek aralıklı olarak kullanılan bağlantı sistemleridir. Yukarıdaki tanımlardan yola çıkılarak aşağıdaki Çizelge 3.1 oluşturulabilir.

Çizelge 3.1 : Standarttaki tanımlara göre bağlantı sistemleri kategorileri çizelgesi.

Kategori	Aks Yüğü (kN)	Kurp Yarıçapı (m)	Maksimum Hızı (km/sa)	Tipik Ray Kesiti	Travers Aralığı (mm)
A	100	80	100	40E1	800
B	160	100	140	54E1	600
C	225	400	250	60E1	600
D	180	800	-	60E1	600
E	300	150	200	60E1	600

3.1.10.7 Mesnet

Kompozit yapıda olabilen, çalışan rayları, koruyucu rayları ve aksa dik olmayabilen kontraylara destek olan kirişlerdir.

3.1.10.8 Ray pedinin aktif alanı

Ped yüzeyinin rayla temas halinde olan alanı

3.1.10.9 Gövde destekli bağlantı sistemleri

Prensip olarak rayı kafasının altından, rayın gövdesinden emniyetleyen montajlardır.

3.1.10.10 Referans bağlantı sistemi

Kullanıcının hattında yeterli performans kaydı bulunan ve bu seriyle uyumlu olan montajlardır.

3.1.10.11 Statik rijitlik

Tek eksenli statik bir kuvvet altında ölçülen birim çökmedir.

3.1.10.12 Dinamik rijitlik

Döngüsel tek eksenli bir kuvvet altında ölçülen birim çökmedir.

3.1.10.13 Transfer rijitlik

Giriş tarafındaki 25 Hz 400 Hz aralığındaki basit harmonik titreşim boyunca yerdeğiştirme için bir vibratör yalıtkanının tıkalı çıkış tarafında kuvvet oranına bağlı frekans.

3.1.11 Beton traversler için bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri

İlgili performans gereklilikleri “EN13481-2:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Performans Gereksinimleri – Bölüm 2: Beton Traversler İçin Bağlantı Sistemleri” isimli standartta verilmiştir. Bu Avrupa standardı Çizelge 3.2 gereğince maksimum aks yüklü ve minimum kurp yarıçaplı balastlı hattaki beton traverslerde kullanım için, EN13481-1:2012’de belirlendiği gibi A – E kategorilerinde bağlantı sistemleri için uygulanabilir.

Çizelge 3.2 : Bağlantı sistemi kategori kriterleri[16].

Kategori	Aks Yüğü (kN)	Kurp Yarıçapı (m)
A	130	40
B	180	80
C	260	150
D	260	400
E	350	150
NOT : A ve B kategorilerindeki maksimum aks yükleri bakım araçlarına uygulanmaz		

Gereksinimler aşağıdakilere hitap etmektedir:

- Doğrudan ve dolaylı bağlantı sistemlerini içeren ray gövdesi ve ray tabanını etkileyen bağlantı sistemleri

- EN13674-1 (49E4 hariç) ve EN13674-4'deki ray kesitleri için bağlantı sistemleri

Bu standart diğer ray kesitleri için, rijit bağlantı sistemleri için veya civatalı birleşimler veya yapıştırılmış birleşimler için geçerli değildir. Ayrıca bu standart sadece tam bağlantı sistemi montajı için uygundur.

3.1.11.1 Gereksinimler

Boyuna ray direnci

EN13146-1'deki prosedüre göre ölçülen boyuna ray direnci 7 kN'dan küçük olmamalıdır. Kategori D bağlantı sistemleri için (>250 km/sa) 9 kN'dan daha küçük olmamalıdır.

Uzun köprüler gibi yapılarda hatla yapı arasında iletilen boyuna kuvvet EN1991-2'deki metodla hesaplanabilir. Hesaplamada EN13146-1'e uygun olarak ölçülen F_{max} (boyuna ray direnci testinde büyük kaymanın olduğu eksenel yük) değeri kullanılabilir. Bu gibi durumlarda yüklenici ve müşteri arasındaki anlaşmaya uygun olarak boyuna ray direnci için minimum gereksinim azaltılabilir.

Burulma dayanımı (direnci)

Müşteri gereksinim duyduğu zaman EN13146-2'deki prosedüre göre ölçülerek sonuçlar raporlanmalıdır.

Darbe yüklerinin sönümlenmesi

Orta ve yüksek dinamik yük sönümüne sahip bağlantı sistemleri olarak tanımlanan sistemlerde bağlantı sisteminin kullanıldığı travers tipiyle EN13146-3'deki prosedüre göre test yapılmalıdır. Sonuç aşağıdaki limitlere uygun olmalıdır:

- Orta sönümleme %15'e eşit ve büyük; %30'a eşit ve küçük olmalıdır,
- Yüksek sönümleme %30'dan büyük olmalıdır.

Ped ve montaj rijitliği

EN 13146-4 tarafından gereksinim olduğu gibi statik rijitlik montajı ve düşük frekanslı dinamik rijitlik montajı EN13146-9 gereğince ölçülmelidir. Ray pedinin statik rijitliği ölçümünün gereksinimi EN13146-8 gereğince müşterinin takdir

yetkisindedir. Eğer müşteri aşağıdakilerin her ikisine de gereksinim duyarsa EN13146-9 gereğince ölçülmelidir.

- Düşük frekanslı dinamik rijitlikli ped,
- Yüksek frekanslı dinamik rijitlikli montaj.

Test yükleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 : Rijitliğin ölçümü için yükler[16].

Kategori	F_{SP1} ve F_{LFP1} (kN)	F_{SPmax} ve F_{LFPmax} (kN)	F_{SA1} ve F_{LFA1} (kN)	F_{SAmax} ve F_{LFmax} (kN)
A	16	51	1	32
B	18	64	1	43
C	18	85	1	64
D	18	85	1	64
E	20	119	1	95

F_{SP1} : Pedin statik rijitliğinin ölçülmesi için varsayılan farazi bağlantı sistemi darbe kuvveti (kN)

F_{LFP1} : Pedin düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesi için varsayılan farazi bağlantı sistemi darbe kuvveti (kN)

F_{SPmax} : Pedin statik rijitliğinin ölçülmesinde pede uygulanan kuvvet (kN)

F_{LFPmax} : Pedin düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesi için referans kuvvet (kN)

F_{SA1} : Montajın statik rijitliğinin ölçülmesinde uygulanan minimum kuvvet (kN)

F_{LFA1} : Montajın düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesinde uygulanan minimum kuvvet (kN)

F_{SAmax} : Montajın statik rijitliğinin ölçülmesinde montaja uygulanan kuvvet (kN)

F_{LFAmax} : Montajın düşük frekanslı dinamik rijitliğinin ölçülmesi için referans kuvvet (kN)

Tekrarlı yüklemenin etkisi

Tekrarlı yüklerin etkisi EN13146-4:2012'deki prosedür tarafından Çizelge 3.4'deki test yükleri pozisyonları kullanılarak yapılmalıdır.

Çizelge 3.4 : Test yükleri ve pozisyonları[16].

Kategori	α (derece)	X (mm)	$P_v/\cos \alpha$ (kN ^{a,b})	
			$K_{LFA} < 200^c$ (MN/m)	$K_{LFA} \geq 200^c$ (MN/m)
A	38,6	25 ^d	55	55
B	38,6	15 ^d	62	65
C	33	15 ^d	75	83
D	26	75 ^d	70	76
E	40	75 ^d	100	108

^a Test yükleri yalnızca EN13674-1 (49E4 hariç) ve EN13674-4'deki ray kesitlerine uygulanır.

^b Test yükleri 13481-1:2012'deki kurp yarıçaplarını ve aks yüklerini yansıtır.

^c EN13146-9 gereğince 5 Hz ölçülen montajın düşük frekanslı dinamik rijitliği.

^d Gövde destekli raylar için ray kesitleri modifiye edilmiş olmamalıdır. (örn: X=0)

NOT: Rayın yük uygulama pozisyonları Şekil 3.12'de gösterilmiştir.

K_{LFA} : Montajın düşük frekanslı dinamik rijitliği (MN/m)

EN13146-4:2012'nin gerektirdiği şekilde aşağıdaki ölçümler tekrarlı yük testinden önce ve sonra başarılmış olmalıdır. Performansta görülen değişimler aşağıdaki değerleri aşmamalıdır. (Ray gövdesinden destekli bağlantı sistemleri için tutma kuvvetindeki değişim uygulanmaz)

- Boyuna ray direncindeki değişim $\leq \%20$ olmalıdır.
- Düşey statik rijitlikteki değişim $\leq \%25$ olmalıdır.
- Tutma kuvvetindeki değişim $\leq \%20$ olmalıdır.

Kategori E ile uyum Kategori A-E ile uyum anlamına gelir.

Kategori C ile uyum Kategori C ve D ile uyum anlamına gelir.

Kategori B ile uyum Kategori A ve B ile uyum anlamına gelir.

Bağlantı sistemi ve traversin elektiriksel direnci

Eğer kullanıcı bağlantı sisteminin elektiriksel izolasyon sağlamasına gereksinim duyuyorsa bu EN13146-5:2012 gereğince ölçüldüğünde 5 k Ω 'dan az olmamalıdır. Kullanıcı sabit ray devresi ile kullanım için daha yüksek bir değer belirleyebilir.

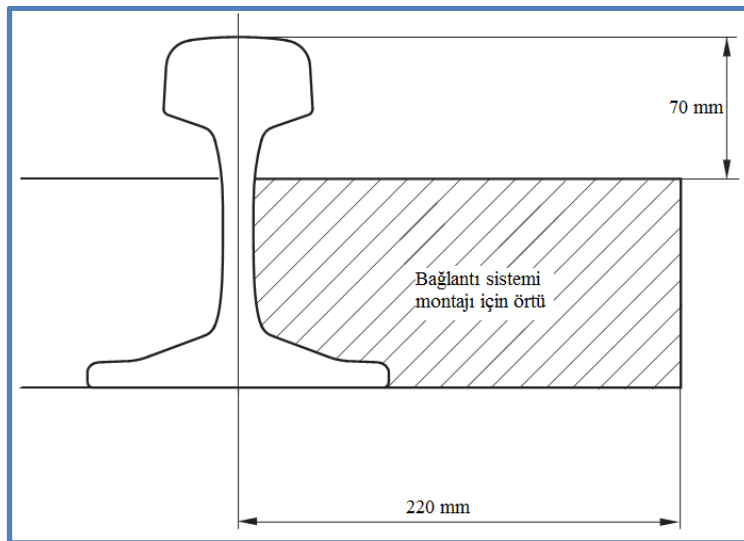
Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi

EN13146-6:2012 gereğince yapılan testten sonra bağlantı sistemi montajı herhangi bir bileşen deformasyona uğramadan sağlanan manuel aletlerle sökölüp takılabilmelidir.

Ölçüler

Tüm ölçüler Şekil 3.24'de gösterilen çevre örtüsü dahilinde hat bakım araçlarını da içeren araçlarla müdahaleden kaçınacak şekilde olmalıdır.

Bu gereksinim gövde destekli bağlantı sistemlerine uygulanabilir değildir.



Şekil 3.24 : Bağlantı sistemi çevre örtüsü[50].

Tutma kuvveti

EN 13146-7:2012 prosedürüne göre belirlenip sonuç raporlanmalıdır.

İşletme testi

Kullanıcı gereksinim duyduğunda, EN13146-8:2012'ye uygun olarak yapılır.

Gürültü ve titreşimin azaltılması

Ray bağlantı sisteminin fiziksel yapısı hat yapısına iletilen titreşimi, hattan ve yapıdan yayılan gürültüyü etkiler. Yapısal ve çevresel titreşim ve gürültü için tahmin modelleri bu davranışa bağımlı giriş parametreleri gerektirebilir.

Çevresel titreşim hesapları için parametreler

Trenlerin geçişinden kaynaklanan çevresel titreşimi ve ikincil gürültüyü tahmin etmek veya analiz etmek için; uygun genlik ve frekansta titreşime maruz bırakılan ray bağlantı sistemi montajının rijitliğini bilmek gereklidir. Küçük ölçekli laboratuvar testlerinde genlik ve frekansın ikisinin birden aynısını yapmak genellikle mümkün değildir.

Çevresel gürültü

Ray bağlantı sistemi için bir değer girişi gerektiren pek çok model demiryolu gürültüsünün tahmini için kullanılmıştır.

Demiryolu hattının tam bir panelinde sürdürülmesi için gerekli testler olan EN15461'de verilen prosedürden bu değer türetilmiştir.

3.1.12 Ahşap traversler için bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri

İlgili performans gereklilikleri “EN13481-3:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Performans Gereksinimleri – Bölüm 3: Ahşap Traversler İçin Bağlantı Sistemleri” isimli standartta verilmiştir.

Bu Avrupa standardı Çizelge 3.2 gereğince maksimum aks yüklü ve minimum kurp yarıçaplı balastlı hattaki beton traverslerde kullanım için, EN13481-1:2012'de belirlendiği gibi A – C ve E kategorilerinde bağlantı sistemleri için uygulanabilir.

Gereksinimler aşağıdakilere hitap etmektedir:

- Doğrudan ve dolaylı bağlantı sistemlerini içeren ray gövdesi ve ray tabanını etkileyen bağlantı sistemleri
- EN13674-1 (49E4 hariç) ve EN13674-4'deki ray kesitleri için bağlantı sistemleri

Bu standart diğer ray kesitleri için, rijit bağlantı sistemleri için veya civatalı birleşimler veya yapıştırılmış birleşimler için geçerli değildir. Ayrıca bu standart sadece tam bağlantı sistemi montajı için uygundur.

3.1.12.1 Gereksinimler

Aşağıdaki gereksinimler yüzeyinde serbest koruyucu olmayan, EN13145 ile uyumlu ahşap traverslerle birlikte test edildikleri zaman bağlantı sistemlerine uygulanır. Testte kullanılan traverslerin üst ve alt yüzeyleri paralel olmalıdır.

Boyuna ray direnci

EN13146-1'deki prosedüre göre ölçülen boyuna ray direnci 7 kN'dan küçük olmamalıdır.

Uzun köprüler gibi yapılarda hatla yapı arasında iletilen boyuna kuvvet EN1991-2'deki metodla hesaplanabilir. Hesaplama EN13146-1'e uygun olarak ölçülen F_{max} (boyuna ray direnci testinde büyük kaymanın olduğu eksenel yük) değeri kullanılabilir. Bu gibi durumlarda yüklenici ve müşteri arasındaki anlaşmaya uygun olarak boyuna ray direnci için minimum gereksinim azaltılabilir.

Burulma dayanımı (direnci)

Müşteri gereksinim duyduğu zaman EN13146-2'deki prosedüre göre ölçülerek sonuçlar raporlanmalıdır.

Ped ve montaj rijitliği

EN 13146-4 tarafından gereksinim olduğu gibi statik rijitlik montajı ve düşük frekanslı dinamik rijitlik montajı EN13146-9 gereğince ölçülmelidir. Ray pedinin statik rijitliği ölçümünün gereksinimi EN13146-8 gereğince müşterinin takdir yetkisindedir. Eğer müşteri aşağıdakilerin her ikisine de gereksinim duyarsa EN13146-9 gereğince ölçülmelidir.

- Düşük frekanslı dinamik rijitlikli ped,

- Yüksek frekanslı dinamik rijitlikli montaj.

Test yükleri Çizelge 3.3’de verilmiştir. Bu çizelgedeki yukarıda da bahsedilen ahşap traversleri ilgilendiren Kategori A – C ve E’deki yükler kullanılır.

Tekrarlı yüklemenin etkisi

Tekrarlı yüklerin etkisi EN13146-4:2012’deki prosedür tarafından Çizelge 3.4’deki test yükleri pozisyonları kullanılarak yapılmalıdır.

EN13146-4:2012’nin gerektirdiği şekilde aşağıdaki ölçümler tekrarlı yük testinden önce ve sonra başarılmış olmalıdır. Performansta görülen değişimler aşağıdaki değerleri aşmamalıdır. (Ray gövdesinden destekli bağlantı sistemleri için tutma kuvvetindeki değişim uygulanmaz)

- Boyuna ray direncindeki değişim $\leq$ %20 olmalıdır.
- Düşey statik rijitlikteki değişim $\leq$ %25 olmalıdır.
- Tutma kuvvetindeki değişim $\leq$ %20 olmalıdır.

Kategori E ile uyum Kategori C ve E ile uyum anlamına gelir.

Kategori B ile uyum Kategori A ve B ile uyum anlamına gelir.

Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi

EN13146-6:2012 gereğince yapılan testten sonra bağlantı sistemi montajı herhangi bir bileşen deformasyona uğramadan sağlanan manuel aletlerle sökülüp takılabilmelidir.

Ölçüler

Tüm ölçüler Şekil 3.24’de gösterilen çevre örtüsü dahilinde hat bakım araçlarını da içeren araçlarla müdahaleden kaçınacak şekilde olmalıdır.

Bu gereksinim gövde destekli bağlantı sistemlerine uygulanabilir değildir.

Tutma kuvveti

EN 13146-7:2012 prosedürüne göre belirlenip sonuç raporlanmalıdır.

Gövde destekli bağlantı sistemleri için bu gereksinim uygulanabilir değildir.

İşletme testi

Kullanıcı gereksinim duyduğunda, EN13146-8:2012'ye uygun olarak yapılır.

Gürültü ve titreşimin azaltılması

Genel

Ray bağlantı sisteminin fiziksel yapısı hat yapısına iletilen titreşimi, hattan ve yapıdan yayılan gürültüyü etkiler. Yapısal ve çevresel titreşim ve gürültü için tahmin modelleri bu davranışa bağımlı giriş parametreleri gerektirebilir.

Çevresel titreşim hesapları için parametreler

Trenlerin geçişinden kaynaklanan çevresel titreşimi ve ikincil gürültüyü tahmin etmek veya analiz etmek için; uygun genlik ve frekansta titreşime maruz bırakılan ray bağlantı sistemi montajının rijitliğini bilmek gereklidir. Küçük ölçekli laboratuvar testlerinde genlik ve frekansın ikisinin birden aynısını yapmak genellikle mümkün değildir.

Çevresel gürültü

Ray bağlantı sistemi için bir değer girişi gerektiren pek çok model demiryolu gürültüsünün tahmini için kullanılmıştır.

Demiryolu hattının tam bir panelinde sürdürülmesi için gerekli testler olan EN15461'de verilen prosedürden bu değer türetilmiştir.

3.1.13 Çelik traversler için bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri

İlgili performans gereklilikleri “EN13481-4:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Performans Gereksinimleri – Bölüm 4: Çelik Traversler İçin Bağlantı Sistemleri” isimli standartta verilmiştir.

Bu Avrupa standardı Çizelge 3.2 gereğince maksimum aks yüklü ve minimum kurp yarıçaplı balastlı hattaki beton traverslerde kullanım için, EN13481-1:2012'de belirlendiği gibi A – C ve E kategorilerinde bağlantı sistemleri için uygulanabilir. Gereksinimler aşağıdakilere hitap etmektedir:

- Doğrudan ve dolaylı bağlantı sistemlerini içeren ray gövdesi ve ray tabanını etkileyen bağlantı sistemleri

- EN13674-1 (49E4 hariç) ve EN13674-4+A1'deki ray kesitleri için bağlantı sistemleri

Bu standart diğer ray kesitleri için, rijit bağlantı sistemleri için veya civatalı birleşimler veya yapıştırılmış birleşimler için geçerli değildir. Ayrıca bu standart sadece tam bağlantı sistemi montajı için uygundur.

3.1.13.1 Gereksinimler

Boyuna ray direnci

EN13146-1'deki prosedüre göre ölçülen boyuna ray direnci 7 kN'dan küçük olmamalıdır

Uzun köprüler gibi yapılarda hatla yapı arasında iletilen boyuna kuvvet EN1991-2'deki metodla hesaplanabilir. Hesaplamada EN13146-1'e uygun olarak ölçülen F_{max} (boyuna ray direnci testinde büyük kaymanın olduğu eksenel yük) değeri kullanılabilir. Bu gibi durumlarda yüklenici ve müşteri arasındaki anlaşmaya uygun olarak boyuna ray direnci için minimum gereksinim azaltılabilir.

Burulma dayanımı (direnci)

Müşteri gereksinim duyduğu zaman EN13146-2'deki prosedüre göre ölçülerek sonuçlar raporlanmalıdır.

Ped ve montaj rijitliği

EN 13146-4 tarafından gereksinim olduğu gibi statik rijitlik montajı ve düşük frekanslı dinamik rijitlik montajı EN13146-9+A1 gereğince ölçülmelidir. Ray pedinin statik rijitliği ölçümünün gereksinimi EN13146-8 gereğince müşterinin takdir yetkisindedir.

Test yükleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Eğer müşteri aşağıdakilerin her ikisine de gereksinim duyarsa EN13146-9+A1 gereğince ölçülmelidir.

- Düşük frekanslı dinamik rijitlikli ped,
- Yüksek frekanslı dinamik rijitlikli montaj.

Tekrarlı yüklemenin etkisi

Tekrarlı yüklerin etkisi EN13146-4:2012'deki prosedür tarafından aşağıdaki eklemelerle belirlenmelidir. Bu eklemeler;

- Traversler EN13146-4:2012, 7.4 ve yukarıda verilen Şekil 3.16 gereğince test edilmelidir. Fakat çelik traversler veya travers çiftleri aşağıdaki bölümde tanımlanan elastomerik taban pediyle desteklenmelidir.

Test yükleri ve pozisyonları Çizelge 3.4'de verilmiştir.

NOT: Rayın yük uygulama pozisyonları Şekil 3.8'de gösterilmiştir.

EN13146-4:2012'nin gerektirdiği şekilde aşağıdaki ölçümler tekrarlı yük testinden önce ve sonra başarılmış olmalıdır. Performansta görülen değişimler aşağıdaki değerleri aşmamalıdır. (Ray gövdesinden destekli bağlantı sistemleri için tutma kuvvetindeki değişim uygulanmaz)

- Boyuna ray direncindeki değişim $\leq \%20$ olmalıdır.
- Düşey statik rijitlikteki değişim $\leq \%25$ olmalıdır.
- Tutma kuvvetindeki değişim $\leq \%20$ olmalıdır.

Kategori E ile uyum Kategori C ve E ile uyum anlamına gelir.

Kategori B ile uyum Kategori A ve B ile uyum anlamına gelir.

NOT1: Düşey statik rijitlikteki değişim için gereksinim 300 MN/m'ye eşit ve büyük statik rijitlikli bağlantı sistemleri için uygulanabilir değildir.

NOT2: Elektriksel direnç için sonuç sadece testte kullanılan kesit ve çelik kalınlığı için geçerlidir.

Çelik travers konfigürasyonunda tekrarlı yüklemenin etkisi

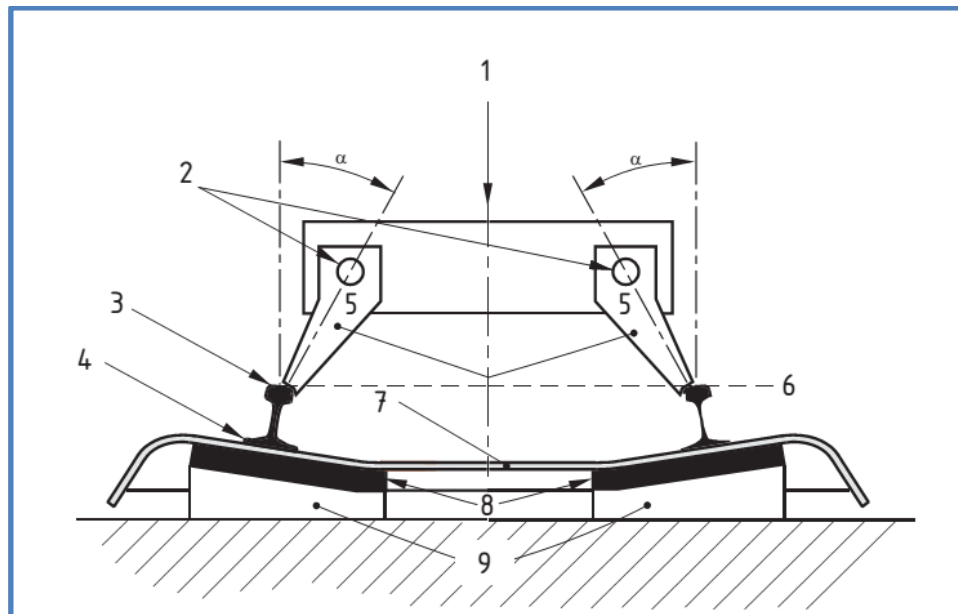
Test düzeneği

Bir travers veya iki travers EN13146-4:2012, 6.1 gereğince gerekirse Şekil 3.25'deki gibi monte edilir. Travers elastomer taban pedi üzerine yerleştirilir. Böylece test ekipmanı desteği ile travers arasındaki tek temas pedler yoluyla olur. Taban pedinin dış ucu traversin eğri köçşesine bitişik olan düz alanın dış ucu ile kesişecektir. Çizelge 3.5'de taban pedlerinin ölçüleri gösterilmiştir.

Çizelge 3.5 : Taban pedi ölçüleri (mm)[17].

Uzunluk	Genişlik	Derinlik
800	Travers tabanının nominal genişliği (+0 dan -5)	0,25xped ebadının daha kısa planı

NOT: Taban pedi; travers çukuru içindeki ray bağlantı sisteminin herhangi bir izdüşümünü yerleştirmek için gerekli minimum boyda kesilebilir.



Şekil 3.25 : Test düzeneği[17].

Şekildeki numaralandırmalar aşağıdakileri temsil etmektedir.

- 1: $Yük = 2P_v$
- 2: Yükleme kirişinde bir veya iki pivot ve aktüatörün altında veya üstünde diğer pivot
- 3: Gerekli kesitte kısa uzunluklu ray
- 4: Uygun pedli bağlantı sistemi
- 5: Yük altında rayın serbest dönmesine izin veren yükleme mekanizması
- 6: Çalışan yüzey düzlemi

7: Travers

8: Taban pedi

9: Test ekipmanındaki binektaşı

Elektriksel direnç

EN13146-5 gereğince ölçüldüğünde 5 k Ω 'dan daha düşük olmamalıdır.

NOT: Bu gereksinim sadece sinyal akımına bağlıdır, CER akımıyla ilgili değildir. CER akımı için rehber EN50122-2'de verilmiştir.

Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi

EN13146-6:2012 gereğince yapılan testten sonra bağlantı sistemi montajı herhangi bir bileşen deformasyona uğramadan sağlanan manuel aletlerle sökölüp takılabilmelidir.

Ölçüler

Tüm ölçüler Şekil 3.24'de gösterilen çevre örtüsü dahilinde hat bakım araçlarını da içeren araçlarla müdahaleden kaçınacak şekilde olmalıdır.

Bu gereksinim gövde destekli bağlantı sistemlerine uygulanabilir değildir.

Tutma kuvveti

EN 13146-7:2012 prosedürüne göre belirlenip sonuç raporlanmalıdır.

İşletme testi

Kullanıcı gereksinim duyduğunda, EN13146-8:2012'ye uygun olarak yapılır.

Gürültü ve titreşimin azaltılması

Genel

Ray bağlantı sisteminin fiziksel yapısı hat yapısına iletilen titreşimi, hattan ve yapıdan yayılan gürültüyü etkiler. Yapısal ve çevresel titreşim ve gürültü için tahmin modelleri bu davranışa bağımlı giriş parametreleri gerektirebilir.

Çevresel titreşim hesapları için parametreler

Trenlerin geçişinden kaynaklanan çevresel titreşimi ve ikincil gürültüyü tahmin etmek veya analiz etmek için; uygun genlik ve frekansta titreşime maruz bırakılan ray bağlantı sistemi montajının rijitliğini bilmek gereklidir. Küçük ölçekli laboratuvar testlerinde genlik ve frekansın ikisinin birden aynısını yapmak genellikle mümkün değildir.

Çevresel gürültü

Ray bağlantı sistemi için bir değer girişi gerektiren pek çok model demiryolu gürültüsünün tahmini için kullanılmıştır.

Demiryolu hattının tam bir panelinde sürüdürülmesi için gerekli testler olan EN15461’de verilen prosedürden bu değer türetilmiştir.

3.1.14 Doğrudan tespitli sistem ve gömülü ray için bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri

İlgili performans gereklilikleri “EN13481-5:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Performans Gereksinimleri – Bölüm 5: Gömülü Raylı veya Yüzeyi Raylı Doğrudan Tespitli Sistem İçin Bağlantı Sistemleri” isimli standartta verilmiştir.

Demiryolu hatlarında bağlantı sistemlerinin performansını belirlemek için çeşitli testler gereklidir. Bu standart ray yürümesini ve kırık bir ray olması halinde bunun ayrılmasını kontrol altında tutmak için bir boyuna direnç gereksinimini içermektedir. Boyuna dirençle tüm doğrudan tespitli hat tasarımı arasındaki ilişkiyi değerlendirmek gerekir.

Doğrudan tespitli hat üzerinde darbe yüklerinin sönümlemesini belirlemek için tatmin edici bir test yoktur. Ralatif performansı belki EN 13146-3:2012’deki beton traverslerde bağlantı sistemindeki prosedür kullanılarak belirlenebilir.

Tekrarlı yüklerin etkisi için yapılan laboratuvar testi bağlantı sisteminin hattaki olası uzun dönem performansını belirlemek içindir.

Bu Avrupa standardı Çizelge 3.2 gereğince maksimum aks yüklü ve minimum kurp yarıçaplı balastsız hattaki beton veya asfalt plakalı doğrudan tespitli hattın en üst

yüzeyine tespitli ve gömülü ray hatlarında kullanım için, EN13481-1:2012’de belirlendiği gibi A – D kategorilerinde bağlantı sistemleri için uygulanabilir.

Gereksinimler aşağıdakilere hitap etmektedir:

- a) Doğrudan ve dolaylı bağlantı sistemlerini içeren ray gövdesi ve ray tabanını etkileyen bağlantı sistemleri
- b) Beton elemanları kapsayan ve ray başına birden fazla destekleme elemanı olmayan, çizmeli beton blok ve traversleri çizmeleriyle birlikte içeren bağlantı sistemleri
- c) Yol üstyapısı içine döküm olan gömülü raylar hariç olmak üzere yapışık ve mekanik bağlantı sistemli gömülü raylar

Yukarıdakilerden (b)’nin olması durumunda beton eleman bağlantı sisteminin bir parçası sayılır. Eğer sistem herbiri ray başına birden fazla destekleme bölgesi olan beton elemanlar içeriyorsa, bu beton elemanlar bağlantı sisteminin parçası değil plakanın parçası sayılır.

Bu standart sadece EN13674-1 (49E4 hariç) ve EN13674-4+A1’deki ray kesitlerindeki bağlantı sistemleri için uygulanabilir. Civatalı ve tutkallı bağlantıların kullanıldığı özel bağlantı sistemleri için uygulanamaz. Ayrıca bu standart sadece tam bağlantı sistemi montajı için uygundur.

3.1.14.1 Gereksinimler

Boyuna ray direnci ve boyuna rijitlik

Ayrı kısımlardan oluşmuş bağlantı sistemleri için; EN13146-1’deki prosedüre göre ölçüldüğünde boyuna ray direnci 7 kN’dan küçük olmamalıdır. Kategori D bağlantı sistemleri için (>250 km/sa) 9 kN’dan daha küçük olmamalıdır.

Uzun köprüler gibi yapılarda hatla yapı arasında iletilen boyuna kuvvet EN1991-2’deki metodla hesaplanabilir. Hesaplama EN13146-1’e uygun olarak ölçülen F_{max} (boyuna ray direnci testinde büyük kaymanın olduğu aksel yük) değeri kullanılabilir. Bu gibi durumlarda yüklenici ve müşteri arasındaki anlaşmaya uygun olarak boyuna ray direnci için minimum gereksinim azaltılabilir.

Montaj ve ped rijitliği

EN 13146-4 tarafından gereksinim olduğu gibi statik rijitlik montajı ve düşük frekanslı dinamik rijitlik montajı EN13146-9+A1 gereğince ölçülmelidir. Ray pedinin statik rijitliği ölçümünün gereksinimi EN13146-8 gereğince müşterinin takdir yetkisindedir. Eğer müşteri aşağıdakilerin her ikisine de gereksinim duyarsa EN13146-9+A1 gereğince ölçülmelidir.

- Düşük frekanslı dinamik rijitlikli ped,
- Yüksek frekanslı dinamik rijitlikli montaj.

Test yükleri Çizelge 3.3’de verilmiştir.

Tekrarlı yüklemenin etkisi

Tekrarlı yüklerin etkisi EN13146-4:2012’deki prosedür tarafından belirlenmelidir. İkiz blok çizmeli travers olması halinde, tam travers iki ray oturağı için de prosedür kullanılarak teste maruz bırakılmalıdır.

Test yükleri ve pozisyonları Çizelge 3.6’da gösterildiği gibi olmalıdır.

EN13146-4’ün gerektirdiği şekilde aşağıdaki ölçümler tekrarlı yük testinden önce ve sonra başarılmış olmalıdır. Performansta görülen değişimler aşağıdaki değerleri aşmamalıdır. (Ray gövdesinden destekli bağlantı sistemleri ve yapışık bağlantı sistemli gömülü raylar için tutma kuvvetindeki değişim uygulanmaz.)

- Boyuna ray direncindeki değişim $\leq$ %20 olmalıdır veya
- Boyuna rijitlikteki değişim $\leq$ %20 olmalıdır.
- Düşey statik rijitlikteki değişim $\leq$ %25 olmalıdır.
- Tutma kuvvetindeki değişim $\leq$ %20 olmalıdır.

Kategori C ile uyum Kategori C ve D ile uyum anlamına gelir.

Kategori B ile uyum Kategori A ve B ile uyum anlamına gelir.

Bağlantı sistemi ve doğrudan tespitli hat elemanlarının elektriksel direnci

Eğer kullanıcı bağlantı sisteminin elektriksel izolasyon sağlamasına gereksinim duyuyorsa bu EN13146-5:2012 gereğince ölçüldüğünde 5 k Ω ’dan az olmamalıdır. Kullanıcı sabit ray devresi ile kullanım için daha yüksek bir değer belirleyebilir.

NOT: Bu gereksinim sadece sinyel akımıyla ilgilidir, cer akımıyla ilgili değildir. Cer akımıyla ilgili kılavuz EN50122-2’de verilmiştir.

Çizelge 3.6 : Test yükleri ve pozisyonları[18].

k_{LFA}^c	< 50 MN/m			$\geq 50 < 75$ MN/m			$\geq 75 < 100$ MN/m			≥ 100 MN/m		
Kategori	α	X^d	$P_v/\cos \alpha$	α	X^d	$P_v/\cos \alpha$	α	X^d	$P_v/\cos \alpha$	α	X^d	$P_v/\cos \alpha$
	°	mm	(kN ^{a,b})	°	mm	(kN ^{a,b})	°	mm	(kN ^{a,b})	°	mm	(kN ^{a,b})
A	45	100	50	45	100	55	38,6	50	65	38,6	50	80
B	38,6	100	55	38,6	100	60	38,6	50	70	38,6	50	85
C	33	25	60	33	25	65	33	25	75	33	25	95
D	26	15	60	26	15	65	26	15	75	26	15	95

^a Test yükleri yalnızca EN13674-1 (49E4 hariç) ve EN13674-4’deki ray kesitlerine uygulanır.

^b Test yükleri doğrudan tespitli hattın balastlı hattan daha fazla dever eksikliğiyle olası bir kullanımını hesaba katmalıdır.

^c k_{LFA} = EN13146-9+A1 ve Çizelge 3.3’e göre 5 Hz’de ölçülen düşük frekanslı dinamik rijitlik.

^d Gömülü ray ve gövde destekli raylar için ray kesitleri modifiye edilmiş olmamalıdır. (örn: $X=0$)

NOT: Rayın yük uygulama pozisyonları Şekil 3.12’de gösterilmiştir.

K_{LFA} : Montajın düşük frekanslı dinamik rijitliği (MN/m)

Şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi

Şiddetli çevre şartlarının etkisi EN13146-6 gereğince belirlenmelidir. Tuz püskürtme testine maruz bırakıldıktan sonra bağlantı sistemi montajı herhangi bir bileşen deformasyona uğramadan sağlanan manuel aletlerle sökölüp takılabilmelidir. Sökölme gereksinimi yapışık bağlantı sistemli gömülü raylara uygulanabilir değildir.

Ölçüler

Tüm ölçüler Şekil 3.24’de gösterilen çevre örtüsü dahilinde hat bakım araçlarını da içeren araçlarla müdahaleden kaçınacak şekilde olmalıdır.

Bu gereksinim gövde destekli veya gömülü ray bağlantı sistemlerine uygulanabilir değildir.

İşletme testi

Kullanıcı gereksinim duyduğunda, EN13146-8:2012'ye uygun olarak yapılır. Kategori A ve B hatları için 500 veya 200 traversten az olmayacak uzunluğa eşdeğer uzunluk (300 m veya 150 m) kullanılır.

Gürültü ve titreşimin azaltılması

Genel

Ray bağlantı sisteminin fiziksel yapısı hat yapısına iletilen titreşimi, hattan ve yapıdan yayılan gürültüyü etkiler. Yapısal ve çevresel titreşim ve gürültü için tahmin modelleri bu davranışa bağımlı giriş parametreleri gerektirebilir.

Çevresel titreşim hesapları için parametreler

Trenlerin geçişinden kaynaklanan çevresel titreşimi ve ikincil gürültüyü tahmin etmek veya analiz etmek için; uygun genlik ve frekansta titreşime maruz bırakılan ray bağlantı sistemi montajının rijitliğini bilmek gereklidir. Küçük ölçekli laboratuvar testlerinde genlik ve frekansın ikisinin birden aynısını yapmak genellikle mümkün değildir.

Çevresel gürültü

Ray bağlantı sistemi için bir değer girişi gerektiren pek çok model demiryolu gürültüsünün tahmini için kullanılmıştır.

Demiryolu hattının tam bir panelinde sürdürülmesi için gerekli testler olan EN15461'de verilen prosedürden bu değer türetilmiştir.

3.1.15 Makaslar, kruvazmanlar ve kontraylar için özel bağlantı sistemlerinde performans gereklilikleri

İlgili performans gereklilikleri “EN13481-7:2012 Demiryolu Uygulamaları – Hat – Bağlantı Sistemleri İçin Performans Gereksinimleri – Bölüm 7: Makaslar, Kruvazmanlar ve Kontraylar İçin Özel Bağlantı Sistemleri” isimli standartta verilmiştir.

Demiryolu hatlarında bağlantı sistemlerinin performansını belirlemek için çeşitli testler gereklidir. Bu standart ray yürümesini kontrol altında tutmak için bir boyuna direnç gereksinimini içermektedir.

Tekrarlı yüklerin etkisi için yapılan laboratuvar testi bağlantı sisteminin hattaki olası uzun dönem performansını belirlemek içindir.

Tutma kuvveti testi sadece laboratuvar kullanımı için uygundur. Tutma kuvvetinin hatta ölçümü uzun dönem performansını izemek için kullanılabilir. Kullanılan ölçüm metodu belli bağlantı sisteminin tasarımına uygun olmalıdır.

Bu Avrupa standardı özel bağlantı sistemleri için, EN13481-1:2012’de tanımlanan A-E kategorilerinde makaslar, kruvazmanlar ve kontraylar için tüm bağlantı sistemleri dahilinde (mesnetlere tespitli olanlardan ayrı olarak) ahşap, beton ve çelik mesnetlerde, balastlı hatta doğrudan tespitli hatta ve maksimum aks yükleri, minimum kurp yarıçapları na sahip Çizelge 3.2 gereğince ayrı hatlarda performans gereksinimlerini belirler.

Gereksinimler esnek bir eleman içeren, ray patenine ve/veya gövdesine etkiyen, EN13674-1 (49E4 hariç) ve EN13674-4+A1’deki yaslanma rayı kesitleriyle kullanıma yönelik olan bağlantı sistemlerine uygulanabilir.

3.1.15.1 Gereksinimler

Genel

Aşağıdaki makas ve kruvazman parçaları için kullanılan bağlantı sistemleri EN13481-2, EN13481-3, EN13481-4, EN13481-5’deki uygun destek tipine göre düz yol hattı bağlantı sistemi gereksinimlerine uymalıdır:

- Birleştirme hattı
- Kontrayları destekleyen raylar
- Kruvazmanlar
- Makas ökçeleri

Müşteri tarafından gereksinim duyulursa, burulma dayanımı sadece birleştirme hattı için ölçülmelidir.

Boyuna ray direnci

EN13146-1'deki prosedüre göre ölçüldüğünde yaslanma raylarının altında anti-şöminman pedleri kullanılmışsa boyuna ray direnci 7 kN'dan küçük olmamalıdır. Ped kullanılmadığında boyuna ray direnci 5 kN'dan daha küçük olmamalıdır.

Uzun köprüler gibi yapılarda hatla yapı arasında iletilen boyuna kuvvet EN1991-2'deki metodla hesaplanabilir. Hesaplama EN13146-1'e uygun olarak ölçülen F_{max} (boyuna ray direnci testinde büyük kaymanın olduğu eksenel yük) değeri kullanılabilir. Bu gibi durumlarda yüklenici ve müşteri arasındaki anlaşmaya uygun olarak boyuna ray direnci için minimum gereksinim azaltılabilir.

Burulma dayanımı (direnci)

Müşteri gereksinim duyduğu zaman EN13146-2'deki prosedüre göre ölçülerek sonuçlar raporlanmalıdır.

Montaj ve ped rijitliği

EN 13146-4 tarafından gereksinim olduğu gibi statik rijitlik montajı ve düşük frekanslı dinamik rijitlik montajı EN13146-9+A1 gereğince ölçülmelidir. Ray pedinin statik rijitliği ölçümünün gereksinimi EN13146-8 gereğince müşterinin takdir yetkisindedir. Eğer müşteri aşağıdakilerin her ikisine de gereksinim duyarsa EN13146-9+A1 gereğince ölçülmelidir.

- Düşük frekanslı dinamik rijitlikli ped,
- Yüksek frekanslı dinamik rijitlikli montaj.

Test yükleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Tekrarlı yüklemenin etkisi

Genel

Kontray montajları için bu EN13146-4'deki prosedür tarafından belirlenmiştir. Kontrayın yüklemesine müsaade etmek için taşıyıcı ray yüksekliği EN13146-4:2012 gereğince azaltılmalıdır.

Montajın dinamik rijitliği

Montajın düşük frekanslı dinamik rijitliği EN13146-9+A1 gereğince belirlenmelidir.

Test performansının değerlendirilmesi

Aşağıdaki ölçümler tekrarlı yük testinden önce ve sonra başarılmış olmalıdır. Performansta görülen değişimler aşağıdaki değerleri aşmamalıdır.

- Boyuna ray direncindeki değişim $\leq$ %20 olmalıdır.
- Montaj rijitliğindeki değişim $\leq$ %25 olmalıdır.
- Tutma kuvvetindeki değişim $\leq$ %20 olmalıdır.

Darbe yüklerinin sönümlenmesi

Beton mesnetlerde kullanılan ve dinamik yükleri orta ve yüksek sönümlemeye sahip olarak sınıflandırılan bağlantı sistemleri için EN13146-3'deki prosedüre göre bağlantı sisteminin kullanıldığı mesnet tasarımı kullanılarak ölçülmelidir.

Sonuç aşağıdaki limitlere uygun olmalıdır:

- Orta sönümleme %15'e eşit ve büyük; %30'a eşit ve küçük olmalıdır,
- Yüksek sönümleme %30'dan büyük olmalıdır.

Bağlantı sistemi ve mesnetin elektiriksel direnci

Eğer kullanıcı beton mesnet, doğrudan tespitli hat veya çelik mesnette kullanıldığı zaman bağlantı sisteminin elektiriksel izolasyon sağlamasına gereksinim duyuyorsa bu EN13146-5:2012 gereğince ölçüldüğünde 3 k Ω 'dan az olmamalıdır. Kullanıcı sabit ray devresi ile kullanım için daha yüksek bir değer belirleyebilir.

NOT: Bu gereksinim sadece sinyal akımıyla ilgilidir, cer akımıyla ilgili değildir. Cer akımıyla ilgili kılavuz EN50122-2'de verilmiştir.

şiddetli çevre şartlarına maruz kalma etkisi

EN13146-6:2012 gereğince yapılan testten sonra bağlantı sistemi montajı herhangi bir bileşen deformasyona uğramadan sağlanan manuel aletlerle sökölüp takılabilmelidir.

Tutma kuvveti

EN 13146-7:2012 prosedürüne göre belirlenip sonuç raporlanmalıdır.

İşletme testi

Kullanıcı gereksinim duyduğunda, sadece test edilen bağlantı sistemli bir makasın dışında bir de referans bağlantı sistemli bir makas gözlenerek EN13146-8:2012'ye uygun olarak yapılır.

Gürültü ve titreşimin azaltılması

Genel

Ray bağlantı sisteminin fiziksel yapısı hat yapısına iletilen titreşimi, hattan ve yapıdan yayılan gürültüyü etkiler. Yapısal ve çevresel titreşim ve gürültü için tahmin modelleri bu davranışa bağımlı giriş parametreleri gerektirebilir.

Çevresel titreşim hesapları için parametreler

Trenlerin geçişinden kaynaklanan çevresel titreşimi ve ikincil gürültüyü tahmin etmek veya analiz etmek için; uygun genlik ve frekansta titreşime maruz bırakılan ray bağlantı sistemi montajının rijitliğini bilmek gereklidir. Küçük ölçekli laboratuvar testlerinde genlik ve frekansın ikisinin birden aynısını yapmak genellikle mümkün değildir.

Çevresel gürültü

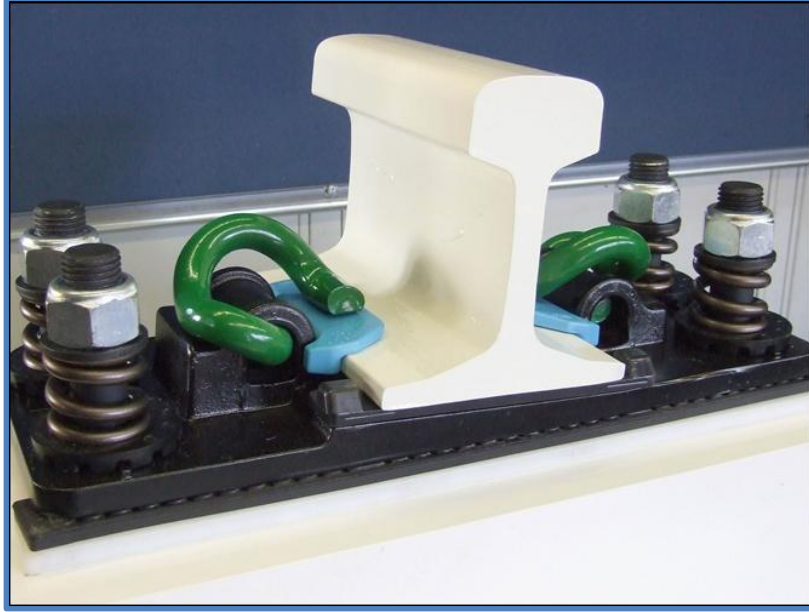
Ray bağlantı sistemi için bir değer girişi gerektiren pek çok model demiryolu gürültüsünün tahmini için kullanılmıştır.

Demiryolu hattının tam bir panelinde sürüdürülmesi için gerekli testler olan EN15461'de verilen prosedürden bu değer türetilmiştir.

3.2 Bağlantı Sistemlerine Uygulanan Testlerin Bir Örnek Üzerinde İncelenmesi

Yukarıda Bölüm 3.1 boyunca bahsedilen ve nasıl yapıldığı incelenen testleri bu bölümde yapılmış bir örnek üzerinde inceleyeceğiz.

Pandrol e-klips sistemi İstanbul kentiçi raylı sistemlerden Kadıköy – Kartal metro hattında kullanılmıştır. Kullanılan bağlantı sisteminin montajlı hali Şekil 3.26'da gösterilmiştir.



Şekil 3.26 : Montajlanmış halde Pandrol e-klips bağlantı sistemi[20].

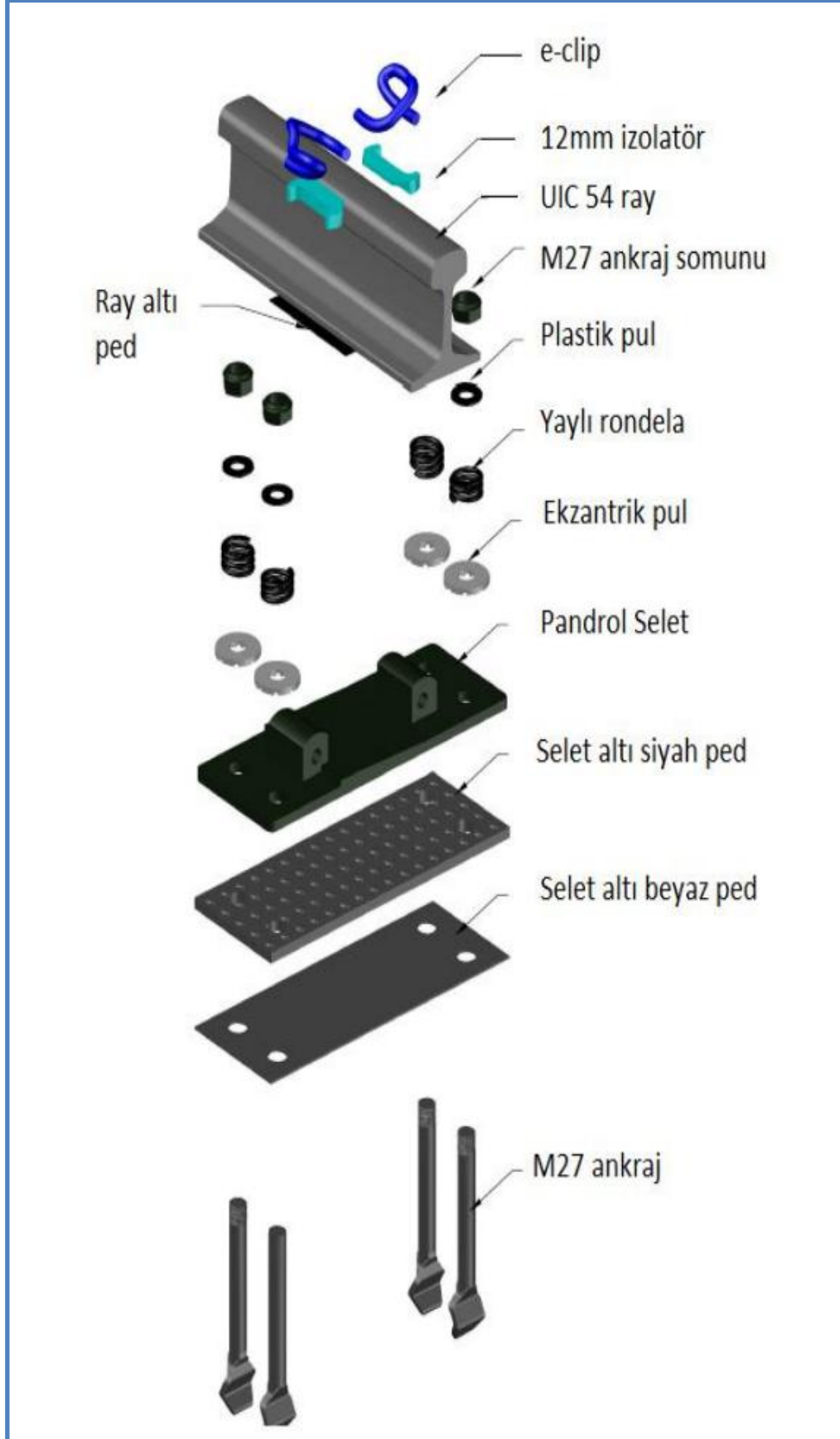
Bağlantı sistemi hatta kullanılmaya başlamadan önce Pandrol firmasından kullanılacak olan tipin standartlara uyduğunu gösterir test sonuçları istenmiştir. Pandrol Ltd. Geliştirme Laboratuvarı'nda EN 13481-6: "Titreşimin Azaltılması İçin Özel Bağlantı Sistemleri" CEN Standardına dayanan bir dizi test yapılmıştır.

İlgili CEN standardı 2012 yılında EN13481 standart dizisi güncellenirken titreşimin ve gürültünün sönümlenmesiyle ilgili kısımlar diğer parçalara ek olarak koyularak yürürlükten kaldırılmıştır. Ayrıca yine aynı sene hem aynı standart dizisinde hem de EN13146 standart dizisinde güncellemeler ve yenilikler yapılmıştır.

Bu örnekte belirtilen bağlantı sistemi testin yapıldığı sene yürürlükte olan EN13146:2002 ve EN13481:2002'ye göre yapıp değerlendirilmiştir.

Testlerde ve sonuçlarda 2013 yılında yapılan güncellemelerde çok büyük değişiklikler olmamakla birlikte bu örnek güncellemeden önceki standarda değerlendirilmiş olmasına rağmen gerçek testi ve sonuçlarını incelemek için bu bölüme alınmıştır.

Teste konu olan bağlantı sistemi Şekil 3.27'de gösterilen bileşenlerden oluşmaktadır.



Şekil 3.27 : Pandol e-klips bağlantı sistemi bileşenleri[20].

Şekilde gösterilen bileşenlerin isimleri aşağıda şekilde tariflenmiştir:

- Pandrol marka e2007 tipi ray kraposu
- Pandrol marka 14510-B1 tipi yumuşak selet
- 5 mm yükseklik ayarlama şimi
- Pandrol marka 14506 tipi çelik selet altlığı
- Pandrol marka 14507-B tipi çelik selet
- Pandrol marka 14508-A tipi ray seleti
- Pandrol marka 14296A-12 tipi izolatör
- Pandrol marka 12683 tipi burç
- Pandrol marka 10108 tipi yay
- Pandrol marka 12740-B tipi plastik bilezik pul
- 54 E1 tipi ray

Bu bileşenlere sahip Pandrol e-klips sistemine aşağıdaki rejimde testler uygulanmıştır:

- Montaj pedinin dinamik rijitliği EN 13481-5:2002
- Tekrarlı yük testinden önce tutma kuvveti (EN 13146-7:2002)
- Tekrarlı yük testinden önce boyuna ray direnci (EN 13146-1:2002)
- Tekrarlı yük testinden önce düşey rijitlik (EN 13146-4:2002)
- Tekrarlı yük testi (EN 13146-5:2002)
- Tekrarlı yük testinden sonra düşey rijitlik (EN 13146-4:2002)
- Tekrarlı yük testinden sonra boyuna ray direnci (EN 13146-1:2002)
- Tekrarlı yük testinden sonra tutma kuvveti (EN 13146-7:2002)
- Şiddetli çevre şartlarının etkileri testi (EN 13146-6:2002)
- Elektrik direnci (EN 13146-5:2002)

Testler aşağıda tarif edilen şekilde yapılmış ve belirtilen sonuçlar alınmıştır.

3.2.1 Montajın dinamik rijitliği testi (EN 13481-5:2002)

Montajın dinamik rijitliği testi, tekrarlı yük testinden önce uygulanmıştır.

Montaj, test için, hidrolik bir aktuatörün altına yerleştirilmiş esnemez bir çelik selet üzerine monte edilmiştir. 1000 çevrim boyunca 5 kN ve 55 kN arasında değişen çevrimlerle merkezi olarak düşey yük uygulanmıştır. CEN spesifikasyonuna göre, uygun noktada, rayın dört köşesindeki ray esnemesi, 10 çevrim boyunca kaydedilmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Elde edilen sonuçlardan maksimum esneme aralığı belirlenmiş ve rijitlik hesaplanmıştır. Montajın dinamik rijitliği sonucu, tekrarlı yük testinde uygulanacak test yükleri ve açılarının saptanmasına yönelik CEN spesifikasyonunda kullanılmıştır. Test düzeneği, Şekil 3.28’de, test sonuçlarında elde edilen sayısal veriler de Şekil 3.29’da verilmiştir.



Şekil 3.28 : Montajın dinamik rijitliğinin ölçülmesi testi düzeneği[21].

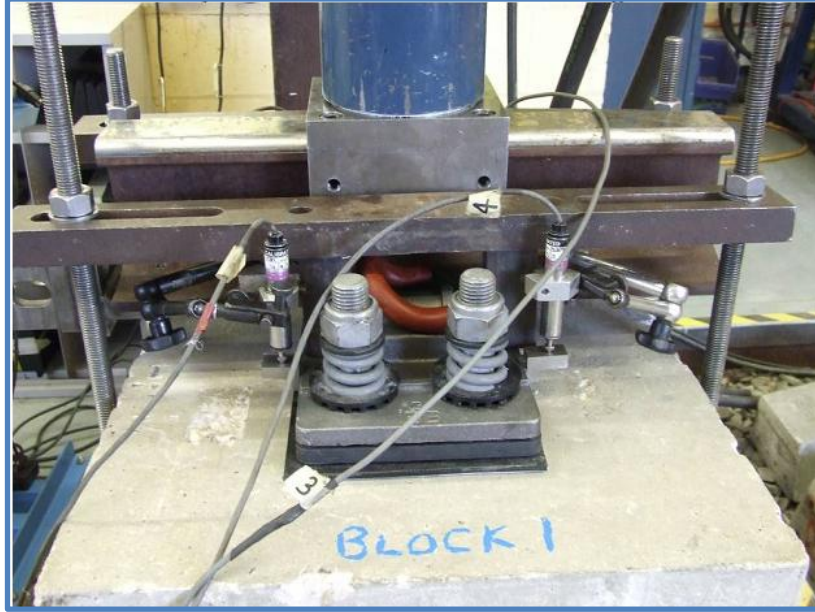
Test Ref	Test Tarihi	Düşey Katılık Değeri (MN/m)
		Ortalama Yükleme
Dinamik test	02.04.2010	20,43

Şekil 3.29 : Montajın dinamik rijitliğinin ölçülmesi testi sonuç tablosu[21].

3.2.2 Tutma kuvveti testi (EN 13146-7:2002)

Tutma kuvveti testi, tekrarlı yük testinden önce ve sonra gerçekleştirilmiştir. Bu testte, bir yükleme kasası kurulmuş ve çelik seletin uzunlamasına merkez noktasından yaklaşık olarak aynı uzaklıkta, rayın her iki tarafına ikişer adet olmak

üzere, dört adet deplasman ölçer hissedici eleman raya yerleştirilmiştir. Hissedici elemanlar sıfırlanarak ray seletinın çıkarılabildiği noktaya kadar yükleme kasası yoluyla artan bir P yükü uygulanmıştır. Selet çıkarıldıktan sonra yük, kademeli olarak yaklaşık $0,9P$ 'ye düşürülmüş ardından; seletin, ray ile travers arasına takılabildiği noktaya kadar yük yeniden uygulanmıştır. Bu esnada, yük ve esnemeye ilişkin kayıtlar not edilmiştir. Bu prosedür, toplam üç kez gerçekleştirilmiş ve sonuçların ortalaması alınmıştır. Test düzeneği, Şekil 3.30'da görülmektedir.

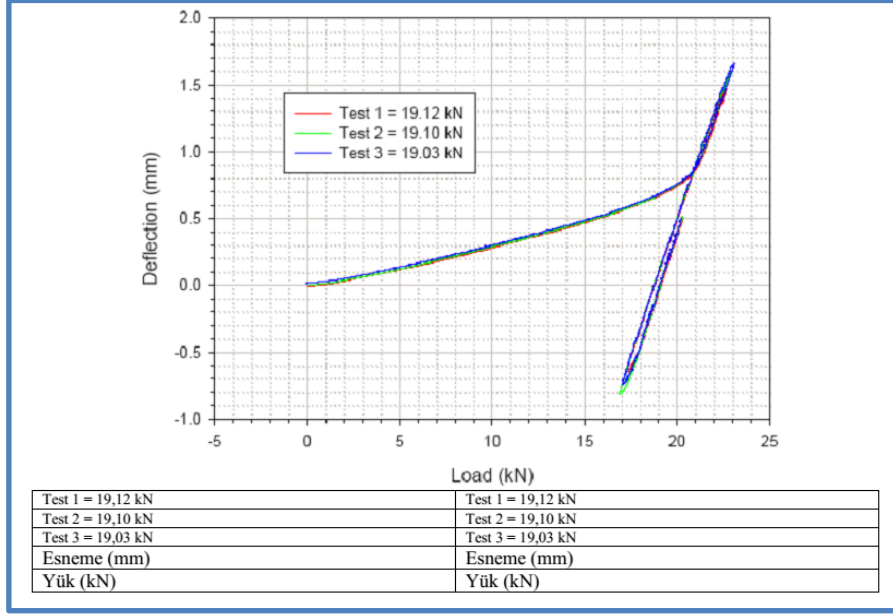


Şekil 3.30 : Tutma kuvveti testinin uygulandığı test düzeneği[21].

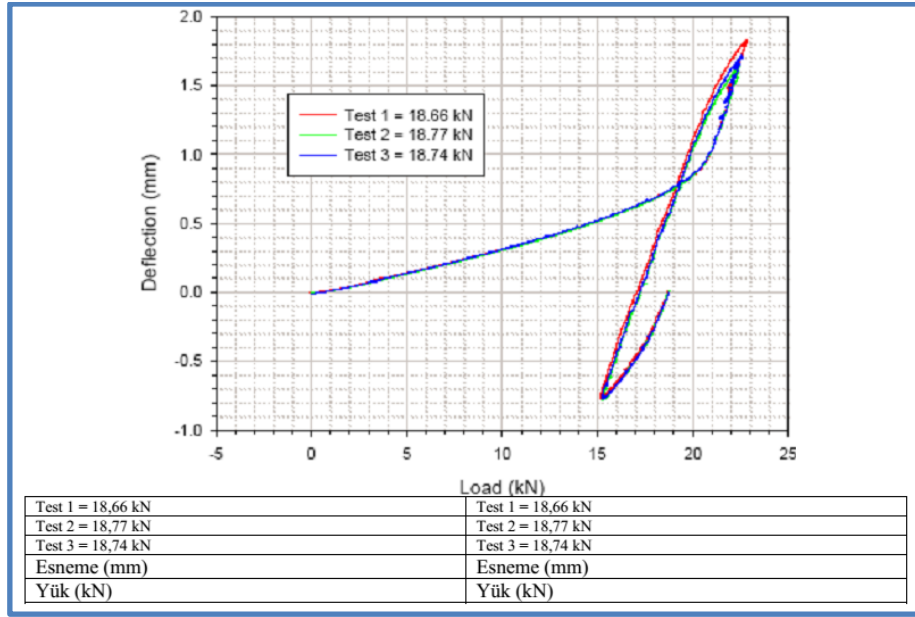
Elde edilen her veri grubundan bir yük-yerdeğiştirme eğrisi çizilerek sıfır esnemeye denk gelen yük değeri kaydedilmiş, bu değer, tutma kuvveti olarak alınmıştır. Bunun ardından üç testten alınan sonuçların ortalaması hesaplanarak, Şekil 3.31'de gösterilen tablo elde edilmiştir. Sonuçlar Şekil 3.32 ve Şekil 3.33'de de grafiksel olarak gösterilmiştir.

Test Ref	Test Tarihi	Ortalama Tutma Kuvveti (kN)				
		1. yükleme	2. yükleme	3. yükleme	Ortalama	Değişim %
Dinamik test öncesi	07.04.2010	19,12	19,1	19,03	19,08	1,89
Dinamik test sonrası	23.04.2010	18,66	18,77	18,74	18,72	
CEN Spesifikasyonu						Maks. %20

Şekil 3.31 : Tutma kuvveti testinin sonuçlarının işlendiği tablo[21].



Şekil 3.32 : Tekrarlı yük testi öncesi yapılan tutma kuvveti test sonuçları grafiği[21].



Şekil 3.33 : Tekrarlı yük testi sonrasında yapılan tutma kuvveti test sonuçları grafiği[21].

3.2.3 Boyuna ray direnci testi (EN 13146-1:2002)

Boyuna ray direnci testi, tekrarlı yük testinden önce ve sonra gerçekleştirilmiştir. İlgili test düzeneği, Şekil 3.34’de görülmektedir.

Uzunlamasına ray montajı ve beton hat bloğu, yatay bir çelik selete sıkıca kenetlenerek raya uzunlamasına 2,5 kN’lık bir yük uygulanmıştır. Bu yük; 2,5 kN’lık artışlarla başka yükler uygulanmadan önce 30 saniye boyunca korunmuştur. 2,5

kN'luk artış yüklerinin her biri, sonraki artış yükü yüklenmeden önce 30 saniye boyunca tutulmuş ve bu işlem rayın kaydığı gözlemlenene kadar devam etmiştir. Ray kayduğunda, yük hızla sıfıra düşürülmüştür. Yükleme çevrimi sırasında ve yük kaldırıldıktan sonra da 2 dakika boyunca, rayın boylamasına her hareketi kaydedilmiştir. Bu test, bileşenlerin hiçbirisi çıkarılmadan veya değiştirilmeden, üç defa daha tekrarlanmıştır. Testler arasında en az 3 dakika ara verilmiştir.

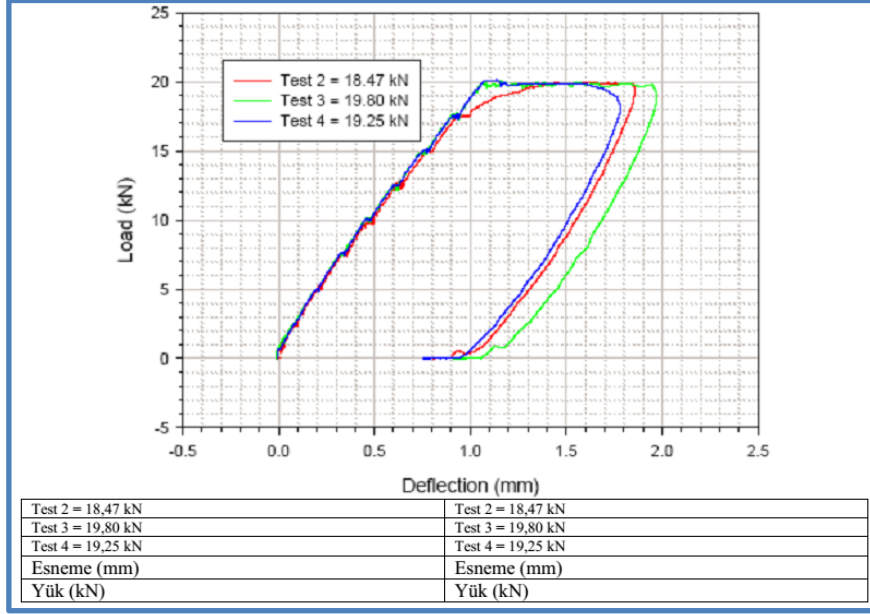


Şekil 3.34 : Boyuna ray direnci testinin yapıldığı düzenek[21].

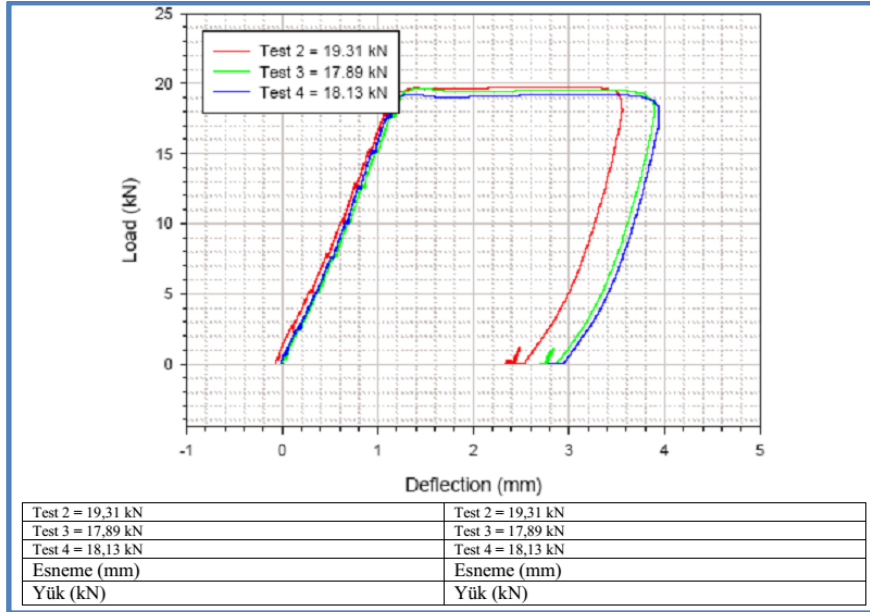
Testte elde edilen değerlerle Şekil 3.36 ve Şekil 3.37'daki diyagram çizilmiştir. Ortalama boyuna ray direnci; CEN Standardında belirtilen yöntem kullanılarak ve birinci testin sonuçları dikkate alınmayarak son üç yükleme üzerinden hesaplanmıştır. Sonuçların işlendiği tablo Şekil 3.35'de de verilmiştir.

Test Ref	Test Tarihi	Ortalama Tutulma Değeri (kN)				Değişim %
		2. yükleme	3. yükleme	4. yükleme	Ortalama	
<i>Dinamik test öncesi</i>	07.04.10	18,47	19,8	19,25	19,17	3,81
<i>Dinamik test sonrası</i>	20.04.10	19,31	17,89	18,13	18,44	
CEN Spesifikasyonu					7 dak	maks. %20

Şekil 3.35 : Boyuna ray direnci testinin sonuçlarının işlendiği tablo[21].



Şekil 3.36 : Tekrarlı yük testi öncesi yapılan boyuna ray direnci test sonuçları grafiği[21].

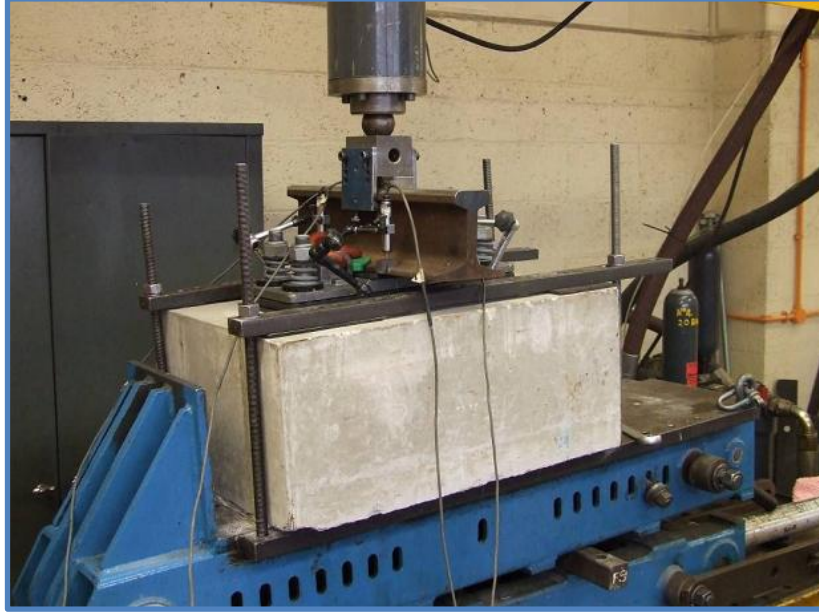


Şekil 3.37 : Tekrarlı yük testi sonrasında yapılan boyuna ray direnci test sonuçları grafiği[21].

3.2.4 Düşey rijitlik testi (EN 13146-4:2002)

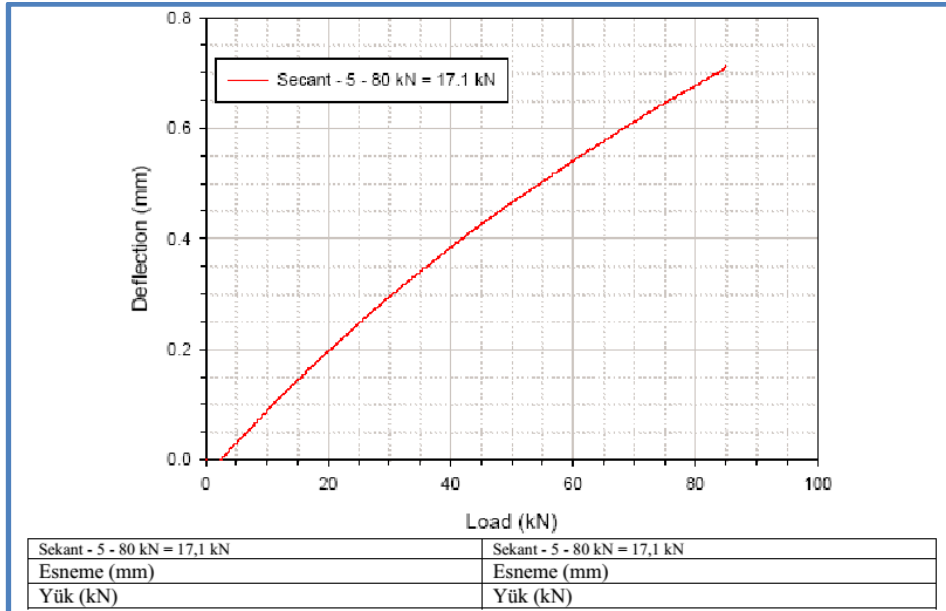
Bu testte, ray bağlantı sistemi montajının tespitlenmiş olduğu beton hat bloğu, esnemez yatay bir kaide üzerine mesnetlenmiştir. 85 kN'luk düşey yük, traversin boyuna orta çizgisi üzerinden ray başlığının merkezine 50 kN/dak'lık bir hızla uygulanmıştır. Yük kaldırılmış ve işlem, beş defa daha tekrarlanmıştır. Altıncı yükleme sırasında, rayın düşey deplasmanı ray yatağının her bir köşesinde

ölçülmüştür. Rijitlik, 5 kN ile 80 kN arasında hesaplanmıştır. Test düzeneği, Şekil 3.38’de verilmiştir.

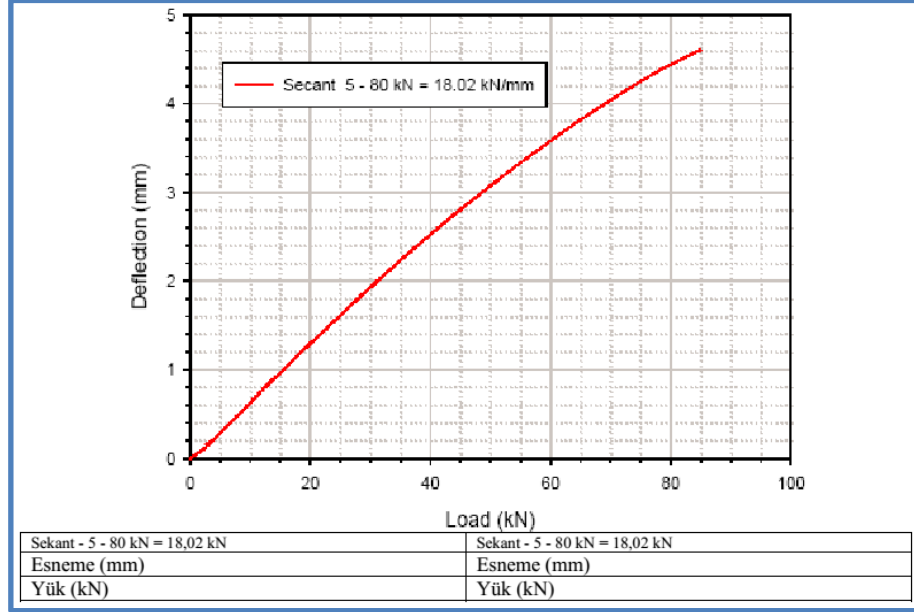


Şekil 3.38 : Düşey rijitlik testinin yapıldığı düzenek[21].

Test yöntemi, tekrarlı yük testinden hem önce hem de sonra gerçekleştirilmiştir. Sonuçlarla ilgili çizilen grafikler Şekil 3.39 ve 3.40’de, verilerin işlendiği tablo da Şekil 3.41’de verilmiştir.



Şekil 3.39 : Tekrarlı yük testi öncesi yapılan düşey rijitlik testi sonuçları grafiği[21].



Şekil 3.40 : Tekrarlı yük testi sonrasında yapılan düşey rijitlik testi sonuçları grafiği[21].

Test Ref	Test Tarihi	Düşey Katılık Değeri (MN/m)	
		Ortalama Yükleme	Değişim %
Dinamik test öncesi	07.04.10	17,10	5,42
Dinamik test sonrası	19.04.10	18,02	
CEN Spesifikasyonu			maks. %20

Şekil 3.41 : Statik düşey rijitlik testi (5-80 kN) sonuçlarının işlendiği tablo[21].

Buna ek olarak, düşey rijitlik, 0 kN ile 50 kN yükleri arasında da hesaplanarak ilgili sonuçlar, 3.42’de verilmiştir.

Test Ref	Test Tarihi	Düşey Katılık Değeri (MN/m)
		Ortalama Yükleme
Dinamik test öncesi	07.04.10	15,93

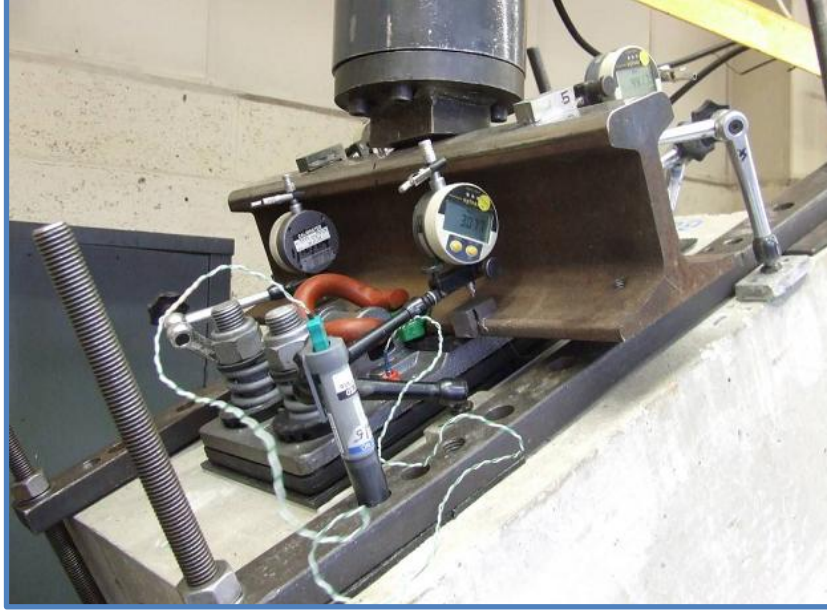
Şekil 3.42 : Statik düşey rijitlik testi (0-50 kN) sonuçlarının işlendiği tablo[21].

3.2.5 Tekrarlı yük testi (EN 13146-4:2002)

Bu test, EN 13146-4:2002’de açıklanan yöntemeye uygun olarak yapılmıştır.

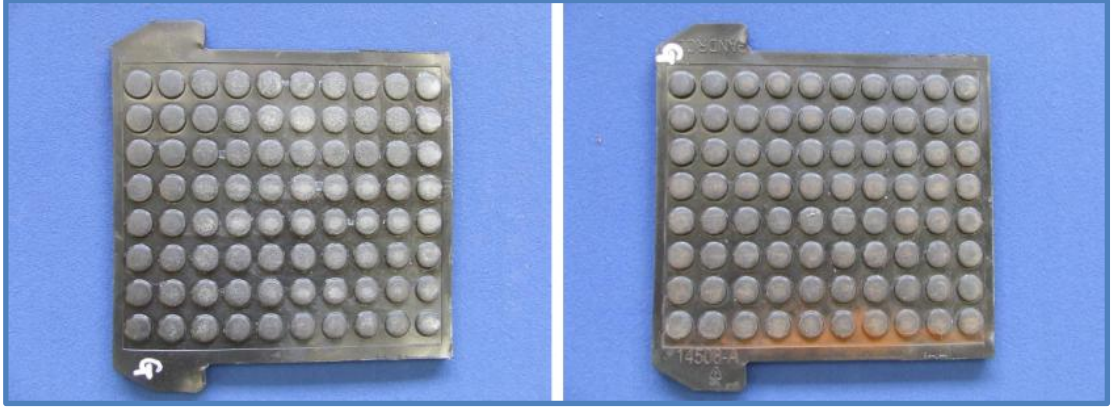
Test düzeneği Şekil 3.43’de gösterildiği şekilde hazırlanmış, beton hat bloğu ve ray bağlantı sistemi montajı, hidrolik bir silindir altında bulunan eğimli bir kasa üzerine mesnetlenmiştir. 5 kN ve 60 kN arasında periyodik olarak işletilen test yükü, 26

derece açıyla ray başına uygulanmıştır. Bu testte, ray bağlantı sistemi montajının tespitlenmiş olduğu beton hat bloğu, esnemez yatay bir kaide üzerine mesnetlenmiştir. 85 kN'luk düşey yük, traversin boyuna orta çizgisi üzerinden ray başlığının merkezine 50 kN/dak'lık bir hızla uygulanmıştır.

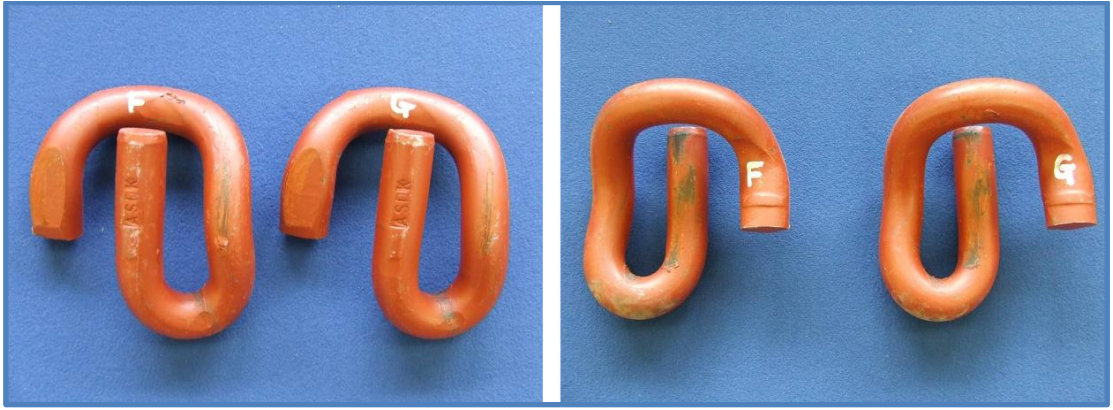


Şekil 3.43 : Tekrarlı yük testinin uygulandığı düzenek[21].

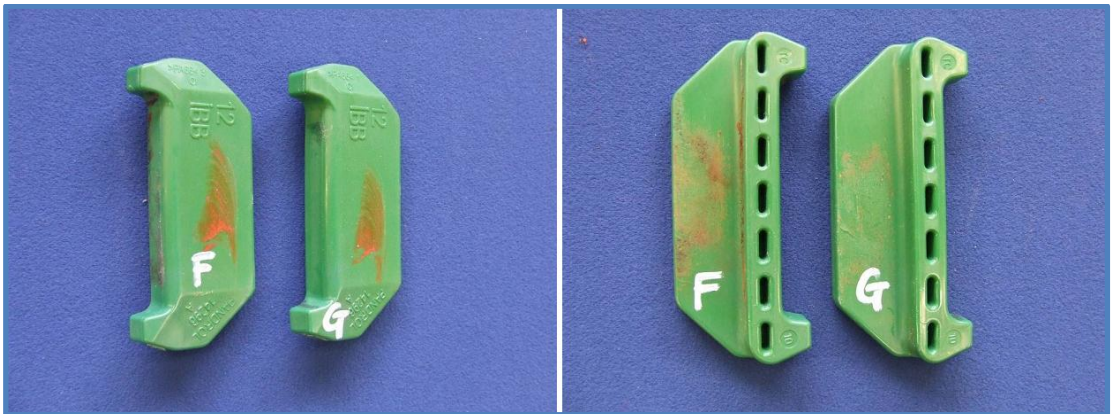
Yük, CEN standardına uygun olarak 100 kN/dak'lık bir hızla 10 çevrim olarak uygulanmıştır. Son 3 çevrim sırasında; rayın maksimum deplasmanı Şekil 3.51'de gösterilen noktalarda test hat bloğuna göre ölçülmüş ve ortalama “statik” değerler hesaplanmıştır. Bunun ardından çevrimsel yük, üç milyon çevrim boyunca 3 Hz'lik bir hızla uygulanmış. Ray deplasmanları, test boyunca aralarda dinamik olarak ölçülmüştür. Test sonrasında, yük altında “statik” esnemeler ve sıfır yük altında artık deplasman hesaplanmıştır. Esneme ölçümleri yine Şekil 3.51'de verilmiştir. Tekrarlı yük testi ve sonrasındaki düşey rijitlik, boyuna ray direnci ve tutma kuvveti ölçümlerinin ardından ray bağlantı sistemi bileşenlerindeki aşınma ve deformasyonlar incelenmiştir. Bileşenlerin fotoğrafları; Şekil 3.44 ile Şekil 3.50 arasında verilmiştir.



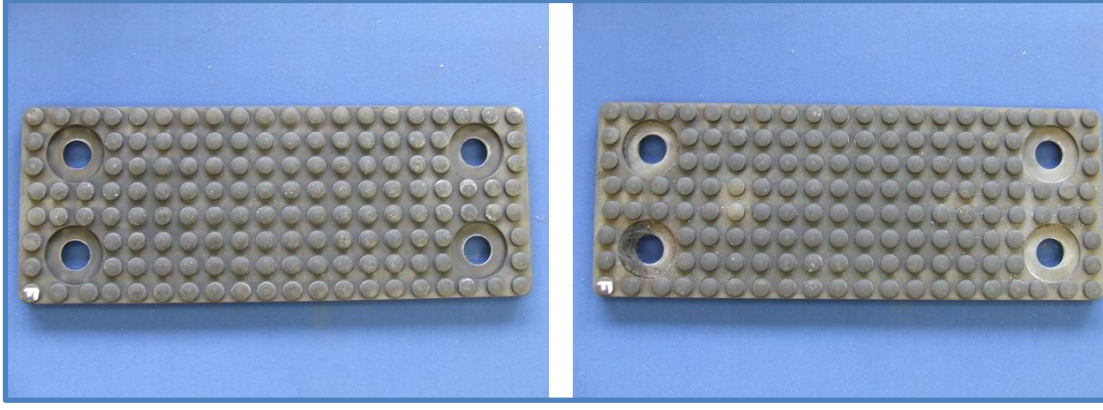
Şekil 3.44 : Tekrarlı yük testi sonrası rayaltı pedinin üst ve alt yüzeylerinin durumu [21].



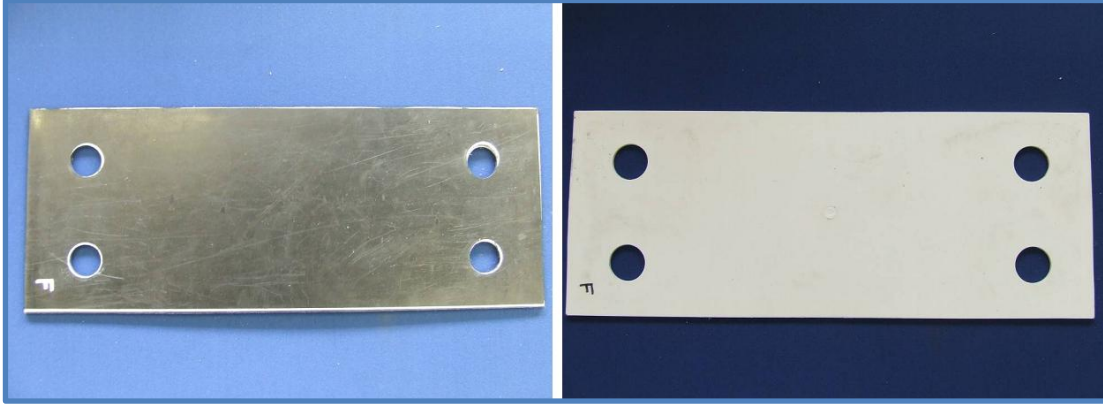
Şekil 3.45 : Tekrarlı yük testi sonrası ray krapolarının üst ve alt yüzeylerinin durumu[21].



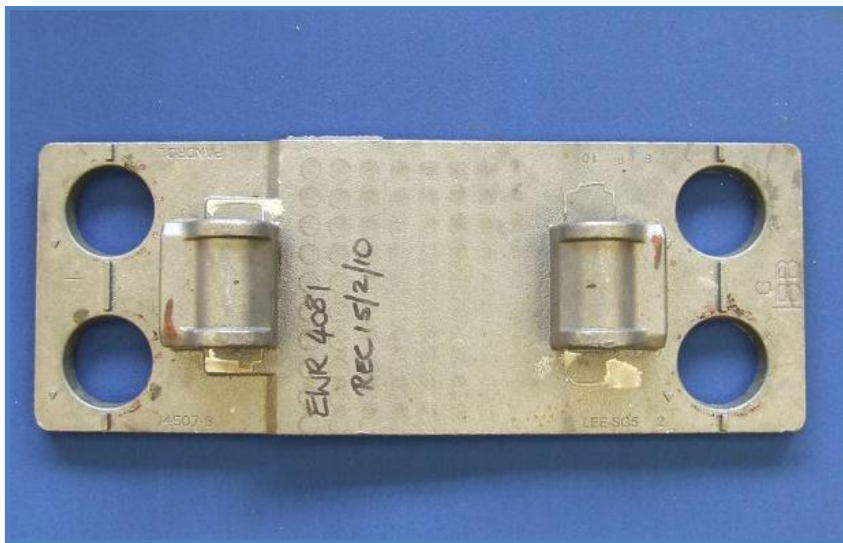
Şekil 3.46 : Tekrarlı yük testi sonrası izolatörlerin üst ve alt yüzeylerinin durumu [21].



Şekil 3.47 : Tekrarlı yük testi sonrası çelik selet altı pedin üst ve alt yüzeylerinin durumu [21].



Şekil 3.48 : Tekrarlı yük testi sonrası siyah ve beyaz şimlerin durumu[21].



Şekil 3.49 : Tekrarlı yük testi sonrası çelik seletin durumu[21].



Şekil 3.50 : Tekrarlı yük testi sonrası çelik selet altı pedin üst ve alt yüzeylerinin durumu[21].

Test yükü kN	Min		Maks.	
	5		60	
Açı Dereceleri			26	
X =			15	
Frek. Hz			3	
Yük hücresi S/no			2141/4	
Hissedici eleman S/no			4073/1,2,3,4,5,6	
Başlama tarihi			07.4.10	
Bitiş tarihi			19.4.10	

Çevrimler	Deplasman mm											
	Dış taraf				İç taraf				Ray başlığı			
	1		2		3		4		5		6	
	Min	Maks.	Min	Maks.	Min	Maks.	Min	Maks.	Min	Maks.	Min	Maks.
Öncesinde statik deplasman		-3,69		-4,04		-2,27		-2,61		-2,64		-2,56
1000 çevrim dyn	-3,11	-1,17	-3,64	-1,36	-1,90	-0,50	-2,41	-0,70	-2,34	-1,28	-2,25	-1,27
Son 1000 çevrim dyn	-3,66	-1,68	-4,08	-2,10	-1,89	-0,53	-2,35	-0,97	-3,74	-2,75	-3,96	-2,81
Statik 3 milyon		-4,06		-4,48		-2,12		-2,56		-4,09		-4,25
Sıfır yükte deplasman		-0,73		-0,97		-0,01		0,30		-1,74		-1,89
Ortalama statik artık deplasman		-0,37		-0,44		0,15		0,05		-1,45		-1,69
	-0,41				0,10				-1,57			
	-0,15											
1000 çevrim sonrası ortalama dinamik deplasman	1,94		2,28		1,40		1,71		1,06		0,98	
	2,11				1,56				1,02			
	1,83											
Ortalama dinamik deplasman, son 1000 çevrim	1,98		1,98		1,36		1,38		0,99		1,15	
	1,98				1,37				1,07			
	1,68											

Şekil 3.51 : Tekrarlı yük testi sonuçlarının işlendiği tablo[21].

3.2.6 Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi (EN 13146-6:2002)

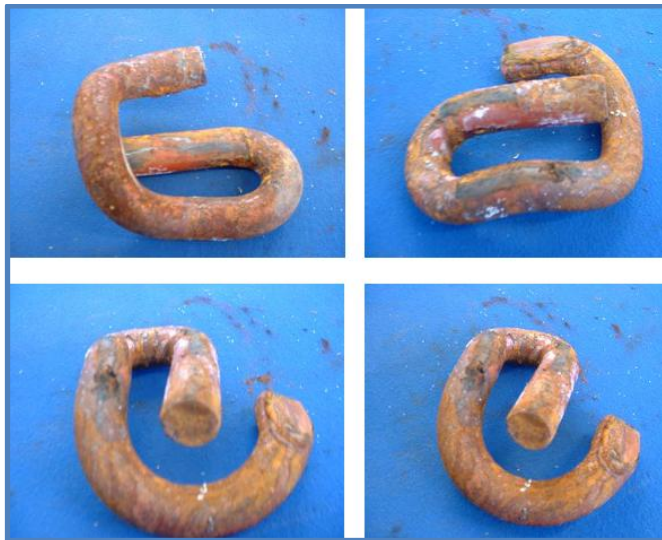
Şiddetli çevre şartlarının etkisi, ray montajı üzerinde EN 13146-6:2002 standardında detaylandırıldığı şekilde yapılarak değerlendirilmiştir.

Montaj, standartta tanımlanan çevre şartlarına 300 saatlik süre boyunca maruz bırakılmıştır. Bu sürenin ardından montaj korozyon odasından çıkartılarak, demonte edilmiş ve değerlendirildikten sonra yeniden monte edilmiştir. Montajın herhangi bir zorluk yaşanmadan yeniden monte edildiği gözlenmiştir. Bu yüzden standardın gereksinimine uygun olduğu not edilmiştir.

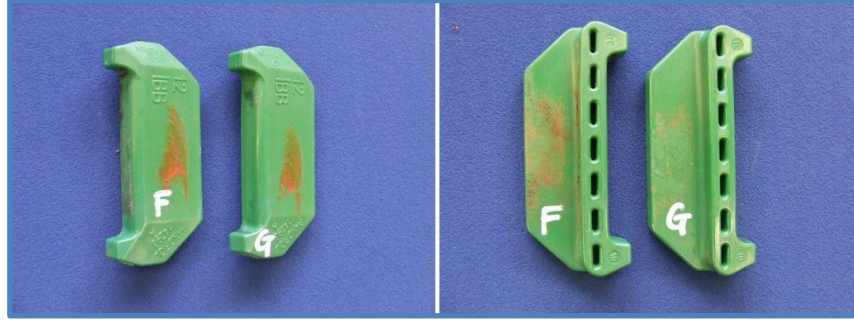
Montaj bileşenlerinin fotoğrafları; Şekil 3.52 ve Şekil 3.55 arasında verilmiştir.



Şekil 3.52 : Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi sonrası ray altı pedinin durumu[21].



Şekil 3.53 : Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi sonrası ray krapolarının durumu[21].



Şekil 3.54 : Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi sonrası izolatörlerin durumu[21].



Şekil 3.55 : Şiddetli çevre şartlarının etkisi testi sonrası somun, yay ve pulların durumu[21].

3.2.7 Elektriksel direnç testi (EN 13146-5:2002)

Elektriksel direnç testi, EN 13146-5:2002 standardında tanımlanan test metodunu baz alan bir metotla gerçekleştirilmiştir.

Test, 5 mm yükseklik ayarlama şimi montajdan sökülerek gerçekleştirilmiştir. Buradaki amaç, montajı mümkün olan en düşük dirençle test etmektir. Testin gerçekleştirilmesinden önce test hat bloğu yıkanmıştır. İlk test, yıkama testi olarak sınıflandırılır ve sonuçları dikkate alınmaz. Takip eden üç testten elde edilen sonuçların ortalaması, montajın elektrik direncini verir. Test düzeneği, Şekil 3.56'da görülmektedir.

Testlerin her birinde, ray kafaları arasına standartta öngörülen alternatif gerilim uygulanmış ve su, travers yüzeyine 2 dakika boyunca standartta öngörülen hızda püskürtülmüştür. Akım akışı, püskürtme boyunca ve ayrıca püskürtme bittikten sonra

en az 10 dakikalık bir süre boyunca ölçülmüştür. Maksimum akım değeri (minimum direnç) kaydedilmiştir. Kullanılan suyun iletkenlik değeri ve test sırasında ölçülen minimum direnç (R_c) değerinden, standartlaştırılmış bir direnç değeri (R_{33}) hesaplanmıştır. Testler, CEN standardında istenen üç montaj yerine test hat bloğu üzerinde gerçekleştirilmiştir.

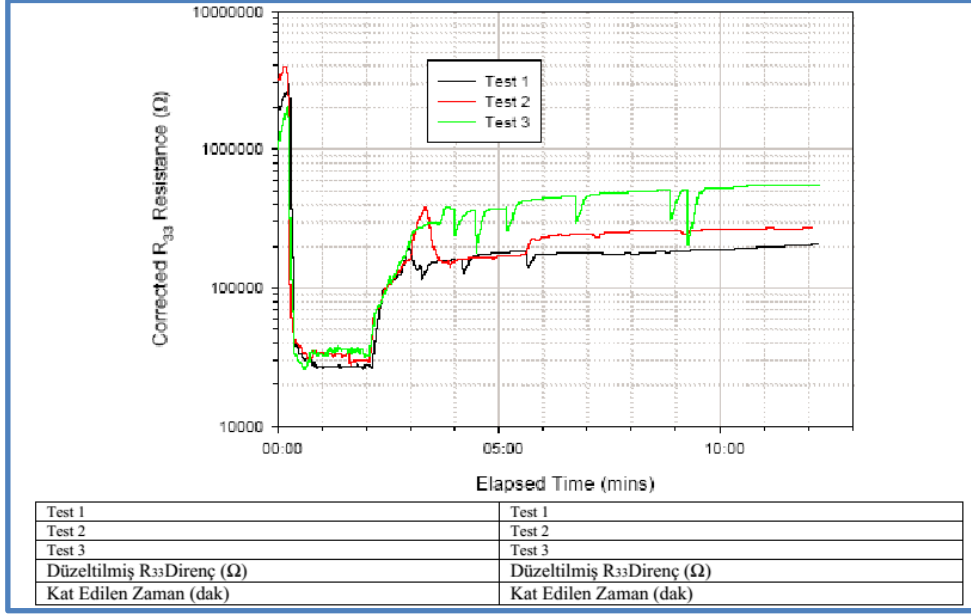


Şekil 3.56 : Elektriksel direnç testinin uygulandığı düzenek [21].

Test sonuçları, Şekil 3.57’de ve çizilen diyagram Şekil 3.58’de verilmiştir.

	Test 1	Test 2	Test 3
Test Tarihi	08.04.10	09.04.10	12.04.10
Hava Sıc. (°C)	22,4	22,1	21,7
Su Sıc. (°C)	19,8	18	19
İlk İletkenlik (mS/m)	55,2	55,8	60
Son İletkenlik (mS/m)	62,2	59,1	62,5
Ortalama İletkenlik (mS/m)	58,7	57,45	61,25
Maksimum Akım (mA)	2,039	1,859	2,152
Gerilim (v)	30	30	30
Direnç (kΩ)	14,713	16,138	13,941
K _c	1,761	1,7235	1,8375
Düzeltilmiş Direnç R ₃₃	25,910	27,813	25,616
Ortalama Elektrik Direnci (kΩ)	26,446		
CEN Spesifikasyonu Minimum Ω 5 k			

Şekil 3.57 : Elektriksel direnç testi sonuçlarının işlendiği tablo[21].



Şekil 3.58 : Elektriksel direnç testi sonuçları grafiği[21].

3.2.8 Test sonuçlarının değerlendirilmesi

Yapılan deneylerden sonra özetle aşağıdaki sonuçlar alınmıştır:

- Tekrarlı yük testinden önce montajın ölçülen tutma kuvveti 19,08 kN idi. Tekrarlı yük testinden önce ve sonra ölçülen tutma kuvveti değerlerindeki değişim oranı toplamda %1,89 olmuştur. CEN'in izin verdiği maksimum değişim oranı %20'dir.
- Tekrarlı yük testinden önce montajın boyuna ray direnci, ray oturağı başına ortalama 19,17 kN ölçülmüştür. CEN minimum değeri 7 kN'dir. Tekrarlı yük testinden önce ve sonra ölçülen boyuna ray direnci değerlerindeki değişim oranı toplamda %3,81 olmuştur. CEN'in izin verdiği maksimum değişim oranı ise %20'dir.
- Ray yatağının ortalama düşey rijitliği; tekrarlı yük testinden önce 17,10 MN/m, tekrarlı yük testinden sonra %5,42'lik değişim oranıyla 18,02 MN/m olmuştur. CEN spesifikasyonunda izin verilen maksimum değişim oranı %25'dir.
- Tekrarlı yük testinden sonra tüm bileşenlerin iyi durumda olduğu görülmüştür. Görsel olarak kontrol edildiğinde herhangi bir çatlak kırık elemana rastlanmamıştır.

- Elektriksel direnç testinden 26,446 k Ω direnç elde edilmiştir; CEN'in istediği minimum gereksinim 5000 Ω 'dur.
- Şiddetli çevre şartları testinden sonra montaj bileşeninin demontajı ve yeniden montajı kolaylıkla yapılabilmektedir.

Bu sonuçlara bakılarak montajın, “EN 13481-6: Titreşimin Azaltılması İçin Özel Bağlantı Sistemleri” CEN Standardına göre yapılan tüm testlerin tüm gereksinimlerini karşıladığı söylenebilir.

4. RAY BAĞLANTI SİSTEMLERİ ORTAK BİLEŞENLERİNE TEKİL OLARAK UYGULANAN TESTLER VE FABRİKA KABUL PROSEDÜRLERİ

Bağlantı sistemleri bundan önceki bölümlerden de anlaşılacağı üzere bazı bileşenlerin birarada kullanılıp görev yaparak, bir bütün ve sistem olarak çalışarak oluşturulmaktadır. Bağlantı sistemini oluşturan bileşenlerin de ayrı ayrı dayanıklılığının tespiti kullanmadan önce gerekmektedir. Parçaların herbiri için ayrı ayrı belirlenmiş DIN, EN, UIC, ISO veya üretici firmanın çalıştığı ülkenin kendi standartlarına uygunluğu için belirlenmiş kriterler bulunmaktadır.

Bu bileşenlerin selet, tirfon, rondela, pul gibi bazıları; bir çok bağlantı sisteminde ortak olarak kullanılmıştır. Bizim bu çalışmadaki ana amacımız bağlantı sistemlerinin bir bütün olarak incelenmesi olmakla birlikte çoğu sistemde ortak olarak kullanılan bazı parçalar için Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC)’nin belirlemiş olduğu kriterlere de bu bölüm de kısa olarak değineceğiz. Ardından örnek bir hatta örnek bir bağlantı sistemi bileşenleri için yapılmış fabrika kabul prosedürünü irdelleyeceğiz.

4.1 Bağlantı Sistemi Bileşenlerine Yapılan Testler ve Değerlendirilmesi

Yukarıda bahsettiğimiz üzere ortak olarak çoğu bağlantı sisteminde kullanılan bağlantı sistemi bileşenini UIC 864 standardını baz alarak inceleyeceğiz.

4.1.1 Tirfonlar

Tirfonların uygunluğu için sağlaması gereken özellikler “UIC 864-1 O Tirfonların Temini İçin Teknik Özellikler” isimli standartta verilmiştir.

Bu özellikler malzeme ve üretimin kalitesi için koşullar önesürmektedir. Bununla birlikte kalıcı yollarda kullanılan tirfonlar için kabul durumlarını da içermektedir.

4.1.1.1 Üretim koşulları

Malzemeler

Tirfon üretimi için kullanılan çelik çubuk aşağıdaki Çizelge 4.1’de verilen kategorilerden müşterinin tercih ettiği seçeneğin özelliklerini sağlamalıdır.

Çizelge 4.1 : Tirfonların üretildiği çelik çubukların özellikleri [22]

Sertleştirilmemiş Tirfon					Sertleştirilmiş Tirfon
Mukavemet Kategorisi (1)	4,6	4,8	5,6	5,8	5,6
Çekme Mukavemeti (N/mm ²)	400		500		500
nom.					
min.	400	420	500	520	500
Çekme Uzaması %	22	14	20	10	20
min.					
Elastisite limiti (N/mm ²)	240	320	300	400	300
nom.					
min.	240	340	300	420	300
Nominal Elastisite Limiti*100/Nominal Çekme Mukavemeti	60	80	60	80	60
(1) Mukavemetin adlandırılmasını gösteren kategori noktasıyla ayrılan iki kısım içermektedir. - Birinci kısım nominal çekme mukavemetinin N/mm² olarak 1/100’ini - İkinci kısım nominal çekme kuvveti için elastisitenin nominal limitinin oranının 10 katını vermektedir. - İki kısmın çarpımı N/mm² olarak elastisitenin nominal limitinin 1/10’ini vermektedir.					

Ulusal standartların gözlenmesi gerektiği yerlerde, çelik sınıfı yukarıdaki tabloya en yakın olacak şekilde seçilir.

Üretim yöntemi

Genel

Tirfonlar kaynaklanmamış yekpare bir parçadan üretilmelidir. Kafa işlemleri sıcak haddelenmeye tabi tutulabilir.

Tirfonlara ilgili talimatlardaki bilgiler ışığında sıcak işlem uygulayarak diş açılabilir. Tirfon üretimi için teklifler tirfonun sertleştirilip sertleştirilmediğine ve korozyona

karşı koruyucu bir madde ile kaplanıp kaplanmadığına göre alınır. Teklif sırasında korozyona karşı uygulanan yöntemin ve maddenin uygun olup olmadığı sunulmalıdır.

Sertleştirme

Sertleştirme yapılırken tirfonlar 850°C ye kadar aniden ısıtılmalı ve 30°C ile 75°C deki suyun içinde soğuyana kadar bekletilmelidir.

Galvanizasyon

Galvanizasyon erimiş çinko ya da ilgili talimatlarda yazan herhangi bir madde ile yapılabilir. Çinko üretim yapılacak ülke standartlarına uygun olmalıdır. Galvanizasyondan önce tirfon tüm pas ve boyalardan arındırılmalıdır.

Çizimler ve ölçüler

Çizimler ve ölçülerle ilgili tüm sorumluluklar tedarikçidedir.

İşaretlemeler

Tirfonun kafasında bulunması gereken işaretler şunlardır;

- Tedarikçi firmanın amblemi
- Teslimat yılının son iki hanesi
- Tanıtıcı işaret

Bitirmeler

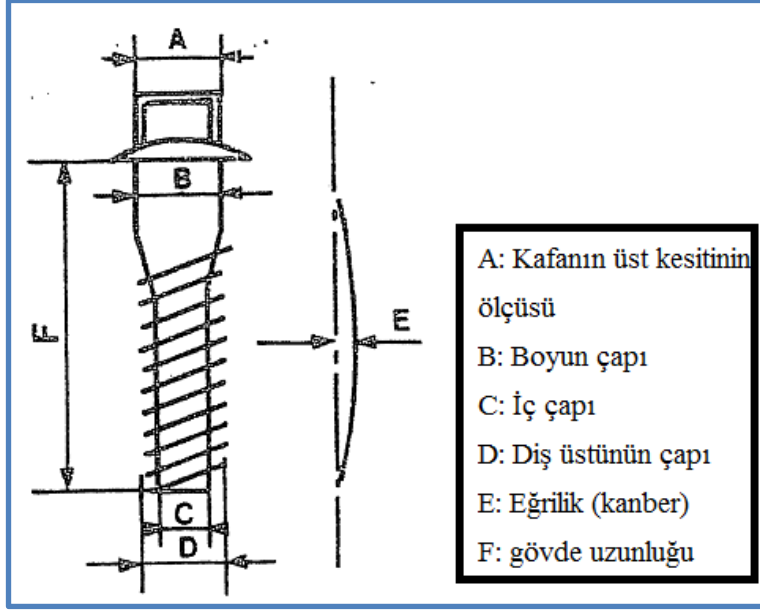
Kafa üzerinde ve özellikle kafa ile saplamanın birleştiği noktada kıvrılma, bükülme, çatlama gibi ibareler olmamalıdır.

Dişler temiz, uniform ve tam olmalıdır. Eğer dişler yalama olmuş veya tam değilse, üretim kabul edilemez.

Toleranslar

Boyutsal toleranslar

Tifondaki ölçüler Şekil 4.1'deki adlandırılırsa, boyutsal limitler de aşağıdakine uygun olmalıdır.



Şekil 4.1 : Tirfon boyutsal ölçülerinin gösterimi [22].

Şekil 4.1'e göre A,B,C,D,E değerlerinin toleransı sınırı 1 mm, F değerinin ise %8'dir. Gövde uzunluğunun değerinin 40 mm'den fazla olması halinde B değeri 1,4 mm'ye kadar arttırılabilir. Tirfon merkez çizgisi tüm ölçülerde gövde merkez çizgisinden 1mm'den daha uzak olamaz.

Ağırlık toleransları

Anlaşmada ödemenin parça başına mı yoksa ağırlığa göre mi yapılacağı belirlenmelidir. Döküm olması halinde sağlanan toleranslar esastır. Ödeme parçaların esas ağırlığına bağlı olarak yapılır. Herhangi ağırlık fazlalığı için ödeme sadece çizimlerde gösterilenlerin %2'sinden ibarettir. Ağırlık eksikliği oluşması halinde her durumda gerçek ağırlık esastır.

4.1.1.2 Kabul koşulları

Testlerin mahiyeti ve oranı

Malzemedeki testler

Çelik çubukların kabulü anlaşmanın gereksinimlerini içeren talimatname gereğince tedarikçinin yerleşkesinde veya fabrikada yapılır. Bu çubuklar gerilme ve eğilme mekanik testlerine maruz bırakılırlar.

Bitmiş parçalarda yapılan test ve incelemeler

Tirfonlar 2000 parçadan 100000 parçaya kadar gruplar başına bir; mekanik, çekme ve eğilme testleri serisine maruz bırakılmalıdır. Boyutsal ve bitiş incelemesi de her grup başına bir seri olmak üzere yapılmalıdır.

Galvanizasyon incelemesi 2000 parçadan 100000 parça başına bir seri olmak üzere yapılır.

Mekanik testler, boyutsal inceleme ve bitiş incelemesi üretim fabrikasında herhangi bir çinko kaplama uygulanmadan önce yapılır. Galvanizasyon incelemesi galvanize işleminin tamamlandığı atölyede yapılmalıdır.

NOT: Sertleştirilmeyecek olan tirfonlar malzeme test edilmişse bitmiş parçalarda çekme testinden vazgeçilebilir.

Tamamlanan test ve gözlemlerden elde edilecek sonuçlar

Genel koşullar

Alınan sonuçlar her parçanın tüm özelliğini yansıtacak şekilde test ve gözlemlerden elde edilmelidir. Kabul için tüm parça gruplarının testleri ve gözlemleri tatmin edici olmalıdır.

Test ve gözlemler için prosedür

Bitirilmiş parçalardaki testler

Mekanik testler

Mekanik testler tirfon gruplarından numuneler alınarak tamamlanır. Testler Wald metodu veya müşterinin anlaşmada belirttiği başka bir istatistiksel kalite kontrol yöntemi kullanılarak yapılır. Müşteri anlaşmada kullanılmasını istediği model diyagramını vermelidir.

Testlerin ve incelemelerin uygulanması

Malzeme testleri: Bu testler tedarikçinin ülkesindeki ulusal standartlar gereğince uygulanmalıdır.

Çekme testi: Bu testin amacı için test edilen çelik yukarıdaki Çizlge 4.1'deki istenilen gruba uygun olmalıdır.

Eğilme testi: Bu test boyunca hiç çatlak, pullanma veya diğer kusurlardan herhangi biri oluşmamalıdır.

Bitmiş parçalardaki testler

Çekme testi

Tirfonlar çekme makinesi tarafından her iki ucundan tutularak çatlama veya kırıklar oluşana kadar çekilir. Tirfonu tutan kısımlar bu testin amacı için özel hazırlanmış olup yükün test edilen parçanın merkezine etki etmesini garanti altına almalıdır.

Tirfonun kafayla gövdesinin birleştiği noktada çatlak oluşmaz.

Gövdenin orijinal kesitinin veya yivin tabanında ölçülen kesitin mm^2 başına kırılma yükü (düz kısımda veya yivli kısımda çatlama oluşup oluşmadığına bağlı olarak) malzeme için çekme mukavemetinden daha az olamaz.

Sertleştirilmiş tirfon olması halinde çekme mukavemeti 670 ile 920 N/mm^2 arasında olmalıdır.

Eğilme testi

Gövde $4d$ 'ye eşit çaplı bir gövde üzerinde yivli kısımda aşağıdaki açılarla eğilmiş olmalıdır:

- Tirfonların sertleştirilmiş çelikten olmaması halinde 90°
- Tirfonların sertleştirilmiş çelikten olması halinde 15°

Test boyunca hiç çatlak, pullanma veya diğer kusurlardan herhangi biri oluşmamalıdır.

4.1.2 Çelik civatalar

Civataların uygunluğu için sağlaması gereken özellikler “UIC 864-2 O Çelik Civataların Temini İçin Teknik Özellikler” isimli standartta verilmiştir.

Bu özellikler malzeme ve üretimin kalitesi için koşullar önesürmektedir. Bununla birlikte kalıcı yollarda kullanılan civatalar için kabul durumlarını da içermektedir.

4.1.2.1 Üretim koşulları

Malzemeler

Civata üretimi için kullanılan çelik çubuk aşağıdaki Çizelge 4.2’de verilen kategorilerden müşterinin tercih ettiği seçeneğin özelliklerini sağlamalıdır.

Çizelge 4.2 : Civataların üretildiği çelik çubukların özellikleri [23]

Çekme Kategorisi (çekme)		4,6	5,6	8,8	10,9
Çekme Gerilmesi N/mm ²	nom	400	500	800	1000
	min	400	500	830	1040
Uzama Miktarı (Kopma Sınırı) %	min	22	20	12	9
Elastisite Limiti N/mm ²	nom	240	300	—	—
	min	240	300	—	—
Süneklik Limiti 0,2 % N/mm ²	nom	—	—	640	900
	min	—	—	660	640
(1) Mukavemetin adlandırılmasını gösteren kategori noktayla ayrılan iki kısım içermektedir. - Birinci kısım nominal çekme mukavemetinin N/mm² olarak 1/100’ini - İkinci kısım sırasıyla elastistenin nominal limitinin oranının 10 katını ve nominal çekme mukavemeti için boyuna uzamanın nominal limiti nin %0,2’ni vermektedir. - İki kısmın çarpımı N/mm² olarak sırasıyla elastisitenin nominal limitinin 1/10’ini ve boyuna uzamanın nominal limitinin %0,2’sini vermektedir.					

Ulusal normlar incelendiğinde üretilcek olan civatalar yukarıdaki tabloda bulunan çelik çubuk türlerinden seçilir. Üretilcek olan somunlarda kullanılacak çeliklerin kalitesi de civatanın sınıfına uygun olmalı veya en yakını olmalıdır.

Üretim yöntemi

Genel

Civatalar kaynaklanmamış yekpare bir parçadan üretilmelidir. Kafa işlemleri sıcak haddelenmeye tabi tutulabilir.

4.1.2.2 Kabul koşulları

Testlerin mahiyeti ve oranı

Malzemedeki testler

Çelik çubukların kabulü anlaşmanın gereksinimlerini içeren talimatname gereğince tedarikçinin yerleşkesinde veya fabrikada yapılır. Bu çubuklar gerilme ve eğilme mekanik testlerine maruz bırakılırlar. 10 tonluk kesirli ağırlık başına bir test serisi yapılır. Müşterinin her 20 tonluk döküm için haddehane sertifikasını kabul edip etmediğini anlaşmanın gereksinimleri içerisinde belirlemek gereklidir.

Bitmiş parçalarda yapılan test ve incelemeler

Civata ve somunlar aşağıdaki test ve araştırmalara maruz bırakılmalıdır:

- Civatalar için çekme ve eğilme testi: eğer lama civatası ise 500 ile 20000 arası parça içeren grup başına bir test serisi, eğer tespitleme civatası ise 2000 ile 100000 arası parça içeren grup başına bir test serisi yapılır.
- Somunlar için vidalama ve deformasyon testi: 2000 ile 100000 arası parça içeren grup başına bir test serisi yapılır. Bu testler 2000'den az parça içeren lama civataları için uygulanmaz.
- Boyutsal inceleme ve işçilik kalitesi incelemesi : grup başına bir seri inceleme önceki bölümde bahsedildiği şekilde yapılır.

Boyutsal inceleme aşağıdaki ölçüler için yapılır:

- Gövdenin düz kısmının çapı,
- Gövdenin boyu,
- Yivli kısmın boyu,
- Civata kafasının düz kısmı boyunca ölçüsü,
- Somunun düz kısmı boyunca ölçüsü

- Yiv için kategori toleransı.

Diğer boyutsal incelemeler anlaşmayla birlikte verilen çizimlere uygunluğu için kabul denetçisi tarafından kontrol edilebilir. Müşteri teslim koşulları gereğince boyutsal incelemeleri azaltabilir veya ihlal edebilir.

Testler ve incelemeler üretim fabrikasında yapılır.

Test ve gözlemler için prosedür

Malzeme testleri

Eğer bir gruptan seçilen belli bir parçanın belli bir test için teslim koşulları tatmin edici değilse, sağlayıcının talebi üzerine iki benzer kontrol yapılabilir. Eğer bu kontrollerden birisi gerekliliği sağlamazsa ilgili grup reddedilir.

Çekme ve eğilme testleri

Bu iki test tedarikçinin ülkesinin ulusal standartları gereğince yapılır. Çekme testinin amacı için çelik Çizelge 4.2’de verilen sınıflardaki gerekli kalitede olmalıdır.

Eğilme testi boyunca çatlak, kabuklanma ve diğer herhangi bir kusur oluşmamalıdır.

Bitirilmiş parçalardaki testler

Testler civata gruplarından alınan numuneler vasıtasıyla etkilenmiştir. Testler Wald metodu veya müşterinin anlaşmada belirttiği başka bir istatistiksel kalite kontrol yöntemi kullanılarak yapılır. Müşteri anlaşmada kullanılmasını istediği model diyagramını vermelidir.

Çekme testi

Civatalar çekme makinesi tarafından her iki ucundan tutularak çatlama veya kırıklar oluşana kadar çekilir. Civatayı tutan kısımlar bu testin amacı için özel hazırlanmış olup yükün test edilen parçanın merkezine etki etmesini garanti altına almalıdır.

Civatanın kafayla gövdesinin birleştiği noktada çatlak oluşmaz.

Gövdenin orijinal kesitinin veya yivin tabanında ölçülen kesitin mm² başına kırılma yükü (düz kısımda veya yivli kısımda çatlama oluşup oluşmadığına bağlı olarak) malzeme için çekme mukavemetinden daha az olamaz.

Eğilme testi

Test için civata en az yarı boyuna kadar döküm demir veya çelik bloktaki bir delik içine yerleştirilmiş olmalıdır. Deliğin çapı civatanın çapının 1,1 katından fazla olmamalıdır. Deliğin dolgusu civatanın çapının yarısını aşmamalıdır.

Civata eğer mümkünse düz kısmını da içerecek şekilde bükülür ve daha sonra doğrultulur. Doğrultma 490 N/mm^2 ve daha üzerinde çekme mukavemetli civatalar için gerekli değildir.

Bu test boyunca kusur veya çatlak oluşmamalıdır.

Vidalama testi

Civata ve somun el ile üçte iki boya kadar herhangi önemli bir laçkalık olmaksızın monte edilebilir olmalıdır. Daha sonra tork anahtarıyla sonuna kadar tam vidalandığında, 20 mm ve daha az çaptaki civatalarda tork 35 Nm'den az, 20 mm üzerinde çaptaki civatalarda tork 45 Nm'de daha az olmamalıdır.

Eğer civata ve somun yivi için bir tolerans kategorisi şart koşulmuşsa bu testten vazgeçilebilir. İzlenmesi gereken metod müşteri tarafından belirlenmelidir.

Somun deformasyon testi

Somun yanı üzere bir örs üzerine yerleştirilerek düzlük boyu % 10 kadar ezilir. Test boyunca çatlak oluşmamalıdır.

Boyutsal ve işçilik kalitesi araştırması

Boyutsal incelemede tolerans dışında tespit edilen veya yukarıda bitirilmiş kısımdaki verilen şartları sağlamayan en az bir civata olması halinde araştırma sonucu “kötü” sayılır.

Testler Wald metodu veya müşterinin anlaşmada belirttiği başka bir istatistiksel kalite kontrol yöntemi kullanılarak yapılır. Müşteri anlaşmada kullanılmasını istediği model diyagramını vermelidir.

4.1.3 Yaylı rondelalar

Yaylı rondelaların uygunluğu için sağlaması gereken özellikler “UIC 864-3 O Kalıcı Yolda Kullanılan Çelik Yaylı Rondelaların Temini İçin Teknik Özellikler” isimli standartta verilmiştir.

Bu özellikler kalıcı yollarda kullanılan yaylı rondelaların malzeme ve üretim kalitesinin yanında kabul koşullarını da kapsamaktadır.

4.1.3.1 Üretim koşulları

Malzemeler

Yaylı rondelalar çelik yaylardan üretilmelidir. Çelik üretim metodu üreticinin takdir yetkisine bırakılmalıdır.

Yaylı rondela üretimi için kullanılan çelik yaylar aşağıdaki Çizelge 4.3’de verilen kategorilerden müşterinin tercih ettiği seçeneğin özelliklerini sağlamalıdır.

Çizelge 4.3 : Yaylı rondelaların üretimi için kullanılan çelik yayların özellikleri [24]

Çelik Sınıfı	İşlem Durumu: Tavlanmış		
	Minimum Elastisite Limiti N/mm ²	Çekme Gerilmesi N/mm ²	Minimum Uzama Miktarı %
38 S 7	1030	1180 - 1370	6
51 S 7	1130	1320 - 1570	6

Ulusal standartların gözlenmesi gerektiği yerlerde, kimyasal bileşeni yukarıdaki tablodakilerden en yakın olanı seçilmelidir.

Üretim yöntemi

Genel

Yaylı rondelalar çelik çubukların spiral olarak sargılanıp son şekli müşterinin verdiği çizimlerdeki gibi verilerek üretilir. Sarmallar tamamen düzgün olmalıdır. Aynı dökümün çubuğundan elde edilen rondelaların üretim durumu ayırteıcı olmalıdır.

Sertleştirme ve tavlama

Şekil verildikten sonra rondelalar sertleştirilmeli ve tavlmalıdır. Isıl işlem yapılırken mümkün olan maksimum dikkat gösterilmelidir.

Toleranslar

Boyutsal toleranslar

Üretim için verilen toleranslar anlaşmayla verilen çizimlerde gösterilmelidir.

4.1.3.2 Kabul koşulları

Genel

Testlerin ve incelemelerin mahiyeti ve oranı

Malzemedeki testler

Çelik yaylı rondelaların üretimi için seçilen çubuklar Çizelge 4.4’de verilen testlere maruz bırakılmalıdır:

Çizelge 4.4 : Çelik yaylı rondelaların üretiminde kullanılan çelik çubukların maruz bırakılmaları gereken testler [24]

MAHİYETİ	ORANI
Kimyasal bileşenlerin belirlenmesi	Döküm başına bir analiz
Elastisite limitinin, çekme mukavemetinin ve kopma uzamasının belirlenmesi,	10 tonluk kısmi ağırlık başına bir test serisi
Burulma	Döküm başına minimum iki serilik test

Bitmiş parçalarda yapılan test ve incelemeler

Yaylı rondelalar aşağıdaki test ve araştırmalara maruz bırakılmalıdır:

- Seçilmiş tüm parçalarda düzleşme (bu test eğer rondela bir önyüklemeye maruz bırakılmışsa uygulanır)
- Seçilmiş tüm parçalarda sıkıştırma (bu test eğer rondela bir önyüklemeye maruz bırakılmışsa uygulanır)
- Serbest yaylanabilirlik (bu test eğer rondela önyüklemeye maruz bırakılmamışsa uygulanır)
- Seçilen her iki parçadan birisine burulma testi
- Seçilen her iki parçadan birisine yapı, doku testi
- Seçilen her parçaya sertlik testi

Boyutsal inceleme ise şu ölçüler için yapılır :

- İç çap,
- Büyük ve küçük kenar veya kesitin çapı,
- Yükseklik,
- Katlı rondelalar için açılım açısı.

Tamamlanan test ve gözlemlerden elde edilecek sonuçların performansı

Test ve gözlemler için prosedür

Malzeme testleri

Mekanik testler için test parçaları Çizelge 4.3'te verilen işlemlere maruz bırakılmaldır.

Kimyasal analiz

Kimyasal analiz için bir test parçasından bir numune alınmalıdır. Çeşitli elementlerin içeriği Çizelge 4.5'de gösterilen limitler içinde kalmalıdır.

Çizelge 4.5 : Kimyasal analizde rondelanın sağlaması gereken element içerik sınırları[24]

Çelik Kategorisi	Ağırlığın yüzdesi olarak kimyasal bileşim (döküm analizi)				
	C (Karbon)	Si (Silisyum)	Mn (Manganez)	P (Fosfor)	S (Kükürt)
38 S 7	0,35 – 0,42	1,5 – 1,8	0,50 – 0,80	Maksimum 0,045	Maksimum 0,045
51 S 7	0,47 – 0,55	1,5 – 1,8	0,50 – 0,80	Maksimum 0,045	Maksimum 0,045

Çekme testi

Çekme testinde, test edilen çelik Çizelge 4.3'de verilen çelik kategorilerinden birinin sınıfı gereğince uygulanır.

Burulma

Burulma testinin amacı için 30 $\bar{S}$ (S: çelik çubuğun kesiti) serbest uzunluğundaki test parçaları sabit hızla çalışan bir makine içinde üç kez 360° bükülüp açılır. Çatlak veya 45°'den fazla test parçasının boyuna ekseninde deformasyon görülmemelidir.

Düzleşme testi

Tekil rondelalar (tek sarımlı)

Her parça onu tamamen kapsayan iki paralel plaka arasında 10 saniyelik periyot boyunca tamamen düzleştirilir. Gevşetildikten sonra yükseklikteki azalma ortalama 0,5 mm'yi aşmamalıdır.

Her parça daha sonra ardarda on kez tamamen düzleştirilir. Bu işlemden sonra yükseklikteki azalma ortalama 0,1 mm'yi aşmamalıdır.

Katlı rondelalar (iki veya üç sarımlı)

Her parça iki paralel plaka arasında 40000 N'luk bir yüklemeye maruz bırakılır. Bu durumda 10 saniyelik periyot boyunca bırakılan parçanın yüksekliğindeki azalma çift katlı rondelalar için ortalama 1,0 mm'yi, üç katlı rondelalar için ortalama 1,5 mm'yi geçmemelidir.

Her parça daha sonra ardarda on kez 30000 N'luk yüklemeye maruz bırakılır. Yükseklikteki azalma çift katlı rondelalar için 1,0 mm'yi, üç katlı rondelalar için ortalama 1,5 mm'yi geçmemelidir.

Yaylandırma testi

Tekil rondelalar

10 ve 20 arası yaylı rondela (kontrol testi olması halinde 2 rondela) herbiri diğerinden düz rondelalarla ayrılır ve bir cıvataya takılarak somun yardımıyla tamamen sıkılır. Daha sonra gevşetilir ve iki kez daha tekrar sıkılır. Parçalar iki saat sıkılı durumda bırakıldıktan sonra yaylanabilirliklerini devam ettirebilmelidirler.

Çok katlı rondelalar

Her parçanın teste maruz bırakılması halinde elastsite değişimi yükün 10000 N'dan 30000 N'a arttırılmasına karşın kalibre edilmiş ekipmanlarla gözlenir.

Elastisite değişimi çift katlı rondelalar için $(0,85\pm0,20)$ mm, üç katlı rondelalar için $(1,65\pm0,30)$ mm olmalıdır.

Serbest bırakıldığında yaylanabilirlik

Her parça takviye edilmiş paralel iki plaka arasında 40000 N'luk bir yüklemeye maruz bırakılır. Parça bu halde 10 saniyelik bir periyodla tutulduktan sonra yükleme 10000 N'a eşit olana kadar gevşetilir. Gevşetme boyunca elastisite kalibre edilmiş aletlere ölçülür. Sonuç müşterinin sağladığı çizimlerdeki minimum elastisiteden daha düşük olmamalıdır.

Daha sonra parça tamamen gevşetilir. Parçanın yüksekliği ölçülür. Bu da müşteri tarafından sağlanan çizimlerde gösterilen minimum değerden daha az olmamalıdır.

Burulma testi

Soğukken şekli bozulmuş böylece bir buçuk spiral bir düzlem boyunca komşu yarım spirale dik durumda olmalıdır. Çok katlı rondela olması durumunda, eğik yarım spiral daha sonra 90° içe doğru burulmuştur. Bu iki deformasyon işlemi yavaşça ve aynı oranda uygulanmış olmalıdır.

Parçalar testi herhangi bir çatlak izi olmaksızın geçmelidirler.

Doku (yapı) testi

Parçalar çentikli ve kırık olacaktır. Kırık kesitler düz, pürüzsüz, kadifemsiz iç kırık izi olmayan bir görüntüye sahip olmalıdır.

Sertleşme testi

Sertlik 430 HV ile 515 HV arası 30 Viker Sertliğinde veya 43 HRc ile 49 HRc arasında Rockwell sertliğinde olmalıdır.

4.1.4 Ray oturağı pedleri (rayaltı pedler)

Rayaltı pedlerin uygunluğu için sağlaması gereken özellikler "UIC 864-5 O Rayaltı Pedlerin Temini İçin Teknik Özellikler" isimli standartta verilmiştir. Bu özellikler raylarla seletler arasında veya raylarla traversler arasında kullanılan pedlerin malzeme kalitesi, üretim ve kabullerinin yönetimi için koşullar öne sürmektedir.

Bu özelliklerin kapsadığı ve yük eğilme eğrisinin kontrol ettiği pedler genellikle elastik bağlantı sistemleriyle tasarlanmış ve ray patenindeki tutma kuvvetiyle kontrol altına alınmış pedlerin kullanımı içindir.

4.1.4.1 Üretim koşulları

Malzemeler

Pedler

- Doğal veya sentetik kauçuktan,
- Plastik malzemelerden,
- Kompozit malzemelerde olabilir.

Ped malzemeleri için gerekli testler ve elde edilen sonuçlar kullanımı yaygın olan ped malzemeleri için verilmiştir.

Üretim süreci

Belli bir üretim metodu bulunmamaktadır. Üretimin her aşamasında tedarikçi en güncel prosedürü kullanmalı ve tüm ürün kontrollerine istenilen özelliklere uygun olduğundan emin olmak için uygulamalıdır.

Çizimler

Çizimlerin bir kopyası müşteri tarafından ihale davetine eklenmiş olmalıdır.

Bitiş

Pedler ihale davetinde aksi belirtilmedikçe düz, kenarları temiz kesilmiş, pürüzsüz yüzeyli olmalıdır. Plastik malzemeli pedlerde döküm hasarları olmamalıdır.

Toleranslar

Ped ölçülerine çizimlerde aksi gösterilmedikçe aşağıdaki toleranslar uygulanmalıdır:

- Uzunlukta 6 mm
- Genişlikte 2 mm
- Kalınlıkta 0,5 mm
- Kesim kare düzgünlüğünde 2 mm

Çizimler nominal değerlerle ilgili bu tolerans aralıklarının eğilimini göstermelidirler.

4.1.4.2 Doğal veya sentetik kauçuktan oluklu pedlere yapılan testlerin organizasyonu ve elde edilen sonuçlar

Sertlik

Kabul için hazır olan üç tüm ped ya SHORE A durometresiyle (sertlik ölçer) ya da ISO Standardı 48'e göre ölçülür. Sertlik oluklar arasında ped kenarlarından en az bir santimetrede ve en az beş farklı yerde ölçülür.

Değer elde edilenlerin en düşüğü olacaktır. Hiçbir okuma 65° SHORE A'nın veya IRH'nin altında olmamalıdır. Eğer anlaşma gerektiriyorsa sertlik 7 gün eskimeden sonra -40°C'de ölçülmelidir. Test için hazır olan pedlerde testten elde edilen en yüksek okuma sertimi için 10° SHORE A'dan fazlayı aşmamalıdır.

Yük – sehim eğrisi

Ölçüm kabul için hazır olan iki tam ped üzerinde (21°C ± 3°C)'lik bir sıcaklıkta yapılmalıdır.

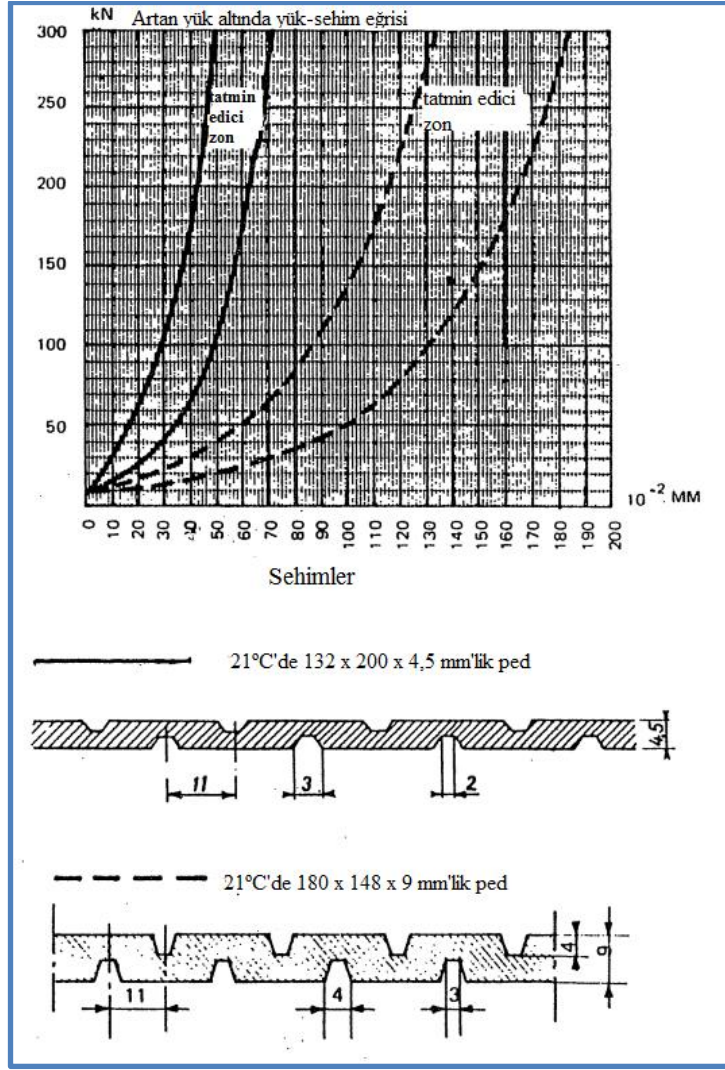
Test edilecek pedler 140x210 mm ebatlarındaki iki rijit metal plaka arasına yüzeyleri birbirlerine paralel olacak şekilde yerleştirilmelidir. Ped ölçüleri 132x200 mm olmalı, daha geniş olan pedler simetrik olarak kesilerek bu ölçülere getirilmelidir.

Teste maruz bırakılan her ped için yük-sehim eğrisi Şekil 4.2'de tanımlanan iki eğri limiti arasında yerelmalıdır. Eğer müşteri isterse yük-sehim eğrisi grafik olarak kaydedilir ve elde edilen sonuçlar belirtilir.

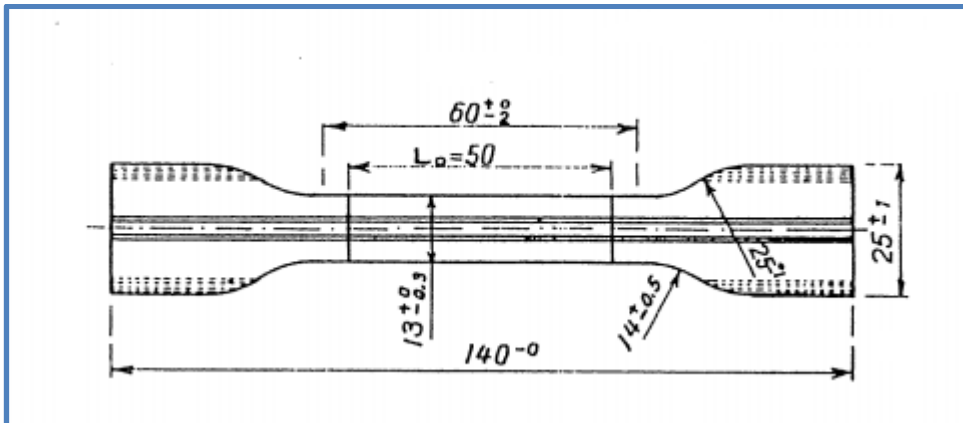
Çekme mukavemeti ve boyuna uzama özellikleri

Şekil 4.3'de gösterilen tipte iki çekme testi parçası, test parçasının merkez çizgisiyle tamamen örtüşen bir oluk test için ayrılan beş pedin herbirinden kesilir. (Müşteri farklı çekme testi parçası şekilleri tanımlayabilir. Buna göre Çizelge 4.6 ve 4.7'deki değerler modifiye edilmelidir.) Omuzlar arasındaki merkez parça düzgün bir genişlikte ve bütün uzunluk boyunca düzgün bir kalınlığa sahip olmalıdır. 50 mm'lik L₀ uzunluğunun her iki ucu uzamanın notedilmesi amacıyla işaretlenmelidir.

Çekme mukavemeti ve kopmadaki boyuna uzama için elde edilen minimum sonuçlar ve yaşlandırmadan sonra muhafaza edilen özellikler aşağıdaki Çizelge 4.6'ya işlenir.



Şekil 4.2 : Oluklu pedler için eğri limitleri grafiği[25].



Şekil 4.3 : Oluklu pedler için çekme testi parçası[25].

Çizelge 4.6 : Testlerden sonra elde edilen minimum sonuçlar[25]

İç kesitin minimum çekme mukavemeti (N/mm ²)		Kopma anındaki boyuna uzamanın minimum %'si		Yaşlandırma boyunca özelliklerin minimum muhafazası	
yaşlandırma öncesi	yaşlandırma sonrası	yaşlandırma öncesi	yaşlandırma sonrası	yaşlandırma öncesi	yaşlandırma sonrası
12 N/mm ²	10 N/mm ²	% 250	% 180	% 70	% 60

%100 boyuna uzamadaki katsayı

%100 boyuna uzamadaki katsayı iç kesitteki N/mm² cinsinden çekme gerilmesi olarak anlaşılmalıdır. Test parçasındaki 50 mm'lik başlangıç uzaklığının kademeli olarak 100 mm'ye çıkması demektir.

Çizelge 4.7 : Testlerden sonra elde edilen boyuna uzama katsayıları[25]

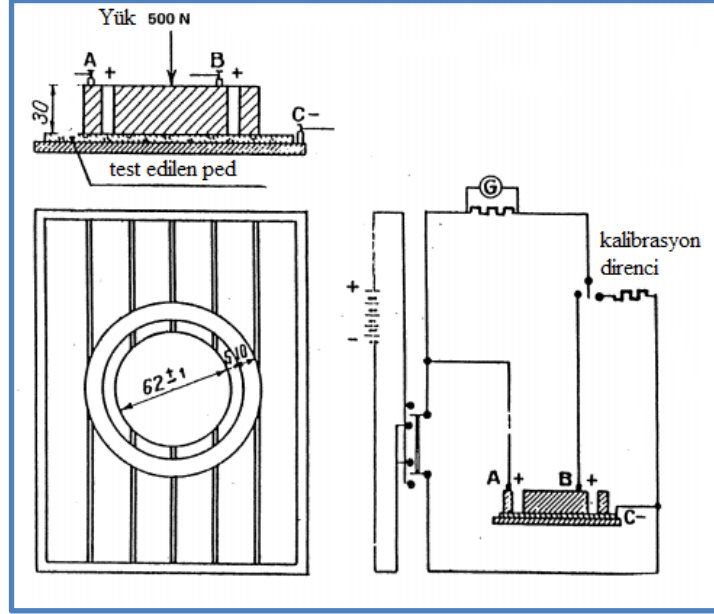
%100 boyuna uzamadaki katsayı		Test parçasının maksimum seti (sadece sentetik kauçuklar için uygulanabilir)	
Yaşlanmadan önce	Yaşlanmadan sonra	D (100°C'de 24 saat boyunca %50 boyuna uzama)	C (100°C'de 24 saat boyunca %50 sıkışma)
maksimum 5 N/mm ² minimum 3 N/mm ²	Yaşlanmadan önce tespit edilen değerden %40'dan fazla farklılık gösteremez	% 25	% 30

Elektriksel direnç

Ölçümler %50 bağıl nemli ve (21°C±3°C)'lik bir sıcaklıkta 24 saat için bekletilmiş bir ped ve 48 saat su içine daldırılmış başka bir pedle yapılır. Ölçümden önce test edilecek pedlerin bütün yüzeyleri zımpara beziyle hafifçe düzlenir. Bunun sebebi yüzeyi kaplamış olabilecek yüzeysel ince izole maddelerden arındırmaktır.

Test edilecek pedler ölçüleri bu pedlerden daha küçük olmayacak bir metal elektrod (demir veya pirinç) üzerine Şekil (4.4)'deki gibi yerleştirilir.

İkincinin üst yüzeyine eşmerkezli olacak biçimde 62 ± 1 mm dış çaplı metal bir disk ve yine eşmerkezli olacak şekilde iç çapı 72 mm, dış çapı 92 mm olan bir halka diskle beraber ikisinin yüksekliği yaklaşık 30 mm olacak şekilde yerleştirilerek 500 N'luk bir yüke maruz bırakılır. Akımı ölçmek için bu elektrodların bağlantısı Şekil (4.4)'de verildiği gibi yapılmalıdır.



Şekil 4.4 : Test düzeneği[25].

Ölçüm 200-250 Volt arası bir voltajda ve 60 saniye süren şarjla yapılmalıdır. Ardından akımın yönü değiştirilerek tekrarlanmalıdır. Bu iki okumanın ortalaması hesapta alınan değer olacaktır.

Test için daldırıldıktan sonra ortam sıcaklığındaki damıtılmış su tankında 48 saat kalmalıdır. Tanktan çıkarıldıktan sonra ped kuru bezle veya kurulama kağıdıyla özellikle olukların altında sudan görünür iz kalmayacak şekilde silinmelidir. Ped daha sonra kabul için hazır olan ped gibi aynı koşullarda teste maruz bırakılmalıdır.

B ve C elektrodları arasındaki elektriksel direnç her ped için 100 megaohm'dan az olmamalıdır. Bu 4,5 veya 9 mm kalınlıktaki temsili pedler için 67 MΩm veya 33,5 MΩm'lik çapraz öz dirence karşılık gelmektedir.

Tamamlayıcı ölçümler

Eğer yansıma esnekliği veya herhangi diğer tamamlayıcı testler müşteri tarafından istenirse ihale davetinde testlerin detayları ve elde edilmesi gereken sonuçlar verilmelidir.

4.1.4.3 Etilen kopolimer pedler

Giriş

Pedler ya Etilen Vinil Asetat (EVA) veya Etilen Etil Akrilat (EEA) olacaktır.

Testlerin uygulanması – sonuçların elde edilmesi

Sertlik

Sertliğin ölçümü ISO R 868 standardına göre yapılır.

Erime akışı indeksi (MFI)

Bu ISO R 1133 standardına göre belirlenmelidir. MFI 3,4 ve 5,2 g/10 dk arasında olacaktır.

Karbon siyahı içeriği

Bu ASTM D 1603-68 standardına göre belirlenmeli ve % 1,0-1,5 arasında olmalıdır.

Yoğunluk

Bu ISO 1183 standardına göre belirlenmeli ve 930 – 952 kg/m³ arasında olmalıdır.

Elektriksel direnç

Aksi belirtilmedikçe yukarıdaki bölümde anlatıldığı gibi belirlenmelidir ve aynı bölümde bahsedilen sınırlar içinde olmalıdır.

4.1.4.4 Mantar – elastomer pedler

Giriş

Pedler aşağıda verilen üç işletme kategorisi için uygundur:

- Kategori 1: 130 km/sa'den büyük hızlı ve 25 t'a eşit ve daha düşük aks yüklü
- Kategori 2: 130 km/sa'e eşit ve daha düşük hızlı, 20 t'a eşit ve daha düşük aks yüklü
- Kategori 3: 130 km/sa'den düşük hızlı ve aks yükü 25-30 ton arasında veya bu değerlere bakmadan küçük çaplı kurplarda

İhale daveti bahsedilen bahsedilen kategorileri uygulanması gereken testlerle ve elde edilmesi gereken sonuçları Çizelge (4.8) ve Şekil (4.5) ve (4.6)'dan seçerek aşağıdaki tanımlamalardan verecektir.

Testlerin uygulanması ve elde edilen sonuçlar

Sertlik

Prosedür sentetik veya doğal kauçuktan oluklu pedlerdeki gibidir. Elde edilen sonuçlar Çizelge (4.8)'de verilmiştir. SHORE A ve D metodları bu tip malzemeler için uygun değildir.

Yük – sehim eğrisi

Genel

Ölçümler ($21^{\circ}\text{C} \pm 3^{\circ}\text{C}$)'lik bir sıcaklıkta sertlik için test edilmiş iki ped üzerinde yapılmalıdır.

Sehim test parçasındaki iki zıt pozisyonda 0,01 mm yakınlıkla ölçülmelidir. Ölçülen iki değerin ortalaması uygulanmalıdır. Uygulanan yükler termal karşılama aleti vasıtasıyla %3 kesinlikle ölçülür.

Yük-sehim eğrisi grafik olarak kaydedilmelidir.

Statik test

Test parçaları öncelikle 15-250 kN arasında 6 döngü/dk'lık bir frekansta 6 koşullandırma yük döngüsüne maruz bırakılmalıdır. Daha sonra 0,5-250 kN arasında 1200 kN/dk'lık yükleme oranında yük-sehim eğrisi grafik olarak çizilir. Statik rijitlik değerleri 90 kN ve 200 kN'luk yüklerden türetilmelidir. Eğri Şekil (4.5)'de tanımlanan iki eğri limiti arasında bulunmalıdır.

Dinamik test

Aynı iki test parçası daha sonra 300 döngü/dk'lık bir frekansta 15 kN ile 90 kN yükler arasında en az 1500 sinüzoidal döngüye maruz bırakılır. Yük-sehim için gecikme çevrimi ve 15 kN ile 90 kN arasındaki elde edilen sehim, yük artış eğrisi için maksimum tanjant katsayısında olduğu gibi Şekil (4.6)'daki gibi grafik olarak kaydedilmelidir.

Çekme mukavemeti ve boyuna uzama özellikleri

Test ISO R37 standardına göre yürütülmelidir. Dört test parçası kabul için hazır olan her 5 pedden iki boyuna iki enine olmak üzere kesilir.

Çekme mukavemeti ve kopma anındaki uzama değeri 5 çift üzerinde (boyuna ve enine) yaşlandırma yapılmaksızın ve 5 çift üzerinde de 70°C’de 7 gün yaşlandırmadan sonra ölçülmelidir. Elde edilen minimum değer kabul edilir.

10 yaşlandırmaz test parçasında da %100 boyuna uzamadaki katsayı değeri elde edilmelidir.

Elektiriksel direnç

Aksi belirtilmedikçe sentetik ve doğal kauçuk oluklu pedlerdeki prosedürdeki tanımlamaya göre yapılır. Elde edilen değerler Çizelge (4.8)’de verilmiştir.

Yoğunluk

Bu kabul için hazır olan iki ped üzerinde ISO 2781 standardına göre belirlenmelidir.

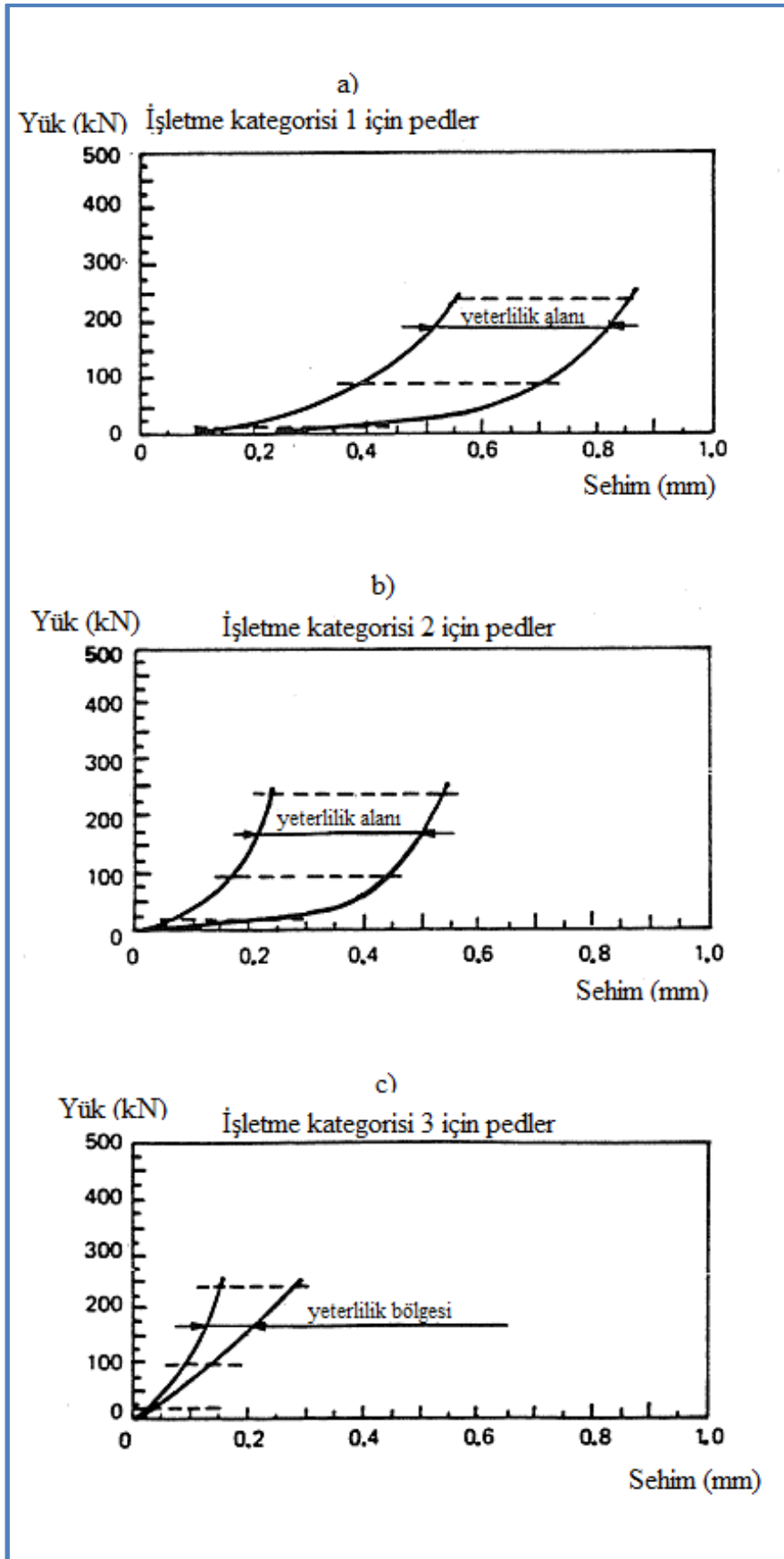
Aşınma dayanımı

Bu 3000 döngü, 1 kg ağırlıklı H22 aşındırıcı tekerlekler ve %70 vakum koşulları altında Teledyne Taber makinesi Model 503 vasıtasıyla yapılır.

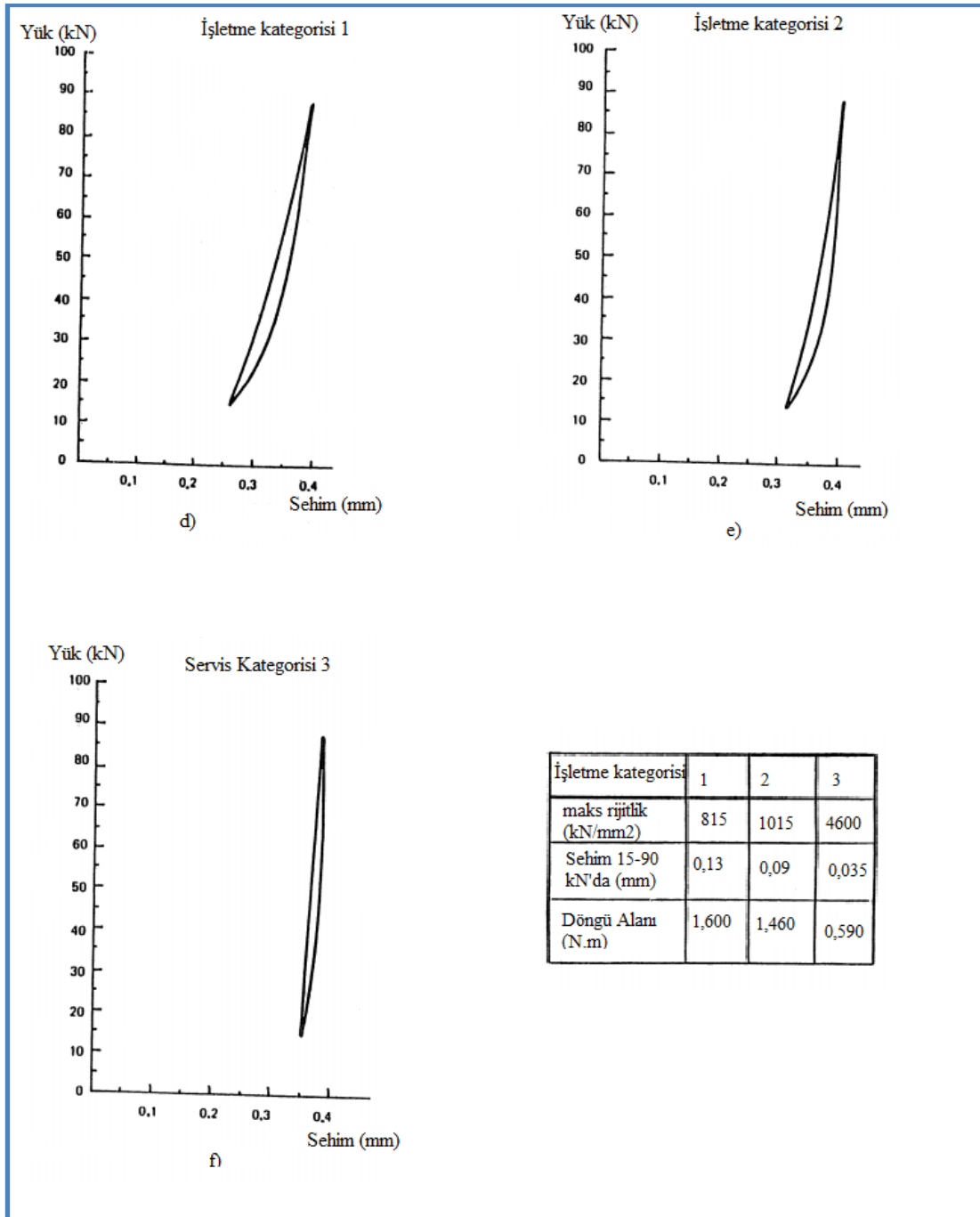
Çizelge 4.8 : Testlerden sonra elde edilmesi gereken sonuçlar[25]

Test		Birim	Servis Kategorisi		
			1	2	3
1-Sertlik	a)Kabul için hazır	°IRH	60±5	73±7	85±5
	b)-40°C’de 7 gün sonra	°IRH	70±5	83±7	95±5
2.1-Statik Rijitlik	90 kN’da	kN/mm	400-600	700-1500	700-1500
	200 kN’da	kN/mm	700-1000	1000-2000	1000-2000
2.2-Dinamik sehim	15-90 kN arasında	mm	0,10-0,17	0,04-0,12	0,03-0,04
	Maksimum dinamik	kN/mm	650-1050	950-2500	2200-4800

	rijitlik				
3-Çekme mukavemeti	a) kabul için hazır	N/mm ²	Min. 5	Min. 3	Min. 7
	b) yaşlandırma sonra	N/mm ²	Min. 5	Min. 3	Min. 7
			3a testinden elde edilen değerlerin %85'inden daha az olmamak üzere		
Kopma anındaki boyuna uzama	c) kabul için hazır	%	Min. 280	Min. 200	Min. 200
	d) yaşlandırmadan sonra	%	Min. 280	Min. 200	Min. 200
			3c testinden elde edilen değerlerin %x'inden daha küçük olmamak üzere x=%80 x=%75 x=%75		
	Kabul için hazır olan %100 boyuna uzamadaki katsayı	N/mm ²	1,5-3,0	2,0-3,5	3,5-5,5
4-Elektriksel direnç	Kabul için hazır veya suya daldırmadan sonra	Ohm	10 ⁸	10 ⁸	10 ⁶
5-Yoğunluk		g/cm ³	0,95-1,05	1,1-1,3	1,1-1,25
6-Aşınma direnci	a) Kalınlıktaki kayıp	Mm	Maks. 0,6	Maks. 1,2	Maks.0,5
	b) Ağırlıktaki kayıp	G	Maks. 2	Maks 4,5	Maks. 1,9



Şekil 4.5 : Mantar Elastomer pedler için eğri limitleri grafiği (kalınlık: 5mm, alan: $200 \text{ cm}^2 \pm \%2$) [25]



Şekil 4.6 : Mantar Elastomer pedler için yük-sehim dinamik eğrileri limitleri grafiği (kalınlık: 5mm, alan: 200 cm² ±%2, frekans: 300 cpm) [25]

4.1.5 Seletler

Seletlerin uygunluğu için sağlaması gereken özellikler “UIC 864-6 O Seletlerin veya Haddelenmiş Çelikten Yapılan Selet Kesitlerinin Temini İçin Teknik Özellikler” isimli standartta verilmiştir. Bu özellikler haddelenmiş çelikten yapılmış seletle ve selet kesitleri için kabul koşullarıyla birlikte malzeme ve üretim kalitesiyle ilgili talimatları düzenlemektedir.

Malzemeler

Çelik üretim metodu üreticinin takdir yetkisine bırakılmalıdır.

Kullanılan çelik sınıfı aşağıdaki Çizelge (4.9)'dan müşterinin seçtiği sınıf olmalıdır. Müşteri çizelgede tanımlanmamış herhangi bir çelik sınıfını ihale davetinde talep edebilir. Ulusal standartlar incelenmesi gerektiği yerde çizelgedeki çelik sınıfına en yakın olan seçilecektir.

Çizelge 4.9 : Seletlerin üretilmesinde kullanılan çelik sınıfları[26]

Çekme mukavemeti (N/mm ²)	Minimum boyuna uzama (%)
380 - 480	24
480 - 620	18

Eğer çeliğin kaynaklanması düşünülüyorsa, kaynaklanabilirliği garanti edebilmek için öngörülen yöntem ve özel koşullar araştırılmalı, müşteri ile tedarikçi bu konuda hemfikir olmalıdır.

Üretim

Seletler haddelenmiş bir kesitten kesilerek ve müşterinin verdiği çizimlere göre bitirilerek üretilmelidir. Tüm üretim boyunca tedarikçi burada belirtilen özelliklerin tatmin edici olmasını garanti etmek için en iyi uygulama koşullarını sağlamalıdır.

Çizim ve ölçüler

Müşteri çizimlerin bir kopyasını sipariş onayıyla birlikte sağlamalıdır.

Haddelenmiş kesitlerin kesilmesi

Kullanılan kesitler testere yöntemi veya makas yöntemiyle müşterinin talimatları ve kullanmayı düşündüğü koşulları gereğince kesilmelidir. Her kesim temiz yapılmalı, eksene dik olmalı, çapaksız, yırtılmasız, çatlaksız veya yaralanmasız olmalıdır.

Ray oturağında herhangi bir çıkıntı olmamalıdır. Çekiçle düzeltme veya kesme yasaklanmıştır.

Delme ve kamalama

Delikler ve kanallar matkapla veya zımbayla ile delinmelidir. İşlem sonrası herhangi bir çapaklanma dikkatli bir şekilde yokedilmelidir.

Tamiratlar

Bir kusuru gizlemek amacıyla yapılan herhangi bir tamir işlemi hem soğuk hem de sıcakken kesinlikle yasaklanmıştır.

Toleranslar

Boyutsal ve düz kesim toleransları

Üretim için uyulması gereken toleranslar ihale davetine ekli olan çizimlerde gösterilmelidir.

Aşağıda belirtilen ölçümler için yine karşısında verilen tolerans oranları uygulanmalıdır:

- Kesit genişliği dolaylı bağlantı sistemleri için 6 mm, doğrudan bağlantı sistemleri için 2,5 mm,
- Dudaklar arası uzaklık 1,3 mm,
- Deliklerin çapı 1 mm,
- Deliklerle çizimde deliklerin pozisyonuna ilişkin referans çizgisi arasındaki uzaklık 1 mm,
- Dudaklardaki yiv 1 mm,
- Diğer yivler 1 mm,
- Dudak yüksekliği 1mm,
- Selet genişliği 6 mm,
- Kesimdeki düzgünlük 3 mm,
- Kalınlık 1 mm,
- Yüzey eğimi %0,4,
- Alt kenardaki düzgünlük 0,0025 L (L= herhangi iki nokta arası uzaklık)

Zımbalanarak açılmış delik ve yivlerin boyutsal toleransı olarak zımbanın çıkış kenarında panç kalınlığının 0,05 katı arttırılmalıdır.

4.1.5.1 Kabul koşulları

Testlerin mahiyeti ve kapsamı

Mekanik test

50 tonu aşan döküm başına iki, 50 tonun altındaki döküm başına bir çekme testi uygulanmalıdır. Eğer ihale davetinde şart koşulmuşsa müşteri döküm başına kimyasal analizle sınırlandırılabilir. Testlerin uygulanması amacıyla kesitler dökümler halinde gruplandırılabilir.

Boyutsal ve bitiş incelemeleri

İncelemelerin bir serisi kısım başına yapılmalıdır. boyutsal inceleme aşağıdaki boyut ve ölçümlere uygulanmalıdır:

Selet ve selet kesitleri için:

- Kesit genişliği (sadece doğrudan tespitli bağlantı sistemi olması halinde)
- Dudaklar arasındaki uzaklık,
- Alt kenarın düzgünlüğü,
- Yüzey eğimi.

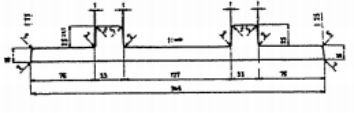
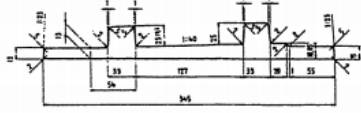
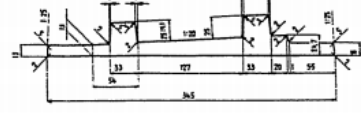
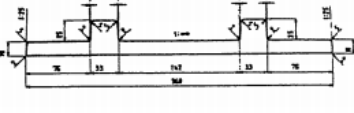
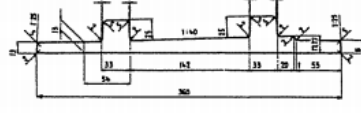
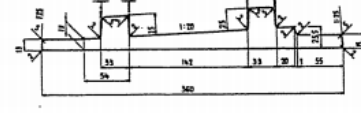
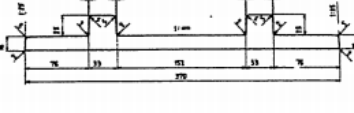
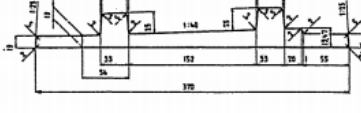
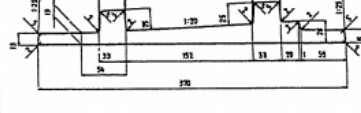
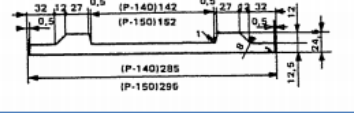
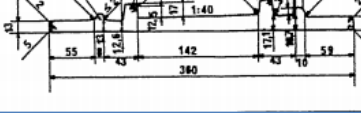
Ek olarak selete dair:

- Deliklerin çapları,
- Deliklerin pozisyonları,
- Yivler.

Diğer boyutlar ve toleranslar siparişe eklenmiş çizimlerde gösterilmiştir.

Gruplardan örnek alınarak yapılan boyutsal kontrollerden istisnalar, kalite Örnek profiller

Şekil (4.7)'de UIC 864-7 O standardına göre UIC tipi raylar için seletlerin haddelenmiş profilleri verilmiştir.

Eğim	Genişliğin m başına kütlesi	Haddelenmiş profil	Eğim	Genişliğin m başına kütlesi	Haddelenmiş profil	Eğim	Genişliğin m başına kütlesi	Haddelenmiş profil
1 : ∞	55.65 kg	125-∞ 	1 : 40	53.78 kg	125-40 	1 : 20	59.16 kg	125-20 
1 : ∞	57.53 kg	140-∞ 	1 : 40	56.02 kg	140-40 (1) 	1 : 20	62.17 kg	140-20 
1 : ∞	58.79 kg	150-∞ 	1 : 40	57.53 kg	150-40 (1) 	1 : 20	64.19 kg	150-20 
1 : ∞	P 140 - ∞ 34.18 kg P 150 - ∞ 35.16 kg	P 140 - ∞ / P 150 - ∞ (2) 	1 : 40	47.95 kg	H B - 140 (2) 			

Şekil 4.7 : Ray seletleri için haddelenmiş profiller [27].

4.2 Örnek Bir Bağlantı Sistemi İçin Fabrika Kabul Prosedürü

Bu bölümün ilk kısmında bağlantı sistemi elemanlarına tek başına yapılan test ve kontrolleri ve bunların kabullerinin yapılma şartlarını işledik. Burada da görüldüğü gibi baz alınan standartlar tedarikçi ile müşteri arasında yapılan anlaşmaya göre baz alınan standartlar değişebilmekte, tedarikçinin ülkesindeki standartlar kullanılabilir. Çalışmamızda biz bütün bağlantı sistemlerinde ortak olarak kullanılabilecek bazı bileşenleri dünyadaki birçok demiryolu tarafından kabul gören UIC'nin 864 O standardını baz alarak inceledik.

Bu ikinci kısımda ise örnek bir bağlantı sisteminin fabrika kabul prosedürünü ve sonuçlarını inceleyeceğiz. Bu bağlantı sistemi “Vossloh Sistem 336” tip olarak adlandırılan bağlantı sistemi olup incelenen prosedür ise ilgili bağlantı sisteminin “İstanbul Metrosu Taksim – Yenikapı arası II. Aşama İnşaatı”nda kullanılan prosedürdür. Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sistemini ayrıntılı olarak bir sonraki bölümde inceleyeceğiz ancak bu bölümde bahsedilen bileşenlerin isimlerini bilmek amacıyla Şekil (4.8)'i gösterebiliriz.

4.2.1 Uygulanan standartlar

DIN EN ISO 898 Bölüm 1: Metal alaşım ve metal bağlantı elemanlarının mekanik özellikleri

DIN EN 1563: Sfero grafit demir döküm

DIN EN 10025: Sıcak hadde yapısal çelikler

DIN EN 10139: Soğuk hadde kaplamasız yumuşak çelik dar şerit biçimlendirme

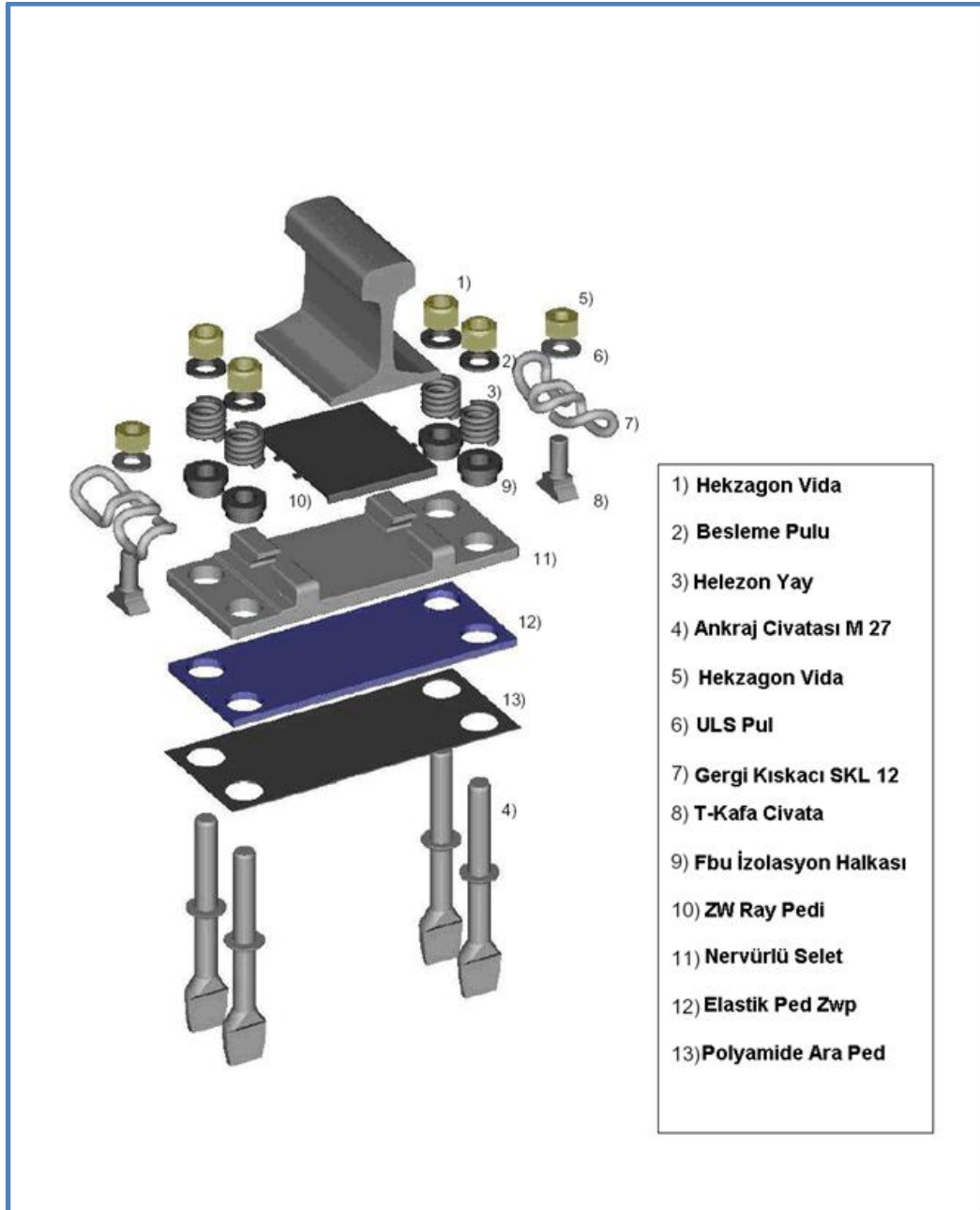
DIN EN 10270: Mekanik yaylar için çelik tel

4.2.2 Üretim sırasında yapılan testlerin spesifikasyonu

Üretimde sadece Vossloh Ray Sistemleri tarafından onaylanmış malzeme kullanılmıştır. Bütün testler, bağımsız Kalite Kontrol bölümü tarafından yürütülmüştür.

Kalite Yönetim Sistemi, DIN EN ISO 9000 koşulları uyarınca onaylanmış ve denetlenmiştir. İstendiği zaman üretimin her aşamasında rasgele kontroller yapılabilir. Bu yalnızca işçiler tarafından kendi kontrolleri sırasında değil, ama aynı zamanda bağımsız bir kalite kontrol bölümü tarafından yapılır.

Sadece kontrol edilip onaylanmış malzeme işlem görmek üzere yola devam eder. Ray bağlantı elemanına ait Şekil (4.8)'de gösterilen parçaların herbirine uygulanan testler aşağıda belirtilmiştir.



Şekil 4.8 : Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sistemi ve bileşenleri [27].

Besleme pulu Uls 10

Pul için boyut kontrolü

Kalite için önemli olan boyutlar, firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programlarına uygun biçimde kontrol edilir; bu kontroller şunlardır:

- dış çap
- iç çap
- kalınlık
- düzlük
- sertlik
- optik değerlendirme

Son muayene

Yukarıda listesi verilen karakteristikler, firma içi belirlenmiş rasgele kontrol talimatlarına uygun gerçekleştirilir ve üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol bölümü tarafından yürütülür.

Çizelge 4.10 : Besleme pulu Uls 10 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Malzeme test raporu	Gözle	Döküman kontrolü	Siparişe uygun
Pul	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Yoğunluk	Terazi	Ölçüm	1,35- 1,45 g/cm ³

Helezon yay Fe 28

Helezon yay Fe28 için boyut kontrolü

Kalite için önemli olan boyutlar, firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programları uyarınca yaylı rondelaların çeşitli imalat süreçlerinde aşağıdaki bakımdan kontrol edilir:

- Yaylı rondelanın biçimlendirilmesi

- Sertleştirme ve ısıt işlem

Şu kontroller yapılır:

- Yükseklik
- Çap
- Baskı testi
- Optik değerlendirme

Son muayene

Yukarıda listesi verilen karakteristikler, firma içi belirlenmiş rasgele kontrol talimatlarına uygun gerçekleştirilir. Bu kontroller, üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol Bölümü tarafından yürütülür.

Çizelge 4.11 : Helezon yay Fe28 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Analiz	Metal üreticisinin malzeme test sertifikası	Döküman kontrolü	DIN EN 10270'e göre
	Ölçü kontrolü	Kumpas	Ölçüm	Sabit iç toleranslar
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
Civata	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Korozyondan Korunma	Kontrol aletleri	Ölçüm	$\geq 15 \mu m$

Ankraj civatası M27

Civata ve somunlar için boyut kontrolü

Firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programları uyarınca vidaların çeşitli imalat süreçlerinde aşağıdaki fonksiyonel boyutları kontrol edilir:

- Uzunlamasına kesit
- Kafa

- Gövdenin haddelenmesi/kesilmesi

Şu kontroller yapılır:

- Toplam uzunluk
- Kafa genişliği
- Kafa uzunluğu
- Mil çapı
- Uzunluk
- Optik değerlendirme

Paslanmaya karşı koruma kontrolü

Korumanın kalınlık ölçüsü yapılır.

Son muayene

Yukarıda listesi verilen karakteristikler, firma içi belirlenmiş rastele kontrol talimatlarına uygun gerçekleştirilir ve geçerli spesifikasyonlara göre kontrol edilir. Bu kontroller, üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol Bölümü tarafından yürütülür.

Çizelge 4.12 : Ankraj civatası M27 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Analiz	Metal üreticisinin malzeme test sertifikası	Döküman kontrolü	DIN EN ISO 898 Bölüm 1'e Göre
	Ölçü kontrolü	Kumpas	Ölçüm	Sabit iç toleranslar
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
Civata	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Korozyondan Korunma	Kontrol aletleri	Ölçüm	$\geq 40 \mu\text{m}$

Besleme pulu Uls 6

Pullar için boyut kontrolü

Kalite için önemli olan boyutlar, firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programlarına uygun biçimde kontrol edilir; bu kontroller şunlardır:

- Dış çap
- İç çap
- Kalınlık
- Düzlük
- Optik değerlendirme

Son muayene

Yukarıda listesi verilen karakteristikler, firma içi belirlenmiş rasgele kontrol talimatlarına uygun gerçekleştirilir ve üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol bölümü tarafından yürütülür.

Çizelge 4.13 : Besleme Pulu Uls 6 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Analiz	Metal üreticisinin malzeme test sertifikası	Döküman kontrolü	DIN EN 10025 ve DIN EN 10139'a göre
	Gerilme testi	Gerilme makinası	Ölçüm	Gerilme mukavemeti $R_m \geq 590 \text{ N/mm}^2$
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
Pul	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Sertlik	Gerilme Makinası	Ölçüm	185-225 HV 30
	Korozyon koruma (Sıcak galvaniz)	Ölçüm aleti	Ölçüm	$\geq 40 \mu\text{m}$

Yaylı kıskaç Skl 12

Boyutlar

Kalite ve işlev için önemli olan boyutlar, firma içi yerleşik test talimatları ve rasgele kontrol programlarına uygun biçimde kontrol edilir.

Isıl işlem

Isıl işlemin monitörle izlenmesi, yerleşik işlem parametrelerine göre yapılır. Bu parametreler sürekli olarak otomatik kontrol sistemleri tarafından kontrol edilir. Yaylı kısıkaçlar test talimatları uyarınca kontrol edilir. Bu testler şunlardır:

- Görsel değerlendirme ile birlikte kopma testi
- Suya batırdıktan sonra sertlik kontrolü
- Yüzeyin görsel değerlendirilmesi
- İşlevsel ölçüm kontrolü = serbest ucun orta fiyonga yüksekliği
- Soğutmadan sonra sertlik (1 mm taşlanmış bir yüzey üzerinde Vickers işlemine uygun test)
- Yükleme testi
- Manga Flux prosesi yardımıyla yüzey çatlakları kontrolü
- Yüzeyin ve strüktürün metalografik testi

Son muayene

Üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol Bölümü tarafından boyutlardaki ölçütler uyarınca ve spesifikasyona göre yapılır.

Çizelge 4.14 : Yaylı Kısıkaç Skl 12 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Test Aralığı	Nominal Değer
Hammadde	Analiz	Metal üreticisinin malzeme test sertifikası	Döküman kontrolü	1 ısıtma için	DIN EN ISO 898 T1'e göre
Gergi Kısıkaçı	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	3 örnek	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Sertlik	Sertlik test aleti			400-460 HV 30
	Yaylanma testi	Yay test makinası			25 kN'lık özel alet ile yükleme. 4 mm sıkışmadan sonra test yükü $\geq 7,5$ kN olmalıdır.
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol		Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey

T – kafalı civata Hs32 ve altı köşeli somun

Civata ve somunlar için boyut kontrolü

İşlev için önemli olan boyutlar, vidalar için firma içi belirlenmiş aşağıdaki türden çeşitli imalat prosesi yerleşik test talimatları ve rasgele kontrol programlarına uygun biçimde kontrol edilir:

- Uzunlamasına kesit
- Kafa
- Gövdenin haddelemesi /kesmesi

Testler şunlardır:

- Uzunluk
- Kafa genişliği
- Kafa uzunluğu
- Mil çapı
- Kare eni
- Vida uzunluğu
- Optik değerlendirme

Son muayene

Yukarıda boyut kontrolü altında verilmiş karakteristikler, firma içi belirlenmiş yerleşik kontrol talimatları uyarınca ve geçerli spesifikasyona göre yürütülür. Bunlar üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol Bölümü tarafından yapılır.

Çizelge 4.15 : T – kafalı Hs32 civata ve altı köşeli somun için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Analiz	Metal üreticisinin malzeme test sertifikası	Döküman kontrolü	DIN EN ISO 898 T1'e göre
	Ölçü kontrolü	Kumpas	Ölçüm	Sabit iç toleranslar
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
Civata	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Korozyondan Korunma	Kontrol aletleri	Ölçüm	$\geq 40 \mu\text{m}$

İzolasyon halkası Fbu 6

Boyut ve yüzey kontrolleri

Kalite için önemli olan boyutlar, firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programları uyarınca aşağıdaki bakımdan kontrol edilir:

- Dış çap
- İç çap
- Çeşitli yükseklikler
- Eşit eksenli şekilsellik
- Optik değerlendirme

Yoğunluk

Yoğunluk için rasgele kontrol programı uygulanır.

Nem içeriği

Nem içeriği, rasgele kontrol programı ile uyum içinde garanti edilir.

Son muayene

Üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol Bölümü tarafından, belirlenmiş test talimatları ve geçerli spesifikasyonlara göre yapılır.

Çizelge 4.16 : İzolasyon halkası Fbu 6 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Malzeme test raporu	Gözle	Döküman kontrolü	Siparişe Bağlı
Halka	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Yoğunluk	Terazi	Ölçüm	1,35-1,4 g/cm ³

Rayaltı ped Zwp 686

Boyut ve yüzey kontrolleri

Rayaltı pedi üretimi sırasında, kalite için önemli olan uzunluk, genişlik ve kalınlık ile yüzey firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programları uyarınca kontrol edilir.

Yoğunluk

Yoğunluk için rasgele kontrol programı uygulanır.

İzabe akış oranı

İzabe akış oranı rasgele kontrol programı uyarınca güvence altına alınır.

Rijitlik

SHORE D rijitlik testi rasgele kontrol programı uygulanır.

Son muayene

Üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol Bölümü tarafından, belirlenmiş test talimatları ve geçerli spesifikasyonlara göre yapılır.

Çizelge 4.17 : Rayaltı ped Zwp 686 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Malzeme test raporu	Gözle	Döküman kontrolü	Siparişe Uygun şekilde
Koruyucu	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Sertlik	Sertlik test cihazı/ Destek D	Ölçüm	32-47 Sh D
	Yoğunluk	Terazi	Ölçüm	0,932-0,952 g/cm3

Nervürlü selet Rp 125/160/20 (dökme demir)

Nervürlü seletler için boyut kontrolü

İşlevsel boyutlar, firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programlarına uygun biçimde çeşitli nervürlü selet imalat prosesleri sırasında kontrol edilir; bu kontroller şunlardır:

- Taban plakanın dökümü
- Deliklerin açılması

Kontroller:

- Deliklerin pozisyonu
- Deliklerin çapı
- Nervürlerin pozisyonu
- Nervür yüksekliği
- Nervür eni
- Plaka kalınlığı
- Eğim
- Oluk pozisyonu ve genişliği
- Düzlük
- Optik değerlendirme

Son muayene

Yukarıdaki boyut kontrolündeki listesi verilen cer mukavemeti ve esneme uzaması test karakteristikler, firma içi belirlenmiş rasgele kontrol talimatlarına uygun gerçekleştirilir ve spesifikasyonlara göre üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol bölümü tarafından yürütülür.

Çizelge 4.18 : Nervürlü selet Rp 125/160/20 (dökme demir) için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Analiz / Gerilme Mukavemeti	Malzeme test sertifikası	Döküman kontrolü	DIN EN 1563 (demir döküm)
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
Civata	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey

Elastik ped Zwp 362/155/10

Boyut ve yüzey kontrolleri

Ray seleti üretilmeden önce, kalite için önemli olan uzunluk, genişlik ve kalınlık ile yüzey, firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programları uyarınca kontrol edilir:

Yoğunluk

Yoğunluk için rasgele kontrol programı DIN EN ISO 1183-1 gözeneksiz malzeme için ve DIN EN ISO 845 gözenekli malzeme için olan spesifikasyonlara göre yürütülür. Sonuçlar mg/mm³ olarak verilir.

Son muayene

Üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol Bölümü tarafından, belirlenmiş test talimatları ve geçerli spesifikasyonlara göre yapılır.

Çizelge 4.19 : Elastik ped Zwp 362/155/10 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Malzeme test raporu	Gözle	Döküman kontrolü	Üreticinin ihtiyaçlarına göre
Ped	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Statik rijitlik	Genel test makinası	Ölçüm	15-50 kN değerleri arasında 16 +/3-1 kN/mm

Polyamid ara ped Zwp 407/200/10

Boyut ve yüzey kontrolleri

Ray seleti üretimi sırasında, kalite için önemli olan uzunluk, genişlik ve kalınlık ile yüzey, firma içi test talimatları ve rasgele kontrol programları uyarınca kontrol edilir.

Yoğunluk

Yoğunluk için rasgele kontrol programı uygulanır.

Rijitlik

SHORE D rijitlik testi rasgele kontrol programı uygulanır.

Son muayene

Üretim bölümünden bağımsız bir Kalite Kontrol Bölümü tarafından, belirlenmiş test talimatları ve geçerli spesifikasyonlara göre yapılır.

Çizelge 4.20 : Polyamid ara ped Zwp 407/200/10 için kalite güvence planı[27]

Sıralama	Kontrol Karakteri	Test Ekipmanı	Test Metodu	Nominal Değer
Hammadde	Malzeme test raporu	Gözle	Doküman kontrolü	Siparişe Uygun
Ped	Ölçü kontrolü	Ölçüm aletleri	Ölçüm	Çizim ve ürün toleransları ile uyumlu
	Görsel Değerlendirme	Gözle	Görsel Kontrol	Fonksiyonu zayıflatan çatlak ve hasarlar olmayan yüzey
	Sertlik	Sertlik Test Cihazı	Ölçüm	32-47 Sh D
	Yoğunluk	Terazi	Ölçüm	0,932- 0,952 g/cm3

4.2.3 Fabrika kabul testi sonuçları

Yukarıda bahsedilen prosedür uyarınca yine yukarıdaki bölümde verilen kalite güvence çizelgelerindeki testler fabrikaya gidilerek kabul komisyonu tarafından yapılmıştır. Testlerin olumlu tatmin edilebilir sonuçlar vermesinin ardından “yükleme izin formu” düzenlenerek tedarikçinin malzemeleri müşteriye teslim için yüklemesine izin verilmiştir.

Yapılan testlerin sonuçlarını gösteren “imalat test sonuçları” EK A’daki şekilde verilmiştir.

5. İSTANBUL KENTİÇİ RAYLI SİSTEMLERİNDE KULLANILAN RAY BAĞLANTI SİSTEMLERİ

Günlük yaşamda trafik yoğunluğu dolayısıyla da ulaşım İstanbul'un öncelikli problemlerinden birini oluşturmaktadır. Bu sorunun çözümüne yönelik olarak yerel ve merkezi yönetim tarafından raylı sistemlere büyük yatırımlar yapılmaktadır. İlerleyen yıllarda da bu yatırımlar artarak sürmesi planlanmaktadır. 2014 yılı itibariyle İstanbul'da metro, hafif metro (LRT), tramvay ve funiküler sistemlerden oluşan, günlük ortalama 1,5 milyon yolcunun taşındığı bir raylı sistem ağı bulunmaktadır.

İstanbul'da kentiçi sistemlerde kullanılan bağlantı sistemlerini metro, LRT ve tramvay başlıkları altında inceleyebiliriz.

5.1 İstanbul'da Metro Sistemlerinde Kullanılan Ray Bağlantı Sistemleri

İstanbul'da 2014 yılı itibariyle yolculu olarak hizmet veren üç adet metro sistemi bulunmaktadır. Bunlar Taksim Metrosu, Kirazlı-Başakşehir Metrosu ve Kadıköy-Kartal Metrosu'dur.

5.1.1 Taksim Metrosu'nda kullanılan ray bağlantı sistemleri

İstanbul'un modern anlamda en eski metrosu olan Taksim Metrosu metrosu bugünkü halini üç inşaat aşamasından sonrada almıştır. İlk aşamada Taksim – 4.Levent arası kısım, sonraki aşamada 4.Levent-Hacıosman arası, Seyrantepe depo ve bağlantı yolları ve son aşama olarak da Taksim-Yenikapı arası Haliç Metro Geçiş Köprüsü ile işletmeye açılmıştır.

Taksim Metrosunda üç farklı elastik bağlantı sistemi kullanılmıştır. Bunlar Nabla, Vossloh Sistem 336 ve Haliç Metro Geçiş Köprüsü ve yaklaşım viyadükleri üzerinde kullanılan Pandrol Vanguard tipi bağlantı sistemleridir.

Taksim Metrosunda kullanılan bağlantı sistemleri bir sonraki bölümde ayrıntılı olarak incelenmiştir.

5.1.2 Kirazlı-Başakşehir Metrosu'nda kullanılan ray bağlantı sistemleri

Başakşehir Metrosu'nun yapımına 2006 yılında başlanmış olup yolculu işletmeye Haziran 2013'de açılmıştır. Hat toplamda 11 istasyona ve 15,9 km uzunluğa sahiptir. Hattın yapımında NATM ve TBM yöntemleriyle tüneller açılmıştır.

Hattın üstyapısı ana hatta balastsız doğrudan yerinde döküm betona tespitli sistem (Şekil 5.1) ve plakalı yapı (Şekil 5.2 ve Şekil 5.3) kullanılmıştır. Depo sahasında ise balastlı ve beton traversli sistem kullanılmıştır.



Şekil 5.1 : İnşaat aşamasından yerinde döküm doğrudan tespitli sistem.



Şekil 5.2 : İnşaat aşamasından ana hat üzerinde kullanılan plakalı tip üstyapı kesiti.



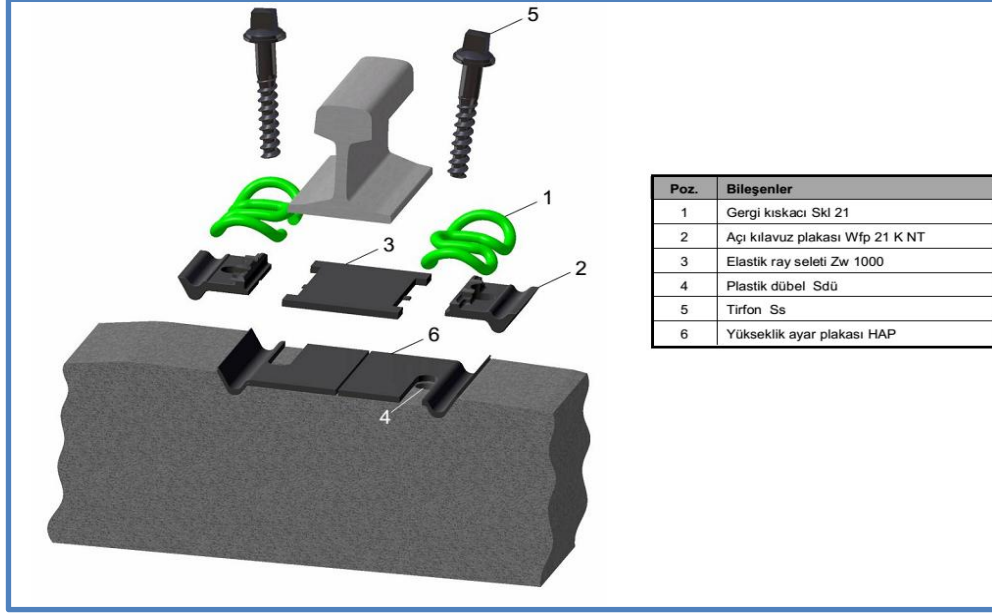
Şekil 5.3 : Tünel içinde plakalı tip üstyapının döşenmiş son hali.

Bağlantı sistemi olarak bu üst yapıya göre işletme yapılan ana hat üzerinde Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sistemi, balastlı ve beton traversli depo hatında ise yine Vossloh'un W-14 tipi bağlantı sistemi kullanılmıştır. (Şekil 5.4)



Şekil 5.4 : Balastlı üstyapıdaki depo yolunda kullanılan W-14 tipi bağlantı sistemi.

Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sistemi bileşenleri fabrika kabul testlerinin incelendiği yukarıdaki bölümde görülmüştü (Şekil4.8). Aşağıda Şekil (5.5)'te ise Vossloh W-14 tipi bağlantı sistemi bileşenleri görülebilir.

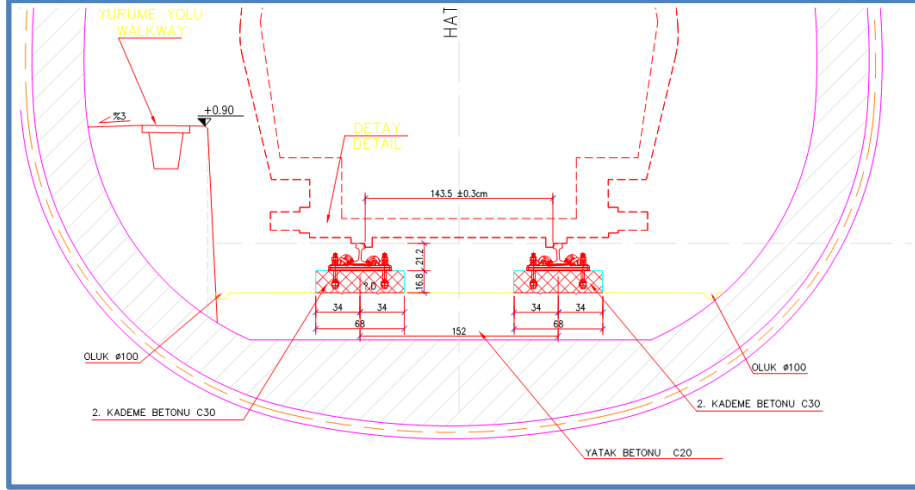


Şekil 5.5 : Vossloh W-14 tipi ray bağlantı sistemi bileşenleri[28].

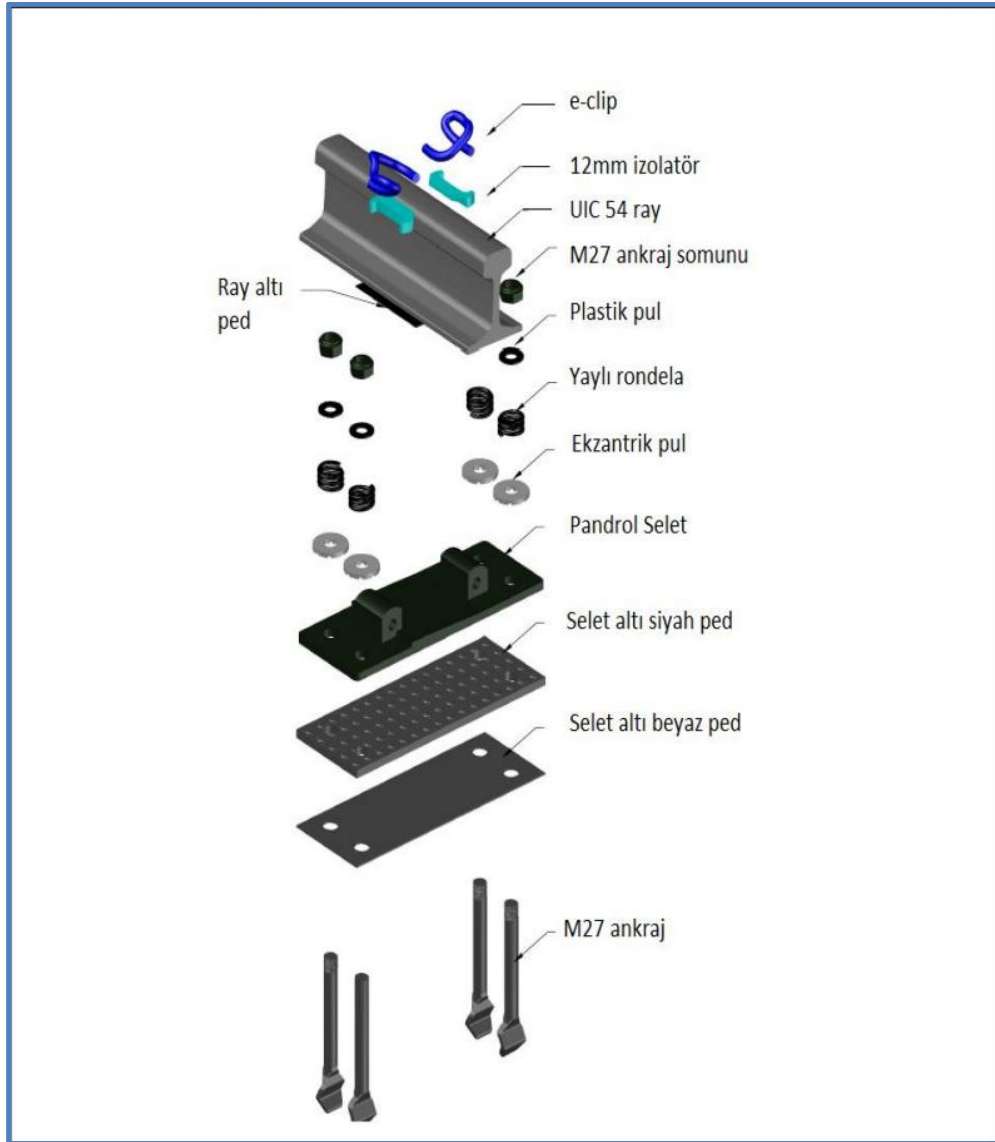
5.1.3 Kadıköy – Kartal Metrosu’nda kullanılan ray bağlantı sistemleri

Kadıköy – Kartal Metrosu hattının yapımına 2005 yılında başlanmış olup yolculu işletmeye Ağustos 2012’de açılmıştır. Hat toplamda 16 istasyona ve 21,7 km uzunluğa sahiptir. Hattın yapımında NATM ve TBM yöntemleriyle tüneller açılmıştır.

Hattın üstyapısı balastsız doğrudan yerinde döküm betona tespitli sistemdir (Şekil 5.6) ve UIC 54 (54 E1) tipi ray kullanılmıştır. Ray bağlantı sistemi olarak Pandrol e-klips sistemi kullanılmıştır. Pandrol e-klips sisteminin bileşenleri Şekil (5.7)’da, montajlı hali ise Şekil (3.36) gösterilmiştir.



Şekil 5.6 : Kadıköy – Kartal hattı tipik üstyapı enkesit görünüşü[28].



Şekil 5.7 : Pandrol e-klips bağlantı sistemi bileşenleri[20].

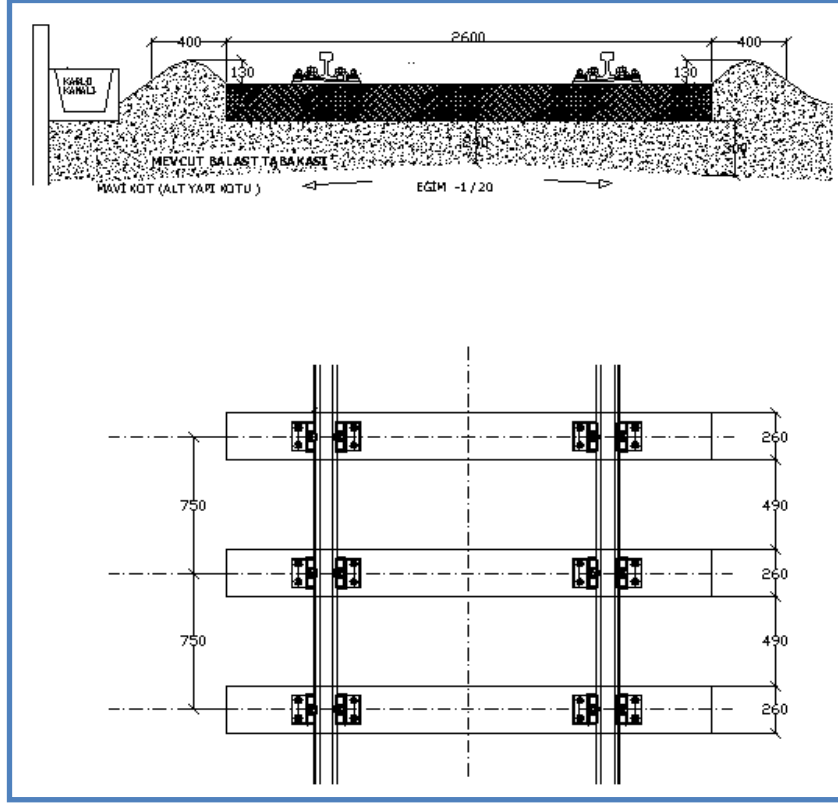
Kadıköy – Kartal hatında yaklaşık iki senedir işletme altında kullanılan Pandrol e-klips sisteminin en büyük faydaları:

- Görsel kontrol dışında herhangi bir bakım gerektirmemesi,
- Herhangi bir arızaya müdahale etmek için sökülüp takılması gerektiğinde tek kişi tarafından “panpuller” adı verilen el aleti yardımıyla kolaylıkla ve kısa sürede sökülüp takılabilmesi (Şekil 5.8),
- Hattaki kaçak akımlar için izolatörlerin çok iyi bir elektrik izolasyonu sağlaması, ölçümlerde %98 civarında sonuçlar alınmasıdır.

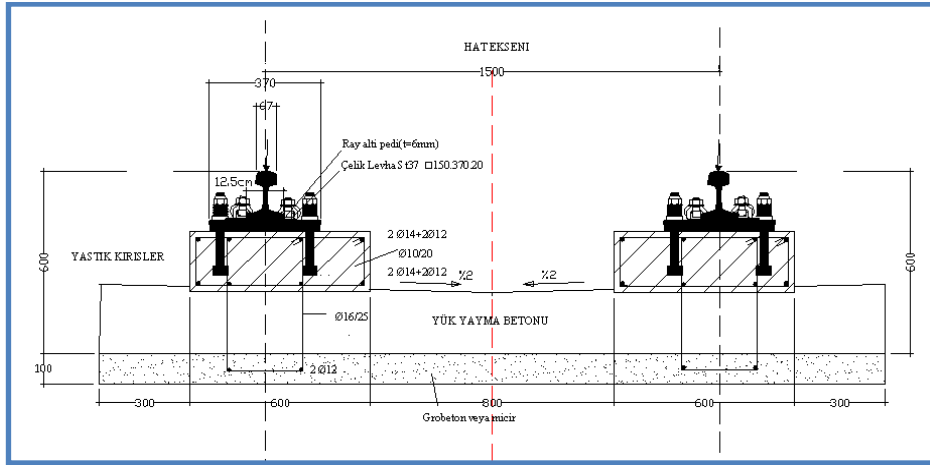


Şekil 5.8 : Pandrol e-klips bağlantı sisteminin montaj ve demontaj işlemi için “panpuller” aletinin kullanılması[20].

İlgili bağlantı sisteminin bu sürede tespit edilen en kötü özelliği ise e-klipslerin tünel içindeki yeraltı sularından kaynaklanan nemli ve kireçli ortamda çok çabuk deforme olmasıdır. Bu sorun için malzeme firma tarafından incelendiğinde malzemenin kusurlu olduğu tespit edilmiş ve firma tarafından ilgili malzeme değiştirilmeye başlanmıştır.



Şekil 5.10 : Hafif Metro Hattında Ahşap Traversli Üstyapı Kesiti[30]

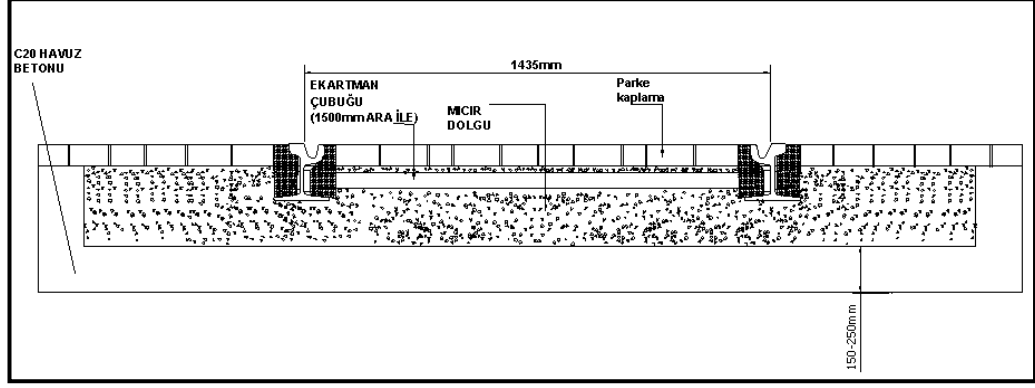


Şekil 5.11 : Hafif Metro Hattında Betona Tespitli Üstyapı Kesiti[30]

5.3 İstanbul'da Cadde Tramvayında Kullanılan Ray Bağlantı Sistemleri

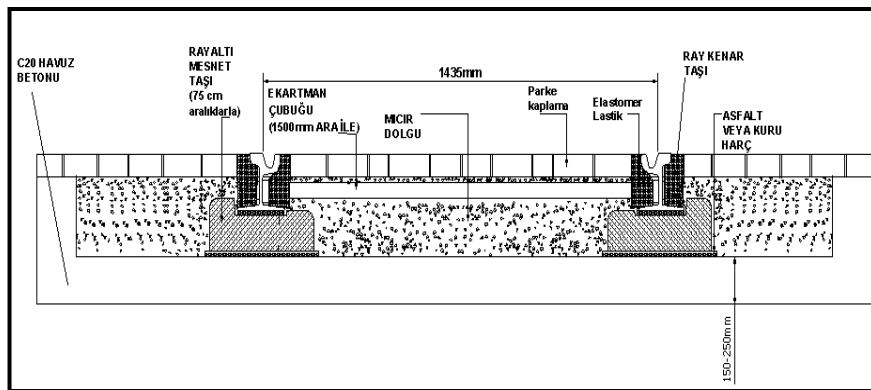
İstanbul kentiçi raylı sistemler dahilinde olan karayolu taşıtlarıyla hemzemin olan Kabataş-Bağcılar Tramvay hattının ilk kısmı Haziran 1992'de Aksaray – Beyazıt arası olarak açılmış, sonrasında çeşitli uzatmalarla genişleyerek en son Zeytinburnu – Bağcılar hattı ile Şubat 2011'de birleşerek bugünkü halini almıştır. Toplamda 31 istasyona ve 18,5 km hat uzunluğuna sahiptir.

Tramvay Hattı inşa edilirken aşama aşama inşa edilmiş ve işletmeye açılmıştır. İnşa sürecinde tramvay hattı için ayrılan güzergahta hızlı bir inşaa sürecine girilmiş; fakat uluslararası standartlara uymayan bir üstyapı tasarlanmış ve inşa edilmiştir (Şekil 5.12). Bu üstyapı tipi, mevcut şartlara cevap veremeyince çeşitli zamanlarda yapılan rehabilitasyon projeleri ile üstyapının kalitesi artırılmaya çalışılmıştır[30].



Şekil 5.12 : Tramvay Hattı Klasik Üstyapı Kesiti[30]

Şekil 5.12’de kullanılan üstyapı sistemi, demiryolu üstyapısına gelen yükleri karşılamamış ve mevcut üstyapı rayların altına 1,5 m aralıklarla mesnet taşı konularak daha stabil hale getirilmiştir (Şekil 5.13). İşletme altında hatta yapılan bu üstyapı değişikliği, hem maliyet hem de işçilik açısından birçok zorluğu beraberinde getirmiştir. Yapılan bu değişiklikle hatta meydana gelen problemler azalsa da, üstyapı bakımları gün geçtikçe artmaya devam etmiştir. Bu nedenle tramvay hattında yeni rehabilitasyon projeleri hazırlanmış ve betona tespitli demiryolu üstyapısı mevcut üstyapı ile değiştirilmeye başlanmıştır. İlk başlarda karayolu araçları ile kesişen kavşaklarda kauçuk kavşak imalatına girilmiştir. Üstyapısı daha sıklıkla bozulan, daha sık bakım gerektiren bölgeler tespit edilerek çim parkeli betona tespitli yeni bir üstyapı tipi tasarlanmıştır. [30]



Şekil 5.13 : Tramvay Hattı Üstyapı Kesiti(Ray Altı Mesnet Taşlı) [30]

6. ÖRNEK BİR HAT ÜZERİNDEKİ RAY BAĞLANTI SİSTEMLERİNİN İNCELENMESİ

Kullanım sırasındaki bir bağlantı sistemine daha ayrıntılı bakmak için bu çalışmamızın bu bölümünde örnek bir hattı ele alarak bu hatta kullanılan ray bağlantı sistemini veya sistemlerini inceleyeceğiz. Örnek aldığımız bu hat Yenikapı-Hacıosman başka bir deyişle Taksim Metro hattı olacaktır.

Taksim Metro hattını seçmemizin en önemli nedenlerinden biri aynı hat üzerinde 3 farklı ray bağlantı sistemi çeşidi kullanılmasıdır. Böylelikle aynı trafik yüküne maruz kalan farklı sistemleri inceleme imkanımız olacaktır.

6.1 Taksim Metrosu ve Kullanılan Ray Bağlantı Sistemleri

Taksim Metrosu'nun ilk temeli Ağustos 1992'de atılmış olup ilk aşamanın yolculu işletmeye açılması Ekim 2000'de olmuştur. Daha sonra sırasıyla Şişhane ve Atatürk Oto Sanayi uzatmaları Ocak 2009'da Seyrantepe depo ve bağlantı yolları ile Daruşşafaka uzatmaları 2010 yılında, Hacıosman uzatması Nisan 2011'de ve son olarak Şişhane-Yenikapı ve Haliç Metro Geçiş Köprüsü kısımları Şubat 2014 yılında yolculu işletmelere açılmıştır. İlerleyen dönemde Taksim Metrosunun son uzatması olan Yenikapı-İncirli kısmının da çalışmalarına başlanacaktır. Aynı zamanda Levent-Hisarüstü hattı da kısa süre sonra işletmeye açılarak hatta entegre olacaktır.

2014 yılı itibariyle işletmeye açık 16 istasyon ve 21,5 km çift hat mevcuttur. Bu 21,5 km içinde yine Türkiye'nin ilk metro geçiş köprüsü olan Haliç Metro Geçiş Köprüsü de bulunmaktadır.

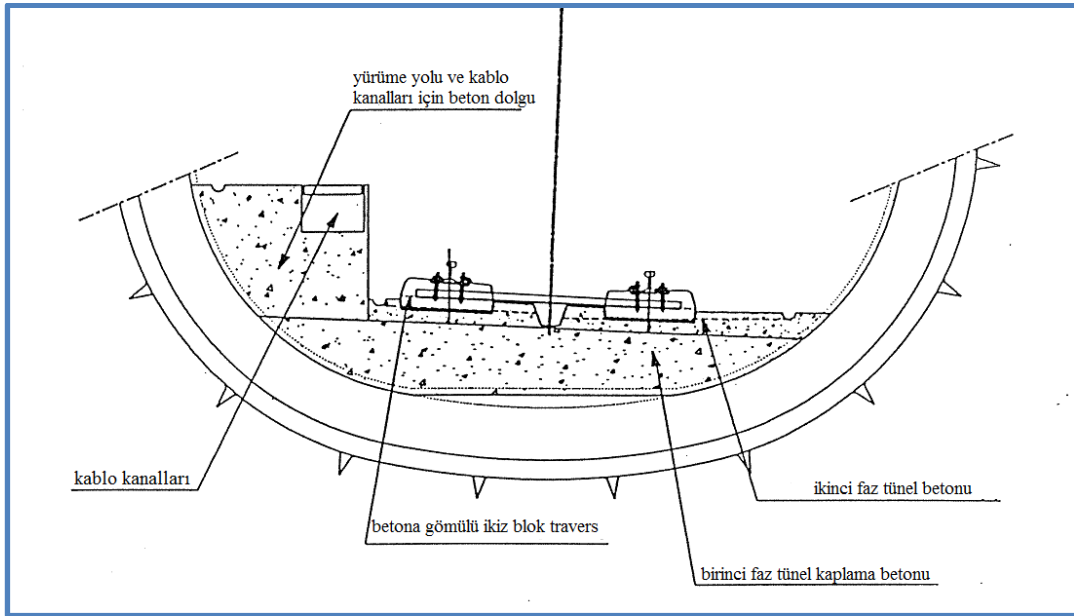
Taksim Metrosu üç ayrı inşaat aşaması sonucu bugünkü halini almıştır. Bunlar birinci aşama olan Taksim-4.Levent arası, ikinci aşama olan Taksim-Yenikapı arası ve üçüncü aşama olan 4.Levent-Hacıosman arası hatlardır. İlerleyen yıllarda hattın entegrasyonlarla daha da uzatılması planlanmaktadır. Farklı zamanlarda bitirilip entegre edilen bu aşamalarda aynı hattın devamı olmasına rağmen farklı malzemeler

kullanılmıştır. Dolayısıyla bu aşamalarda ray bağlantı sistemleri de farklılık göstermiştir.

Taksim Metrosunda üç farklı elastik bağlantı sistemi kullanılmıştır. Bunlar Nabla, Vossloh Sistem 336 ve Haliç Metro Geçiş Köprüsü ve yaklaşım viyadükleri üzerinde kullanılan Pandrol Vanguard tipi bağlantı sistemleridir.

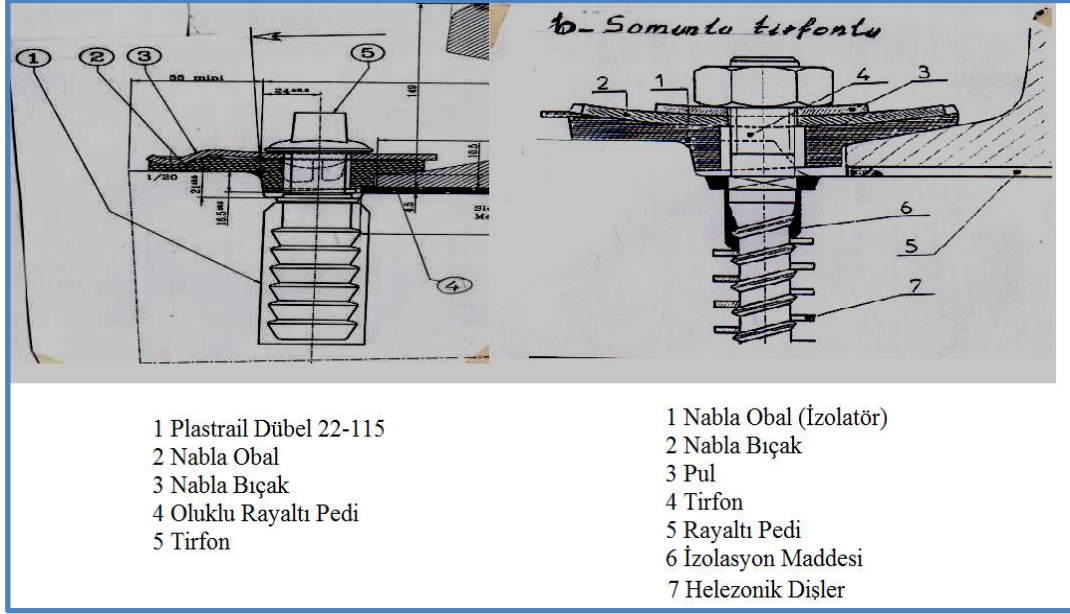
6.1.1 Nabla ray bağlantı sistemi

Nabla bağlantı sistemi ülkemizde ilk defa Taksim Metrosu'nda kullanılan, Fransa'da geliştirilmiş olan bir sistemdir. Taksim Metrosu'nda Stedef VSB tipi üstyapı birlikte yaklaşık 8,5 km'lik çift hat boyunca kullanılmıştır. Stedef VSB tipinde betona gömülü ikiz blok traverslerin tabanında bulunan elastomer çizme ve pedler sistemin elastikiyetine, titreşimi ve darbeleri sönmülmesine, gürültünün azaltılmasına büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. Şekil (6.1)'de Nabla sistemiyle birlikte üstyapı tipi de gösterilmiştir.



Şekil 6.1 : Nabla bağlantı sistemi ve stedef vsb tipi üstyapının birlikte kullanıldığı bölgeden en kesit.

Nabla sistemi çok karmaşık olmayan az parçaya sahip basit bir sistemdir. Bu bağlantı sistemini yarı elastik sistem olarak kabul edenler de vardır. Şekil (6.2)'de Nabla sisteminin iki tipi gösterilmiştir. Taksim Metrosunda somunsuz tip kullanılmıştır.



Şekil 6.2 : Nabla bağlantı sisteminin bileşenleri[32].

İlgili nabla parçalarını inceleyecek olursak :

Nabla obal: Bu bileşen raylar arası boşluğun korunması, yan direncin absorbe edilmesi ve elektrik yalıtımının sağlanması ve tespitleme parçası ile ray temasının önlenmesi amacıyla kullanılır.

Ray boşluğunun ayarlanması için, farklı boyutlarda Nabla Obal mevcuttur. Her bir Nabla Obal tipi, farklı bir renk ve numara ile tanımlanmıştır. Taksim Metrosu ray hattı için standart olarak seçilmiş Nabla Obal mavi renkte olup 7 ile numaralandırılmıştır (Şekil 6.3). Diğer Nabla Obal tipleri de tadilat amaçlı monte edilebilir.



Şekil 6.3 : Taksim Metrosu için standart olarak döşenen mavi renkte Nabla Oballer.

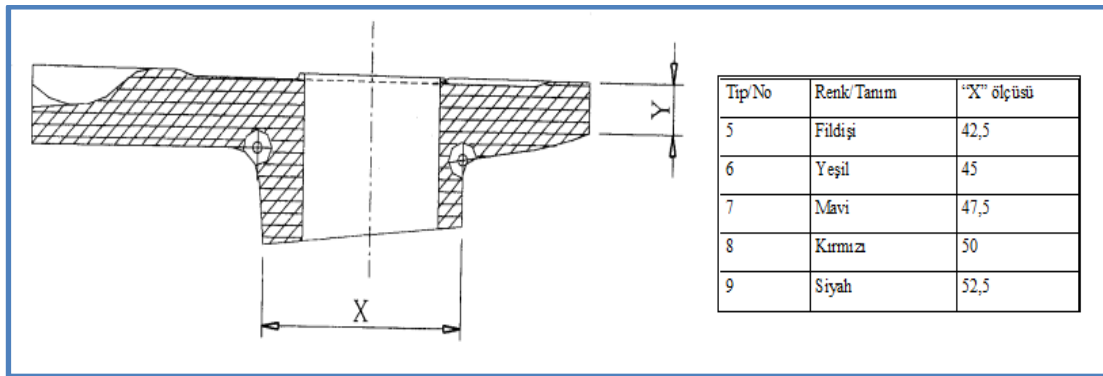
Nabla bıçak: Nabla RNTC1-Bıçak bir esnek tespitleme parçasıdır. Tespitleme montajı sırasında esnek deformasyon tarafından ortaya çıkarılan enerjinin depolanmasına yarayan bir yay işlemine sahiptir. Elde edilen esnek reaksiyon zaman içerisinde ray pabucu üzerinde uygun oranda bir baskının oluşmasını sağlar.

Oluklu kauçuk selet: Bu bileşen ray ile beton tarversin ray oturma alanı arasına yerleştirilir. Bu ped tipi yüksek frekanslı titreşimlerin filtrasyonunda ve ray hattının elektriksel yalıtımının sağlanmasında kullanılır. Ayrıca traverslerin şoklara karşı dirençli olmalarını sağlar.

Tirfon: Bu tirfonlar beton traversler için özel tirfonlardır. Bu bileşenler uygun dışı bir bağlantı parçasının içine vidalanmak üzere özel olarak tasarlanmışlardır. Söz konusu bağlantı parçası beton traverslerin içine yerleştirilir. Bu elman beraberinde gelen bazı sorunların ortadan kaldırılması için sonradan yapılan bazı hatlarda ise betona gömülü vaziyettedir ve üstten somunla bağlantı elemanları sıkılmaktadır.

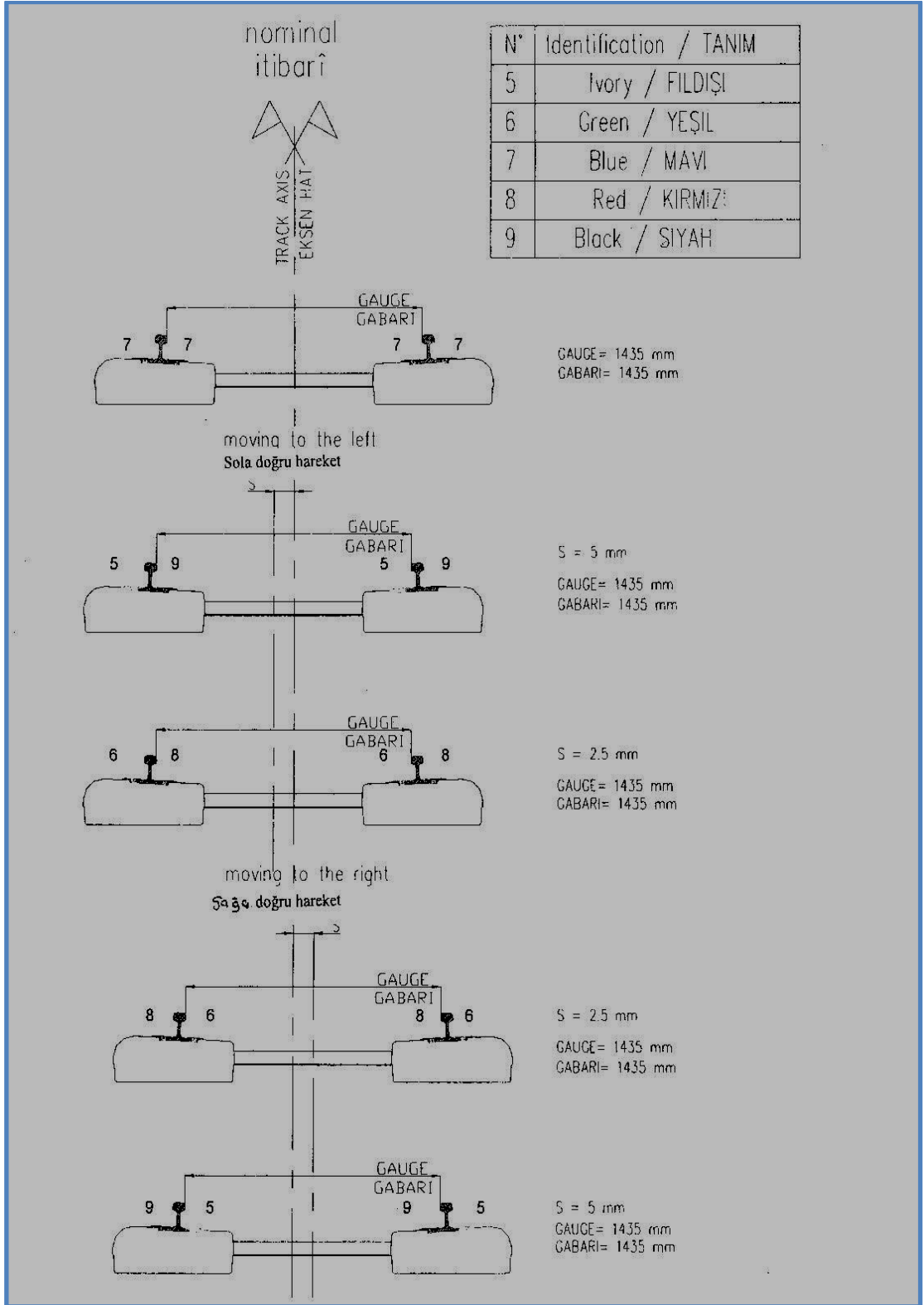
Nabla ray bağlantı sisteminin en önemli avantajı olarak ray hattı geometrisinin farklı Nabla Obal parçaları kullanılarak ray eksenini ve ekartman bazlı tamir edilebilmesi gösterilmektedir.

Farklı tip Nabla Oballer Şekil (6.4)'de gösterilen tirfon delikleri merkezi nablanın sabit dikey eksenini kabul edilmek üzere, b mesafesinin ve buna paralel olarak X mesafesinin değişmesiyle oluşturulmuştur. Nabla Obal tiplerinin farklı renklerine ilişkin ölçüler yine Şekil (6.4)'de verilmiştir.



Şekil 6.4 : Nabla Obal kesiti ve farklı renkte Nabla Oballerin ölçüleri[32].

Yukarıdaki Şekil (6.4)'de verilen farklı renkteki Nabla Oballer kullanılarak Şekil (6.5)'deki gibi ekartmanda ve ray ekseninde düzenlemeler yapmak mümkündür.



Şekil 6.5 : Farklı renkte Nabla Oballerin birlikte kullanılarak yapılabilecek ekartman ayarlamaları [32]

6.1.1.1 Nabla ray bağlantı sisteminin kontrol ve bakımları

Nabla ray bağlantı sisteminin koruyucu bakım kapsamında tüm bileşenlerde görsel kontrol yapılması ve tirfonların sıkılıklarının kontrol edilmesi gerekir.

Düzeltilici Bakım kapsamında ise hasarlı parçaların değiştirilmesi ve en çok ortaya çıkabileceği öngörülen plastrail dübellerin tamir yeralmaktadır.

Koruyucu bakım

Görsel kontrol olarak sistem bileşenlerinin tam olup olmadığı, herhangi bir hasar oluşup oluşmadığı kontrol edilir. Tirfon kafalarının kırık olup olmadığı ve Nabla Bıçakların kırık olup olmadığı kontrol edilir. Bu kontroller Aylık Muayene kapsamında yapılır. Kontroller işletme saatleri dışında hat içerisinde yaya olarak Hat Bakım personeli tarafından yapılır.

Diğer bir uygulanması gereken koruyucu bakım çeşidi sisteminin etkinliğini kontrol etmek için Plastrail Vidaların sıkılığının kontrol edilmesidir. Bu işlem Hat işletmeye açıldığı ilk yıl 6 ayda bir yapılır. Bir sonraki kontrolün yapılacağı tarih ise elde edilen verilere göre kararlaştırılır. Verilerin çok iyi olması durumunda ise maksimum kontrol aralığı 6 yılı geçmemelidir. Taksim Metrosunda kontroller sonucunda olumsuz bir duruma rastlanmadığı için kontrol aralığı 6 seneye çekilmiştir. Bahsedilen bu bakım çok zaman aldığı için bakımın işçilik maliyeti yüksektir. Sisteminin sıkılığı, aşağıda belirtilen kesimlerde rastgele olarak seçilecek birbirini takip eden 20 travers üzerinde kontrol edilir.

- Düz hat ve yarıçapı 400 m'den büyük kurplar: 200 m. olan bir kesim
- Yarıçapı 400 m'den uzunluğu 25 m'den az kurbalar: bir kesim, uzunluğu 25m ve 50 m arasında olan kurplar: iki kesim, uzunluğu 50 m'den fazla olan kurplar: 50 m olan bir kesim

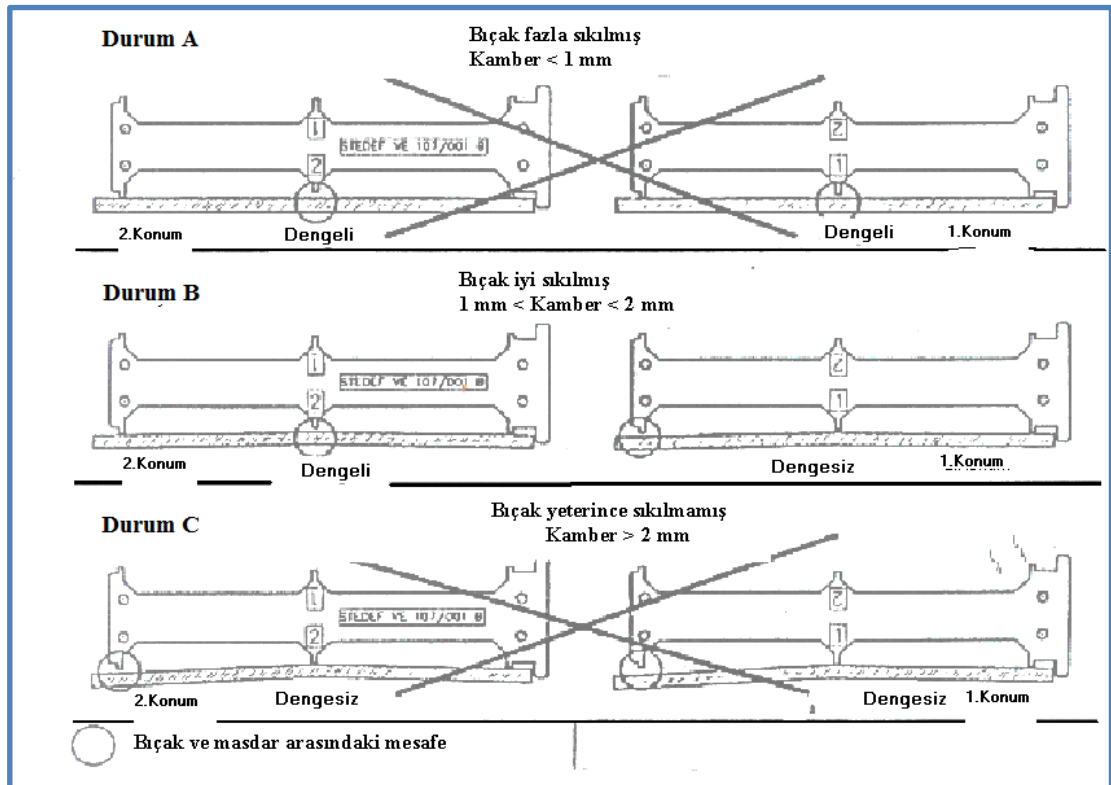
Gevşek bağlantıların yüzdesi N olarak ifade edildiğinde, aşağıdaki işlemler gerçekleştirilir:

- $N > 30$ ise ilgili bölümdeki bağlantılar derhal sıkılmalıdır.
- $20 < N < 30$ ise ilgili bölümdeki bağlantılar bir hafta içerisinde sıkılmalıdır.

- $N < 2$ ise herhangi bir müdahaleye gerek yoktur.

Nabla sıklık kontrolü Kamber mastarı kullanılarak yapılır. Nabla ray bağlantı sistemine ilişkin sabit bir tork değeri yoktur. Bu tork değeri 100 Nm ile 350 Nm değerleri arasındadır. Tork değerinin 100-350 Nm aralığında olup olmadığı kamber mastarının Nabla RTNC 01 Bıçak üzerine yerleştirilmesiyle bulunur:

- Master Şekil (6.6)'da gösterilen B durumunda 2. konumda dengeli, 1. konumda dengesiz ise tork değeri normaldir.
- Master Şekil (6.6)'da gösterilen C durumunda 1. ve 2. konumda dengesiz ise yeterince sıkılmamıştır. Bu durumda tirfon bir miktar sıkılarak yeniden kontrol edilir. Master B durumundaki konuma gelinceye kadar bu işleme devam edilir.
- Master Şekil (6.6)'da gösterilen A durumunda 1. ve 2. konumda dengeli ise tirfon fazla sıkılmıştır. Tirfon bir miktar gevşetilir ve yeniden kontrol edilir. Master B durumundaki konuma gelinceye kadar bu işleme devam edilir.



Şekil 6.6 : Nabla sisteminde tirfon sıklık kontrolünü yapmaya yarayan kamber mastarı ve durumlar [32]

Nabla sisteminde uygulanması istenen bir başka koruyucu bakım da Nabla Obal'ın aşınma derecesinin ölçülmesidir. Bu ölçüm de tork kontrolü ile birlikte yapılmalıdır. Test sahasındaki tüm Nabla Obal'ler sökülüp ve Şekil (6.4)'de gösterilen X ve Y boyutlarının ölçülmesi gerekmektedir. X ve Y ebatları açısından müsaade edilebilir maksimum aşınma değeri sırasıyla 2 mm ve 5 mm'dir. Ölçüm yapılan bölgedeki Nabla oballerin %30'dan fazla bir bölümünün tolerans dışında olması halinde, sözkonusu Nabla Oballer bir ay içerisinde program dahilinde değiştirilmelidir. Bu koruyucu bakım da yine uzun işçilik maliyetlerine sebep olan bir bakımdır.

Düzeltilici bakım

Nabla sisteminde öngörülen ve sıklıkla görülen hasar Plastrail Dübelin deforme olmasıdır. Plastrail dübeller bir sefere mahsus olmak üzere tamir edilebilmektedirler. Bunun dışında sistem bileşenlerinden meydana gelen hasarlar için direkt olarak parçanın değiştirilmesi yoluna gidilir. Plastrail Dübelin sökülmesiyle gerekli parçalar değiştirilebilir.

6.1.1.2 Değerlendirme

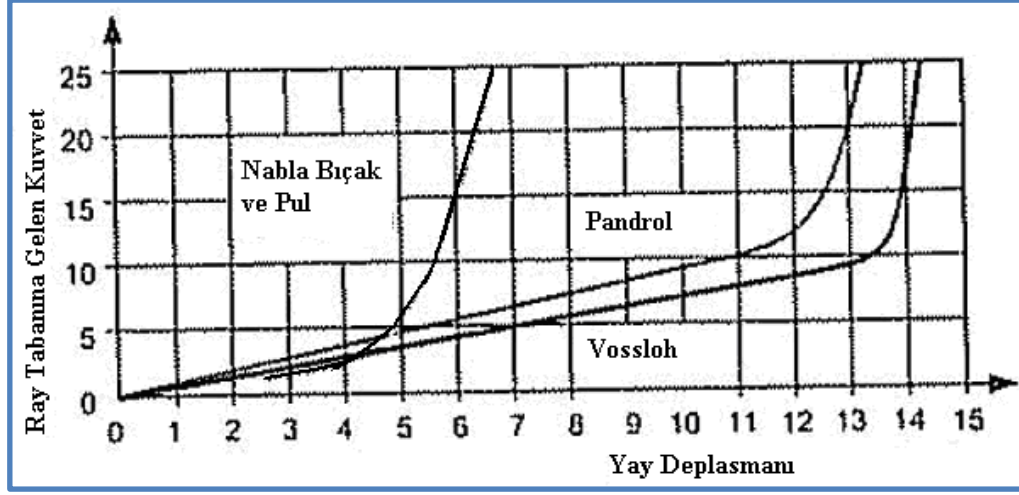
Nabla bağlantı sisteminde traverse montajlı tirfon kullanıldığı durumda bakım masrafları, özellikle tirfonların yalama yapması durumunda dübel değiştirilmesi ve tekrarlanması durumunda travers değiştirilmesine kadar gidildiği için yüksektir. Betona gömülü tirfon olup üstten somunla sıkılması durumunda bakım masrafı azaltılmaktadır.

Hatta sürekartman vermek ve yatayda ayar yapmak mümkündür fakat 2,5 mm ve katları şeklinde +/-10 mm'ye kadar ancak ekartman verilebilir. Bu ise milimetrik ekartman verilmesi gereken durumlarda sorun çıkarabilir.

Farklı renklerde Nabla Oballer ile tamirat yapılmış bir bölgede bağlantı elemanlarının sökülmesini gerektiren bir çalışma yapılacağına ekartman ayarlaması renklerle yapıldığından sökümünden önceki halde renklerin durumu kaydedilmelidir.

Günümüzdeki yeni elastik bağlantı elemanlarıyla kıyaslandığında bu sistemlerde koruyucu bakım olarak sadece görsel kontrollerin yapılırken, sıklık kontrolü gibi kontroller gözle kolayla anlaşılırken yukarıda bahsedilen koruyucu bakımlar bakım maliyetlerini arttırmaktadır. Bunun yanında karmaşık değil sade bir yapıya sahip olması bir avantajdır.

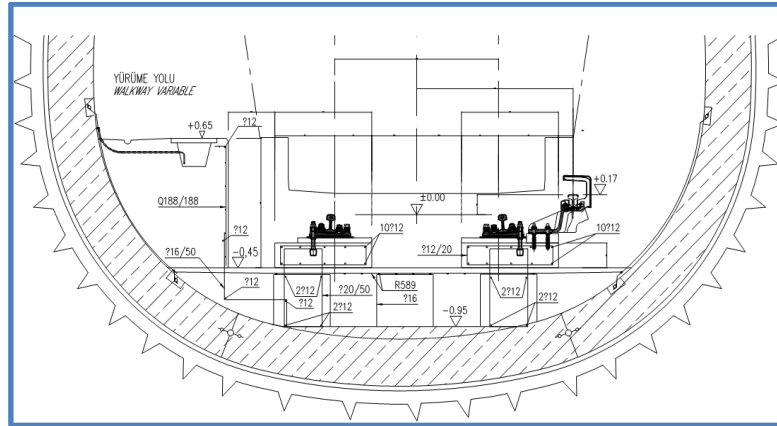
Elastisite yay çeliğinden yapılan Nabla bıçaklar tarafından verilir ancak diğer yeni geliştirilen diğer elastik bağlantı sistemleri kadar elastisitesinin olmadığı Şekil (6.7)'deki grafikten anlaşılmaktadır.



Şekil 6.7 : Nabla bıçağının elastisitesinin diğer elastik bağlantı sistemi tiplerinin elastisitesi ile karşılaştırılması [32]

6.1.2 Vossloh sistem 336 tipi ray bağlantı sistemi

Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sistemi yukarıdaki bölümlerde ve Şekil (4.8)'de de görüldüğü gibi birçok bileşenden oluşan karmaşık bir yapıda, Alman menşeli bir sistemdir. Doğrudan betona tespitli olarak betonarme kirişler dökülürken montajına başlanmaktadır. Taksim metrosunun III.Aşamasında yaklaşık 12 km çift hatta olmak üzere ve II.Aşamada Haliç Metro Geçiş Köprüsü ve yaklaşım viyadükleri haricinde yaklaşık 4 km'lik kısımda bağlantı sistemi olarak kullanılmıştır. Şekil (6.8) Vossloh Sistem 336 ile birlikte kullanılan üstyapı tipi de gösterilmiştir.



Şekil 6.8 : Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sisteminin kullanıldığı balastsız üstyapı en kesiti

Sistemi oluşturan bileşenleri aşağıdaki şekilde inceleyebiliriz:

Gergi kısıkaçı Skl 12: Gergi kısıkaçı Skl 12 ray üzerinde sürekli bir germe kuvveti uygular. Aynı zamanda ray devrilmesine karşı da koruma sağlar.

T-kafalı altıgen somunlu civata: T-kafalı altıgen somunlu civata, nervürlü seletin T-kafalı civatası için bulunan boşluğuna yerleştirilir ve bununla birlikte gergi kısıkaçları bağlantı noktasını raya birleştirir.

Rondela Uls 6: Rondela altıgen somun ile gergi kısıkaçının orta kıvrımına yerleştirilir. Rondela, gergi kısıkaçının sıkılması sırasında somun ile gergi kısıkaçının orta kıvrımının arasındaki yük dağılımını ve sürtünme azalımını sağlamak için gereklidir.

Rail pad Zw: Ray seleti rayı, alttaki çelik taban plakasından ayırır. Ray seletin yanlarında, aç kılavuz plakanın altına kadar erişen ön montaj çıkıntıları, nakliyat sırasında nervürlü seletlerin T kafalı somunlarının kaybolmasını önler. Ray seletleri aynı zamanda bağlantı elemanını elektriğe karşı izole eder.

Nervürlü selet Rp: Uygun ray seletli nervürlü selet, elastik selet Zwz üzerindeki yük dağılımını iyileştirmek için kullanılır. Elastik selet ve nervürlü seletin kombinasyonu ray eğimini, yani ekartman genişlemesini en az indirmek için dizayn edilmiştir. Seletin üzerindeki nervürler rayı desteklemeğe ve gergi kısıkaçlarını sabitlemeye yarar.

Elastik selet Zwz: Balast elastikiyetinin yokluğu, beton hatlar için uygulanan ray bağlantı sistemi 336'da sabit sertliği ≥ 8 kN/mm olan yüksek elastik seletin kullanımı ile telafi edilir. Projenin ihtiyaçlarına göre bağlantı sisteminin elastikiyeti, elastik seletin sertliğinin ayarlanması vasıtası ile uyarlanabilir. İyi bir söndürme etkisi sağlamak için, elastomer $\leq 1,4$ 'lik düşük dinamik ve statik serleşirme sunar.

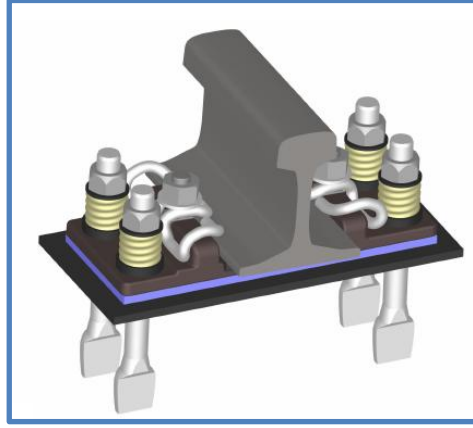
Ara selet Zwz: Ara seletleri ray bağlantı sistemini betondan ayırır ve izole ederler.

İzolasyon kovanı Fbu / Yakalı rondela Uls: İzolasyon kovanı ve yakalı rondela ankrajlamayı betondan veya sıvadan gelecek olan elektriğe karşı izole eder ve ankraj civatasını nervürlü selete sabitler. Eksantrik kovanlar ile ekartman ayarı mümkündür.

Helezonlu yay Fe: Helezonlu yay sürekli bir germe kuvveti uygular. Yaklaşık 17 mm yaylanma yolunda, sıkılmış kilitleme somunu vasıtası ile elastik selete 4 kN bir itibari aşağı bastırma kuvveti uygular. 7 mm olan yorulma direnci, aynı zamanda statik sertliği ≥ 8 kN/mm olan elastik seletlerin kullanılmasını sağlar.

Ankraj civatası M27: Yukarıdan-aşağıya kurulum yöntemi için çelik yakalı ankraj civatası M27 kullanılır. Elastik ve ara seletin ön montajı yaka ile birlikte nervürlü selete yapılabilir.

Şekil (6.9)'da Vossloh Sistem 336'nın monte edilmiş hali, Şekil (6.10)'da ise hat üzerindeki montajlı halinden bir görünüm verilmiştir.



Şekil 6.9 : Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sisteminin montajlı hali[33]



Şekil 6.10 : Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sisteminin hattan görünümü.

6.1.2.1 Sistemin özellikleri

Ray yürümesine karşı direnç: Sistem 336 ‘nın ray yürümesine karşı direnci, her ray desteği başına > 9 kN olmaktadır. Kesintisiz kaynaklanmış raylı yollarda (CWR) tehlikeli kırılma boşlukları ortadan kalkmış olur ve ray yürümesine karşı tertibatlar gerekmez.

Sönümleme: Hareket halindeki tekerleklerden gelen baskı yüzünden oluşan ray hareketleri, aşağıdakiler tarafından elastik olarak etkileri azaltılır:

- Titreşimlerin betona aktarılması,
- Yapısal kaynaklı gürültünün komşu binaların temellerine aktarılması

Elektrik izolasyonu: Ray selet, ara selet, elastik selet, kovan ve dübeller sayesinde (hepsi de plastikten mamul), Vossloh ray bağlantı sistemi 336 tamamıyla elektrik izolasyonludur. Gergi kısıkaçı ile ray ayağı arasında başka ek bir parça kullanılmasına gerek yoktur. Dübelsiz ankraj civataları kullanımı durumunda ankraj civatalarının beton hattın destek metal telleri ile teması olmamasına dikkat edilmelidir.

Değiştirilebilirlik: Ray bağlantı sisteminin bütün parçaları, dübel dahil, kolaylıkla değiştirilebilir.

Rayın devrilme – yan yatmaya karşı korunması: Rayların doğrultulması sırasında veya tren dar kurbllardan geçerken, gergi kısıkaçının orta kavis sayesinde rayın yana yatmasından kaçınılmış olur. Gergi kısıkaçının plastik olarak biçim değiştirmesi de engellenir.

Ayarlama olasılıkları:

- Ekartman ayarlama: Vossloh ray bağlantı sistemi 336, standart olarak her bir bağlantı noktası için hiç bir parçayı değiştirmeden sadece kovanları çevirerek, 5 mm’ye kadar kademersiz yan ayarlamaya imkan verir.
- Yükseklik ayarı: Düzenleme plakaları sayesinde 1 mm’lik kademelerle 20 mm’ye kadar yükseklik ayarı yapılabilir. 30 mm’lik yükseklik düzenlemesi arttırımı hat karakteristiğine göre mümkündür.

Nötralizasyon: Rayların kesintisiz kaynaklanması (CWR) için traversten hiçbir bağlantı elemanının çıkarılmasına gerek yoktur. T-kafalı somun gevşetilmeli ama gergi kısılacını yerinden çıkarmaya gerek yoktur. Ancak bağlantı sistemi direk olarak açık aleve maruz kalmamalıdır.

6.1.2.2 Vossloh sistem 336 tipi ray bağlantı sisteminin kontrol ve bakımları

Vossloh sistem 336 bakım gerektirmeyen bir bağlantı olarak üretici firma tarafından lanse edilmektedir. Sadece belirli periyotlarda hatta gezilerek görsel kontroller yapılmaktadır. Bu kontrollerde tespit edilen herhangi bir hasar veya olumsuzluk durumu düzeltici bakım planına alınmaktadır.

Yapılan görsel kontroller ise özel olarak sadece bağlantı kontrolü için yapılması istenmemiş hatta diğer parametrelerin de dahil olarak görsel kontrollerde bağlantı sisteminin de kontrolü istenmiştir.

6.1.2.3 Değerlendirme

Vossloh Sistem 336 tip ray bağlantı elemanının en büyük avantajı bakım gerektirmeyen sadece görsel kontrollerin yeterli olduğu ve hasarların ve arızaların, sıklığının kolayca farkedilebildiği bir sistem olmasıdır.

Bunun yanında çok karmaşık bir sistem olduğu için çok fazla bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenlerin hepsinin yedek parça olarak bir miktar temin edilip depolanması düşünüldüğünde sıkıntılar ortaya çıkmaktadır. Bu kadar karmaşık ve bileşenin fazla olduğu bir sistemde montaj hataları ortaya çıkması ihtimali artmaktadır. En büyük dezavantajı ise montajda işçilik kalitesinin çok önemli olmasıdır. Eğer montaj sırasında yeteri dikkat edilmez, gerekli hassasiyet gösterilmezse işletme devam ettikten belli süreler sonra bileşenlerde deformasyonlar, hasarlar ve kırılmalar oluşmasıdır.

Bir diğer dezavantajı ise belli bölgelerde kaçak akıma sebebiyet vererek bağlantı sistemi takımının yanmasıdır. Şekil (6.11)'de kaçak akımdan dolayı yanan bir takım görülmektedir. Kaçak akımın engellenmesi için Fbu bileşeninde revizyon yapılmış ama önüne geçilememiştir.



Şekil 6.11 : Kaçak akımdan dolayı yanan Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sistemi.

6.1.3 Pandrol Vanguard tipi ray bağlantı sistemi

Pandrol Vanguard ray bağlantı sistemi, 1999 yılında geliştirilmiş ve ilk defa Londra Metrosunda (London Underground)'da uygulanmış İngiliz menşeli bir sistemdir. Taksim metrosunda Şekil (6.12)'de görülen Haliç Metro Geçiş Köprüsü ve yaklaşım viyadükleri ile viyadüklerden bir miktar tünel içine geçiş kısımlarında kullanılmıştır.

Sistem Şubat 2014'de açılan kısımda yaklaşık olarak iki buçuk aydır Taksim Metrosu'nda kullanımdadır. Toplamda 6600 adet takım olarak, yaklaşık 1 km boyunca çift hatta uygulanmıştır.

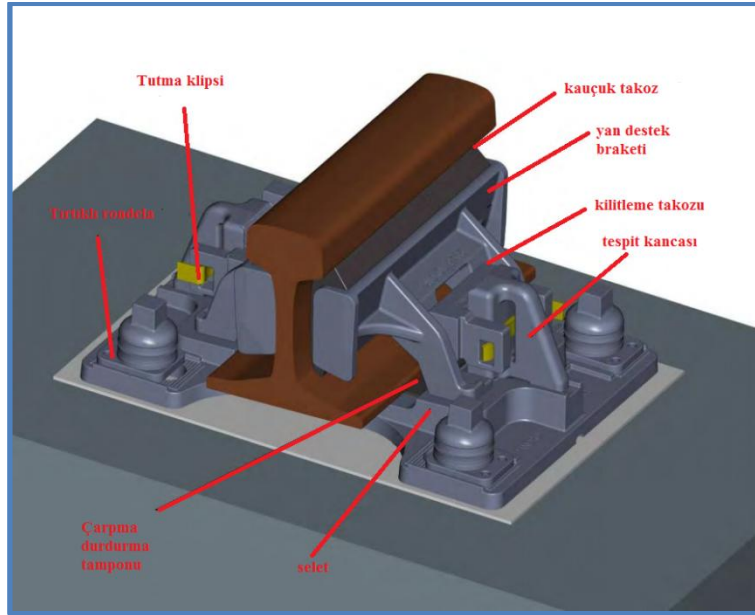
Sistemin sunulan en büyük özelliği Taksim metrosunda kullanılan diğer bağlantı sistemlerine nazaran titreşimi 3 kat daha azaltarak taban plakasına iletmesidir. Çelik köprü üzerinde titreşimin ve gürültü daha fazla olacağından titreşimi mümkün olduğunca düşük seviyelere indirmek isteği bu sistemin seçilmesinde önemli rol oynamıştır.

Pandrol Vanguard bağlantı sistemi Nabla kadar sade, Vossloh sistem 336 kadar da karmaşık bir yapıya sahip değildir. Bunun yanında tabii ki montajı Nabla sistemi kadar da basit değildir. Sistem diğer iki sistem gibi Şekil 4.13'de görüleceği üzere rayı pateninden değil ray gövdesinden tespitlemektedir. Sistemin bileşenleri Şekil (4.13)'de verilmiştir. Sistem ray gövdesinden tespitlendiğinde yükü yan destekler almakta, ray zemine, selet üzerine oturmamaktadır. Tünel içinde rayla selet arasında 9 mm'lik bir boşluk bırakılmakta, köprü üzerinde ise bu kısım bir pedle doldurularak rijitliğin azaltılması sağlanmaktadır.



Şekil 6.12 : Taksim Metrosu Haliç Metro Geçiş Köprüsü.

Sistemin bir başka özelliği ise yatayda 50 mm'ye açıklıkta, düşeyde ise 30 mm'ye kadar yükseklikte ayar toleransı sağlamasıdır.



Şekil 6.13 : Pandrol Vanguard bağlantı sistemi bileşenleri[34].

Sistemin bir dezavantajı olarak monte ve demonte işlemleri sırasında kauçuklara basınç uygulayarak rayın sıkıştırılmasını veya boşa kalmasını sağlayan Şekil (6.14)'de gösterilen basınç ayarlı el aletinin Şekil (6.15)'deki gibi kullanılması gerekliliğidir. El aletinin kullanılmadan montaj yapılırsa eğer kauçuk destekler yeterli sıkılamadığından işletme sırasında gevşemeler olabilmektedir. El aleti

kullanılsa bile yeterli eğitimde ve pratiği olmayan kişilerin montajı yapması halinde aynı gevşemeler ortaya çıkabilmektedir. Bu gevşekliklerin ardarda ve fazla olması halinde işletme güvenliği tehlikeye girebilmektedir.



Şekil 6.14 : Pandrol Vanguard bağlantı sistemi monte-demonte el aleti[34].



Şekil 6.15 : Pandrol Vanguard bağlantı sistemi monte-demonte el aletinin kullanılması[34].

6.1.3.1 Pandrol Vanguard tipi ray bağlantı sisteminin kontrol ve bakımları

Pandrol Vanguard tipi bağlantı sistemi bakım gerektirmeyen bir ray bağlantı sistemi olarak sunulmuştur. Koruyucu bakım olarak sadece belirli periyotlarda görsel kontroller yaparak varsa hasarlı bileşenlerin değiştirilmesi gerekliliği ve bu görsel kontroller sırasında plastik bir çekiç yardımıyla sistemin yan desteklerinin gevşekliğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Düzeltici bakım olarak ise görsel

kontroller sırasında çıkan hasarlı parçaların değiştirilmesi dışında bir bakım öngörülmemiştir.

Taksim Metrosu'nda sistem yaklaşık iki buçuk aydır işletme yüklerine maruz kalmakta olduğundan, herhangi bir fiili bakım onarım tecrübesi ve istatistiği zaman içerisinde oluşacaktır. Taksim Metrosu'nda hat üzerinde Pandrol Vanguard sisteminin kullanıldığı bir görünüm Şekil (6.16)'da verilmiştir.



Şekil 6.16 : Haliç Metro Geçiş Köprüsü üzerinde Pandrol Vanguard bağlantı sistemi.

6.2 Taksim Metrosu'nda Kullanılan Nabla ve Vossloh Sistemlerinin Maliyetlerinin İncelenmesi

Taksim Metrosu'nda Şubat 2014'de açılan kısım yaklaşık 2,5 aydır işletme altında olduğundan bu kısmı saymazsak hatta yaklaşık 8,5 km'lik çift hatta toplamda 17 km'lik bir kısımda Nabla bağlantı sistemi 15 senedir işletme altındadır. Vossloh Sistem 336 bağlantı sistemi ise 10 km'lik çift hat olmak üzere, toplamda 20 km, 5 senedir Nabla ile aynı işletme yükü altında hizmet vermektedir.

Bu bölümde Nabla sistemine ve Vossloh Sistem 336'ya bahsedilen süreler içinde ilk alım maliyeti, ilk kurulum maliyeti ve bakım maliyeti olarak yapılan masrafları inceleyeceğiz.

Maliyetleri şu şekilde gruplara ayırabiliriz:

- İlk yatırım maliyeti :
 - o Malzeme tedarik maliyeti,
 - o Kurulumdaki işçilik maliyeti,
 - o Kurulumdan sonra imalat hatası nedeniyle yapılan düzeltici bakım maliyetleri.
- Bakım maliyeti
 - o Koruyucu bakım maliyeti (varsa)
 - o Hizmet verdiği süre içerisinde yapılan düzeltici bakım maliyetleri

Yukarıdaki gruplar dahilinde inceleme yapılırken sadece bağlantı sistemlerine yapılan maliyetler ve bağlantı sisteminin direkt olarak etkilediği maliyetler alınmıştır.

6.2.1 Nabla ray bağlantı sistemi maliyetleri

6.2.1.1 İlk yatırım maliyeti

Kurulum (döşeme) maliyeti

Nabla sisteminin ilk yatırım maliyetini hesaplarken dikkate almamız gereken bir husus vardır. Yukarıda Bölüm 5 ve 6'da Nabla sistemi Stedef VSB tipi üstyapı ile birlikte kullanılmak üzere tasarlandığından bileşenlerinin içinde selet ve seletaltı ped diye bir bileşen kullanılmamıştır. Bunun yerine ikiz blok beton travers ve ikiz blok beton travers çizmesi olarak adlandırılan traversin yarısına kadar gömülü olduğu ped benzeri bir malzeme ile bu çizmeyle travers arasına konularak yükü ve titreşimi almayı sağlayan bir mikroselüler ped kullanılmıştır. Nabla sistemi ikiz blok olmadan doğrudan betona tespitli şekilde kullanılmak istenirse ekstradan uygun selet ve pedlerle birlikte kullanılması gerekecektir. Bu durum nedeniyle ilk maliyette ikiz blok traversler ve travers çizmesi, mikroselüler pedi de dahil edilecektir. Değerlendirme yapılırken travers ve pedlerin maliyeti dahil edilerek ve dışarda tutularak toplam sonuçlar verilecektir. Nabla bileşenlerinin satınalma fiyatları Çizelge 6.1'de verilmiştir.

1 km uzunluk için kullanılan Nabla ray bağlantı sistemini hesaplarsak:

Hatta düzyolda 0,75 m aralıklarla, yarıçapı 800 m'den küçük kurplarda 0,65 m aralıklarla tespitleme yapılmıştır. Nabla kullanılan bölgedeki 800 m altında yarıçapa

sahip kurp uzunluğu toplam yolun yaklaşık 0,25'i kadardır. Ayrıca her 5 traversten 1 tanesi 3.ray (trenlerin beslendiği enerji rayı) montajı için uzun kullanılmıştır.

Bu durumda 1 km hattın 750 metresi düzyol, 250 metresi 800 metre yarıçapın altındaki kurplardır dersek:

$$750/0,75 = 1000 \text{ adet travers düz yolda,}$$

Bunlardan da 1/5'i 3.ray tespiti için uzun kullanıldığı gözönünde bulundurularak 200 adet uzun , 800 adet normal travers kullanılmıştır diyebiliriz.

$$250/0,65 = 385 \text{ adet travers 800 metre yarıçapın altındaki kurplarda}$$

kullanılmış demektir. Bunların da yine 3.ray montajı için 1/5'inin uzun travers olduğunu düşünürsek 77 adet uzun travers, 308 adet normal travers olduğunu söyleyebiliriz.

Çizelge 6.1'i kullanarak yukarıdaki aşağıdaki hesapları yapabiliriz.

1. Bir traverste 4 adet Nabla RNTC Bıçak kullanıldığına göre 1 km'de :

$$1000 + 385 * 4 = 5540 \text{ adet Nabla RNTC Bıçak kullanılmıştır.}$$

Bunun maliyeti :

$$5540 * 1,5 = 8310 \$'dır.$$

2. Bir traverste 4 adet Nabla Obal izolatör kullanıldığına göre 1 km'de :

$$1000 + 385 * 4 = 5540 \text{ adet Nabla Obal kullanılmıştır.}$$

Bunun maliyeti :

$$5540 * 4,5 = 24930 \$'dır.$$

3. Bir traverste 2 adet Oluklu rayaltı ped kullanıldığına göre 1 km'de :

$$1000 + 385 * 2 = 2770 \text{ adet oluklu rayaltı ped kullanılmıştır.}$$

Bunun maliyeti :

$$2770 * 1,5 = 4155 \$'dır.$$

Çizelge 6.1 : Nabla ray bağlantı sistemlerini oluşturan bileşenlerin alım maliyetleri[35].

Bileşen Adı		1 Adet için Maliyet (\$)
İkiz Blok Travers	Normal Travers	165,5
	3.ray montajı için uzatılmış travers	168,5
Travers Çizmesi ve Mikroselüler Ped	Normal Travers	40,6
	3.ray montajı için uzatılmış travers	48,2
Nabla RNTC Bıçaklar		1,5
Nabla Obal İzolatörler	Tüm Renkler	4,5
Oluklu Rayaltı Pedleri		1,5
Pilastirail Vida (Tirfon)		1,5

4. Bir traverste 4 adet Plastirail Vida (Tirfon) kullanıldığına göre 1 km'de :

$$1000 + 385 * 4 = 5540 \text{ adet Tirfon kullanılmıştır.}$$

Bunun maliyeti :

$$5540 * 1,5 = 8310 \$'dır.$$

5. 1 km’de 1000 adet uzun 385 adet normal uzunlukta travers kullanıldığından, bunun maliyeti:

$$(1000 * 165,5) + (385 * 168,5) = 230372,5 \$'dır.$$

6. Bir traversde 2 adet Travers çizmesi ve mikroselüler ped kullanıldığına göre 1 km’de :

$$1000 * 2 = 2000 \text{ adet normal,}$$

$$385 * 2 = 770 \text{ adet uzatılmış malzeme kullanılmıştır.}$$

Bunun maliyeti :

$$2000 * 40,6 + (770 * 48,2) = 118314 \$'dır.$$

İşçilik maliyeti olarak demiryolu işlerinde her zaman malzeme maliyetinin %20’si olarak hesaplanmaktadır [36].

Kalemler ayrı ayrı ve toplam sonuçlar, traversli traverssiz olarak Çizelge (6.2)’de verilmiştir.

İmalat ve işçilik hatalarının düzeltilmesi için yapılan ilk düzeltici bakım maliyetleri

Nabla sisteminin döşeli olduğu kısımda imalattan ve işçilikten kaynaklı bazı hataları düzeltmek için yükleniciden teslim alındıktan sonra, hat işletmeye açılınca işletme saatleri dışında bazı düzeltici bakımlar yapılmıştır. Bunları bağlantı sistemi elemanlarının ince temizliğinin yapılması, dübel tamiraty yapılması ve travers değiştirilmesi olmak üzere üç ana başlıkta toplayabiliriz.

İşçilik maliyeti olarak bir hat bakım ustasının 1 yevmiyesi 100 \$ olarak alınmıştır[36].

İnce temizlik

Nabla sisteminin montajı sırasında beton kalıntıları vs sebebiyle olan kirlilikten dolayı hasarlar oluşmaya başlayınca bir defaya mahsus olmak üzere 8,5 km tüm hattaki bağlantı sistemleri sökölerek temizliği yapıлып tekrar monte edilmiştir.

1 km’lik bir kısmın temizlenmesi 20 yevmiyelik bir çalışmayla yapılabilmektedir [37].

Bunun maliyeti :

$$20\text{yevmiye} * 100\$ = 2000 \$'dır.$$

Çizelge 6.2 : Taksim Metrosu için 1km’lik hattın döşenmesinde Nabla ray bağlantı sistemi maliyeti[35].

Travers Hariç Maliyet		Travers Dahil Maliyet	
Kalem Adı	Toplam Maliyet (\$)	Kalem Adı	Toplam Maliyet
Nabla RNTC	8 310	Nabla RNTC Bıçak	8 310
Nabla Obal	24 930	Nabla Obal İzolatör	24 930
Oluklu rayaltı	4 155	Oluklu rayaltı pedi	4 155
Tirfon	8 310	Tirfon	8 310
		Travers	230 372,5
		Travers çizmesi ve mikroselüler ped	118314
TOPLAM	45 705	TOPLAM	394 391,5
İşçilik %20	9 141	İşçilik %20	78 878,2
Genel TOPLAM	45 705	Genel TOPLAM	473 269,5

Dübel tamiratları

Nabla sisteminin işletmeye alındıktan sonra farkedilen imalat ve işçilik kaynaklı hatalardan dolayı ikiz blok beton traverslerin içindeki dübeller yalama olmuş bunlar hat teslim alındıktan sonra yoğun bir şekilde tamirat yapılmıştır.

Tüm hatta (8,5 km* 2 hat=17 km) imalat ve işçilik kaynaklı hatalardan dolayı toplamda yaklaşık 1000 adetlik dübel tamiraty yapılmıştır[37]. Dübel tamiraty özel bir makineyle yapılmaktadır. Bu makinanın amortisman bedeli de günlük 2 \$ üzerinden hesaplanabilir[37].

3 kişilik bir ekip bir bakım gecesinde ortalama 4 adet dübel tamiraty yapabilmektedir. Eskisinin yerine koyulan 1 adet yeni dübelin maliyeti yaklaşık 1,5 \$’dır.

Bu durumda 1 tane için maliyet :

$$\frac{3kişi * 100\$ + 2\$}{4 adet} + 1,5\$ = 77 \$$$

1 km için maliyetini bulmak istersek :

$$\frac{1000 adet * 77\$}{17} = 4529,4 \$'dır.$$

Travers değiştirilmesi

Nabla sisteminde yukarıdaki bölümlerde de bahsedildiği gibi dübel tamirâtı sadece bir kez yapılabilmekte, ikinci bir dübel hasarı durumunda traversin değiştirilmesi gerekmektedir. Hattın işletmeye alınmasından sonra çıkan imalat ve işçilik hatalarından dolayı travers değişikliği yapılması gereken durumlar olmuştur.

Tüm hatta (8,5 km* 2 hat=17 km) imalat ve işçilik kaynaklı hatalardan dolayı toplamda yaklaşık 135 adetlik travers değişimi yapılmıştır. Travers değiştirilen kullanılan alet ve makinelerin amortisman bedeli de günlük 2 \$ üzerinden hesaplanabilir[37].

4 kişilik bir ekip bir bakım gecesinde ortalama 2 adet travers değişimi yapabilmektedir. Eskisinin yerine koyulan 1 adet tirfonun maliyeti yaklaşık 1,5 \$, traversin maliyeti ise normal travers değiştirildiğini düşünürsek 165,5 \$'dır (Bknz Çizelge 6.1). Travers değişikliğinde eski travers çizmesi ve mikroselüler ped kullanılabilmektedir.

Bu durumda 1 tane için maliyet :

$$\frac{4kişi * 100\$ + 2\$}{2 adet} + 2 * 1,5\$ + (165,5 \$) = 369,5 \$$$

1 km için maliyetini bulmak istersek :

$$\frac{135 adet * 77\$}{17} = 2934,3 \$'dır.$$

6.2.1.2 Bakım maliyetleri

Nabla ray bağlantı sisteminde yapılması gereken koruyucu bakımlar ve hat işletmeye açılalı beri ortaya çıkan kronik düzeltici bakımlar vardır.

Koruyucu bakımlar

Sistemin koruyucu bakımlarını : Görsel kontrol, sıkılık kontrolü, nabla obal aşınma kontrolü olmak üzere üç ana başlıkta sıralayabiliriz.

Görsel kontroller: Görsel kontrol her iki haftada bir hat işletmeye kapandıktan sonra gece saatlerinde hattın içinde iki kişilik bir ekibin yürüyerek belli bir mesafede yaptıkları kontrollerdir. Bu kontrollerde sadece bağlantı sistemlerine bakılmaz, hattaki tüm ekipman ve sistemlerdeki arızaları tespit etmek amacıyla yapılır. Bu kontrollerde bağlantı sisteminin ağırlığını %20 olarak kabul edebiliriz. Görsel kontroller yılda; 52 haftada 26 defa gerçekleştirilir ve bir ekibin (iki kişi) yapabileceği kontrol bir gecede ortalama 2,5 km'dir.

Yıllık km başına düşen ray bağlantı sistemi görsel kontrol bakımının maliyetini hesaplayacak olursak:

$$\frac{(26kere * 2kişi * 100\$ yevmiye * 0,20 ağırlıkta)}{2,5km} = 416\$$$

Sıkılık kontrolleri: Nabla ray bağlantı sisteminin sıkılık kontroller sistemin üretici ve uygulayıcısı tarafından ilk yıl altı ayda bir yapılması, sonraki yıllarda ilk senedeki sonuçlar değiştirilerek bakım ekibi tarafından karar verilmesi ancak periyodun 6 senede 1'den daha uzun bir periyotta olmaması şeklinde tavsiye edilmiştir.

Taksim Metrosunda'da ilk sene 6 ayda bir, sonraki iki sene yılda bir yapılmıştır. Hat işletmeye açıldıktan 3 yıl sonra ise periyod, sonuçların iyi olmasından dolayı 6 senede 1 e çıkarılmıştır. Ayrıca ilk 3 senede tüm hatta uygulanan bakım, sonraki senelerde üreticinin de tavsiyesiyle “sondaj usulü” adı verilen yöntemle devam etmiştir. Bu yöntemde tüm hatta değil rasgele yerlerden seçilen elemanların kontrolü yapılır, eğer sorun yoksa devam edilir. Eğer sorun tespit edilirse geriye dönülerek bir önceki kontrolün yapıldığı yere kadar rasgele seçimler sıklaştırılır. Sorun yoksa devam edilir sorun tespit edilirse bölge biraz daha sıklaştırılır. Tüm hatta yapılan sıkılık kontrolünde 2 kişilik ekip bir gecede 300 metrelik bölgenin kontrolünü

yaparken, sondaj yöntemiyle 2 kişilik ekip bir gecede 1200 metrelik bölgenin kontrolünü yapabilmektedir.

Bu durumda ilk yıl sondaj usulü olmadan tüm hatta altı ayda yapılan bakımın maliyeti km başına:

$$2kere * \frac{2kişi * 100\$}{0,30km} = 1333,3 \$$$

Sonraki iki yıl sondaj usulü olmadan tüm hatta yılda bir yapılan bakımın maliyeti km başına:

$$2kere * \frac{2kişi * 100\$}{0,30km} = 1333,3 \$$$

Hat işletmeye açılalı 15 yıl olduğundan ilk üç yıldan sonra 6 senede bir yapılan bakım bugüne kadar iki kez daha yapılmıştır. Bu 12 yılda sondaj usulü olarak yapılan iki bakımın maliyeti km başına:

$$2kere * \frac{2kişi * 100\$}{1,20km} = 333,3 \$$$

15 yılda yapılan sıklık kontrolünün sene başına 1 km için maliyeti yukarıda hesaplanan maliyetlerin ortalamasından:

$$\frac{1333,3\$ + 1333,3\$ + 333,3\$}{3} \cong 200\$$$

etmektedir.

Nabla obal aşınma kontrolü: Nabla obal aşınma kontrolü henüz hatta yapılmamıştır, ilerleyen dönemlerde hattın eskimesiyle birlikte kontrol yapılacaktır.

Düzeltilici bakımlar

Sistemde düzeltilici bakımlar olarak hasarlanan, ya da aşınan, kırılan parçaların değiştirilmesi olarak yapılmaktadır. Bugüne kadar hatta nabla bağlantı sistemleriyle ilgili iki çeşit düzeltilici bakım karşımıza çıkmıştır. Bunlardan birisi imalat hatası kısmında da bahsettiğimiz yalama olan dübel tamirâtı, diğeri ise dübel tamirâtının ikinci sefer yapılamamasından dolayı traverslerin değiştirilmek zorunda

kalınmasıdır. Bu traversle üstyapıyla ilgili olmasına rağmen traversin değiştirilme nedeni bağlantı sisteminin bir bileşeni olduğundan Nabla bağlantı sisteminin bir düzeltici bakım maliyeti olarak alınmalıdır.

Dübel tamirâtı: Yukarıda imalat hatası kısmında yapılan hesaptan farklı değildir. Hattın işletmeye açık olduğu 15 sene süre zarfında 8,5km çift hatta yılda ortalama 10 adet dübel tamirâtı yapılmıştır.

Yukarıda verilen işçilik verilerini de kullanırsak bu durumda 1 tane için maliyet :

$$\frac{3kişi * 100\$ + 2\$}{4 adet} + 1,5\$ = 77 \$$$

1 km için 1 senelik maliyetini bulmak istersek :

$$\frac{10 adet * 77\$}{17} = 45,3 \$'dır.$$

Travers tamirâtı: Yukarıda imalat hatası kısmında yapılan hesaptan farklı değildir. Hattın işletmeye açık olduğu 15 sene süre zarfında 8,5 km çift hatta yılda ortalama 1 adet travers değiştirilmiştir.

Yukarıda verilen işçilik verilerini de kullanırsak bu durumda 1 tane için maliyet :

$$\frac{4kişi * 100\$ + 2\$}{2 adet} + 2 * 1,5\$ + (165,5 \$) = 369,5 \$$$

1 km için 1 senelik maliyetini bulmak istersek :

$$\frac{1 adet * 369,5\$}{17} = 21,7 \$'dır.$$

Böylece Nabla ray bağlantı sistemi maliyetlerini tamamlamış olduk. Sonuçları birarda Çizelge 6.3'deki gibi gösterebiliriz.

Çizelge 6.3 : Taksim Metrosu için 8,5 km’lik çift hat Nabla bağlantı sistemine yapılan maliyetler.

Maliyet Adı		Km Başına Düşen Maliyet (\$)	Senelik Km Başına Düşen Ortalama Maliyet (\$)
İlk Yatırım Maliyeti	Malzeme tedarik maliyeti	394 391,5	-
	Kurulumdaki işçilik maliyeti	78 878,2	-
	İmalat ve işçilik hatası nedeniyle yapılan düzeltici bakım maliyeti	9 463,7	-
Bakım Maliyeti	Varsa koruyucu bakım maliyeti	-	616
	Hizmet verdiği süre içerisinde yapılan düzeltici bakım maliyeti	-	144
Genel TOPLAM		482 733,4	760

6.2.2 Vossloh Sistem 336 tip ray bağlantı sistemi maliyetleri

6.2.2.1 İlk yatırım maliyeti

Kurulum (döşeme) maliyeti

Yukarıda da bahsedilidği üzere 5 senedir işletme altında olan toplam 10 km’lik çift hat mevcuttur.

Vossloh sistem 336 bileşenlerinin satınalma fiyatları Çizelge 6.4’de verilmiştir.

1 km uzunluk için kullanılan Vossloh sistem 336 ray bağlantı sistemini hesaplarsak:

Hatta düzyolda 0,75 m aralıklarla, yarıçapı 800 m’den küçük kurplarda 0,65 m aralıklarla tespitleme yapılmıştır. Vossloh sistem 336 kullanılan bölgedeki 800 m altında yarıçapa sahip karp uzunluğu toplam yolun yaklaşık 0,15’i kadardır.

Bu durumda 1 km hattın 850 metresi düzyol, 150 metresi 800 metre yarıçapın altındaki kurplardır dersek: $850/0,75 = 1133$ sıra düz yolda, $150/0,65 = 231$ sıra 800 metre yarıçapın altındaki kurplarda kullanılmış demektir. Toplamda 1 km’lik

yolda $1133+231=1364$ sıra kullanılmıştır. Her sırada karşılıklı iki taşıyıcı ray olduğundan $1364*2=2728$ takım bağlantı sistemi kullanıldığı unutulmamalıdır.

Nabla kısmında hesaplamalar ayrıntılı olarak verildiğinden bu kısımda ilk kurulum maliyeti tablo üzerinde gösterilecektir.

Çizelge 6.4 : Vossloh sistem 336 tipi ray bağlantı sistemlerini oluşturan bileşenlerin alım maliyetleri ve 1 km için kurulum maliyetleri.

Bileşen Adı	Alım maliyeti (\$/adet)[38]	1 takımda bulunan adet	1 km'de (2728 takım) bulunan toplam adet	1 km'de toplam alım maliyeti
ZW Rayaltı ped	0,7	1	2728	1 909,6
Elastik Ped Zwp	8,7	1	2728	23 733,6
Polyamid Ara Ped	4,8	1	2728	13 094,45
Düz yolda M27 ankraj takımı	11,0	2	4532	49 852
800 m'den küçük yarıçaplı kurpta M27 ankraj takımı	11,0	4	1848	20 328
Helezonik yay (düzyolda)	1,9	2	4532	8 610,8
Helezonik yay (800m'den küçük yarıçaplı kurpta)	1,9	4	1848	3 511,2
Fbu İzolasyon Halkası (düzyolda)	0,6	2	4532	2 719,2
Fbu İzolasyon Halkası (800m'den küçük yarıçaplı kurpta)	0,6	4	1848	1 108,8
Gergi Kısıkaçı Skl12	2	2	5456	10 912
T-kafalı cıvata ve somunu	1,5	2	5456	8 184
Nervürlü Selet	30	1	2728	81 840

TOPLAM Malzeme Tedarik	225 803,7
İşçilik %20	45 160,7
Genel TOPLAM (İşçilik Dahil Kurulum)	270 964,4

İmalat ve işçilik hatalarının düzeltilmesi için yapılan ilk düzeltici bakım maliyetleri

Vossloh sistem 336'nın döşeli olduğu kısımda imalattan ve işçilikten kaynaklı bazı hataları düzeltmek için yükleniciden teslim alındıktan sonra, hat işletmeye açılınca işletme saatleri dışında bazı düzeltici bakımlar yapılmıştır. Bunları bağlantı sistemi T-kafalı civataların somunlarının fazla sıkılmasından dolayı Skl gergi kısıkaçlarının kırılması, kaçak akım problemlerinden dolayı bağlantı sistemi takımının yanması ve bir makas bölgesinde yaşanan ankrajların boşa çıkması olarak sıralayabiliriz.

İşçilik maliyeti olarak bir hat bakım ustasının 1 yevmiyesi 100 \$ olarak alınmıştır[36].

Sıkılık problemleri

Vossloh sistem 336'nın montajı sırasında T civataların somunlarının işçilik hatasından dolayı olması gerekenden çok fazla sıkılan bölgelerde işletme başlayınca kısa zaman içerisinde ardarda Skl kırıkları oluşmuştur.

Bunun önüne geçmek için çok sıkıldığı farkedilen bölgelerde çalışma yapılarak somunlar olması gereken sıkılığa getirilmiştir.

10 km'lik çift hat Vossloh sistem 336 montajlı hattın toplamda 2 km'lik kısmında bu ayar yapılmıştır. 2 kişilik bir ekip bir gecelik çalışmada 150 m'lik bölgede bu çalışmayı tamamlayabilmektedir. 1 km'lik bölgede 50\$'lık WD40 isimli kimyasal söküm yapılan civatayı yumşatabilmek için kullanılmakta, kullanılan aletlerin günlük amortisman bedeli 20 \$ olmakta ve bu 2 km için sıkılık ayarı yapılırken toplamda kırık olan 150 adet Skl12 gergi kısıkaçı değiştirilmiş bulunmaktadır[37]

2 km için bunun maliyeti :

$$\frac{2000 \text{ metre}}{150 \text{ metre}} * 2 \text{ kişi} * 100\$ + 2 * 100\$ WD40 + \frac{2000}{150} * 20\$ \text{ amortisman} \\ + 150 \text{ Adet Skl} * 2\$ = 3433,4 \$'dır.$$

1 km için maliyetini bulmak istersek :

$$\frac{3433,4\$}{20} = 171,7 \$'dır.$$

Yanan bağlantı sistemi takımı problemleri

Montajı yapılan bağlantı sistemlerinden belli bir lokal bölgede bulunanlar imalat hatasında izolasyon pullarının yanlış montajından dolayı kaçak akım problemi oluşarak yanmışlardır. Yanık bir bağlantı sistemi takımının fotoğrafı Şekil 6.11’de verilmiştir.

Yanan bir takımda pedlerin tamamı, nervürlü selet, en az iki adet ankraj, bir adet Skl, 1 adet T-kafalı civata, en az iki adet helezonik yay, en az iki adet Fbu izolatörün değişmesi gerekmektedir. Bunun yanında yanan ankraj takımını karotla yerinden çıkarıp, aynı yere kimyasal epoksi ile yeni ankrajların ekilmesi gerekmektedir. 4 kişilik ekip bir gecede ancak bir selet değişikliği yapabilmektedir.

Bu durumda bir yanan takım için maliyet Çizelge 6.4’deki maliyetleri de kullanarak :

- 1 adet nervürlü selet = 1* 30 \$ =30 \$
- 1 adet rayaltı ped = 1*0,7\$ = 0,7\$
- 1 adet elastik ped = 1*8,7\$ = 8,7\$
- 1 adet polyamid ara ped = 1*0,7\$ = 0,7\$
- 2 adet M27 ankraj takımı = 2*11\$ = 22\$
- 2 adet helezonik yay = 2*1,9\$ = 3,8\$
- 1 adet Fbu izolasyon halkası = 2*0,6\$ = 1,2\$
- 1 adet Skl12 gergi kısıkaçı = 1*2\$ = 2\$
- 1 adet T-kafalı somun ve civata= 1*1,5\$ = 1,5\$
- TOPLAM Malzeme Maliyeti = 70,6 \$

Diğer maliyetlerle birlikte 1 adet için :

$$70,6\$ + 2adet\ karot * 25\$ + 4kişi * 100\$ + 2adetepoksi * 5\$ = 530,6\$$$

5 senelik bir işletme süresince 5 kez yaşanan bu kusurun km başına maliyetini bulmak istersek:

$$\frac{5adet * 530,6\$}{20km} = 132,7 \$'dır.$$

Makas bağlantı sistemi ankrajlarının yerinden çıkması

M29 numaralı makas bölgesinde kullanılan bağlantı sistemlerinin ankrajlarının hat işletmeye açıldıktan yaklaşık 3 sene sonra 16 adet ankrajının yerinden sıyrılarak boşa çıktıkları hat kontrolleri sırasında tespit edildi. Bölgede sorunu düzeltmek için bir çalışma yapıldı, bu çalışmada ankrajların yerine sonradan karot alınıp epoksi kullanılarak ekildiği görüldü. Kullanılan epoksinin malzeme kalitesinin olmamasından dolayı epoksi dağılmıştı. Ayrıca kullanılan 16 adet ankrajında betonda tutunmasını sağlayan kulakların kesilerek montaj yapıldığı görüldü.

Çözüm olarak kalitesiz kullanılan epoksi karot deliklerinden temizlenerek yerine yeni kaliteli epoksiyle kulakları olan yeni civatalar ekildi. Çalışma 8 kişilik ekibin 3 gece çalışmasıyla sonlandırıldı.

Bu durumda maliyeti hesaplarsak:

$$3gün * 8kişi * 100\$ + 20adetepoksi * 5\$ + 16adet ankraj civatası * 11\$ + 100\$ekipman amortismanı = 2776\$$$

5 senelik bir işletme süresince 1 kez yaşanan bu kusurun km başına maliyetini bulmak istersek:

$$\frac{1adet * 2776\$}{20km} = 138,8 \$'dır.$$

6.2.2.2 Bakım maliyetleri

Vossloh sistem 336 tipi bağlantı sistemi üreticisi ve tedarikçisi tarafından bakım gerektirmeyen bağlantı sistemi olarak sunulmaktadır. Koruyucu bakım olarak sadece görsel kontrol öngörülmektedir. Düzeltici bakım olarak ise yukarıda bahsedilen imalat hatalarının dışında 5 senelik işletme süresi boyunca çok önemli olmayan; bazı bileşenlerde çeşitli hatalar görülmüştür.

Koruyucu bakımlar

Yukarıda da bahsedildiği üzere bakım gerektirmeyen sistem olarak sunulduğundan koruyucu bakım olarak sadece görsel kontrol bakımı vardır.

Görsel kontroller: Görsel kontrol her iki haftada bir hat işletmeye kapandıktan sonra gece saatlerinde hattın içinde iki kişilik bir ekibin yürüyerek belli bir mesafede yaptıkları kontrollerdir. Bu kontrollerde sadece bağlantı sistemlerine bakılmaz, hattaki tüm ekipman ve sistemlerdeki arızaları tespit etmek amacıyla yapılır. Bu kontrollerde bağlantı sisteminin ağırlığını %20 olarak kabul edebiliriz. Görsel kontroller yılda; 52 haftada 26 defa gerçekleştirilir ve bir ekibin (iki kişi) yapabileceği kontrol bir gecede ortalama 2,5 km'dir.

Yıllık km başına düşen ray bağlantı sistemi görsel kontrol bakımının maliyetini hesaplayacak olursak:

$$\frac{(26kere * 2kişi * 100\$ yevmiye * 0,20 ağırlıkta)}{2,5km} = 416\$$$

Düzeltilici bakımlar

Sistemde düzeltilici bakımlar olarak hasarlanan, ya da aşınan, kırılan parçaların değiştirilmesi olarak yapılmaktadır. 5 yıllık işletme süresi boyunca bugüne kadar hatta Vossloh sistem 336'da karşılaştığımız düzeltilici bakımları imalat ve işçilik kusuru dışında iki başlıkta toplayabiliriz. Bunlardan birisi kırılan Skl gergi kıskaçlarının değiştirilmesi, diğeri ise yine kırılan T-kafalı cıvataların değiştirilmesidir.

Kırık Skl gergi kısıkaçı tamirâtı: Yukarıda imalat hatası kısmında yapılan hesaptan farklı değildir. Hattın işletmeye açık olduğu 5 sene süre zarfında 10 km çift hatta yılda ortalama 50 adet Skl gergi kısıkaçı tamirâtı yapılmıştır.

2 kişilik bir ekibin bir gecede ortalama 15 adet Skl gergi kısıkaçı değiştirebildiğini düşünürsek 1 tane için maliyet :

$$\frac{2kişi * 100\$}{15 adet} + 2\$ = 15,33 \$$$

1 km için 1 senelik maliyetini bulmak istersek :

$$\frac{50 adet * 15,33\$}{20 km} = 38,3 \$'dır.$$

Kırık T-kafalı civata tamirâtı: Hattın işletmeye açık olduğu 5 sene süre zarfında 10 km çift hatta yılda ortalama 10 adet T-kafalı civata tamirâtı yapılmıştır.

2 kişilik bir ekibin bir gecede ortalama 5 adet T-kafalı civata değiştirebildiğini düşünürsek 1 tane için maliyet :

$$\frac{2kişi * 100\$}{5 adet} + 1,5\$ = 41,5 \$$$

1 km için 1 senelik maliyetini bulmak istersek :

$$\frac{10 adet * 41,5\$}{20 km} = 20,8 \$'dır.$$

Böylece Vossloh sistem 336 tip ray bağlantı sistemi maliyetlerini tamamlamış olduk. Sonuçları birarda Çizelge 6.5'deki gibi gösterebiliriz.

Çizelge 6.5 : Taksim Metrosu için 10 km'lik çift hat Vossloh sistem 336 bağlantı sistemine yapılan maliyetler.

Maliyet Adı		Km Başına Düşen Maliyet (\$)	Senelik Km Başına Düşen Ortalama Maliyet (\$)
İlk Yatırım Maliyeti	Malzeme tedarik maliyeti	225 803,7	-
	Kurulumdaki işçilik maliyeti	45 160,7	-
	İmalat ve işçilik hatası nedeniyle yapılan düzeltici bakım maliyeti	443,2	-
Bakım Maliyeti	Varsa koruyucu bakım maliyeti	-	416
	Hizmet verdiği süre içerisinde yapılan düzeltici bakım maliyeti	-	59,1
Genel TOPLAM		271 407,6	475,1

6.2.3 Karşılaştırma ve değerlendirme

Yukarıda Bölüm 6.2 boyunca işlediğimiz Taksim metrosunda kullanılan Nabla ve Vossloh sistem 336 tip bağlantı sistemlerine yapılan maliyetlerin karşılaştırmasını Çizelge 6.6'da birarada görebiliriz:

Çizelge 6.6 : Taksim Metrosu için Nabla bağlantı sistemi ile Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sisteminin karşılaştırılması.

Maliyet Adı		Nabla Ray Bağlantı Sistemi		Vossloh Sistem 336 Tip Ray Bağlantı Sistemi	
		Km Başına Düşen Maliyet (\$)	Senelik Km Başına Düşen Ortalama	Km Başına Düşen Maliyet (\$)	Senelik Km Başına Düşen
İlk Yatırım Maliyeti	Malzeme tedarik maliyeti	394 391,5	-	225 803,7	-
	Kurulumdaki işçilik maliyeti	78 878,2	-	45 160,7	-
	İmalat ve işçilik hatası nedeniyle yapılan düzeltici bakım maliyeti	9 463,7	-	443,2	-
Bakım Maliyeti	Varsa koruyucu bakım maliyeti	-	616	-	416
	Hizmet verdiği süre içerisinde yapılan düzeltici bakım maliyeti	-	144	-	59,1
Genel TOPLAM		482 733,4	760	271 407,6	475,1

Yukarıdaki tablo hesaplamalar kısmında da bahsedildiği gibi Taksim Metrosunda bağlantı sistemlerinin kurulu olduğu kısımlar gözönüne alınarak hazırlanmıştır. Taksim Metrosunda Nabla sisteminin kurulu olduğu bölgenin geometrisi %25 kurp, Vossloh Sistem 336 sisteminin kurulu olduğu bölgenin geometrisi %15 kurp içermektedir. Kurplu bölgelerde bağlantı sistemlerinin sıklığı artırıldığından geometrinin daha fazla kurp içerdiği bölgede kurulu olan Nabla Sisteminin daha fazla kurp içerdiğinden ilk yatırım maliyetlerindeki malzeme tedarik maliyeti ve kurulumdaki işçilik maliyetlerinin karşılaştırmada adaletsizliğe sebep olacağı düşünülebilir. Bu yüzden her iki bağlantı sisteminin de eşit geometriye sahipmiş gibi belirtilen maliyetleri hesaplamak gerekebilir.

Vossloh Sistem 336 bağlantı sistemi de Nabla sistemiyle aynı geometriye sahip bir bölgede kurulmuş gibi düşünülerek ilgili maliyetler Çizelge 6.7'deki hesaplanmıştır.

1 km uzunluk için kullanılan Vossloh sistem 336 ray bağlantı sistemini hesaplırsak:

Hatta düzyolda 0,75 m aralıklarla, yarıçapı 800 m'den küçük kurplarda 0,65 m aralıklarla tespitleme yapılmıştır. Kurplu bölgeyi Nabla sisteminde olduğu gibi toplam yolun 0,25 kadar uzunlukta olarak alırsak bu durumda 1 km hattın 750 metresi düzyol, 250 metresi 800 metre yarıçapın altındaki kurplardır dersek:

$$750/0,75 = 1000 \text{ sıra düz yolda,}$$

$$250/0,65 = 385 \text{ sıra 800 metre yarıçapın altındaki kurplarda}$$

kullanılmış demektir. Toplamda 1 km'lik yolda $1000+385=1385$ sıra kullanılmıştır. Her sırada karşılıklı iki taşıyıcı ray olduğundan $1385*2=2770$ takım bağlantı sistemi kullanıldığı unutulmamalıdır.

Çizelge 6.7'de yapılan eşit geometriye sahip bağlantı sistemlerinin maliyeti hesabının ardından karşılaştırma yapmak için bağlantı sistemlerinin maliyetlerini tekrardan Çizelge 6.8'de karşılaştırsak:

Bütün bunlardan sonra iki bağlantı sisteminin karşılaştırırken aşağıdaki yorumları yapmak mümkündür:

- Vossloh Sistem 336 karmaşık ve çok bileşenden oluşan bir sistemdir, bunun yanında Nabla daha az bileşenden oluşan basit bir sistemdir.
- Taksim Metro'sunda Nabla sistemini ikiz blok traversle birlikte değerlendirmek gerekecektir çünkü betona tespitli kullanılması gerektiğinde hem ray altı, pedi ve selet gibi bileşenlerin Nabla sistemine uyacak şekilde eklenmesi gerekecek, hem de travers çizmesi ve mikroselüler pedin yerine titreşimi sönümleyip rijitliği aynı seviyeye getirecek pedlerin eklenmesi gerekmektedir.
- Nabla sistemine ikiz blok traverslerin ilk maliyetleri dahil edilmezse sistemin maliyetleri çok düşük çıkmaktadır.

Çizelge 6.7 : Vossloh sistem 336 tipi ray bağlantı sistemlerini oluşturan bileşenlerin Nabla sistemi ile aynı geometrideki alım maliyetleri ve 1 km için kurulum maliyetleri.

Bileşen Adı	Alım maliyeti (\$/adet)[38]	1 takımda bulunan adet	1 km’de (2770 takım) bulunan toplam adet	1 km’de toplam alım maliyeti
ZW Rayaltı ped	0,7	1	2770	1 939
Elastik Ped Zwp	8,7	1	2770	24 099
Polyamid Ara Ped	4,8	1	2770	13 296
Düz yolda M27 ankraj takımı	11,0	2	4000	44 000
800 m’den küçük yarıçaplı kurpta M27 ankraj takımı	11,0	4	3080	33 880
Helezonik yay (düzyolda)	1,9	2	4000	7 600
Helezonik yay (800m’den küçük yarıçaplı kurpta)	1,9	4	3080	5 852
Fbu İzolasyon Halkası (düzyolda)	0,6	2	4000	2 400
Fbu İzolasyon Halkası (800m’den küçük yarıçaplı kurpta)	0,6	4	3080	1 848
Gergi Kısıkaçı Skl12	2	2	5540	11 080
T-kafalı cıvata ve somunu	1,5	2	5540	8 310
Nervürlü Selet	30	1	2770	83 110
TOPLAM Malzeme Tedarik				237 414
İşçilik %20				47 482,4
Genel TOPLAM (İşçilik Dahil Kurulum)				284 896,8

Çizelge 6.8 : Taksim Metrosu için eşit geometriye sahip Nabla bağlantı sistemi ile Vossloh Sistem 336 tipi bağlantı sisteminin karşılaştırılması.

Maliyet Adı		Nabla Ray Bağlantı Sistemi		Vossloh Sistem 336 Tip Ray Bağlantı Sistemi	
		Km Başına Düşen Maliyet (\$)	Senelik Km Başına Düşen Ortalama	Km Başına Düşen Maliyet (\$)	Senelik Km Başına Düşen
İlk Yatırım Maliyeti	Malzeme tedarik maliyeti	394 391,5	-	237 414	-
	Kurulumdaki işçilik maliyeti	78 878,2	-	47 482,4	-
	İmalat ve işçilik hatası nedeniyle yapılan düzeltici bakım maliyeti	9 463,7	-	443,2	-
Bakım Maliyeti	Varsa koruyucu bakım maliyeti	-	616	-	416
	Hizmet verdiği süre içerisinde yapılan düzeltici bakım maliyeti	-	144	-	59,1
Genel TOPLAM		482 733,4	760	285 339,6	475,1

- Nabla sistemi ikiz blok traversle birlikte düşünüldüğünde Taksim Metrosunda mevcut durumda Vossloh sistem 336'nın ilk maliyetlerde 1,78 katı, bakımlarda ise 1,60 katı kadar maliyetli görünmektedir.
- Eğer Taksim Metrosunda iki sistemin aynı geometriye sahip bölgede kurulduğu varsayılırsa Nabla sistemi ikiz blok traversle birlikte düşünüldüğünde Taksim Metrosunda Vossloh sistem 336'nın ilk maliyetlerde 1,69 katı kadar maliyetli olacaktır.
- Artık yeni elastik ray bağlantı sistemleri görsel kontroller haricinde koruyucu bakım gerektirmeyecek, kronik olan düzeltici bakım gerektirmeyecek şekilde

üretilmeye başlamışlardır. Bu da bakım maliyetlerinin çok düşük seviyelere çekmektedir.

- Yeni ray bağlantı sistemlerinin bakım maliyetlerinin düşük olmasının yanında ilk maliyetlerinde de önemli miktarda düşüşler vardır.
- Ray bağlantı sistemlerinin kurulmasında işçilik kalitesi büyük önem arz etmektedir. Montaj özenli yapılmalı, tecrübeli personellerce yapılmalıdır.
- Nabla bağlantı sisteminin bileşenleri ömrünü tamamladığında, özellikle de traverslerin ömrü bittiğinde hattın revizyonunun da masraflı olacağı öngörülmektedir.
- Nabla bağlantı sisteminin aşınma kontrolleri ilerleyen yıllarda yapılmaya başlandığında bakım maliyetleri daha da artacaktır.
- Nabla bağlantı sistemi Taksim metrosunda 15 yıldır işletme altında hizmet vermektedir, Vossloh sistem 336 ise 5 yıldır hizmet vermektedir. 15 senede Nabla sisteminde koruyucu ve düzeltici bakım masraflarında önemli bir sapma görülmemiştir. Vossloh sistem 336'nın da aynı süre işletme altında kaldıktan sonra düzeltici bakımlarında ve bakım masraflarında değişiklik olup olmayacağı tartışma konusudur.
- Her iki sistemin de ekonomik ömürleri açısından da karşılaştırılması gerekmektedir.

7. SONUÇLAR

Demiryolunu oluşturan üstyapı içerisinde önemli bileşenlerden birisi de rayları traverslere bağlayan ray bağlantı sistemleridir. Bu çalışmada ray bağlantı sistemleri tanıtılmış, esnek ve rijit bağlantı sistemlerinden bahsedilmiştir. Bağlantı sistemlerine sistem olarak yapılan testlerin yapılışı standartlardan incelenmiştir. İstanbul kentiçi sistemlerde kullanılan ray bağlantı sistemlerinden kısaca bahsedilerek örnek hat olarak alınan Taksim Metrosu'nda kullanılan iki farklı ray bağlantı sistemi ilk yatırım ve bakım maliyetleri açısından incelenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

- Ray bağlantı sistemleri rijit ve esnek bağlantı sistemleri olarak iki ana başlıkta toplanır. Günümüzdeki teknolojik gelişmelere bakıldığında rijit bağlantı sistemleri ihtiyaçları karşılamamaktadır.
- Esnek bağlantıların kullanılabilmesi için raya etkiyen düşey, yanal ve boyuna kuvvetleri karşılayabilmelidirler. Esnek olup yeterli deplasmanı sağlamalı, bakım maliyetleri ve ilk yatırım maliyetleri düşük olmalıdır.
- Bir esnek bağlantı sisteminin ray hattında kullanılabilmesi için laboratuvar testlerinden geçmesi gereklidir. Bu testlerin nasıl yapılacağı EN 13146 standart serisinde verilmiştir. Çıkan sonuçların nasıl yorumlanacağı ve hangi aralıklarda olması gerektiği de bir başka standart EN 13481'de verilmiştir. Bu standartlar en son 2012 yılında güncellenerek günümüzün ileri beklentilerine uygun hale getirilmiştir.
- Yeni bir hatta kullanılacak olan bağlantı sisteminin seçilmesi sırasındaki seçenekleri değerlendirirken o sisteme EN 13146:2012'ye göre uygulanan testlerin sonuçları EN 13481:2012'ye göre değerlendirilerek karar verilmelidir. Testler sonucu elde edilen değerler seçilen bağlantı sisteminin hattaki performansının öngörülmesini sağlar.

- Bağlantı sistemlerine bütün olarak uygulanan testlerin dışında bir de bileşenlerine ayrı ayrı uygulanan malzemesinin kalitesini, üretim yöntemini, kabul koşullarını belirleyen testler vardır. Bu testler için sistem bütünü testlerinde olduğu gibi ortak bir standart yoktur. Her üretici kendi ulusal standartlarına uymakla ve müşteriyle yaptığı anlaşmada referans olarak belirlenen standarda uymakla yükümlüdür. Böyle olsa da Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) 864 O standart serisinde her bağlantı sistemlerinde neredeyse ortak olarak kullanılan selet, civata, rondela, ped, tirfon için üretim ve kabul prosedürünü belirlemiştir.
- İstanbul kentiçi raylı sistemlerinde esnek ray bağlantı sistemleri kullanılmıştır. Tek çeşit bağlantı sistemi değil neredeyse her hatta farklı bağlantı sistemi kullanılmıştır.
- Taksim Metrosu bağlantı sistemi açısından aynı hatta, aynı trafik yükünde, aynı hıza sahip bir hatta üç farklı ray bağlantı sistemi kullanılması açısından incelemeye değer bir test hattı gibidir. Fransız Nabla ray bağlantı sistemi 8,5 km çift hat, Alman Vossloh sistem 336 tip ray bağlantı sistemi 12 km çift hat ve İngiliz Pandrol Vanguard ray bağlantı sistem 1 km çift hat olmak üzere Taksim Metrosu'nda kullanılmıştır.
- Taksim Metrosunda kullanılan ray bağlantı sistemi incelendiğinde Nabla ray bağlantı sistemi 15 senedir, Vossloh sistem 336 tip ray bağlantı sisteminin 10 km'lik çift hat kısmı 5 senedir, geriye kalan 2 km lik çift hat ile Pandrol Vanguard sistemi 2,5 aydır hizmet vermektedir.
- Nabla bağlantı sistemi karmaşık olmayan sade bir yapıdan ve az sayıda bileşenden oluşmaktadır. Etkin olarak kullanımı ikiz blok traversle birlikte. İkiz blok traverslerle kullanılmaması halinde birlikte etkin olarak çalışabileceği ve traverslerdeki travers çizmesi ile mikroselüler pedin görevlerini yerine getirecek bileşenler eklenmelidir. Bu yüzden bakım ve ilk yatırım maliyetleri incelenirken travers maliyetleri de bağlantı sistemi maliyetlerine dahil edilmelidir.

- Vossloh sistem 336 tip ray bağlantı sistemi Nabla ray bağlantı sistemi ile karşılaştırıldığında daha karmaşık bir yapıdan ve çok daha fazla bileşenlerden oluşmaktadır.
- Nabla bağlantı sistemi Vossloh sistem 336'ya göre daha az yaylanma yoluna sahip olduğundan elastikiyeti de daha azdır.
- Vossloh sistem 336 ile Nabla bağlantı sistemleri Taksim Metrosu verilerine göre karşılaştırıldığında; Nabla sistemi ilk yatırımda Vossloh sistem 336'nın km başına 1,78 katı, yıllık km başına bakımlarda ise 1,60 katı kadar maliyetlidir. Bunun yanında iki sistem eşit geometride döşenmiş olsaydı Nabla sistemi ilk yatırımda Vossloh sistem 336'nın km başına 1,69 katı kadar maliyetli olacaktı.
- Yeni elastik ray bağlantı sistemleri belirli periyotlarda görsel kontrol dışında koruyucu bakım gerektirmemektedir.
- Bu çalışmayla çok geniş bir alan olan ray bağlantı sistemlerinin incelenmesine bir başlangıç yapılmıştır, gelecekte konuyla ilgili çalışma yapacakların aşağıda listelenen konularda çalışma yapmaları hem sektöre hem de çalışma yapanlara katkıda bulunacaktır:
 - Bu çalışmanın asıl konusu ray bağlantı sistemlerini bütün olarak incelemek olduğundan ray bağlantı sistemlerinin bileşenlerine yapılan testlere çok girilmemiş, sadece UIC 864 O'ya değinilmiştir. Sonraki çalışmalarda bileşenlere yapılan testler incelenebilirler.
 - Bir başka konu olarak aynı hatta veya aynı özelliklere (hız, trafik yükü, geometrisi) sahip olan hatlarda farklı bağlantı sistemlerinin davranışları, performansları, yolcu konforuna ve bakıma etkisi EN 13146 standardına göre alınan sonuçlar ışığında incelenebilir.
 - Belli bir süre özellikleri bilinen işletme altında hizmet veren bağlantı sisteminin EN13146'ya göre sıfır haldeyken ve hizmet verilen süre sonunda tekrar EN13146'daki testler yapıldığında elde edilen sonuçlar karşılaştırılarak incelenebilir.

- Ülkemizde bulunmamakla birlikte ilerleyen dönemlerde laboratuvar kurulması halinde EN13146'da yer alan laboratuvar testleri bir bağlantı sistemine uygulanarak elde edilen sonuçlar ve testlerin yapılışı bizzat tecrübe edilerek incelenebilir.
- Daha büyük, ileri ve faydalı bir çalışma olarak da EN13146 ve EN13481 standartlarının istediği özellikleri sağlayan yerli bir ray bağlantı sisteminin tasarlanması ve üretime geçirilmesi konu alınabilir.

KAYNAKLAR

- [1] **Esveld, C.** (2001). Modern Railway Track (second edition), *MRT-Productions*, Delft University of Technology, Netherlands.
- [2] **Lichtberger, B.** (2011). Demiryolu Cep Kitabı, *Eurail press*, DVV Media Group GmbH, Hamburg
- [3] **Profillidis, V.A.** (2006). Railway Management and Engineering (third edition), *Ashgate Publishing Company*, Burlington, USA
- [4] **Profillidis, V.A.** (2002). Çeviri : Arlı V., Demiryolu Mühendisliği, *Ashgate Publishing Company*, İstanbul, Türkiye
- [5] **Öztürk, Z., Arlı, V.** (2009). Demiryolu Mühendisliği, *ATM Baskı*, İstanbul.
- [6] **Öztürk, Z.** (2012). Demiryolunda Özel Konular dersi kişisel notlar.
- [7] **Öztürk, Z., Akçaer M.Z.** (2012). İnşaat Mühendisliği'nde 100.Yıl Teknik Kongresi, 22-24 Kasım 2012, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [8] **Öztürk, Z., Akçaer M.Z.** (2012). 1.Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Çalıştayı (IWRSE'12), 11-13 Ekim 2012, Karabük, Türkiye.
- [9] **EN 13146-1:2012** (2012). Railway Applications – Track – Test Methods of Fastening Systems – Part 1: Determination of longitudinal rail restraint, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [10] **EN 13146-2:2012** (2012). Railway Applications – Track – Test Methods of Fastening Systems – Part 2: Determination of torsional resistance, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [11] **EN 13146-3:2012** (2012). Railway Applications – Track – Test Methods of Fastening Systems – Part 3: Determination of attenuation of impact loads, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [12] **EN 13146-4:2012** (2012). Railway Applications – Track – Test Methods of Fastening Systems – Part 4: Effect of Repeated Loading, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [13] **EN 13146-5:2012** (2012). Railway Applications – Track – Test Methods of Fastening Systems – Part 5: Determination of Electrical Resistance, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [14] **EN 13146-7:2012** (2012). Railway Applications – Track – Test Methods of Fastening Systems – Part 7: Determination of Clamping Force, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [15] **EN 13146-9:2009+A1:2011** (2011). Railway Applications – Track – Test Methods of Fastening Systems – Part 9: Determination of Stiffness, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [16] **EN 13481-2:2012** (2012). Railway Applications – Track – Performance Requirements for Fastening Systems – Part 2: Fastening Systems for

Concrete Sleepers, *European Committee For Standardization*, Brussels.

- [17] **EN 13481-4:2012** (2012). Railway Applications – Track – Performance Requirements for Fastening Systems – Part 4: Fastening Systems for Steel Sleepers, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [18] **EN 13481-5:2012** (2012). Railway Applications – Track – Performance Requirements for Fastening Systems – Part 5: Fastening Systems for Slab Track with Rail on Surface or Rail Embedded in a Channel, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [19] **EN 13481-7:2012** (2012). Railway Applications – Track – Performance Requirements for Fastening Systems – Part 7: Special Fastening Systems for Switches and Crossings and Check Rails, *European Committee For Standardization*, Brussels.
- [20] **Pandrol Track Systems** (2010). Pandrol Hat Sistemleri Kullanım ve Bakım Kılavuzu, Avrasya Metro Grubu, İstanbul.
- [21] **Pandrol Rail Fastenings** (2010). Report No 65108-3 Customer Confidential Testing to CEN Standards on a Pandrol Brand Rail Assembly Type 14374/IBB, Pandrol Limited, Notts.
- [22] **UIC 864-1 O** (1984). Technical Specification for The Supply of Sleeper-Screws, 3rd Edition, *International Union of Railways*, Paris.
- [23] **UIC 864-2 O** (1991). Technical Specification for The Supply of Steel Track Bolts, 3rd Edition, *International Union of Railways*, Paris.
- [24] **UIC 864-3 O** (1989). Technical Specification for The Supply of Spring Steel Washers for Use in The Permanent Way, 2nd Edition, *International Union of Railways*, Paris.
- [25] **UIC 864-5 O** (1990). Technical Specification for The Supply of Rail Seat Pads, 4th Edition, *International Union of Railways*, Paris.
- [26] **UIC 864-6 O** (1984). Technical Specification for The Supply of Baseplates or Section for Baseplates Made of Rolled Steel, 3rd Edition, *International Union of Railways*, Paris.
- [27] **UIC 864-7 O** (1990). Rolled Profiles for Base-plates for UIC Rails, 3rd Edition, *International Union of Railways*, Paris.
- [27] **Rotem-Alarko-Hyundai Konsorsiyumu** (2007). Ray Bağlantı Elemanı Fabrika Test Kabul Prosedürü, *Döküman No: II-G0000TW85TP001A*, İstanbul, Türkiye
- [28] **Vossloh Fastening Systems** (2012). Sistem W-14 Ürün Tanımlamaları, *Vossloh Fastenings Systems GmbH*, Werdohl, Germany
- [29] **Avrasya Metro Grubu** (2009). Kadıköy Kartal Yönü Güzergahı A2-2 Tipi Ray Kaide Beton Kalıp Detayları, *Döküman No: KK GEN A2.2 DYU 002 00*, İstanbul, Türkiye
- [30] **Demirdağ, M.N.** (2007). Kentiçi Raylı Sistemlerde Hat Bakımı ve Maliyeti Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, Türkiye

- [31] **İstanbul Büyükşehir Belediyesi** (1998). İstanbul Metrosu, I.Aşama İnşaatı, Elektromekanik İşler, Ray Hattı Avan Projesi, *Cegelec, Döküman No: G000TW70SP0011s.13*, İstanbul, Türkiye
- [32] **Alstom** (2002). Track Works Maintenance Manuel, İstanbul, Türkiye
- [33] **Vossloh Fastening Systems** (2011). Sistem 336/336D Ürün Tanımlamaları, *Vossloh Fastenings Systems GmbH*, Werdohl, Germany
- [34] **Pandrol Track Systems** (2013). Pandrol Vanguard Installation, Inspection and Maintenance Manual for the Golden Horn Bridge Project Istanbul, Turkey, *Pandrol Limited*, Surrey, United Kingdom
- [35] **Alstom** (1999). İstanbul Metrosu Taksim – 4.Levent arası I.aşama inşaatı yedek parça listesi.
- [36] **İstanbul Ulaşım AŞ** (2014). İstanbul Ulaşım AŞ İnsan Kaynakları bölümü kişisel görüşme notlarından.
- [37] **İstanbul Ulaşım AŞ** (2014). İstanbul Ulaşım AŞ Taksim Metrosu Hat Bakım Ekip Sorumlusu İnşaat Teknikeri Yusuf AKYAZICI ile kişisel görüşme notlarından.
- [38] **Almak** (2009). İstanbul Metrosu 4.Levent – Hacıosman arası, Seyrantepe depo ve bağlantı yolları yedek parça listesi.

EKLER

EK A: Vossloh Sistem 336 bağlantı sistemi bileşenleri fabrika kabul testi sonuçları



Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH
Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92 / 52-0
Telefax +49 (0) 23 92 / 52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificate de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3871 Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung/Nr./Order No./Comande No.: VFS.2764-AA
Datum/Date/Date: 11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande: 468291
Unsere Abteilung/Our Department/Notre service: QW
Durchwahl/Extension/Ligne directe: 52-446

Position/Item/Position: 10

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité: 700 Stück/pieces

Artikel/Product/Produit: Skl 12
Oberfläche/surface/ surface: lackiert

Charge/Cast No./Coulé: 512026

Werkstoff/Material/Matériel: 38 Si 7

Standhöhe/Service height/Hauteur
Soll/Nominal/Nominal: 17,0 - 20,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 17,7 - 19,2 mm

Prüfkraft/Test load/Force élastique
Soll/Nominal/Nominal: ≥ 7.500 N
Ist/Actual/Réelle: 9.300 - 9.820 N

Härte/Hardness/Dureté HV 30
Soll/Nominal/Nominal: 400 - 460 HV 30
Ist/Actual/Réelle: 406 - 440 HV 30

Es wird bestätigt, daß die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.
We hereby certify, the material described is according to the terms of the order contract.
Il est confirmé par la présente que le matériel livré correspond aux termes du contrat de marché.

Vossloh Fastening Systems GmbH

Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 458 40026 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE50458400260661050500
UST-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH

Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92 / 52-0
Telefax +49 (0) 23 92 / 52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificate de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3872 ✓

Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung-Nr./Order No./Comande No.: VFS.2764-AA
Datum/Date/Date: 11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande: 468291

Unsere Abteilung/Our Department/Notre service: QW
Durchwahl/Extension/Ligne directe: 52-446

Position/Item/Position: 20

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité: 700 Stück/pieces

Artikel/Product/Produit: Uls 6 AD 50 mm
Oberfläche/surface/ surface: phosphated

Werkstoff/Material/Matériau: DC01 C590

Zeichnung-Nr./Drawing-No./Numéro de Dessin: 1.1138

Außendurchmesser/Outside diameter/Diamètre extérieur
Soll/Nominal/Nominal: 48,4 - 50,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 49,4 - 49,6 mm

Innendurchmesser/Inside diameter/ Diamètre intérieur
Soll/Nominal/Nominal: 23,0 - 23,52 mm
Ist/Actual/Réelle: 23,2 - 23,35 mm

Stärke/Thickness/Epaisseur
Soll/Nominal/Nominal: 3,4 - 4,6 mm
Ist/Actual/Réelle: 3,5 - 3,6 mm

Härte/Hardness/Dureté HV30
Soll/Nominal/Nominal: 185 - 225 HV30
Ist/Actual/Réelle: 210 - 223 HV30

Es wird bestätigt, daß die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.
We hereby certify, the material described is according to the terms of the order contract.
Il est confirmé par la présente que le matériel livré correspond aux termes du contrat de marché.

Vossloh Fastening Systems GmbH



Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 45840026 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE50458400260661050500
UST-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH
Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92/52-0
Telefax +49 (0) 23 92/52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificate de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3873 Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung-Nr./Order No./Comande No.: VFS.2764-AA
Datum/Date/Date: 11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande: 468291
Unsere Abteilung/Our Department/Notre service: QW
Durchwahl/Extension/Ligne directe: 52-446

Position/Item/Position: 30

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité: 700 Stück/pieces

Artikel/Product/Produit: Hakenschraube HS 32-55
Oberfläche/surface/ surface: - / -

Zeichnung-Nr./Drawing-No./Numéro de Dessin: 1.1139

Kopflänge/Headlength/Longueur de la tête:
Soll/Nominal/Nominal: 26,5 - 27,5 mm
Ist/Actual/Réelle: 26,8 - 27,2 mm

Kopfbreite/Headwidth/longuer de la tête:
Soll/Nominal/Nominal: 52,0 - 55,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 53,4 - 53,9 mm

Gewindelänge/Screw length/Longuer de vis:
Soll/Nominal/Nominal: 39,0 - 43,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 41,0 - 43,0 mm

Gesamtlänge/Length/Longuer:
Soll/Nominal/Nominal: 53,75 - 56,25 mm
Ist/Actual/Réelle: 55,00 - 56,10 mm

Es wird bestätigt, daß die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.
We hereby certify, the material described is according to the terms of the order contract.
Il est confirmé par la présente que le matériel livré correspond aux termes du contract de marché.

Vossloh Fastening Systems GmbH

Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 45840026 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE50458400260661050500
USt-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH
Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92 / 52-0
Telefax +49 (0) 23 92 / 52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificat de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.:	3874	Datum/Date/Date:	25.10.2007
Bestellung-Nr./Order No./Commande No.:	VFS.2764-AA	Datum/Date/Date:	11.09.2007
Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande:	468291		
Unsere Abteilung/Our Department/Notre service:	QW		
Durchwahl/Extension/Ligne directe:	52-446		
Position/Item/Position:	40		
Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité:	350 Stück/pieces		
Artikel/Product/Produit:	Rail pad Zw 686 a		
Zeichnung-Nr./Drawing No./Numéro de Dessin:	1.2153		
Länge/Length/Longueur Soll/Nominal/Nominal: Ist/Actual/Réelle:	163,0 - 167,0 mm 164,8 - 165,4 mm		
Breite/Width/Largeur Soll/Nominal/Nominal: Ist/Actual/Réelle:	121,5 - 124,5 mm 123,5 - 123,9 mm		
Stärke/Thickness/Epaisseur Soll/Nominal/Nominal: Ist/Actual/Réelle:	5,50 - 6,50 mm 5,92 - 6,05 mm		

Es wird bestätigt, daß die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.
We hereby certify, the material described is according to the terms of the order contract.
Il est confirmé par la présente que le matériel livré correspond aux termes du contrat de marché.

Vossloh Fastening Systems GmbH

z.A. g

Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 45840026 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE50458400260661050500
USt-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH
Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92 / 52-0
Telefax +49 (0) 23 92 / 52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificate de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3875 / Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung-Nr./Order No./Comande No.: VFS.2764-AA
Datum/Date/Date: 11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande: 468291
Unsere Abteilung/Our Department/Notre service: QW
Durchwahl/Extension/Ligne directe: 52-446

Position/Item/Position: 50

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité: 1.400 Stück/pieces

Artikel/Product/Produit: Uls 10

Zeichnung-Nr./Drawing-No./Numéro de Dessin: 1.2927

Außendurchmesser/Outside diameter/Diamètre extérieur
Soll/Nominal/Nominal: 48,67 – 49,33 mm
Ist/Actual/Réelle: 48,91 – 49,12 mm

Innendurchmesser/Inside diameter/Diamètre intérieur
Soll/Nominal/Nominal: 28,0 – 28,5 mm
Ist/Actual/Réelle: 28,2 – 28,4 mm

Stärke/Thickness/Épaisseur
Soll/Nominal/Nominal: 7,26 – 7,74 mm
Ist/Actual/Réelle: 7,43 – 7,63 mm

Es wird bestätigt, daß die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.
We hereby certify, the material described is according to the terms of the order contract.
Il est confirmé par la présente que le matériel livré correspond aux termes du contract de marché.

Vossloh Fastening Systems GmbH



Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 45840026 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE50458400260661050500
USt-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH - Postfach 1860 - D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH
Vosslohstraße 4 - D-58791 Werdohl
Postfach 1860 - D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92/52-0
Telefax +49 (0) 23 92/52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificate de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3876 Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung-Nr./Order No./Comande No.: VFS.2764-AA
Datum/Date/Date: 11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande: 468291
Unsere Abteilung/Our Department/Notre service: QW
Durchwahl/Extension/Ligne directe: 52-446

Position/Item/Position: 60

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité: 1.400 Stück/pieces

Artikel/Product/Produit: Schraubenfedern Fe 28
Oberfläche/surface/ surface: KTL 15 my

Zeichnung-Nr./Drawing No./Numéro de Dessin: 1.2922

Höhe/Height/Hauteur
Soll/Nominal/Nominal: 55,0 - 57,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 55,7 - 56,4 mm

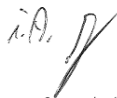
Außendurchmesser/Outside diameter/ Diamètre extérieur
Soll/Nominal/Nominal: 47,4 - 48,6 mm
Ist/Actual/Réelle: 47,7 - 48,3 mm

Innendurchmesser/Inside diameter/Diamètre intérieur
Soll/Nominal/Nominal: 31,4 - 32,6 mm
Ist/Actual/Réelle: 31,5 - 32,2 mm

Materialdurchmesser/Material diameter/ Diamètre
Soll/Nominal/Nominal: 7,965 - 8,035 mm
Ist/Actual/Réelle: 7,985 - 8,011 mm

Es wird bestätigt, daß die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.
We hereby certify, the material described is according to the terms of the order contract.
Il est confirmé par la présente que le matériel livré correspond aux termes du contrat de marché.

Vossloh Fastening Systems GmbH



Commerzbank AG Lüdenscheid - Kto.-Nr. 661050500 - BLZ 458 40026 - BIC: COBADEFF - IBAN: DE50458400260661050500
USt-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl - Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens - James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH

Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92 / 52-0
Telefax +49 (0) 23 92 / 52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificat de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3877 ✓ Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung-Nr./Order No./Commande No.: VFS.2764-AA
Datum/Date/Date: 11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande: 468291
Unsere Abteilung/Our Department/Notre service: QW
Durchwahl/Extension/Ligne directe: 52-447

Position/Item/Position: 70

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité: 1.400 Stück/pieces

Artikel/Product/Produit: Fbu 6

Zeichnung-Nr./Drawing No./Numéro de Dessin: 1.2925

Innendurchmesser/Inside Diameter/Diamètre intérieur
Soll/Nominal/Nominal: 28,0 - 29,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 28,2 - 28,5 mm

Außendurchmesser/Outside Diameter/Diamètre extérieur
Soll/Nominal/Nominal: 43,2 - 43,7 mm
Ist/Actual/Réelle: 43,5 - 43,7 mm

Stärke/Thickness/Epaisseur
Soll/Nominal/Nominal: 23,5 - 24,5 mm
Ist/Actual/Réelle: 23,9 - 24,1 mm

Es wird bestätigt, dass die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellung entspricht.
We hereby certify, that the material described is according to the terms of the order.
Nous attestons que les produits livrés sont conformes aux stipulations de la commande.

Vossloh Fastening Systems GmbH



Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 458 40026 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE50458400260661050500
USt-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH
Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92 / 52-0
Telefax +49 (0) 23 92 / 52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificat de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3878 / Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung-Nr./Order No./Commande No.: VFS.2764-AA
Datum/Date/Date: 11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande: 468291
Unsere Abteilung/Our Department/Notre service: QW
Durchwahl/Extension/Ligne directe: 52-446

Position/Item/Position: 80

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité: 350 Stück

Artikel/Product/Produit: Rippenplatte 125-160-20

Zeichnung-Nr./Drawing No./Numéro de Dessin: 1.4647

Werkstoff/Material/Matériau: EN-GLS-400-15

Länge/Length/Longueur
Soll/Nominal/Nominal: 364,0 - 370,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 364,2 - 366,2 mm

Länge/Length/Longueur
Soll/Nominal/Nominal: 157,0 - 163,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 159,9 - 162,6 mm

Länge/Length/Longueur
Soll/Nominal/Nominal: 127,0 - 128,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 127,6 - 127,7 mm

Es wird bestätigt, dass die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellung entspricht.
We hereby certify, that the material described is according to the terms of the order.
Nous attestons que les produits livrés sont conformes aux stipulations de la commande.

Vossloh Fastening Systems GmbH



Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 45840026 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE5045840026 0661050500
UST-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH

Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92 / 52-0
Telefax +49 (0) 23 92 / 52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificat de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3879 Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung-Nr./Order No./Commande No.: VFS.2764-AA
Datum/Date/Date: 11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande: 468291
Unsere Abteilung/Our Department/Notre service: QW
Durchwahl/Extension/Ligne directe: 52-446

Position/Item/Position: 90

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité: 350 Stück

Artikel/Product/Produit: Zwischenplatte ZwP 362/155/10/4

Zeichnung-Nr./Drawing-No./Numéro de Dessin: 1.3889

Breite/Width/Largeur
Soll/Nominal/Nominal: 152,0 - 158,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 154,8 - 155,5 mm

Länge/Length/Longueur
Soll/Nominal/Nominal: 259,0 - 365,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 362,2 - 362,6 mm

Durchmesser/Diameter/Diamètre
Soll/Nominal/Nominal: 32,0 - 33,0 mm
Ist/Actual/Réelle: 32,2 - 32,5 mm

Stärke/Thickness/Épaisseur
Soll/Nominal/Nominal: 9,5 - 10,5 mm
Ist/Actual/Réelle: 10,0 - 10,3 mm

Es wird bestätigt, daß die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.
We hereby certify, the material described is according to the terms of the order contract.
Il est confirmé par la présente que le matériel livré correspond aux termes du contrat de marché.

Vossloh Fastening Systems GmbH



Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 458 40026 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE50458400260661050500
USt-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Vossloh Werdohl GmbH · Postfach 1860 · D-58778 Werdohl

Germotec GmbH
Rheinstr. 15

D 47799 Krefeld

Vossloh Werdohl GmbH
Vosslohstraße 4 · D-58791 Werdohl
Postfach 1860 · D-58778 Werdohl
Telefon +49 (0) 23 92 / 52-0
Telefax +49 (0) 23 92 / 52-351
www.vossloh.com

**Abnahmeprüfzeugnis/Inspection certificate/Certificate de réception
DIN EN 10204 3.1**

Nr./No./No.: 3880 ✓

Datum/Date/Date: 25.10.2007

Bestellung-Nr./Order No./Commande No.:

VFS.2764-AA

Datum/Date/Date:

11.09.2007

Unsere Auftrags-Nr./Our Order No./Notre No. de commande:

468291

Unsere Abteilung/Our Department/Notre service:

QW

Durchwahl/Extension/Ligne directe:

52-446

Position/Item/Position:

110

Anzahl und Einheit/Quantity and Unit/Quantité et unité:

1.400 Stück/pieces

Artikel/Product/Produit:

Ankerschraube As M27x290 mit Mutter

Oberfläche/surface/ surface:

hot dip galvanized

Zeichnung-Nr./Drawing No./Numéro de Dessin:

1.3867

Länge/Length/Longueur:

285,4 - 294,6 mm

St/L/Nominal/Nominal:

288,8 - 290,2 mm

Schaftdurchmesser/Shank diameter/Fulldiamètre:

26,16 - 27,84 mm

St/L/Nominal/Nominal:

26,34 - 27,21 mm

Gewindelänge/Length of thread/larguer:

80,0 - 86,0 mm

St/L/Nominal/Nominal:

82,8 - 85,2 mm

Es wird bestätigt, daß die Lieferung den Vereinbarungen bei der Bestellannahme entspricht.

We hereby certify, the material described is according to the terms of the order contract.

Il est confirmé par la présente que le matériel livré correspond aux termes du contrat de marché.

Vossloh Fastening Systems GmbH

i.A. D

Commerzbank AG Lüdenscheid · Kto.-Nr. 661050500 · BLZ 458 400 26 · BIC: COBADEFF · IBAN: DE50458400260661050500
USt-IdNr. DE 812003633

Sitz der Gesellschaft: Werdohl · Handelsregister: Amtsgericht Iserlohn HRB 5404
Geschäftsführer: Dr.-Ing. Hans-Peter Mertens · James N. Sanders

Şekil A.1 : Vossloh Sistem 336 tip bağlantı sistemi parçalarının fabrika kabul testi sonuç dökümanları[27]

ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad: Muhammet Zikrullah AKÇAER
Doğum Yeri ve Tarihi: Silifke / 1984
Adres: Sanayi Mah. Yonca Sok No:17/16 4.Levent
E-Posta: zakcaer@yahoo.com
Lisans: Yıldız Teknik Üniversitesi, 2010
Mesleki Deneyim ve Ödüller:
İstanbul Ulaşım AŞ / Hat Bakım Mühendisi (2010–devam)

TEZDEN TÜRETİLEN YAYINLAR/SUNUMLAR

- Öztürk Z., Akçaer M.Z., 2012: Elastik ve Rijit Bağlantı Sistemlerinin İncelenmesi. *1.Uluslararası Raylı Sistemler Mühendisliği Çalıştayı (IWRSE'12) Karabük Üniversitesi*, 11-13 Ekim 2012, Karabük, Türkiye.
- Öztürk Z., Akçaer M.Z., 2012: Ray – Travers Bağlantı Elemanları İle İlgili Testler ve Standartların İncelenmesi. *İnşaat Mühendisliği'nde 100.Yıl Teknik Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi*, 22-24 Kasım 2012, İstanbul, Türkiye.