

ŞEHİRİÇİ YOLLARDA UYGULANMAKTA OLAN ÜSTYAPI KESİTİ VE MALZEMELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Mustafa ILICALI¹, Süreyya TAYFUR² ve Halit ÖZEN³

SUMMARY

In Turkey, the maintenance of Highway between Cities in Turkey is carried out by General Directorate of Highway Administration and the maintenance of inner city roads is carried out by municipalities. Especially in Cities, the pavement design is used only as one type. This pavement design consist of 5-10 cm hot-mix asphalt concrete and stabilized layer between 10-30 cm This kind of design does not consider traffic volume, bearing capacity of the subbase, environment and climate conditions and economical service life of the road. Because of these inner city roads is are not designed according to the technical method, these roads get bad easily and out of service in a very short time.

In this study , existing pavement section is assessed and new pavement design alternatives are developed by using AASHTO 1986. Flexible Pavement Design Method. In addition, the economical comparison between these design is given at the end of the report.

Ö Z E T

Ülkemizde, karayollarının yapım ve bakımı genel olarak şehirlerarası yollarda TCK Genel Müdürlüğü, şehiriçi yollarda ise ilgili yerel yönetimler tarafından yapılmaktadır. Özellikle, şehiriçi yolların üstyapı dizaynında genel olarak tek tip bir üstyapı kesiti uygulanmaktadır. Bu kesit, kalınlığı 5-10 cm arasında değişen sıcak asfalt betonu kaplaması ile 10-30 cm arasında değişen stabilize tabakalarından oluşmaktadır. Bu şekilde inşa edilen üstyapı kesiti için trafik yoğunluğu, taban zemini taşıma gücü, çevre ve iklim koşulları, yolun ekonomik hizmet ömrü gibi etkenler gözönüne alınmamaktadır. Üstyapı dizaynının bilimsel yöntemlere uygun olarak tayin edilmemesi şehiriçi yolların kısa sürede bozulmasında önemli bir etken olarak ortaya çıkmaktadır.

Bu çalışmada, AASHTO 1986 Esnek Üstyapı Dizayn yöntemi kullanılarak kaplama ve stabilize tabakalarından oluşturulan mevcut üstyapı kesiti değerlendirilmiş ve bu kesite alternatif olabilecek üstyapı tasarımları geliştirilmiştir. Ayrıca, bu üstyapı kesitlerinin ekonomik karşılaştırmaları da değerlendirmeye dahil edilmiştir.

¹ Doç. Dr., Y.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Yıldız, İstanbul

² İnş. Y. Müh., İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İSFALT A.Ş.

³ İnş. Y. Müh., Y.T.Ü., İnşaat Fakültesi, Yıldız, İstanbul

1. GİRİŞ

İyi bir yol üstyapısının ömrü; üstyapıda kullanılan malzeme ve yapım kalitesi yanında üstyapıda kullanılacak tabaka kalınlıkları ile doğrudan orantılıdır.

Üstyapı projelendirmesinde temel prensip, yol tabanında oturmaları ve üstyapıda bozulmalara meydan vermeyecek şekilde tabakaları dizayn etmektir.

Bir yol üstyapısı, üstten gelen trafik yüklerini taban zemininin taşıyabileceği değerlere indirmesi yanında, çevre ve sıcaklık tesirlerinin olumsuz etkilerine de cevap verecek nitelikte olmalıdır. Üstyapı, trafik yüklerini taban zeminine aktarırken, kendi içinde de bozulma meydana gelmemelidir.

Bunlardan en önemli iki kriter aşağıda belirtilmiştir.

Bu ölçü tler:

- Bitümlü tabakalarda aşırı çekme gerilmelerinden dolayı çatlama olmamalı ve trafik yükleri ile çevre şartlarına dayanıklı olmalıdır.

- Üstyapı tabakaları altında yani yol tabanında aşırı deformasyon oluşmamalı ve yol tabanı üstyapıdan iletilen bu yüklerden dolayı bozulmamalıdır.

Yukarıdaki kriterleri sağlayacak bir üstyapı dizaynında genel olarak aşağıdaki faktörler göz önüne alınmaktadır.

- Ağır ve hafif taşıt olarak trafik miktarı ve buna bağlı olarak dingil yükleri,

- Taban zemininin taşıma gücü ve suya karşı davranışı,

- Üst yapıda kullanılacak asfalt kaplama, temel ve alttemel tabakalarının mekanik özellikleri,

- Yolun ekonomik hizmet ömrü ve yolun hizmet kalitesi tayini,

- Çevre ve iklim koşulları.

Bu faktörlerin tümü veya bir kısmı kullanılarak üstyapı dizayn yöntemleri geliştirilmiştir. Bu dizayn yöntemlerinden başlıcaları;

- Grup indeksi metodu,

- Kaliforniyan Taşıma Oranı (CBR) Metodu,

- AASHTO metodudur.

Bu yöntemler arasında, ülkemizde ve dünyada 1986 yılında yeniden düzenlenen AASHTO Üstyapı Dizayn Metodu yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde SN bağıntısı kullanılmaktadır.

$$\log(W_{18}) = Z_R * S_o + 9,36 * \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{P_o - P_t}{4,4 - 1,5}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5,19}}} + 2,32 * \log(M_R) - 8,07$$

Bu bağıntıda;

W_{18} : Kümülatif eşdeğer tekerrür dingil yükü sayısını,

Z_R : Standart normal sapmayı,

S_o : Toplam standart sapmayı,

M_R : Taban zemini efektif esneklik modülünü

ΔSYI : Toplam servis yeteneği kaybını,

SN : Üstyapı sayısını göstermektedir.

Ayrıca, üstyapı tabaka kalınlıklarının tesbiti için;

$$SN = a_1 \cdot d_1 + a_2 \cdot d_2 \cdot m_2 + a_3 \cdot d_3 \cdot m_3 + \dots$$

denklemini kullanılmaktadır. Burada;

a : Tabaka katsayısını,

d : Tabaka kalınlıklarını

m : Drenaj katsayısını göstermektedir.

1. SEÇİLEN ÜSTYAPI KESİTLERİ

Bu çalışmada, kullanılmakta olan mevcut üstyapı ve Şekil-1'de verilmiştir. Bu üstyapıya alternatif olarak yeni üstyapı tabakaları seçilmiştir. Şehiriçi yollar mevcut durumda genel olarak bir tabaka asfalt kaplama ve bu kaplama altında temel tabakası olarak düşünülen ve stabilize olarak adlandırılan ikinci bir tabakadan oluşmaktadır.

Asfalt Kaplama
Stabilize Kaplama
Taban Zemini

Şekil-1: Şehiriçi Yollarda Geleneksel Olarak Kullanılan Üstyapı Kesiti

Ayrıca, çalışmada şekil-2'de verilen üstyapı kesitleri değerlendirmeye tabii tutulmuştur. Bu kesitler de; birinci alternatif aşınma plent-mix temelden ve son alternatif ise aşınma, binder ve stabilize'den, ikinci alternatifte ise aşınma, binder ve plent-mix'ten oluşmaktadır.

Aşınma	Aşınma	Aşınma
Plent-Mix Temel	Binder	Binder
	Plent-Mix	Stabilize
Taban Zemini	Taban Zemini	Taban Zemini

Şekil-2: Şehiriçi Yollarda Kullanılmak Üzere Seçilen Alternatif Üstyapı Kesitleri

2. TABAKALARIN TARİFİ

Seçilen üstyapı kesitlerindeki en önemli fark, temel tabakasında kullanılan malzemelerdir.

Bu malzemelerden stabilize, kil oranı % 35'e kadar müsaade edilen ve 10 cm.'ye kadar kırılmış ocak taşı içeren bir tür alt temel malzemesidir. Bu malzeme, taş ocaklarında by-pass'dan geçen ve son kırıcı (sekonder) ile eleklerle gönderilmeyerek ocaktan gelen killi kısımları da ihtiva etmektedir. Özellikle, sayfa birleştiğinde taşıma gücünde önemli düşüşler gösteren bu killi kısımları kontrol etmek mümkün değildir. Bu yüzden, stabilize malzeme aynı zamanda dona karşı hassasiyeti yüksek bir malzemedir.

Yukarıda sayılan tüm bu olumsuzluklar nedeni ile, stabilize temel yerine bu çalışmada en iyi granüler temel malzemesi olarak kabul edilen plent-mix temel malzemesi kullanılmıştır. Değerlendirilmek üzere kaplama tabakası olarak aşınma ve binder, temel olarak ise stabilize ve plent-mix temel kullanılmıştır.

Plent-mix tabakası silolarda bulunan değişik boyutlarda üç ve dört çeşit agreganın bir karışımına tesisinde (plentte) gerekli miktarda su ilave edilmek suretiyle karıştırılması ile elde edilir. Bu karışıma ait agrega granülometrisi Tablo-1'de verilmiştir.

Tablo-1 : Plent-Mix Temel Agrega Granülometrisi

Elek Boyutu	Elekten Geçen (%)
1.1/2"	100
1"	72-100
3/4"	60-92
3/8	40-75
No4	30-60
No10	20-45
No40	8-25
No200	0-10

3. SEÇİLEN ÜSTYAPI KESİTLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Seçilen üstyapı kesitlerinin karşılaştırmalarının yapılabilmesi amacıyla, üstyapı kesitleri AASHO 1986 metoduna uygun olarak dizayn edilmiştir. Üstyapı kesitinin dizayn edilmesinde aşağıda anlatılan yöntem kullanılmış ve buna uygun olarak belirlenen tabaka kalınlıkları hesaplanmıştır.

Şüphesiz hesaplamalarda gözönüne alınan alt yapı durumu bölgeden bölgeye değişmektedir. Aynı şekilde çevre ve özellikle iklim koşulları da değişkendir. Bu hesaplamalarda genelleme yapılarak, taban zemini, 6500 PSI taşıma gücü (CBR ~ 5) ve orta plastisiteli kil zemin olarak kabul edilmiş, iklim şartları olarak normal yağışlı bir ortamı kabul edilmiştir. Ayrıca hizmet ömrü 15 yıl olarak alınmıştır. Diğer bir etken olan trafik artış oranı ise % 3 alınarak hesaplara katılmıştır. Bu veriler kullanılarak yukarı da açıklandığı gibi trafik miktarı için inşa edilmesi gerekli tabaka kalınlıkları hesaplanmıştır. Tabaka kalınlıklarının hesaplanmasında kullanılan tabakalara ait özellikler Tablo-2'de verilmiştir.

Tablo-2: Tabaka Özellikleri

Tabaka Adı	Tabaka Katsayısı	Drenaj Katsayısı	Elastisite Modülü
Aşınma	0.42	1.0	400.000
Binder	0.38	1.0	350.000
Plent-mix	0.24	1.20	45.000
Stabilize	0.08	0.90	11.000

Hesaplamalarda kullanılan taşıt kompozisyonu ve performans ömrü boyunca etkiyecek olan eş değer tekrür dingil yükü sayısı Tablo-3'de verilmiştir.

Tablo-3 : Tabakalara Etki Eden Trafik Yükleri

	Trafik Kompozisyonu				Toplam Standart Dingil Tekerrür Sayısı
	HT (1 Ton)	Otobüs (8 Ton)	Kamyon (12 Ton) (30 Ton)		
A	500	5	-	-	18.599
B	5.000	20	-	-	78.068
C	10.000	50	-	-	204.588
D	4.000	-	300	250	5.642.772

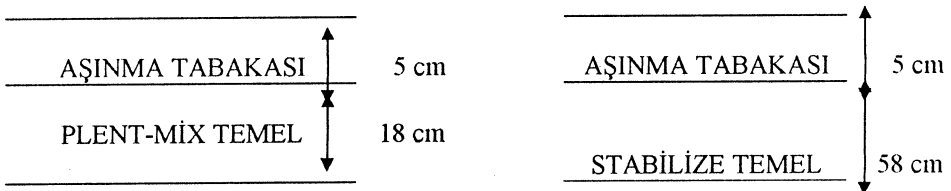
Trafik Değerleri taşıt/gün olarak alınmıştır

Madde-2'de belirtildiği gibi, stabilize temele alternatif olarak gradasyonu ve optimum su miktarı özel plentlerde ayarlanan ve kırmataş ile üretilen taşıma gücü ve drenaj kabiliyeti yüksek PLENT-MIX temel'in kullanılması tavsiye edilmektedir.

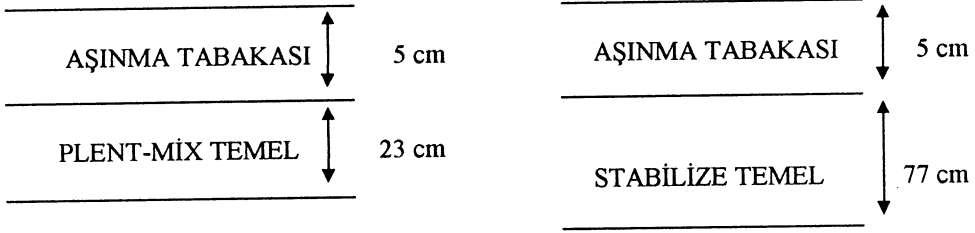
Plent-mix temel kullanılması durumunda yapılması gerekli üst birleşik yapı kalınlıkları da her bir trafik miktarına göre alternatifli olarak aşağıda belirtilmiştir. Şekillerden görüldüğü gibi plent-mix yapılması durumunda stabilize temele göre üst yapı kalınlığı en az üçte bir oranında azalmaktadır.

Burada dört ayrı şehiriçi yol gözönüne alınarak hesaplamalar yapılmıştır. Seçilen yollar trafik miktarlarına göre sınıflanmış ve her bir trafik miktarı ayrıca gösterilmiştir.

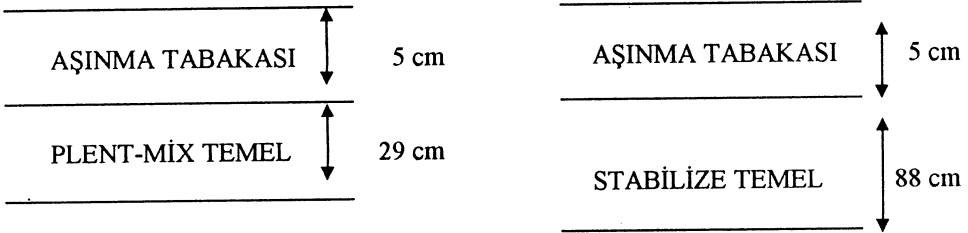
A) Taşıt Kompozisyonu : 500 otomobil - 5 otobüs için



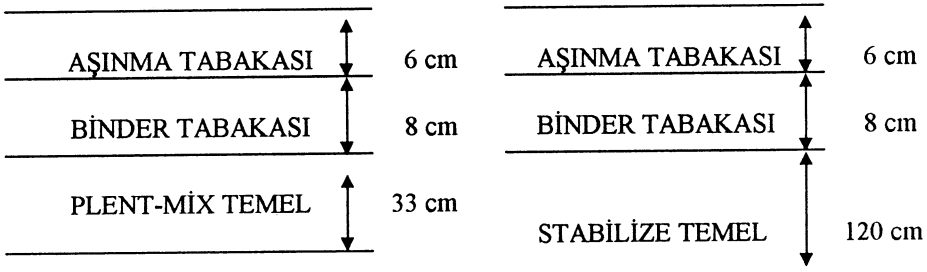
B) Taşıt Kompozisyonu : 5000 otomobil - 20 otobüs için



C) Taşıt Kompozisyonu : 10.000 otomobil - 50 otobüs için



D) Taşıt Kompozisyonu : 4000 otomobil, 550 kamyon için



Şekil-3: Farklı Taşıt Kompozisyonuna Göre Üstyapı Tabaka Kalınlıkları

Şekil-3.A,B,C'de geleneksel olarak şehir içlerinde uygulanan kaplama tabakası altında yapılması gerekli temel kalınlıkları hesaplanarak gösterilmiştir. Şekil-3.D'de ise kamyon trafiğinin de mevcut olduğu bir ana arter yol için iki tabakalı kaplama (aşınma ve binder) ve temel tabaka kalınlıkları gösterilmiştir.

SONUÇ

Yapılan hesaplamaların sonucunda bulunan üstyapı kalınlıkları özet tablosu; Tablo-4'de görülmektedir. Tablo'dan görüleceği gibi en hafif trafiğin mevcut olduğu bir yolda dahi stabilize temel tabakası kalınlığı 58 cm'ye çıkmakta ve yoğun ağır taşıt trafiğinin bulunduğu bir ana arterde ise bu kalınlık 120 cm gibi çok yüksek bir kalınlığa ulaşmaktadır. Bu kadar yüksek bir stabilize tabakası yapımı gerek teknik

olarak ve gerek maliyet açısından uygun olmadığı açıktır. Çünkü 120 cm stabilize temel oluşturulması için yarma kesitlerde tabii zemin 120 cm ilave olarak kazılacak ve kazılan bu malzeme depoya atılarak yerine stabilize getirilecektir.

Tablo-4: Karşılaştırılan Tabaka Tip ve Kalınlıkları

Tabaka Adı	A		B		C		D	
	I	II	I	II	I	II	I	II
Aşınma	5	5	5	5	5	5	6	6
Binder	-	-					8	8
Plent-mix	-	18		23		29		33
Stabilize	58	-	77		88		120	

Ancak aynı trafiği taşımak için sadece 33 cm plent-mix yapımı yeterli olmaktadır. Diğer tip yollar için de aynı durumun geçerli olduğu açıktır.

Dizayn sonuçlarında elde edilen, üstyapı kalınlıklarına göre, stabilize ve plent-mix tabakaları gözönüne alınarak bir ekonomik değerlendirme yapılmış ve sonuçları Tablo-5'de gösterilmiştir. Tablo incelendiğinde görüleceği üzere, temel tabakası olarak stabilize yerine plent-mix temel kullanılması, yaklaşık olarak 2 kat daha ucuzdur.

Tablo-5: Ekonomik Karşılaştırma

	Kalınlık (cm)		1 m ² Maliyetleri *		Stabilize / Plent-Mix Oranları (%)	
	Stabilize	Plent-Mix	Stabilize	Plent-Mix	Kalınlık	Maliyet
A	58	18	1.280.060	648.000	3,22	1,98
B	77	23	1.699.390	828.000	3,35	2,05
C	88	29	1.942.160	1.044.000	3,03	1,86
D	120	33	2.648.400	1.188.000	3,63	2,23

* Stabilize = 2.207.000 TL/m³

Plent-Mix = 3.600.000 TL/m³

Ayrıca, bu tip maliyeti yüksek ve hizmet ömrü uzun olması istenen yatırımlardan beklenen hizmetin en iyi şekilde alınması, bakım ve işletme maliyetlerinin minimuma indirilmesi için, üstyapının tek tip olarak değil, gerekli inceleme ve araştırmalar yapılarak dizayn edilmesi bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır.

Sonuç olarak, şehir içinde en hafif trafiği taşıyan yolların dahi en az 15 yıl süre bu trafiğe hizmet vermesi için, bu tip yollarda 5 cm aşınma tabakası altında 18 cm plent-mix temel yapılması gerekmektedir. Benzer olarak ağır taşıt trafiğinin mevcut olduğu ana arter yolların da 15 yıl bozulmadan bu trafiği taşıması için 6 cm aşınma, 8 cm binder ve 33 cm plent-mix temel şeklinde dizayn edilmesi kaçınılmazdır.

Kaynaklar

1. American Association of State Highway and Transportation Officials, (1987) AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Volume 1, Washington.
2. American Association of State Highway and Transportation Officials, (1987) AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, Volume 2, Washington.