

**Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN:13133)
2015-2016 Güz Yarıyılı**

**Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoğlu
Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu**

Ders Bilgileri

Dönemiçi ders planı

Hafta	Tarih	Konu
Hafta1	15.09.2015	Ulaştırma ve Demiryolu Mühendisliğine Giriş
Hafta2	22.09.2015	Demiryolu Araçlarının Özellikleri, Nadal Kuramı
Hafta3	29.09.2015	Demiryolu Araçlarının Çekim Mekanığı
Hafta4	06.10.2015	Demiryolu Araçlarının Çekim Mekanığı
Hafta5	13.10.2015	Geçki Geometrik Özellikleri (Yatay Kurblar, Dever, Birleştirme Eğrileri)
Hafta6	20.10.2015	Geçki Geometrik Özellikleri (Eğimler)
Hafta7	27.10.2015	Güzergah-Geçki Araştırması ve Etüd, Trafik, Hat Kapasitesi
Hafta8	03.11.2015	Demiryolu Üstyapı Elemanları
Hafta9	10.11.2015	Toprak İşlerine Giriş, Temel Kavramlar, Dönemiçi 1. Sınav
Hafta10	17.11.2015	Toprak İşlerinde Enkesit Alanları ve Hacimleri
Hafta11	24.11.2015	Kütleler Diyagramı ve Toprak Dağıtımı
Hafta12	01.12.2015	Genel Yönteme Göre Toprak Dağıtımı
Hafta13	08.12.2015	Brückner Yöntemine Göre Toprak Dağıtımı
Hafta14	15.12.2015	Kazı Yöntemleri ve Kullanılan Mekanik Araçlar
Hafta15	22.12.2015	Dönemiçi 2. Sınav

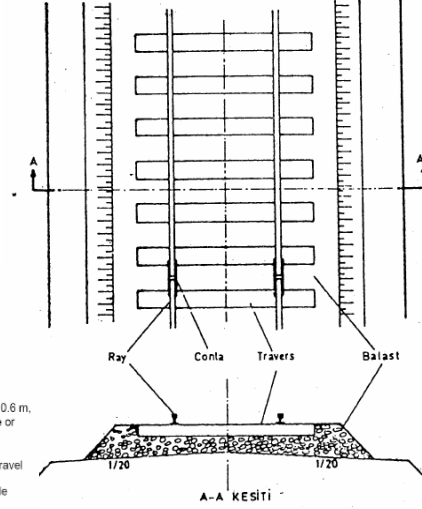
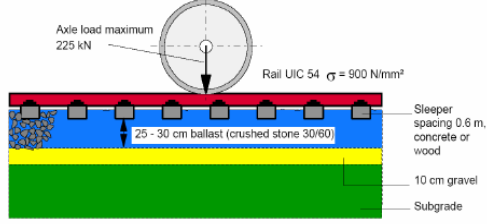


Demiryolu Üstyapısı

Statik ve dinamik kuvvetler ile çevre etkisi altında bulunan üstyapı, altyapı platformu üzerine oturan yapı kısmıdır. Öğeleri:

- Ray
- Travers
- Bağlantı elemanları
- Balast

kaynak: www.rail.tudelft.nl

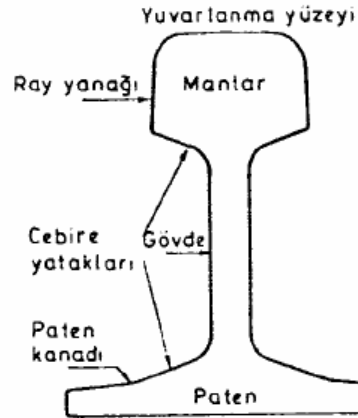


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 3

Demiryolu Üstyapısı: Ray

- Sürekli iki sıra metalik çubuk
- Yuvarlanma yüzeyi ve kılavuzlanma sağlar
- Tekerlekten gelen yükleri traverse aktarır
- Hızlanma ve frenleme kuvvetlerini adezyon ile yaymak
- Elektrikli hatlarda iletken
- Sinyalizasyon akımını iletir

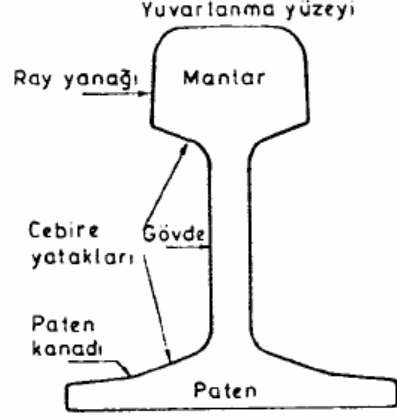


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 4

Demiryolu Üstyapısı: Ray

- Birim uzunluğunun ağırlığı ile karakterize edilir (kg/m)
- Boyutları, yapım sırasında uygunluğa göre düzeltilir
- Paten, gövde ve mantar olmak üzere üç kısım
- Tünellerde paslanma aşınmasına önlem olarak mantara yükseklik fazlalığı verilir (~10mm)
- Mantarın şekli, dinamik yük gerilmeleri yönünden önemlidir

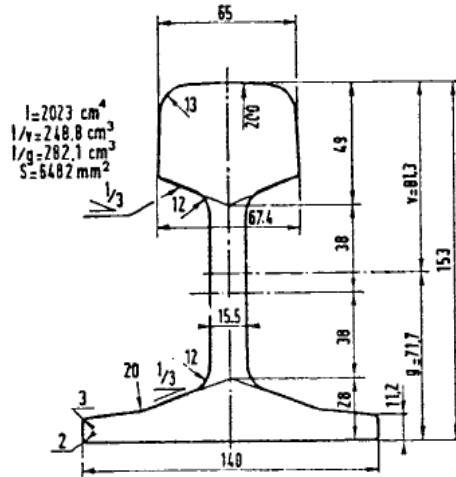


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 5

Demiryolu Üstyapısı: Ray

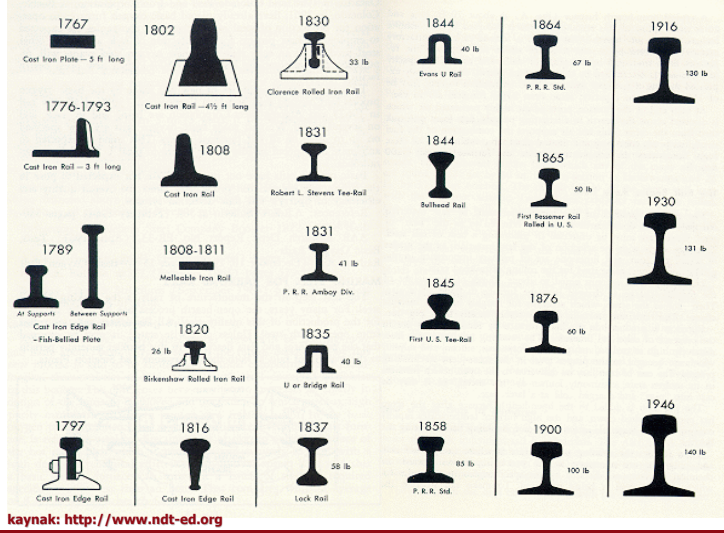
- Buden-Mantar etkileşimi aşınmaları, yuvarlanma yüzey eğriliği (sepet kulbu) ile dengelenir
- Mantar aşınımını azaltmak için yanaklara 1/20 eğim verilir
- Ray pateni, kalınlığı ve kanat formu ile karakterize edilir
- Cebire yataklarının eğimi, conta yerlerinin bakımı yönünden önemlidir



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 6

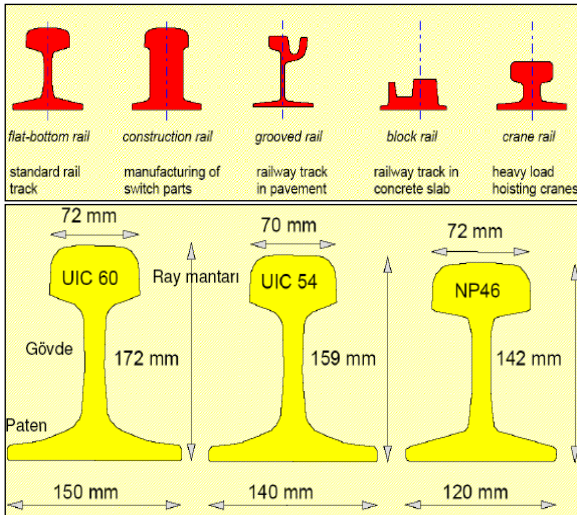
Demiryolu Üstyapısı: Ray



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
 Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
 November 3, 2015

Slide 7

Demiryolu Üstyapısı: Ray



kaynaklar: <http://www.rail.tudelft.nl>, Gerçek, H., (2006). Demiryolu Üstyapısı ders notları.

TCDD Rayları (2003):

- %19'u 46.303kg/m
- %18'i 46.303kg/m
- %63'ü 49.05kg/m



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
 Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
 November 3, 2015

Slide 8

Demiryolu Üstyapısı: Travers

Raya dik ve belirli aralıklarla, sömeller yardımıyla raya tesbit edilmiştir.

- Raydan gelen yükleri üniform biçimde balasta iletir
- Hat genişliğini korur
- 'sela' yardımıyla konikliğe uygun eğim verilmesini sağlar
- İki ray dizisi arası elektrik yalıtımı sağlar
- Aşınma-kırılma ve ezilme-dış kuvvet etkilerine karşı mukavemet sağlar
- Ray tesbitine elverişlidir
- Uygun ağırlıkta (çok hafif olması stabilite, çok ağır olması taşınması yönünden olumsuzdur) ve maliyetli olmalıdır
- Türleri: ahşap, çelik, betonarme



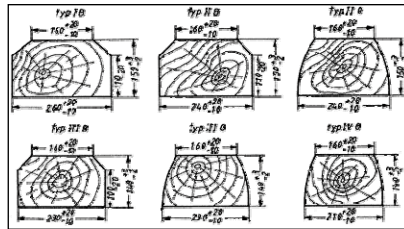
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 9

Demiryolu Üstyapısı: Travers

Ahşap travers:

- Ülkemizde en çok çam, meşe ve kayın ağacından yapılır
- uzunluğu 2.50m~2.70m, ağırlığı ~100kg
- Stabil, konforlu ve elastik
- Üretilirken, katran yağı 'krezot' ile basınç altında 90-100°C'de ilaçlanır (ruping yöntemi)
- antiseptiği zamanla azalmamalı ve homojen yayılmalı
- Ekonomik ömrü: çam 20-25yıl, meşe 40-50yıl ve kayın 30-40 yıl



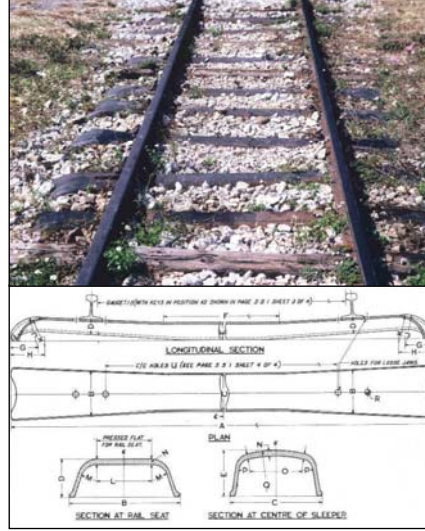
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 10

Demiryolu Üstyapısı: Travers

Çelik travers: I. Dünya Savaşı sırasında Almanya'da kullanılmaya başlanmış

- Daha hafif ve 'U' kesitli
- Balasta tutunması için ucu kamalı
- Ömrü, ahşap traversin iki katı (~50yıl)
- İstifi ve taşınması kolay
- Boyutlandırmada yüksek doğruluk
- Stabilité yönünden olumsuz
- Elektrikli çekime uygun değil



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 11

Demiryolu Üstyapısı: Travers

Betonarme travers: II. Dünya Savaşı sonrası öngörülen beton ile yaygınlaşmış, yapımı görece olarak kolay

- Ağır olduğu için stabilitesi yüksek ve uzun kaynaklı raylar için uygun
- Uzun ömürlü (~60yıl)
- Ahşap traverslerden daha az esnek
- Paslanma ve kötü kaynaklara dayanıksız
- Şiddetli etkilerden (raydan çıkma, yükleme-boşaltma) zarar görme riski
- Dinamik yükler ve balast gerilmeleri %25 kadar daha fazla olabilir
- Monoblok ya da poliblok olabilir
TCDD Traversleri (2003):
 - %63'ü betonarme
 - %24'ü ahşap
 - %13'ü çelik



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 12

Demiryolu Üstyapısı: Balast

Yol ekseninde kalınlığı 40cm~50cm.

- Sert taş kullanılır, yuvarlak çakıl kullanılmaz
- Kırmataş: Porfir, bazalt, granit, gnays, kumtaşı ..
- Dane büyüklüğü:
 - Anahatlarda 30/60mm
 - Makaslar ve hemzemin geçitlerde 20/40mm
- Çakıl: Akarsulardan çıkarılır, çok sert ama sürtünmesi az, 20/40mm
- Kırılmış çakıl 20/40mm
- Traverslerden gelen yükleri üniform biçimde altyapıda (platformda) geniş alana yayar.
- Üstyapıya esneklik verir.
- Traverslerin enine-boyuna deplasmanını engeller, çerçevenin stabilitesini sağlar.
- Platformu dış etkilerden korur
- 'buraj' yöntemiyle sıkıştırılır



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 13

Demiryolu Üstyapısı: Balastlı-Balastsız

- Balastlı üstyapı:
 - Daha düşük yapım maliyeti
 - Yüksek esneklik
 - Düşük bakım maliyeti
 - Daha iyi gürültü emilmesi
 - Kurblarda sınırlı yanal direnims
 - Ezilen balast tabakası nedeniyle raylarda hasar
- Balastsız üstyapı:
 - Daha yüksek yapım maliyeti
 - Daha az bakım gereksinimi
 - Daha uzun hizmet ömrü
 - Yüksek yanal direnims

Kaynak: Gerçek, H., (2006). Demiryolu Üstyapısı ders notları.

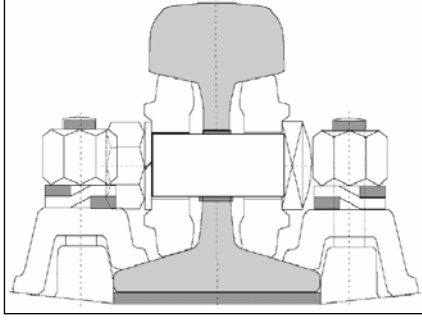


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 14

Demiryolu Üstyapısı: Rayların Biribirine Bağlanması

- Cebireli (contalı) bağlantı
- Uzun kaynaklı raylar



kaynaklar: <http://www.rail.tudelft.nl>, Gerçek, H., (2006). Demiryolu Üstyapısı ders notları.

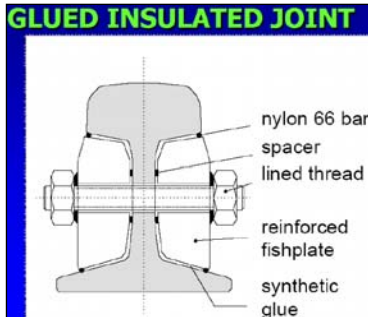


INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 15

Demiryolu Üstyapısı: Rayların Biribirine Bağlanması

- Zamklı yalıtılmış bağlantı



kaynaklar: <http://www.rail.tudelft.nl>, Gerçek, H., (2006). Demiryolu Üstyapısı ders notları.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 16

Demiryolu Üstyapısı: Rayların Birbirine Bağlanması

- Genleşebilen contalı bağlantı



kaynaklar: <http://www.rail.tudelft.nl>, Gerçek, H., (2006). Demiryolu Üstyapısı ders notları.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 17

Demiryolu Üstyapısı: Termit Ray Kaynağı

- Ray uçları düzeltilir
- Ek yeri üzerine kalıp yerleştirilir
- Propan ısıtıcılarla raylar 900°C'ye kadar ısıtılır
- Aluminyum tozu + demir oksit karışımı dökülür. Kimyasal Tepkime:
 - $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow 2Fe + Al_2O_3 + 850kJ$
- Kalıp çıkarılır
- Kaynak yeri taşlanarak düzeltilir



Gerçek, H., (2006). Demiryolu Üstyapısı ders notları.



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 18

Demiryolu Üstyapısı: Bağlantı Elemanları

Bağlantı elemanlarının görevleri:

- Raylardan gelen kuvvetleri elastik olarak alarak traverslere aktarmak
- Rayın travers üzerindeki yatay tutunma kuvveti için yeterli boyuna direnimi sağlamak:
 - Uzun kaynaklı rayların genişleme boyunu sınırlamak
 - Üstyapıdaki bozukluklardan kaynaklanan boşlukları sınırlamak
 - Rayların yürümesini sınırlamak
- Trafikten kaynaklanan etki ve titreşimleri azaltmak
- Hat açıklığını ve rayların içe eğikliğini korumak
- Raylarla travers arasında elektrik yalıtımını sağlamak

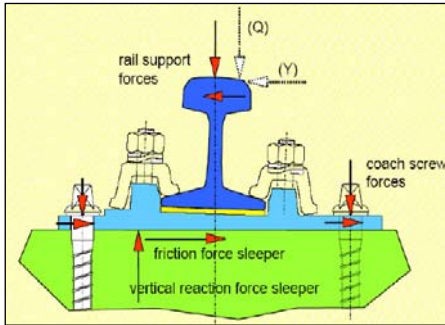
Gerçek, H., (2006). Demiryolu Üstyapısı ders notları.



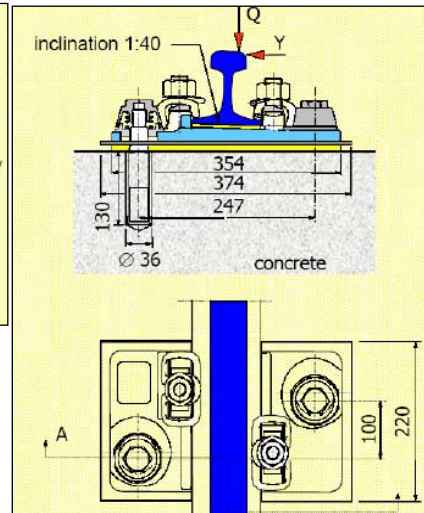
INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 19

Demiryolu Üstyapısı: Bağlantı Elemanları



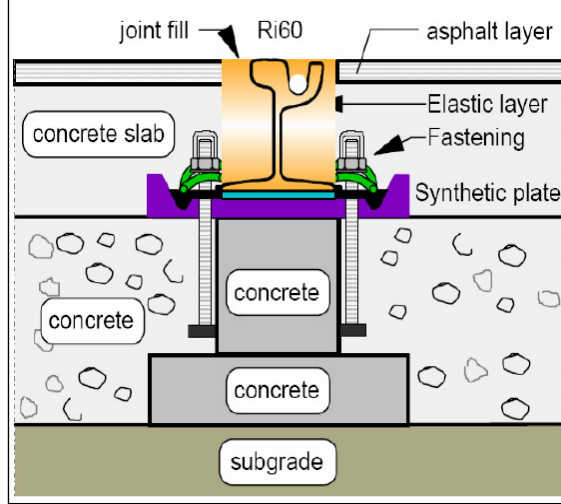
kaynak: <http://www.rail.tudelft.nl>



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 20

Demiryolu Üstyapısı



kaynak: <http://www.rail.tudelft.nl>



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 21

Demiryolu Üstyapısı: Bakım ve Yenileme

Hat Bakımı:

- Ray geometrisi
- Hat geometrisi
- Hat yapısı
- Balast tabakası
- Hemzemin geçitler
- Diğer bakım



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 22

Demiryolu Üstyapısı: Bakım ve Yenileme

Hat Bakımı:

- Ray taşlama (grinding)
- Kaynak geometrisi
- Buraj (tamping)
- Balast ekleme (stone blowing)
- Balast temizleme
- Hat kesimlerinin yenilenmesi



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 23

Demiryolu Üstyapısı: Üstyapıya Etkiyen Kuvvetler

Üstyapıya etkiyen kuvvetler:

1. DÜŞEY KUVVETLER
 - Statik düşey kuvvetler
 - Dinamik düşey kuvvetler
2. YATAY KUVVETLER
 - Yol eksenine paralel yatay kuvvetler
 - Yol eksenine dik yatay kuvvetler
 - Diğer yatay kuvvetler



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 24

Demiryolu Üstyapısı: Düşey Kuvvetler

Hat yüzeyine dik statik ve dinamik kuvvetlerdir.

1. STATİK KUVVETLER:

- Üstyapı ağırlığı
- Demiryolu taşıtlarının dingil ağırlıkları (16t-18t TR, 20t EU, 25t-32t US, 15t-16t JP)
- Dingil ağırlığı = f (Ray ağırlığı, Travers aralığı)
- UIC:
 - A: 16t/dingil
 - B: 18t/dingil
 - C: 20t/dingil
- Sanat yapılarında 1.0m başına düşmesi gereken ağırlık:
 - 2: 6.4t/m
 - 3: 7.2t/m
 - 4: 8.0t/m



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 25

Demiryolu Üstyapısı: Düşey Kuvvetler

Hat yüzeyine dik statik ve dinamik kuvvetlerdir.

2. DİNAMİK KUVVETLER:

- Dilatasyon derzlerindeki boyuna çarpma şoku (galop: hız, P_t ve bakım durumuna bağlı)
- Traversin oynaklaşması sonucu olan öndülasyonlar (çökme)
- Buharlı çekimde; piston kolu-bilye-iletim düzeni işleyişinde
- Buharlı çekimde kütle birikimi → atalet momenti



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu
November 3, 2015

Slide 26

Demiryolu Üstyapısı: Yatay Kuvvetler

Yol eksenine paralel, dik ve diğer kuvvetlerdir.

1. YOL EKSENİNE PARALEL YATAY KUVVETLER:

- Conta yerlerindeki şokların yatay bileşeni
- Buharlı çekimde bilyeye gelen kuvvetin yatay bileşeni
- Aderans kuvveti ($Z_a = G_a \cdot \mu_a$)
- Frenleme kuvveti ($P_f = K \cdot \mu_f$)
- Sıcaklık değişimine bağlı ray boyu değişimi

2. YOL EKSENİNE DİK YATAY KUVVETLER:

- Dengelenmemiş yanıl kuvvetler ($K: f(P, U)$)
- Hava hareketleri ile kayan tekerlek budeninun raya uyguladığı kuvvet

3. DİĞER YATAY KUVVETLER:

- Tekerleğin rayı kesmesi ile oluşan kuvvetler
- Lase ve galop hareketlerinden kaynaklanan kuvvetler



INS351 Toprak İşleri ve Demiryolu Mühendisliği (CRN: 13133), Güz 2015
Prof. Dr. Hilmi Berk Çelikoglu, Araş. Gör. Mehmet Ali Silgu

November 3, 2015

Slide 27