

INS 362
YOL ÜSTYAPISI
Y.DOÇ.DR. ALTAN ÇETİN
BARTIN ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK FAKÜLTESİ
2013-2014 BAHAR YARIYILI

Dersin Amacı

İnşaat mühendisliği öğrencilerine yol üstyapısından beklenen performans özellikleri anlatılarak, karışım ve yapısal tasarımının ana ilkeleri ve dizayn yöntemlerinin öğretilmesi

Ders Akışı

Hafta	Konular
1. Hafta	Giriş: Karayolu Üstyapı Tanımı Hizmet düzeyi kavramı ve yol yüzey özellikleri
2. Hafta	Üstyapı türleri ve karakteristikleri Üstyapı tipi seçim metodolojisi
4. Hafta	Esnek Üstyapı tabakaları (temel, alttemel ve bitümlü karışımlar) ve özellikleri
3. Hafta	Karayolu Üstyapısında Kullanılan Malzeme Özellikleri ve Deneyler (Agrega ve Bitüm)
5. Hafta	Bitümlü sıcak karışımların tasarımı (Marshall Tasarım Metodu)
6. Hafta	Esnek Üstyapıdan beklenen performans özellikleri ve bozulma tipleri

03.03.2014

Ders Akışı

Hafta	Konular
7. Hafta	Performansa dayalı karışım tasarımı (SUPERPAVE Tasarım Metodu)
8. Hafta	Üstyapıya gelen etkiler ve gerilme dağılışı
9. Hafta	Ara sınav
10. Hafta	Yapısal tasarım metodolojisi ve tasarım faktörleri Tasarımı için trafik yüklerinin hesaplanması
12. Hafta	Esnek Üstyapıların Yapısal Tasarım Yöntemleri: Ampirik ve Analitik Yöntemler
13. Hafta	Mekanistik-Ampirik Yöntemler(AASHTO Yöntemi)
14. Hafta	Esnek üstyapıların yapım ve bakım aşamaları
15. Hafta	Final Sınavı

03.03.2014

Ders Kaynakları

Yol Üstyapısı, İTÜ Yayınları, Prof.Dr. Faruk Umar, Prof. Dr. Emine AGAR
Kaplama mühendisliği ve uygulamaları, Asil Yayıncılık, Argun Tunç
Yol Malzemeleri ve Uygulamaları, Asil Yayın Dağıtım, Argun Tunç
Asfalt ve Uygulamaları, İsfalt Yayınları, Prof. Dr. Mustafa Ilıcalı
Huang, Y.H. (1993), «Pavement Analysis and Design», Prentice-Hall, New Jersey, 805 pp.
American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), «Guide for Design of Pavement Structures », Washington, D.C., 1993 (reference).

Ders Değerlendirme

Etkinlik	Değerlendirme %
Ara Sınav	20
Ödev	20
Final	60

03.03.2014

Bartın Üniversitesi_A.ÇETİN

6

GİRİŞ

Üstyapı Mühendisliği

Yol Üstyapısı:

- Yol üstyapısı karayolu mühendisliği için büyük önem taşımaktadır.
- Hızlı, güvenli ve rahat bir trafik akışı sağlamak için mevcut zemin üzerine inşa edilmiş trafik yüklerini taşıyan ve azaltarak taban zeminine ileten tabakalı yapıdır.

Yol üstyapısı görevlerini sıralarsak:

- Trafik yükünden dolayı oluşacak gerilmeleri , tabakalar boyunca dağıtmak ve taban zeminine aşırı yük gelmesini önlemek.
- Üzerinde konfor ve güvenlik sağlayabilecek , trafiğin akabileceği düzgün bir yüzey oluşturmak.
- Yol gövdesini ve yol altyapısını çevresel etkiye karşı korumak

Üstyapı Tasarımı (Projelendirilmesi):

- Hizmet ömrü boyunca, üzerinden geçen trafiği, büyük deformasyonlara ve çatlamalara maruz kalmadan, emniyetli bir şekilde taşıyabilecek
- *Üstyapının toplam kalınlığının,*
- *Tabakaların tek tek kalınlıklarının hesaplanması*
- *Kullanılacak malzemelerin özelliklerinin saptanmasıdır.*

Üstyapı (Kaplama) Mühendisliğinin Çalışma Alanları:

- Yol Üstyapı Malzemeleri
- Yol Üstyapılarının Yapısal Analizi
- Yol Üstyapılarının Tasarımı
- Yol Üstyapılarının Bakım ve Rehabilitasyonu
- Yol Üstyapı Yönetim Sistemleri

Yol üstyapısı «hizmet düzeyi» kavramına göre tasarlanmaktadır.

- Karayolu kaplamalarında hizmet düzeyi, yol yüzey performansına bağlıdır.
- Geçmişte yüzey performansında güvenlik ön plandayken, sürüş konforu ve maliyeti gibi faktörlerde dikkate alınmaya başlamıştır.

Yol Üstyapısı (Kaplama)

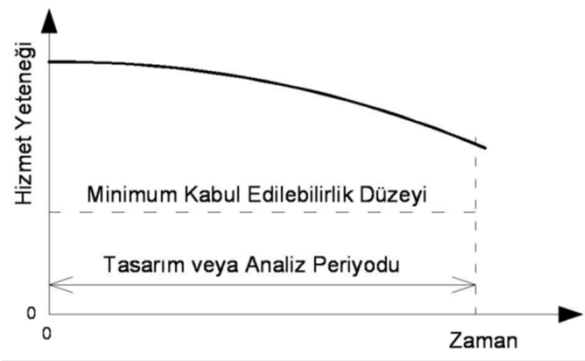
- Üstyapı performansının değerlendirilmesi, belirlenen kesimlerin detaylı olarak analizini içerir.
- Fonksiyonel veya performans analizi için seçilen bir zaman periyodunda üstyapı kesimlerine ait sürüş konforu ve trafik verilerine ihtiyaç duyulur.

Yol Üstyapısı (Kaplama)

- Sürüş kalitesindeki bozulma ile üstyapının servis verebilme yeteneği arasında doğrudan bir ilişki mevcuttur,
- Hatta üstyapının sürüş kalitesi ile servis verebilme yeteneği eşit kabul edilerek, bu iki parametreye birden hizmet yeteneği adı verilebilir.

Yol Üstyapısı (Kaplama)

- Bir üstyapıya ait hizmet yeteneğinin zamanla değişimi



Yol Üstyapısı (Kaplama)

- Üstyapı, sürüş memnuniyeti veya memnuniyetsizliği ile değerlendirilir ve ayrıca, bu değerlendirme sonucunda bakım, onarım veya yenileme kararları alınır.



YOL YÜZEY ÖZELLİKLERİ

Yolun yüzey özelliklerinin kontrolü aşamasında performans kriterleri:

Yol Yüzey Özellikleri

Taşıt lastiği ile yol yüzeyi arasında oluşan kayma-sürtünme katsayısının belirli bir seviyede olup olmadığı,
Günümüzde karayolu taşıt hızlarının artması ile sürüş konforu ve işletme maliyetleri (ekonomi) de önem kazanmıştır.

Yol yüzey özelliklerinin (tüm yol tipleri için) uluslararası tanımı (*The World Road Association-PIARC,1987*):

Yol Yüzey Özellikleri

- Yolun gerçek profilinin, yolun teorik profilinden sapmaları olarak belirtilmiştir.
- Yol yüzey özellikleri, bu sapmaların dalga boyuna (λ) bağlı olarak, **yol yüzey dokusu** ve **geometrik düzgünlüğü** olmak üzere iki ana kısma ayrılmıştır.

Yol Yüzey Dokusu :

Mikrodoku $\lambda < 0.5\text{mm}$.

Makrodoku $0.5 \text{ mm} < \lambda < 50 \text{ mm}$.

Megadoku $50\text{mm} < \lambda < 500 \text{ mm}$.

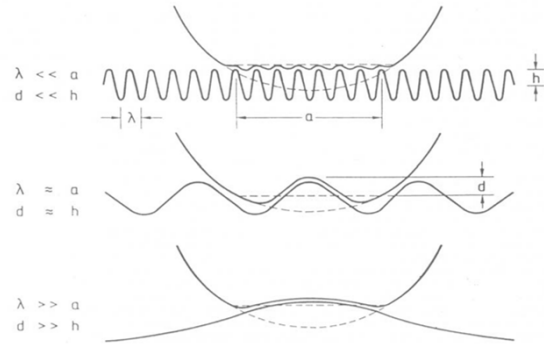
Geometrik Düzgünlük :

Boyuna Geometrik Düzgünlük $0.5 \text{ m} < \lambda < 50 \text{ m}$.

Enine Geometrik Düzgünlük $0.5 \text{ m} < \lambda < 50 \text{ m}$.

Yol Yüzey Özellikleri

Yol Yüzey Özellikleri



Yol Yüzey Özellikleri



Geometrik Düzgünlük

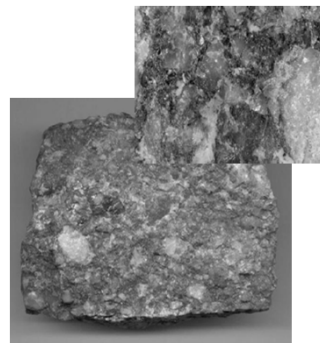


Mega Doku

Yol Yüzey Özellikleri

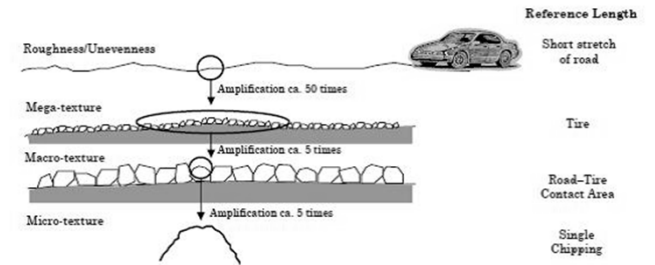


Makro Doku



Mikro Doku

Yol Yüzey Özellikleri



YOL YÜZEY ÖZELLİKLERİNİN YOLUN PERFORMANSINA ETKİLERİ

Performans Kriterleri

- **Güvenlik açısından**
 - Kayma Direnci
 - Yol tutuşu
 - Su sıçratma
 - Optik özellikler

Performans Kriterleri

- **Ekonomik açıdan**
 - Lastik Aşınması
 - Taşıt Yıpranması
- **Konfor ve çevresel açıdan**
 - Yuvarlanma Gürültüsü

Güvenlik

Karayolunun en önemli performans kriteri güvenlidir. Bir karayolunda güvenliği, genellikle yol yüzeyinin kayma direncine, taşıtın yolda yol tutuşuna, optik özelliklerine ve su sıçratmasına bağlıdır.

Kayma direnci

Yol yüzeyinde ıslak halde belirli bir seyir hızında olan taşıtın tekerlek lastiği ile yol yüzeyi arasında oluşan kayma-sürtünme katsayısının belirli bir seviyesi olarak tanımlanır.

Yol yüzeyinin mikro dokusuna ve makro dokusuna bağlıdır. Yol yüzeyinin mikro dokusu, yol yüzeyindeki su filmini parçalayarak, tekerlek lastiğinin agrega ile temasını sağlar.

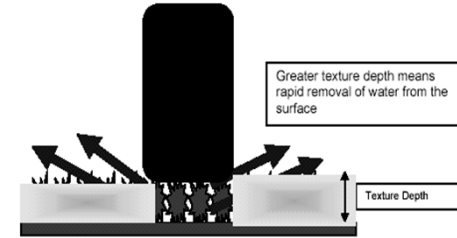
Yol Tutuşu

Sürücünün güvenli bir sürüş yapabilmesi için, taşıt tekerlek lastiğinin yol yüzeyine yeteri oranda temas yapması gerekmektedir. Tekerlek lastiğinin yol yüzeyi ile en iyi temasının olduğu durum, tekerlek lastiğinin düşey hareketinin olabildiğince sabit olduğu durumdur.

Su sızratma

Yol yüzeyinin su sızratmasının azaltılması için drenajının çok iyi olması ve yol üzerindeki su filmi kalınlığının en düşük seviyelerde olması gerektiği bilinmektedir.

Yol en kesitinin çatı eğiminin yeterli seviyede olmaması ve yol yüzeyinde oyuk ve deliklerin olması, su birikintisi miktarını artıracığı için su sızratmanın da artacağı aşıkardır.



Yüzey dokusundaki derinliğin fazla olması suyun yüzeyden hızlı bir şekilde uzaklaşmasını sağlamaktadır.

Optik özellikler

Kaplama üzerindeki yatay işaretlemenin gündüz ve gece boyunca iyi şekilde görülebilmesi

Yol güvenliği ile ilgili optik özellik tanımlanabilir:

- Yol yüzeyi, otomobil far ışığının yol yüzeyinden yansıyıp karşı şeritten geçmekte olan taşıt sürücüsünün gözünü almayacak şekilde uygun yansımaya açısını sağlayacak bir yol yüzey dokusuna sahip olmalıdır.

Güvenlik performans kriterleri

- Bir yolda yüksek bir kayma-sürtünme elde edebilmek için, yüksek mikro dokulu, düşük makro dokulu yol yüzeyine sahip olmak;
- Yol yüzeyinin su sıçratmasını önlemek için yüksek makro dokulu bir yapıya sahip olmak;
- Optik özellikleri iyi olan bir yolun sağlanabilmesi için makro dokusu yüksek olan bir yol yüzeyine sahip olmak gereklidir.

Güvenlik performans kriterleri

Karayolunda taşıtın yol tutuşunun arttırılabilmesi için, enine ve boyuna geometrik düzgünlükten kaçınılmalı;

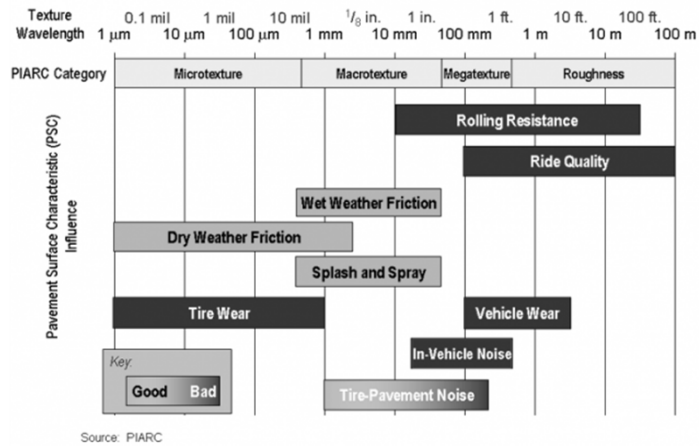
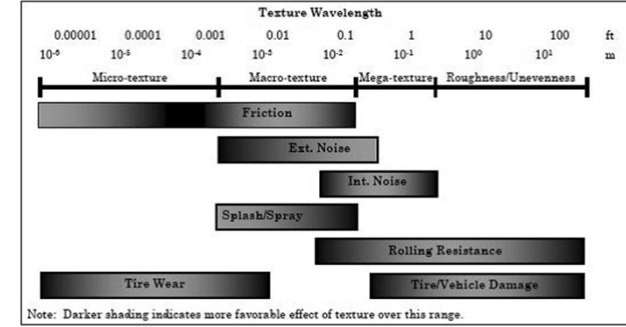
Dinamik yüklerin oluşmasını önlemek amacıyla mega doku ve boyuna geometrik düzgünlük azaltılmalıdır.

Ekonomik performans kriterleri:

- Taşıt lastik aşınmasının minimize etmek için mikro pürüzlüğünün azaltılmasına ihtiyaç duyulur.
- Taşıtın aşınmasının azaltılması için yüksek makro dokudan ve boyuna geometrik düzgünlükten kaçınılmalıdır.

Konfor ve Çevre performans kriterleri:

- Konfor için yüksek makro doku, mega doku ve düşük frekanslı boyuna geometrik düzgünlükten kaçınılmalı;
- Trafik gürültüsü ve taşıt içindeki gürültü açısından ise, her türlü mega dokudan kaçınılmalıdır.

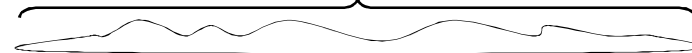
**DÜZGÜNSÜZLÜK:**

-Boyuna profil, konforu etkileyen en önemli parametrelerden birisidir.

-Yolun neresinde tümsek ve çukurların olduğu tespit edilir.

-Profillerden, sürüş konforunu gösteren RN ve IRI gibi düzgünlük indisleri hesaplanabilir.

Boyuna Düzgünlük



Boyuna yükseklik profili

Yol Geometrik Düzgünlüğü Enine ve Boyuna Profilin Sürekliliği

- Enine ve boyuna profil, teorik profilden çok az farketmeli, girinti, çıkıntı olmamalıdır.
- Yol yüzeyinin düzgünlüğü işletme konforunu sağladığı gibi işletme masraflarını da azaltır.
- Yol profilinin sürekli olabilmesi, taban zemininin iyi sıkıştırılmasına, yol üstyapısı tabakalarının yeterli kalınlıkta yapılmasına ve istenilen mekanik özellikleri sağlmasına bağlıdır.

ÜSTYAPI PERFORMANSI

- Üstyapı değerlendirmesi yapmak, yolun performansının belirlenmesi ile gerçekleşir.
- Üstyapı performansı (Hizmet kabiliyeti): İlerleyen zamana karşın, kaplamanın, sürüş konforu ve güvenliğini sağlayabilme yeteneğidir.

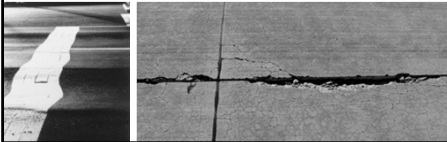
ÜSTYAPI PERFORMANSI

Fonksiyonel (İşlevsel) performans

1-Sürüş Konforu
(Düzgünsüzlük)

2-Kayma Direnci




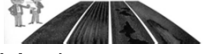
3-Yüzey Bozuklukları:



Yapısal performans

-Yapısal dayanım

ÜSTYAPI PERFORMANS ÖLÇÜMLERİ

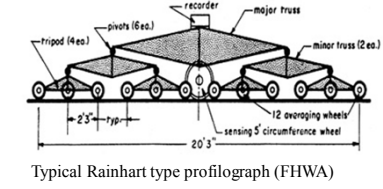
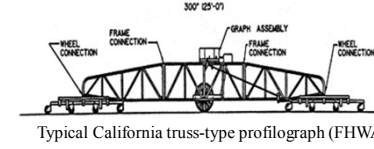
ÖLÇÜM AMACI	ÖLÇÜM ARACI	ÖLÇÜM SONUCU
Rahatlık(sürüş konforu) ve Güvenlik	Profilometre 	Profil (IRI, RN, Rutting vs.)
Güvenlik	Sürtünme Ölç.Cihazı 	Kayma sayısı(SN)
Yapısal Dayanımı (Mukavemeti)	Deflektometre 	Deformasyon
Kaplama Bozuklukları	Gözlem(Kamera) 	Çatlak, Çukur, Soyulma, Yama, Kusma vb.

Yolun geometrik düzgünlüğünün ölçülmesi :

Düzgünlüğün ölçülmesi için çeşitli aletler geliştirilmiştir. Bu aletlerin ilkesi :

- Boyuna profilin saptanması,
- Hareket halindeki bir taşıt üzerinde, yoldaki girinti ve çıkıntıların, çukurluk ve tümseklerin oluşturduğu itmenin kaydedilmesidir.

Yolun geometrik düzgünlüğünün ölçülmesi :



Yolun geometrik düzgünlüğünün ölçülmesi :



Truss-type profilograph and output data

Yüksek Hızlı Lazer Profilometreler

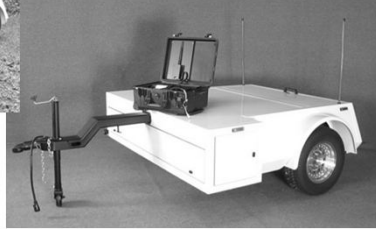


Simple Profiling System

Yüksek Hızlı Lazer Profilometreler



Multiple Purpose Profiler



Yol Yüzey Özellikleri

Yüksek Hızlı Lazer Profilometreler

- Tekerlek İzi
- Geometrik Düzgünlük
- Makro ve Megadoku
- Rijit Kaplama Bozuklukları (Derzler)

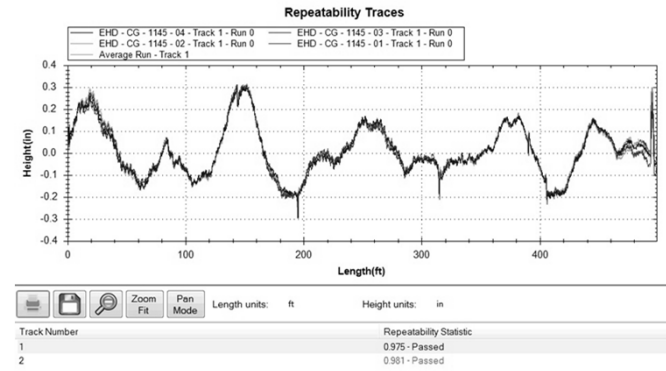
Yol Yüzey Özellikleri

Yüksek Hızlı Lazer Profilometreler



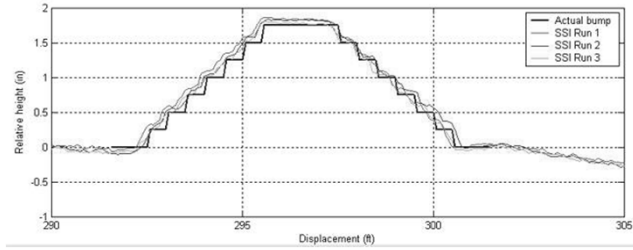
Yol Yüzey Özellikleri

Yolun geometrik düzgünlüğünün ölçülmesi :



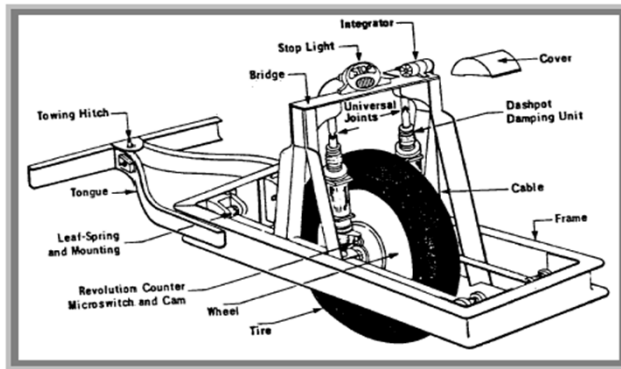
Yol Yüzey Özellikleri

Yolun geometrik düzgünlüğünün ölçülmesi :



Tepki tipli ölçü sistemi
Response Type Road Roughness
Measurement Systems

Tümsek Ölçer
(Bump Integrator)



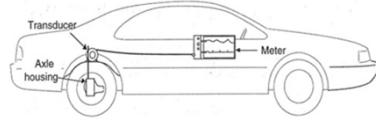
Tümsek Ölçer
(Bump Integrator)

Yol yüzeyi ve sürüş kalitesini ölçen cihazlardan biridir. Uygun bir araç tarafından çekilerek kullanılır.

Standart yaprak ve darbe emici yaylar aracın dikey harekette bağımsız olması için tasarlanmıştır.

Bu cihazlar şasi algılama yeteneğine sahip olan entegratör birimi sayesinde yüzey düzensizliğini ve sürüş kalitesini belirlenmesinde kullanılır.

Mayes Sürüş Ölçer (Mayes Ride Meter)

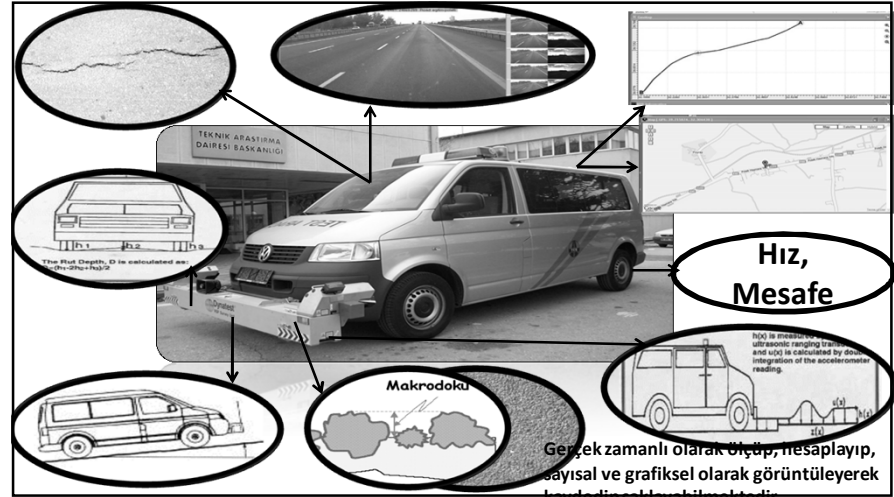
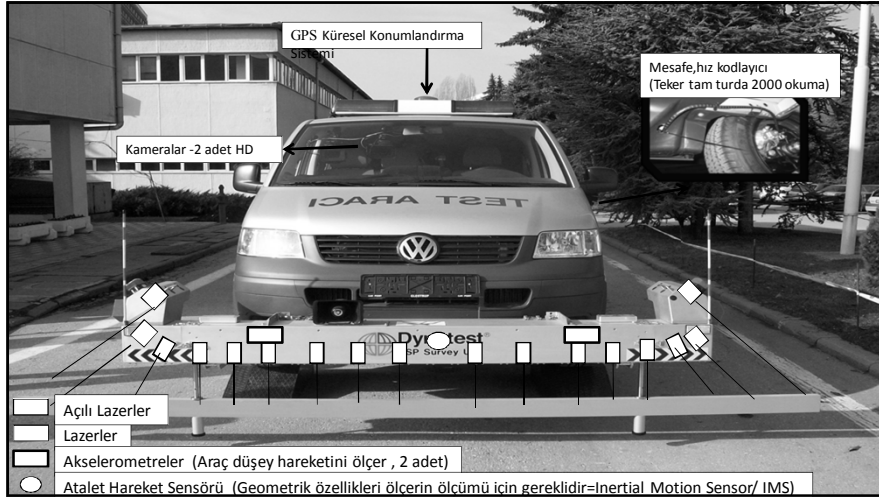


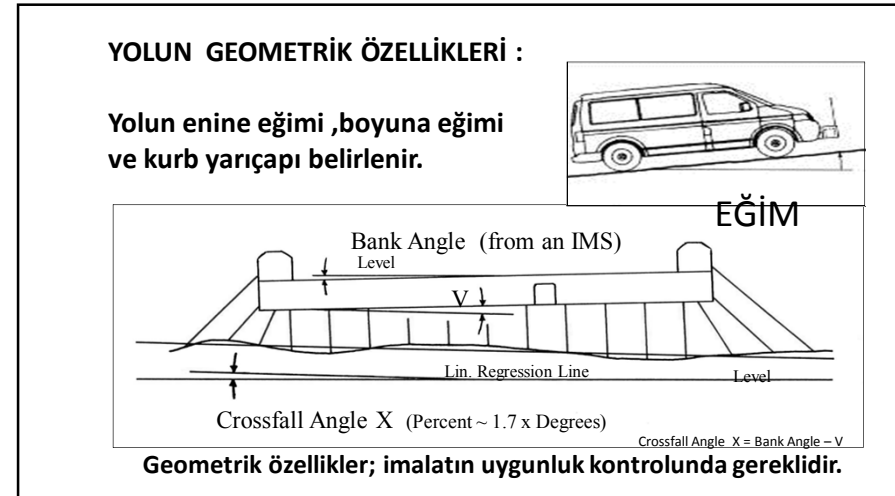
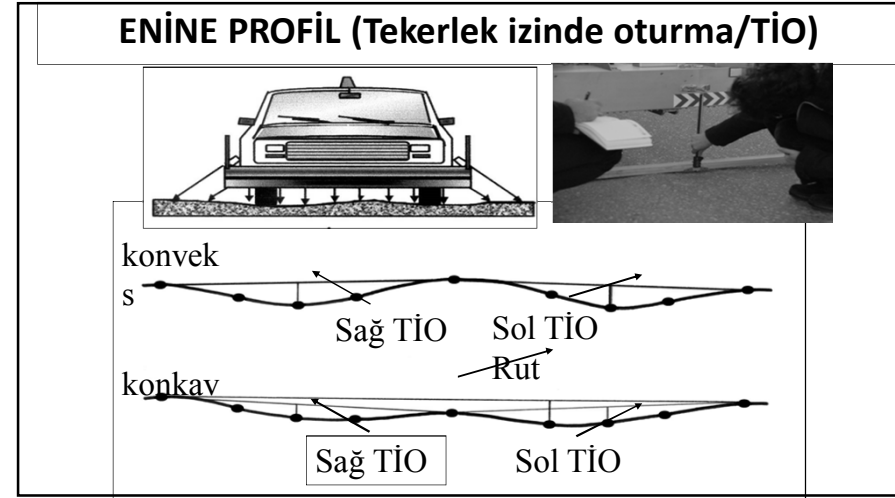
Response-type Road Roughness Meter

YOL PERFORMANS ÖZELLİKLERİNİN ÖLÇÜMÜNDE KULLANILAN "PROFİLOMETRE ÖLÇÜM CİHAZI"



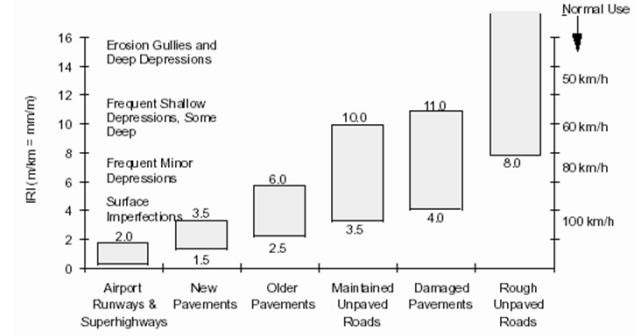
Cihaz, Dünya Bankası Teknik Bildirisi No: 46'ya uygun olarak ve ASTM E950 Sınıf 1 kalitesinde üretilmiştir. Sistem Volkswagen Transporter araç üzerine montelidir.



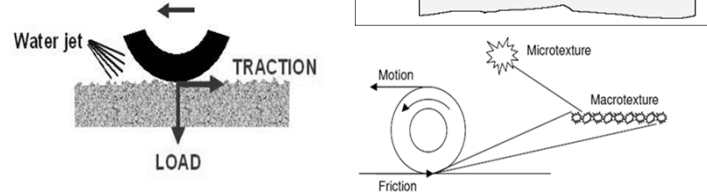


Uluslararası Geometrik Düzgünlük İndeksi (International Roughness Index-IRI)

- Tüm ülkelerin kabul edebileceği standart bir geometrik düzgünlük indeksi elde etmek amacıyla
- Brezilya, Fransa, İngiltere ve Belçikada yapılan Uluslararası Yol Geometrik Düzgünlüğü Deneyleri sonucunda geliştirilmiştir.
- Ölçümlerin sonuçları (m/km) veya (mm/m) şeklinde verilmektedir.



KAYMA DİRENCİ:



Kayma Direnci, seyahat edilen yol yüzeyi ile araç tekerleği arasındaki kaymaya karşı gösterilen dirençtir.

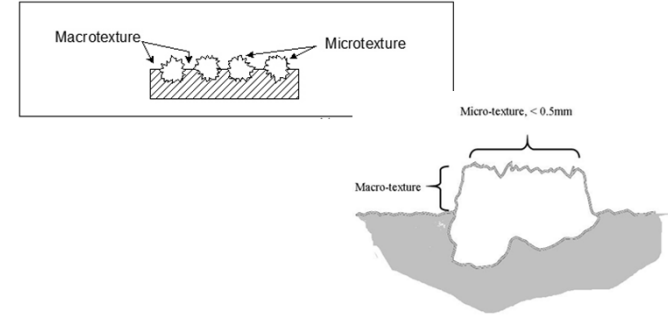
67

Yol Yüzey Dokusu (Pürüzlülük)

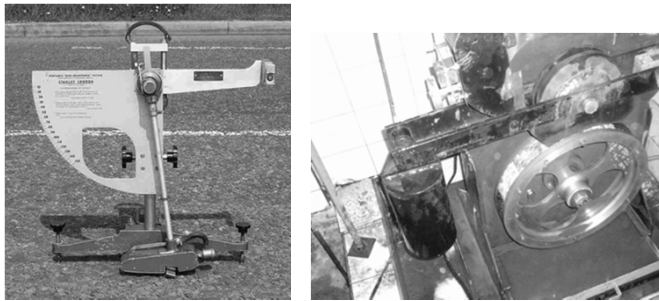
Yol yüzeyinin pürüzlülüğü taşıtlara uygun bir frenlenme ve iyi bir yanıl denge imkanı sağlamak için gereklidir.

Tekerlek lastiği ile yol yüzeyi arasında iyi bir aderans sağlanması :

- Kaplama tabakasının agregası keskin kenarlar içermeli ve bunu uzun süre korumalıdır. Agreganın kolay cilalanmayan, kırılmayan sert agregadan oluşması gerekir.
- Kaplama tabakası pürüzlülük sağlayacak dişli bir dokuya sahip bulunmalıdır.



Yolun yüzey dokusunun (pürüzlülüğünün) ölçülmesi :



The British Pendulum Tester (ASTM E 303)

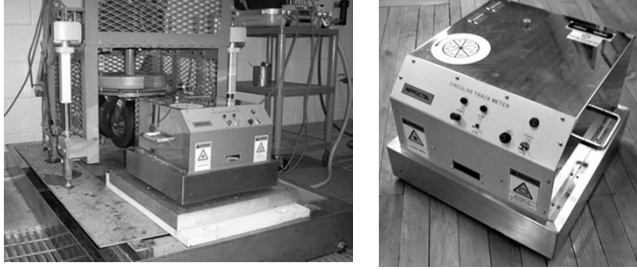
Yolun yüzey dokusunun (pürüzlülüğünün) ölçülmesi :



Dynamic Friction Tester (DF tester)

Yol yüzey dokusunun (pürüzlülüğünün) ölçülmesi :

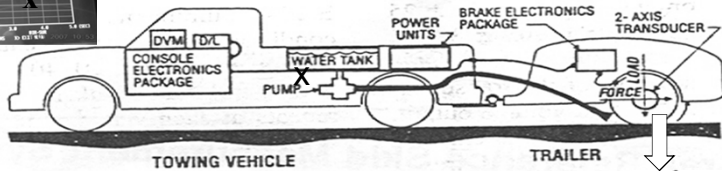
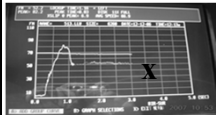
Yol Yüzey Özellikleri



The Circular Texture Meter uses a laser-displacement sensor to measure the vertical profile of a pavement surface.



Sürtünme Cihazı Ölçüm Prensi



Cihaz, ASTM E-274 standardına uygun üretilmiştir. Kayma sayısı aracın, 64 km/saat hızla gidişi sırasında test lastiğine su püskürtülerek uygun frenleme yapmak suretiyle tekerinin kilitleyip, aracın yol yüzeyi üzerinde kayması sonucunda ölçülmektedir.



ASTM E 501
Yollar için üretilir.

Sürtünme Cihazı Ölçüm Prensi

Yol yüzey sürtünmesi, kayma sayısı (SN) ile ifade edilir. SN, kaplama ile temas halindeki test lastiğine uygulanan yatay kuvvetin, lastik üzerindeki düşey dinamik yüke oranıdır. SN sayısı 0 ile 100 arasında değişen bir değerdir. SN'nin büyük olması yol yüzeyi ile tekerlek arasındaki sürtünmenin fazla olduğunu diğer bir deyişle kayma direncinin iyi olduğunu gösterir.

Tekerleğin kilitlemesinden dolayı, yatay düzleme uygulanan kuvvet miktarı

Düşey düzleme uygulanan kuvvet miktarı

SN=Skid number (Kayma sayısı , sürtünme sayısı)

ASTM E 501
Yollar için üretilir.

Sürtünme Cihazı Ölçüm Prensipleri

Yol yüzey sürtünmesi, kayma sayısı (SN) ile ifade edilir. SN, kaplama ile temas halindeki test lastiğine uygulanan yatay kuvvetin, lastik üzerindeki düşey dinamik yüke oranıdır. SN sayısı 0 ile 100 arasında değişen bir değerdir. SN' nin büyük olması yol yüzeyi ile tekerlek arasındaki sürtünmenin fazla olduğunu diğer bir deyiş ile kayma direncinin iyi olduğunu gösterir.

$$SN = \left(\frac{\text{Kuvvet}}{\text{yük}} \right) \times 100$$

↙
Tekerleğin kilitlemesinden dolayı, yatay
düzleme uygulanan kuvvet miktarı

↘
Düşey düzleme uygulanan
kuvvet miktarı

SN=Skid number (Kayma sayısı , sürtünme sayısı)

KARAYOLU ÜSTYAPI TİPLERİ (Road Pavement Types)

Karayolu Üstyapı Tipleri

- Yol Üstyapısı–trafik yüklerini taşıyan ve gerilmeleri dağıtmak üzere, yolun taban yüzeyi üzerine yerleştirilen seçilmiş ve işlenmiş malzemelerden oluşan tabakalı sistem
- Yol üstyapıları, yük ve çevresel koşullar altındaki davranışları ve oluşturuldukları malzemeye bağlı olarak iki ana gruba ayrılır:
 - ❑ Esnek Üstyapılar
 - ❑ Rijit Üstyapılar

Karayolu Üstyapı Tipleri

- Esnek Üstyapılar : Asfalt Betonu Kaplamalar (Bitümlü Sıcak Karışımlar- BSK)

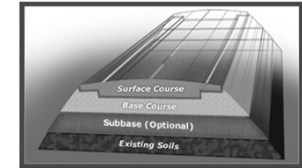


- Kompozit Kaplamalar: BSK ve Beton kaplamaları içeren

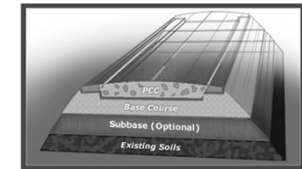
- Rijit Üstyapılar: Portland Çimento Bağlayıcı Beton Kaplamalar (çimento, agrega ve su karışımları)

Karayolu Üstyapı Tipleri

- Esnek Üstyapılar : bitümlü veya granüler malzemeden oluşan **temel**, granüler malzemeden oluşan **alttemel** üzerine serilen **bitümlü yüzey tabakasından** oluşmaktadır.
- Rijit Üstyapılar: Genel olarak granüler bir **alttemel tabakası** üzerine oturan **Portland Çimento Betonu** plaktan oluşan çoğu zaman **temel tabakasına ihtiyaç duyulmayan** üstyapı tipidir.



Typical Flexible Pavement

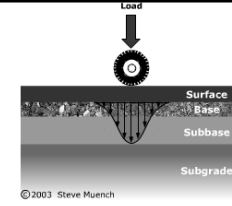


Typical Rigid Pavement

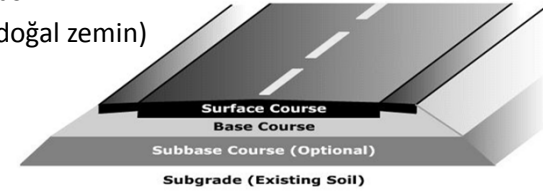
- Esnek Üstyapılar - yüzey tabakası bitümlü (veya asfalt) malzemelerden oluşan, trafik yükleri altında toplam üstyapı tabakalarının kırılmadan bir miktar şekil değiştirebilmesinden dolayı «esnek» olarak isimlendirilirler.
- Esnek Karayolu Üstyapısı – esnek yapıda olan tabakalardan oluşur.

Esnek Üstyapı Tabakaları:

- Yüzey Tabakası
- Temel Tabakası
- Alttemel Tabakası
- Taban Zemini (doğal zemin)



Flexible Pavement

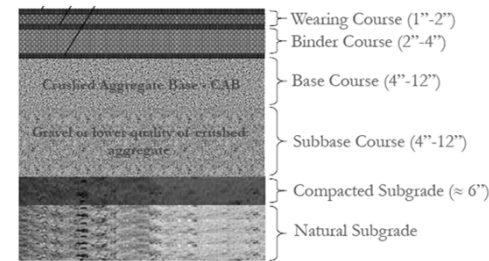


Esnek üstyapıyı oluşturan tabakalardaki **malzeme kalitesi alttan üst tabakalara çıkıldıkça azalmaktadır.**

Üst tabakalarda (Asfalt tabakalar) yüksek taşıma gücüne sahip malzemeler (pahalı malzemeler)

Alt tabakalarda ise (Alttemel ve temel) kısmen daha düşük taşıma gücüne sahip malzemeler (daha az pahalı malzemeler)

Esnek Üstyapının Temel Elemanları



Esnek Üstyapının Temel Elemanları

- Asfalt betonu genellikle **agrega ve bitümlü bağlayıcı** karışımından oluşmaktadır.

- **Yüzey tabakasının görevi**, yüksek dingil yüklerine ve taşıt lastiklerinin aşındırmasına karşı bozulmadan dayanmak,

Yüzey Tabakası

- Yeterli düzeyde bir kayma-sürtünme için yuvarlanma yüzeyi sağlamak
- Karayolu üstyapısını suyun zararlarından korumak
- Yüzey tabakasının kalitesi, uygun **malzemelerin kullanılması** ve iyi bir **asfalt karışım tasarımına** bağlıdır.

- Yüzey Tabakası- trafik yükleri ile temas halindedir.

- Bozulmalara karşı yeterli düzeyde bir yapısal dayanım (stabilite, tekerlek izi dayanımı) ve işlevsel performansa (sürtünme, düzgünlük, ses kontrolü vb.) sahip olmalıdır.
- Yüzey suyunun temel alttemel ve taban zeminine girmesini önlemeli
- En üst yapısal tabaka aşınma ve binder tabakalarından oluşmakta ve bitümlü sıcak karışımlardan imal edilmektedir.



Yapıştırıcı, hangi araç ve gereçle serilirse serilsin, malzeme yüzeye düzgün ve homojen bir şekilde ve 0.15-0.50 litre/m² olacak miktarda uygulanacaktır. Yüzeyin durumuna göre uygulanacak yapıştırıcı malzemenin kesin miktarı Kontrol Mühendisi tarafından saptanacaktır. Yola dökülen malzemenin bu saptanan miktara uyup uymadığı arazide ölçülecektir.





Tablo-407-1 Binder Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu	% GEÇEN
25 mm (1")	100
19 mm (3/4")	80 - 100
12,5 mm (1/2")	58 - 80
9,5 mm (3/8")	48 - 70
4,75 mm (No. 4)	30 - 52
2,00 mm (No.10)	20 - 40
0,425 mm (No. 40)	8 - 22
0,180 mm (No. 80)	5 - 14
0,075 mm (No. 200)	2 - 7

Tablo-407-2 Aşınma Tabakası İçin Gradasyon Limitleri

Elek Boyu	TIP-1	TIP-2
19 mm (3/4")	100	100
12,5 mm (1/2")	83 - 100	100
9,5 mm (3/8")	70 - 90	80 - 100
4,75 mm (No. 4)	40 - 55	55 - 72
2,00 mm (No. 10)	25 - 38	36 - 53
0,425 mm (No. 40)	10 - 20	16 - 28
0,180 mm (No. 80)	6 - 15	8 - 16
0,075 mm (No. 200)	4 - 10	4 - 10

Tablo-407-6 Asfalt Betonunun Dizayn Kriterleri

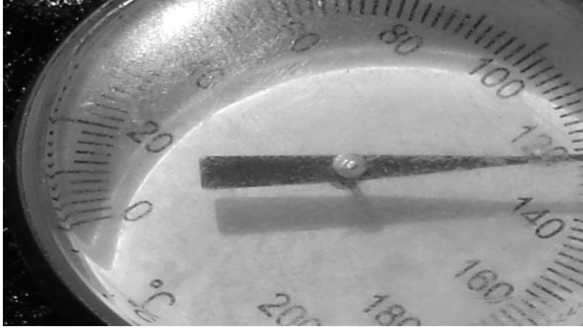
ÖZELLİKLER	BİNDER		AŞINMA	
	min.	maks.	min.	maks.
BRIKET YAPIMINDA UYGULANACAK DARBE SAYISI	75		75	
MARSHALL STABİLİTESİ, Kg.	750	—	900	—
BOŞLUK, %	4	6	3	5
ASFALTLA DOLU BOŞLUK, %	60	75	65	75
AGREGALAR ARASI BOŞLUK, (VMA) %	13	—	14	—
AKMA, mm (10 ⁻² inç)	2 (8)	4 (16)	2 (8)	4 (16)
FİLLER/BİTÜM ORANI	—	1,4	—	1,5
BITÜM (Ağırlıkça, 100' e)	3,5	6,5	4,0	7,0

Tablo-407-3 Kaba Agreganın Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

DENEY	ŞARTNAME LİMİTLERİ		DENEY STANDARDI
	BİNDER	AŞINMA	
AŞINMA KAYBI (Los Angeles), maksimum %	35	30	TS 3694 (ASTMC-131)
HAVA TESİRLERİNE KARŞI DAYANIKLILIK (dozma deneyi, Na ₂ SO ₄ ile) kayıp, maks. %	12	10	TS 3655 (ASTM C- 88)
KIRILMIŞLIK (en az iki yüzü) ağırlıkça, minimum %	100	100	—
YASSILIK İNDEKSİ maksimum %	35	30	BS 812
CİLA LANMA DEĞERİ minimum %	—	50	TS EN 1097-8
SU ABSORPSİYONU maksimum %	2,5	2,0	TS 3526 (ASTMC-127)
SOYULMA MUKAVEMETİ minimum %	50	50	EK-A
KİL TOPAKLARI VE UFALANABİLİR TANELER, maksimum %	0,5	0,5	ASTM C-142
*SIKIŞTIRILMIŞ BITÜMLÜ KARIŞIMLARIN SUDAN KAYNAKLANAN BOZULMALAR KARSİ DİRENÇİ, İndirek Çekme Mukavemeti Oranı, min. %	80	80	AASHTO T-283

* Bu deney zorunlu değildir, gerek görülürğünde yapılacaktır.



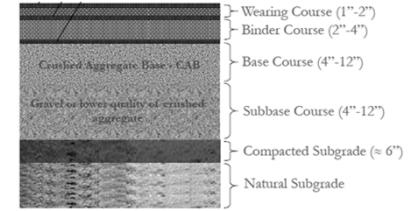


Karışım yola serildikten hemen sonra sıkıştırma işlemine başlanacaktır. Silindiraja başlandığında karışımın sıcaklığı 130°C' nin altında olmayacak ve karışımın sıcaklığı 80°C' nin altına düşmeden sıkıştırma işlemi tamamlanmış olacaktır.

- Genellikle kırılmış taş veya çakıl gibi granüler malzemelerden oluşur
- Temel tabakasında kullanılan malzeme kalitesi dayanım ve granülometri açısından alttemele göre daha iyidir.
- Tabaka özellikleri portland çimentosu, bitüm ve kireç gibi malzemelerle stabilize edilerek iyileştirilebilir.

Temel Tabakası

- Temel Tabakası – hemen yüzey tabakası altındaki tabakadır.
- Yükün dağıtılmasına ve suyun drenajına yardım eder.
- Temel tabakaları genellikle granüler malzeme (kırılmış agrega), stabilize granüler malzeme (çimento, kireç, uçucu kül) ve ya bitümlü sıcak karışımlardan inşa edilir.



Tablo-402-3-Granüler Temel Tabakası Gradasyon Limitleri

ELEK AÇIKLIĞI		% GEÇEN		
mm	inç	A	B	C
50	2	100		
37.5	1 1/2	80 - 100	100	
25	1	60 - 90	70 - 100	100
19	3/4	-	60 - 92	75 - 100
9.5	3/8	30 - 70	40 - 75	50 - 85
4.75	No.4	25 - 55	30 - 60	35 - 65
2.00	No.10	15 - 40	20 - 45	25 - 50
0.425	No.40	8 - 20	10 - 25	12 - 30
0.075	No.200	2 - 8	0 - 12	0 - 12

Tablo-402-4-Granüler Temel Tabakası Sıkıştırma Kriterleri

Minimum % Sıkıştırma	98	Modifiye Proctor TS 1900 ASHTO T - 180
	95	Titreşimli Tokmak TS 1900 BS 1377
Optimum Su İçeriği %	$W_{opt} - 2$ – $W_{opt} + 1$	Modifiye Proctor Titreşimli Tokmak



Tablo-402-1 Kaba Agregamın Fiziksel Özellikleri

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI
2 mm elek üzerinde kalan agregamın hava tesirlerine karşı dayanıklılık (donma) deneyinde Na ₂ SO ₄ ile kayıp, Maksimum %	15	TS 3655 AASHTO T-104
Aşınma Kaybı (Los Angeles), Maksimum %	40	TS 3694 AASHTO T-96
Kil Topağı ve Dağılılabilen Tane Oranı, Maksimum %	(4.75 mm eleküstü) 1.0	ASTM C-142
Organik Madde, %	Bulunmayacak	AASHTO T-194
Diğer zararlı maddeler, Maksimum %	1.0	



Genellikle taşıma kapasitesi açısından temel tabakasından daha düşük, taban zemininden daha yüksek kalitede malzeme içerir

Alttemel Tabakası

Bu tabaka genellikle belirli gradasyonda kaba ve ince agrega karışımının optimum su muhtevasında sıkıştırılmasıyla oluşturulur.

- Alttemel Tabakası- temel tabakası ve taban zeminini arasındaki tabakadır.
- Esas olarak üstteki tabakalara yapısal bir destek sağlar. Ayrıca, taban zemininden üstü yapı içerisine ince malzemelerin (kil ve silt) girmesini önler ve drenajı iyileştirir.
- Alttemel tabakasına her zaman gerek duyulmayabilir.

Tablo-401-1 Alttemel Malzemesi Gradasyon Limitleri

ELEK AÇIKLIĞI		TİP-A % GEÇEN	TİP-B % GEÇEN
mm	inç		
75	3	100	
50	2	-	100
37.5	1 1/2	85 - 100	80 - 100
25	1	-	60 - 90
19	3/4	70 - 100	-
9.5	3/8	45 - 80	30 - 70
4.75	No.4	30 - 75	25 - 60
2.00	No.10	-	15 - 40
0.425	No.40	10 - 25	10 - 20
0.075	No.200	0 - 12	0 - 12

Tablo 401-2 Alttemel Malzemesinin Fiziksel Özellikleri

DENEY ADI	ŞARTNAME LİMİTLERİ	DENEY STANDARDI
2 mm elek üzerinde kalan agreganın hava tesirlerine karşı dayanıklılık (donma) deneyinde Na ₂ SO ₄ ile kayıp. Maksimum %	20	TS-3655 AASHTO T - 104
Aşınma kaybı (Los Angeles) Maksimum %	50	TS-3694 AASHTO T - 96
Likit Limit, Maksimum %	25	TS-1900 AASHTO T - 89
Plastisite İndeksi, Maksimum %	6	TS-1900 AASHTO T - 90
Kütle Topağı ve Dağılılabilen Tane Oranı, Maksimum %	İri Malzeme (4.75 mm elek üstü)	ASTM C-142
	İnce Malzeme (4.75 mm elek altı)	
Organik Madde %	1	AASHTO T-194







- Yolun yatay güzergahı boyunca yerleştirilen ve yol üstyapısına temel teşkil eden taban zemini (tesviye yüzeyi)
- Taban malzemesi, iyi sıkıştırılmış ödünç malzemesi ile teşkil edilebilir.
- Bazen üstteki 15-20 cm kısım maksimum yoğunlukta sıkıştırılmadan önce üniform bir malzeme ile karıştırılır.
- Taban zemini gereksinim duyulduğu durumlarda taşıma kapasitesinin iyileştirilmesi için farklı malzemeler ile stabilize edilebilir.

Taban Zemini:

Taban Zemini

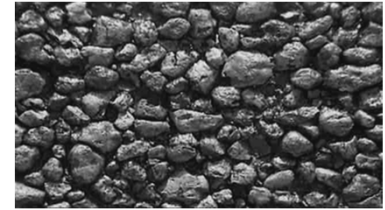


Esnek Üstyapı Tipleri



*Sıcak Asfalt Kaplamalar
(Hot-Mix Asphalt Pavement)*

*Sathi Kaplamalar
Seal Coat Pavement
(a.k.a. Chip Seal, Surface
Treatment)*



Bitümlü Sıcak Karışımlar (BSK)'ın üretiminde;

- ❑ 145-160°C sıcaklıkta kurutulmuş ve ısıtılmış agregayla, yaklaşık aynı sıcaklığa kadar ısıtılarak viskoz sıvı hale getirilmiş bitüm, karışım dizaynı oranlarına uygun olarak plentte karıştırılmaktadır.
- ❑ Karışımdaki agrega ve bitüm oranları karışımın kullanılacağı tabakaya ve özelliğine bağlı olarak değişmekle birlikte karışımın yaklaşık %95'i agrega %5'i bitümdür.

- ❑ Kullanılan agrega, kırmataş, kırma çakıl veya bunların karışımından ibaret olup şartnamesinde belirtilen kriterleri sağlaması gerekmektedir.
- ❑ Agrega kaba, ince ve mineral filler içerecek şekilde en az 3 ayrı tane boyutu grubunun belirli oranlarda karıştırılmasıyla elde edilmektedir.
- ❑ 40/60, 50/70 ve 70/100 penetasyonlu bitümler kullanıldığı gibi modifiye bitümler de kullanılmaktadır.

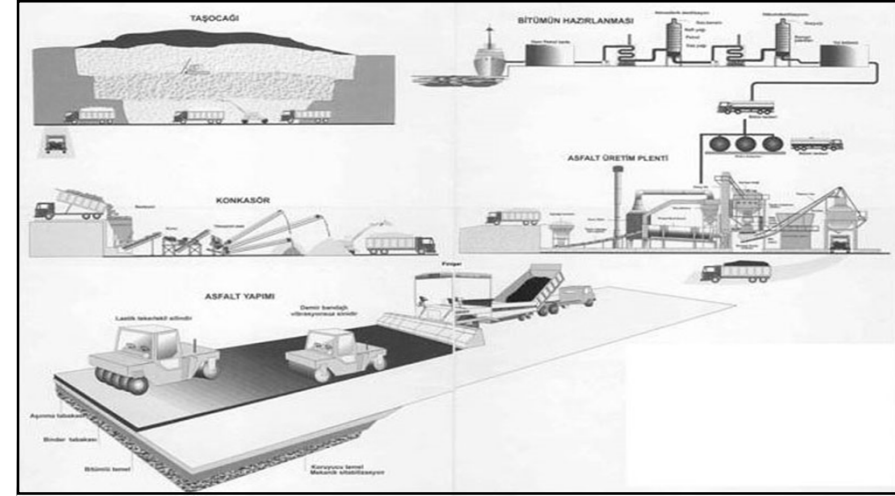
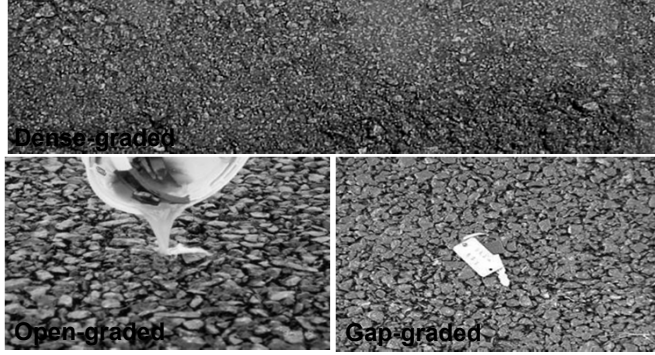
***Typical Flexible Pavement Configuration
High Traffic Volume***

Hot Mix Asphalt Surface	Tack Coat
Hot Mix Asphalt Binder Course	Prime Coat
Stabilized Base	Prime Coat
Granular Subbase	
Natural Subgrade	

***Typical Flexible Pavement Configuration
Low Traffic Volume***

Hot Mix Asphalt Surface	Prime Coat
Granular Base	
Natural Subgrade	

Types of Flexible Pavement

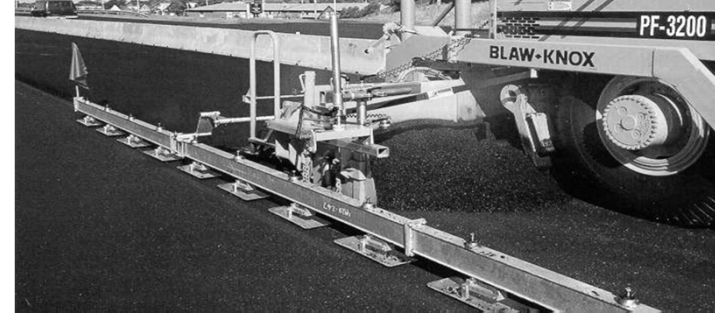


BSK Serilecek Yüzeyin Hazırlanması :

- ❑ BSK tabakası bağlayıcısız granüler temel tabakasının üzerine serilecekse, temel tabakası stabil ve yüzeyi kuru olmalıdır.
- ❑ Granüler temel tabakası seriminden kısa bir süre sonra yüzey asfalt tabakası ile kaplanacaksa, astar uygulamasına gerek yoktur.
- ❑ Temel tabakasının uzun süre açık kalması ve trafiğe açılması halinde, yüzeye bitümlü astar malzemesi uygulanmalıdır.
- ❑ Genellikle Katbek bitümler (MC-30 veya MC-70) astar malzemesi olarak kullanılır. Ayrıca, asfalt emülsiyonu da başarıyla uygulanabilir.
- ❑ BSK serimi başlamadan en az 48 saat önce, astar malzemesi distribütörü ile temel tabakası üzerine yayılır.

❑ BSK Serimi:

- Hava sıcaklığının 5°C'ın üzerinde olduğu yağışsız günlerde serim yapılır.
- ❑ Genellikle Türkiye'de asfalt yapımı 1 Nisan ile 30 Kasım tarihleri arasında gerçekleştirilir.
- ❑ Hazırlanan bitümlü sıcak karışım, istenilen genişlik, boyuna ve enine eğim ve kalınlıkta homojen bir yüzey yapısı verecek şekilde uygun özellikteki sericilerle (finişerler) serilmektedir.
- ❑ Finişerler malzemeyi sererken asfaltın ön sıkıştırmasını sağlar ve yüzey dokusunu oluşturur.



❑ BSK Serimi ve Sıkıştırılması

Karışım yola serildikten hemen sonra sıkıştırma işlemine başlanır. Silindiraja başlandığında karışım sıcaklığı 135°C'ın altında olmamalıdır. Sıcaklık 80°C altına düşmeden sıkıştırma işlemi tamamlanır.

- ❑ Sıkıştırma sırasında statik ağırlığı 8-12 ton arasında demir bandajlı silindirler ile lastik basıncı ayarlanabilen kendinden yürür minimum 20 tonluk lastik tekerlekli silindirler kullanılmaktadır.



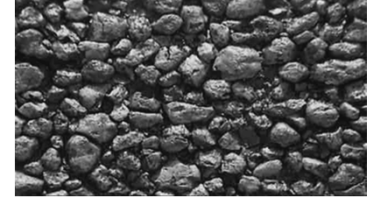
Bitümlü Sıcak Karışım (BSK) kaplamaların performansını etkileyen en önemli yapım aşamalarından biri sıkıştırımadır. Karışımın doğru olarak sıkıştırılması;

- Karışımın mukavemetini ve stabilitesini artırır.
- Yorulma ömrünü uzatır.
- Kalıcı deformasyonu (tekerlek izi oturma) azaltır.
- Oksidasyon veya yaşlanmayı geciktirir.
- Rutubetin oluşturduğu zararları azaltır.
- Düşük sıcaklık çatlaklıklarının oluşumunu azaltır.

SATHİ KAPLAMALAR



*Seal Coat Pavement
(a.k.a. Chip Seal, Surface
Treatment)*









SATHİ KAPLAMALAR

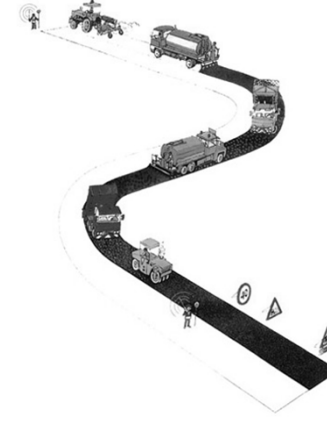
Düşük standartlı esnek kaplama türüdür. Kıırma taş temel tabakası üstüne püskürtülen bitüm yapıştırma tabakası, serpilerek kırma taş agreganın sıkıştırılması ile oluşturulur. Sathi kaplamalar iki ayrı tipte yapılabilmektedir.

- Tek Katlı Sathi Kaplama
- Çift Katlı Sathi Kaplama

- Sathi kaplamalarda yapım tekniği olarak bağlayıcı ve agregaya peş peşe serilerek sıkıştırılır.
- Asfalt emülsiyonları yola asfalt distribütörü ile püskürtülür. Üzerine hemen ardından mıcır serilir ve silindirle sıkıştırılır.
- Sathi kaplama tek ya da birkaç (2 veya 3) tabaka olarak gerçekleştirilir. Bu tip kaplamalar granüler temel üzerine veya mevcut kaplama üzerine uygulanabilir.
- Sathi kaplamaların, çeşitli uygulama tipleri ve yapım teknikleri vardır.

SATHI KAPLAMA UYGULAMA TIPLERİ ve YAPIM AŞAMALARI

Yapılış Şekilleri	Malzemenin Uygulama Sırası	Yapımın Bölümleri	Kullanım Durumu
▼ Tek Tabaka	2..... 1.....		
▼ Tek Tabaka - Çift Agregası Serimi	3..... 2..... 1.....		
▼ Çift Tabaka	4..... 3..... 2..... 1.....		



Sathi Kaplama Yapım Aşamaları:

- Yol süpürülür.
- İlk kat emülsiyon püskürtülür
- İlk kat agregası serilir
- İkinci kat emülsiyon püskürtülür
- İkinci kat agregası serilir
- Sıkıştırma yapılır
- Yol yüzeyi süpürülür
- Yol düşük hızda trafiğe açılır

Çok katlı yapım tekniğinin avantajları:

- Ardarda serilen asfalt emülsiyonu, mıcır ile iyi bir bağlantı kuracağından, kaplama kalitesine olumlu etki eder.
- İkinci ve üçüncü katlarda kullanılan agregası boyutu gittikçe küçüleceğinden boşluklar doldurularak daha düzgün bir yüzey oluşur.
- Bitüm dağılımı daha düzgün olduğundan ayarsızlıklar giderilir ve daha iyi bir geçirimsizlik sağlanır.

Asfalt emülsiyonları yola asfalt distribütörü ile püskürtülür.

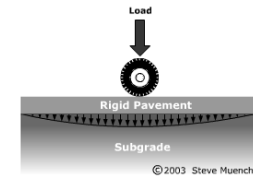


Yapıştırma tabakası üzerine hemen ardından mıcır serilir.



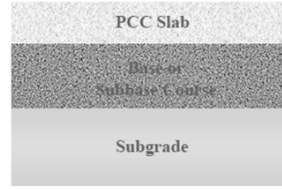
Rijit Kaplamalar

- Yüksek eğilme mukavemetine
- Trafik yükü büyük oranda beton plak tarafından taşınır. Yükü uniform olarak alt tabakalara iletir.
- Yapısal bozulmalar
 - Derz (pompaj)
 - Aşırı yük (kırılma) , sıcaklık (genleşme)



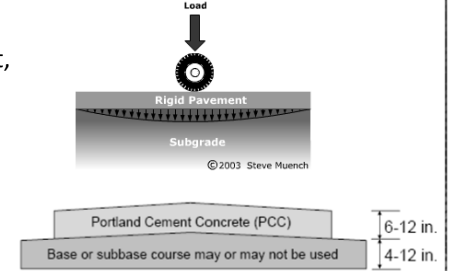
Rijit Kaplamanın Yapısı:

- ❑ **Yüzey tabakası** –Portland Çimentolu Beton Plak
- ❑ **Temel Tabakası**- Granüler
- ❑ **Alttemel Tabakası**- Granüler
- ❑ **Taban Zemini**



Temel tabakası, rijit kaplama sisteminde yapısal taşıma kapasitesine katkı sağlamaz. Fakat,

- Pompaj etkisinin azaltılmasında
- Don etkisinin azaltılmasında
- Drenajın sağlanmasında
- Şişme-büzülme etkisinin önlenmesinde
- Beton plak yapımı için düzgün bir platform oluşturulmasında önemlidir.



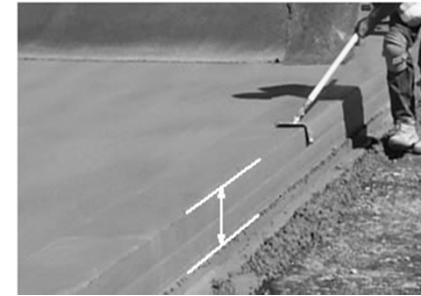
Yüzey tabakası-Portland Çimentolu Beton Plak

- ❑ Yüzey tabaka portland çimento beton plaktan oluşur ve direkt trafik yükü ile temas halindedir.
- ❑ Sürtünmeyi, pürüzlülüğü, ses kontrolünü ve drenajı sağlar.
- ❑ Bunlara ek olarak tabakalar arasındaki su yalıtımını da sağlar.



67

- Yüzey tabakası trafik yüküne göre farklı kalınlıklarda yapılabilir. (150 mm-300 mm)



Beton Plak (Yüzey Tabakası)
Kalınlığı 300 mm

68

- Temel tabaka genellikle drenajı , donma direncini,genleşme ve büzülme kontrol eder ve yol yapımında inşaat makineleri için düz bir platformu sağlar.
- Aynı zamanda «pompaj» esnasında alt temelde hareketlenmeyi önler.

Temel Tabaka

69

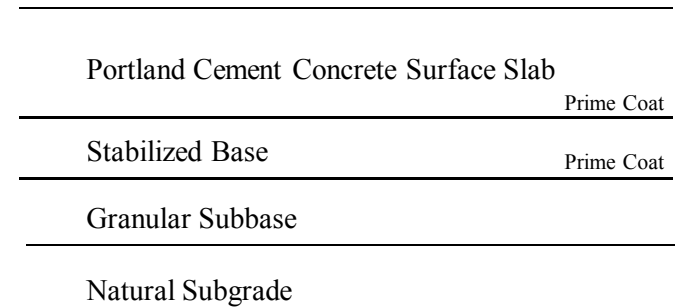
- ❑ Temel tabakası genelde granüler malzemeden (kırılmış agrega) yapılır.
- ❑ Stabilize temel
- ❑ Bitümlü temel
- ❑ Geçirgen temel (granüler veya bitümlü)- İyi bir drenaj gerektiren bölgelerde.)
- ❑ Grobeton (düşük dozajlı beton)



- Alt temel , temel tabaka ile zemin arasında kalan tabakadır. Genellikle yapılmaz.
- Asıl amacı yapısal destektir, fakat drenaja ve donmaya karşı yardımcı da olur.
- Genelde düşük kalitede malzeme kullanılır.

Alttemel tabaka

Typical Rigid Pavement Configuration - High Traffic Volume



Typical Rigid Pavement Configuration - Low Traffic Volume

Portland Cement Concrete Surface Slab

Prime Coat

Granular Base

Natural Subgrade

- Derzli Donatısız Beton Kaplamalar (Jointed Plain Concrete Pavement- JPCP)
- Derzli Donatılı Beton Kaplamalar Jointed Reinforced Concrete Pavement(JRCP)
- Derzsiz (Sürekli) Donatılı Beton Kaplamalar Continuously Reinforced Concrete Pavement(CRCP)

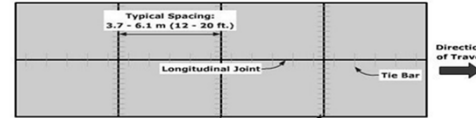
Rijit Kaplama
Tipleri

Derzli donatısız beton kaplamalar

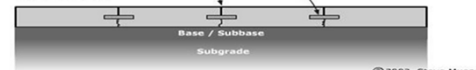
- Bu rijit üstyapı en sık görülen kaplama tipidir.
- Bu kaplamada çatlaklar plakların arası derzlerle ayrılarak kontrol edilmeye çalışılır.
- Herhangi bir donatı çeliği kullanılmaz ama kayma donatıları (dowel barlar) ve bağ donatıları (tie bar) kullanılır.



Top View



Side View



- Beton levhalar arası boşluklar 3.7 ile 6.1 m'dir.

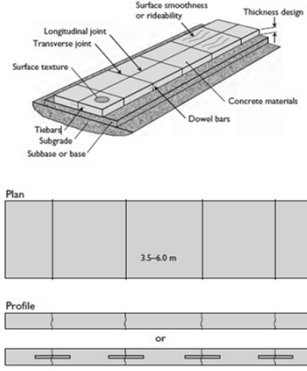


Figure 2.1 Jointed plain concrete pavement (JPCP) (courtesy: ACPA).



- ❑ Herhangi bir çelik donatı veya kayma demiri kullanılmadan plakların arası kesilerek sürtünme oluşturulur.
- ❑ Agreganın kilitlenmesi
- ❑ Böylece bu kesimler derz görevini sağlar ve kırık oluşması engellenir.



- Diğer yöntem ise kayma donatısı kullanımıdır.
- Bu çelik çubuklar plaklar arasındaki yük transferini sağlayarak çökmeyi (kot farkını) önler.

- Derzli donatısız beton yol ekonomik olduğundan genelde sık kullanılır.
- Diğerlerine göre donatı maliyeti yok denecek kadardır.
- Genellikle trafik yükü az olan yerlerde tercih edilir.

Rijit Kaplamalar- Kayma demirleri



- ❑ Paslanmanın önlenmesi için paslanmaz çelik veya epoxy ile kaplanmışlardır.
- ❑ Genellikle beton plak ortasına yerleştirilirler ve beton plak ile yapışıp kırılmaları önlemek için yüzeyleri bağ önleyici bir malzeme ile kaplanırlar.
- ❑ Kayma demirleri yük transferini sağlarlar. Fakat genişleme ve bir plağın diğerinden bağımsız hareketine müsaade ederler.

Rijit Kaplamalar- Bağ (Filiz) demirleri



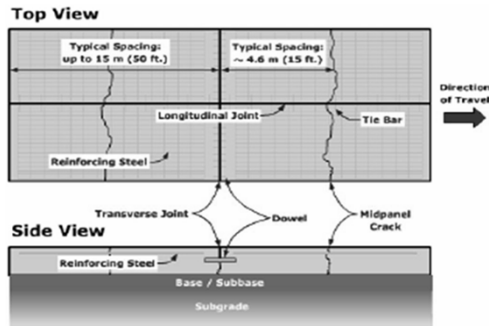
- Bağlantı demirleri, plak yarı yüksekliğinde ve belirli aralıklarla taze betonun içine batırılmıştır.

Derzli Donatılı Beton Kaplamalar

- ❑ Bu kaplamada çatlakları derzlerin yanı sıra hasır donatı ile kontrol edilir.
- ❑ Dolayısıyla derz aralığı veya plak uzunluğu fazladır.



82



- ❑ Beton plak uzunlukları 15 metreye ulaşabilir.
- ❑ Fakat plak uzunlukları arttıkça çatlaklar daha sık aralıklarla oluşacaktır.

- ❑ Bu kaplama tipi donatıdan dolayı diğerine göre daha pahalıdır .
- ❑ Fakat derz aralığı arttığından konfor ve servis ömrü artmaktadır.

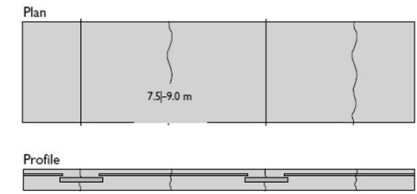


Figure 2.2 Jointed reinforced concrete pavement (JRCP) (courtesy: ACPA).

84

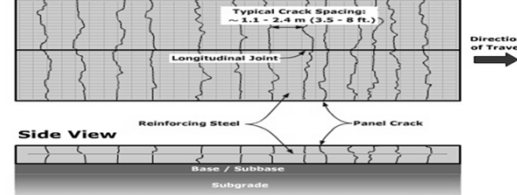
Derzsiz (Sürekli) Donatılı Beton Kaplamalar

- Sürekli donatılı beton yollardır.
- Kullanılan çok fazla donatıdan dolayı uzun ömürlüdür.
- Fakat çok fazla maliyeti olduğundan çok tercih edilmez.
- Genelde havaalanlarında yapılır.



85

Top View

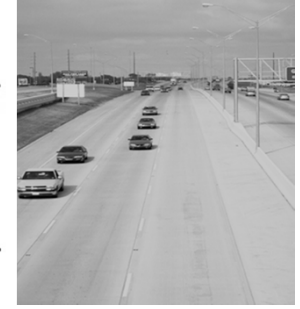


Side View



© 2003 Steve Muench

Figure 2.41: Continuously Reinforced Concrete Pavement (CRCP)



- 1,1 - 2,4 m sıklıkla çatlaklar oluşur.



Sabit kalp yöntemi

Rijit Üstyapı – Yapım

Kayar Kalıp Yöntemi



Beton yolun yapımını sekiz aşamada özetleyebiliriz:

❑ Taban zeminin ve alt temelin hazırlanması

- Taban zeminini üstündeki yol üstyapısına temel teşkil ettiğinden çok iyi sıkıştırılması gerekir.

Beton Yol Yapım Aşamaları

89



Temel tabakasının yapımından sonra mevcut yol yüzeyi basınçlı hava ile tozdan arındırılmaktadır.

❑ Kalıpların Yerleştirilmesi

- Yan kalıplar iki önemli hususu sağlar.
- Birincisi betonun yanlardan sızdirmasını önler , diğeri makinelerden dolayı oluşacak harekete engel olur.

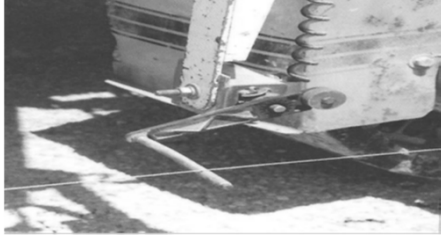


❑ Varsa donatı ve betonun hazırlanıp yerleştirilmesi

❑ Genleşme derzlerinin oluşturulması

- Bu aşama önemlidir aksi takdirde genişleyen beton plakları birbirinin üzerine çıkabilir.





Finişer ilk geçiş için yolun bir kenarına yanaşarak, algılayıcı kılavuz teli (duyarga) ayarlanmış ve bu sırada beton tesislerinde transmikserler yüklenmiştir.



Transmikserlerle gelen beton finişerin önüne boşaltılmış ve daha sonra işçiler ve finişerin önündeki helezon şaft yardımı ile geçiş genişliğine beton yayılmıştır.

Gelen her beton üzerinde çökme ve hava miktarları deneyi yapılmaktadır. Basınç kontrolü için de periyodik olarak örnek numuneler alınarak beton basıncı kontrol edilmelidir.



Daha önce hazırlanan kayma demirlerinin bulunduğu sehpa 5 m aralıklarla yol yüzeyine çakılmış ve dökülen betonun sehpa 5 m aralıklarla yerinden oynatmamasına ayrı özen gösterilmektedir.

Yavaşça ilerleyen finişer, üzerinden geçtiği taze betonu mekanik olarak sıkıştırmakta ve beton arkadan kalıplanmış olarak çıkmaktadır.

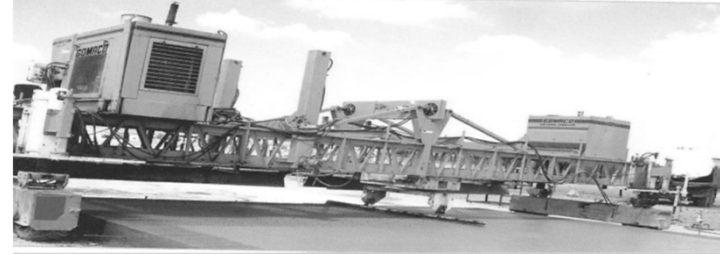


Bu sırada betonun yüzeyi işçiler tarafından mala ve çelik master ile düzlenmelidir.



Finişerin arkasından kalıplanmış olarak çıkan beton yüzeyinin işçiler tarafından düzeltilmesi

Hemen sonra beton yüzeyinin fırça ile enine pürüzlendirilmesi işlemine geçilmelidir ve bu işlem finişerin arkasından gelen pürüzlendirme birimi tarafından mekanik olarak gerçekleştirilmektedir.

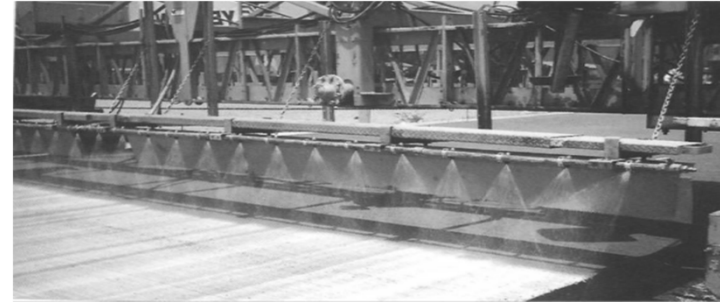


❑ Betonun korunması

- Yapılan deneyler betonun çok çabuk kurumaktan korunmasının önemini göstermiştir.
- Çünkü erken priz alan betonun hem gerilme hem de aşınma direnci azalır.
- Koruma yöntemleri
 - Su ile koruma
 - Kalsiyum klorürle koruma (betonun nemli kalmasını sağlar)
 - Sodyum silikatla koruma (buharlaşma hızını keser)

99

Pürüzlendirmeden sonra beton yüzeyine, kür kimyasalı mekanik olarak püskürtülmüştür.



1-2 mm olan derz kalınlığı özel bıçaklarla ile 25 mm derinliğe kadar 7-8 mm ye çıkarılmıştır.

Daha sonra başka bir testere ile pah açılmış ve derz ağzları toplam 17 mm ye kadar genişletilmiştir.

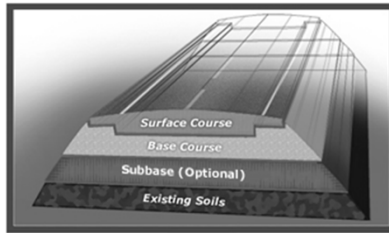
Derzlerin kesimi beton yeterince sertleştikten sonra, ancak 24 saat içinde gerçekleştirilmiştir.



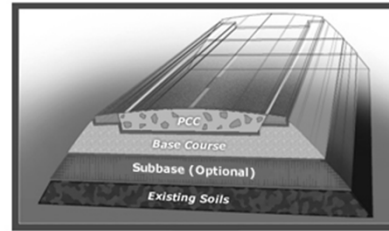
❑ Yolun trafiğe açılması

- Yol en erken açılmak istenir fakat bu sıcak havalarda bile ancak 14 gün sonra hizmet vermektedir.
- Soğuk havalarda bu süre daha da artmaktadır.

102



Typical Flexible Pavement



Typical Rigid Pavement

