

AASHTO Metodunda Rijit ve Esnek Üstyapıların Projelendirilmesinde Kullanılan Parametrelerin İncelenmesi

Mehmet Mahmut TANYILDIZI^{1*}, Tacettin GEÇKİL²

¹ 2'nci Ordu Komutanlığı, Malatya, Türkiye

² İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye

*¹mmtanyildizi@hotmail.com, ²tacettin.geckil@inonu.edu.tr

(Geliş/Received: 02/02/2019;

Kabul/Accepted: 16/02/2019)

Özet: Ülkemiz karayollarının orta ve uzun vadedeki bakım-onarımın yanında, işletme giderlerinin de göz önüne alınarak en uygun seçeneğin tercih edilmesi hem ekonomiklik hem de verimlilik açısından oldukça önemlidir. Bu çalışmada, yol üstyapısının projelendirilmesinde kullanılan AASHTO (1986) metodundaki parametrelerin, rijit üstyapı beton kaplama kalınlığını ve esnek üstyapı sayısını ne ölçüde etkilediği araştırılmıştır. Esnek üstyapıların projelendirilmesinde göz önüne alınması gereken en önemli parametrenin 'Taban Zemini Esneklik Modülü (M_R)' ve rijit üstyapılarda ise 'Betonun Elastisite Modülü (E_c)' olduğu bulunmuştur. Ekonomik kayıpların önlenmesi bakımından, bu parametrelerin belirlenmesinde hassas bir şekilde davranılması gerektiği görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Rijit üstyapı, esnek üstyapı, AASHTO metodu, tabaka kalınlığı.

Investigation of Parameters Used in the Design of Rigid and Flexible Superstructures in AASHTO Method

Abstract: In addition to medium and long-term maintenance and repair of highways in Turkey, choosing the most suitable option considering the operating costs is very important in terms of both economy and efficiency. In this study, the parameters of the AASHTO (1986) method used in the design of rigid and flexible pavements were investigated to determine the extent of the rigid pavement concrete pavement thickness and the number of flexible pavements. It was found that the most important parameter to be considered in the design of flexible superstructures is subgrade resilient modulus (MR) and that of rigid superstructures is the elastic modulus of concrete (Ec). In terms of prevention of economic losses, it was seen that these parameters should be treated with precision.

Key words: Rigid pavement, flexible pavement, AASHTO Method, layer thickness.

1. Giriş

Günümüzde taşıt endüstrisinde meydana gelen hızlı gelişmeler bir taraftan yol kaplamalarının daha fazla trafik yüklerine maruz kalmasına, diğer taraftan da mevcut yol ağlarında yetersizliklere neden olmaktadır. Bu sebeple, Türkiye'de karayolları açısından ortam ve koşullara göre en uygun seçeneğin tercih edilmesi önemlidir. Özellikle yolun orta ve uzun vadedeki bakım-onarım ve işletim giderlerinin de hesaba katılarak, ülkemiz açısından en ekonomik ve verimli olan seçimin yapılması gerekli olmaktadır [1-2].

Karayolları üst yapılarının yapım harcamalarının maliyetli olması nedeniyle, karayolu bütçelerinin en verimli kullanımı için mevcut en iyi tasarım yönteminin ve seçim parametrelerinin uygulanması gerekmektedir. Yeni ya da takviye tabakası uygulanacak üst yapı bünyelerinin tasarımındaki gelişme veya yenilik, bu yapılarındaki bakım masraflarını azaltmada önemli ve gözle görülür olanaklar sunmuştur. Üstyapı tipi seçimi, değişik ve çok sayıdaki ölçütlere dayandırılması gereken kapsamlı bir konu özelliği taşımaktadır [3].

Yol üst yapısı trafik yüklerinin ve doğal şartların etkisi altındadır. Trafik yükleri, taşıtların hareketi sırasında dingil yüklerinden dolayı oluşan radyal çekme ve basınç gerilmeleri ile düşey basınç gerilmelerinden oluşmaktadır. Trafik yüklerinin şiddeti ve mertebesi oluşan gerilmelerin tekrarlanmasıyla doğrudan orantılıdır. Yol üst yapı tasarımında amaç tabakalarda kullanılacak malzemelerin özellikleri belirlenerek tekrarlanması planlanan yükleri, ç¹evresel koşullar altında, büyük deformasyonlara, çatlamalara maruz kalmadan güvenli bir şekilde taşıyabilecek tabakaların kalınlıklarının belirlenmesidir [4-5].

Bu çalışmada; Rijit ve esnek üstyapıların projelendirilmesinde kullanılan AASHTO (1986) metodundaki parametrelerin, rijit üstyapı beton kaplama kalınlığı ile esnek üstyapı sayısını ne ölçüde etkilediği araştırılmıştır.

* Sorumlu yazar: mmtanyildizi@hotmail.com. Yazarların ORCID Numarası: ¹0000-0001-5992-2665, ²0000-0001-8070-6836

2. Materyal ve Yöntem

Üstyapı tipinin seçilmesi, çok sayıda ve değişik ölçütlere dayandırılması gereken kapsamlı bir konudur. Seçim yapılırken, üstyapı tipleri teknik ve ekonomik bakımdan karşılaştırılmalı ve ülke koşulları da dikkate alınarak, karara varılmalıdır.

Esnek ve rijit üstyapılar, trafik yükünü taban zeminine iletme yönünden farklılık gösterirler. Alt temel, temel ve kaplama tabakalarından oluşan esnek üstyapılar, tekerlek yükleri altında deforme olmakta ve her tabaka, üzerine gelen yükü bir alttakine biraz daha yayarak iletmektedir. Böylece taban zeminine ulaşan yük kısmen büyük bir alana yayılmış olmaktadır [6]. Rijit üstyapılar, temel tabakaları üzerine yapılan beton plaktan oluşmaktadır. Beton plağın elastisite modülü, taban zemininin elastisite modülünden çok büyüktür. Bu bakımdan beton yol, elastik zemine oturan bir kiriş şeklinde çalışmakta ve trafik yüklerini bu esasa göre, esnek üstyapıya nazaran daha geniş bir alana yayarak, taban zeminine iletmektedir. Trafik hacmi ve yıllık trafik artış oranı yüksek, ayrıca trafik içindeki ağır taşıt miktarı fazla olan yollar için rijit üstyapı dikkate alınmalıdır [7]. Mevsimler arasında büyük sıcaklık farklılıkları bulunan, kara ikliminin hakim olduğu bölgelerde, asfalt betonunun viskoelastik davranışlı bir malzeme olması nedeniyle, yazın tekerlek izi oluşmasına direnç gösteren, kışın ise çatlamayan bir bitümlü karışımın formüle edilmesi güç olmaktadır. Bu tip bölgelerde rijit üstyapıların kullanılması daha uygun olmaktadır. Ancak bu durumda, beton plaklar arasındaki derz mesafesinin kış mevsimlerinde çok fazla açılması problemi ortaya çıkmaktadır. Buda pompaj olayını kolaylaştırmaktadır [8]. Her iki kaplama türü ilk yapıldığında, güvenli ve konforlu bir seyir sağlamaktadır. Beton yollar açık renkleri nedeniyle, gece koşullarında kolay görünmekte, siyah renkli asfalt betonlu yollarda ise, durum tam tersi olmaktadır [9]. Üstyapı tipi seçiminin en önemli ölçütü, uzun bir zaman dilimi, proje ömrü için hesaplanan toplam ekonomik maliyettir. Bir karayolunun gerçek ekonomik maliyeti, ilk yapım maliyeti, proje ömrü süresindeki bakım maliyeti ve bakım işlemleri nedeniyle kullanıcı açısından ortaya çıkacak gecikme maliyetlerinin toplamıdır. Beton yolların ilk yapım maliyeti genellikle asfalt yollardan yüksektir. Ancak asfalt üretiminde kullanılan ham petrolün çok büyük bir kısmının ithal edilmesine karşılık, Türkiye bugün çimento üretimi bakımından dünyanın ve Avrupa'nın önde gelen ülkeleri arasında yer almaktadır [10]. Birçok parametrenin birbiri ile çelişmesi sebebiyle, her yönden olumlu sonuçlar verecek bir kaplama türünün uygulanması güçtür [11]. Bu nedenle üstyapı seçiminde, o yoldan beklenen performans ve ülkenin çeşitli koşulları (ekonomi, iklim, trafik, teknik olanaklar, kalite tercihi vs.) dikkate alınmak ve en uygun sonuca ulaşmak zorunlu olmaktadır [12].

2.1 AASHTO metodu ile rijit üstyapı tasarımı

AASHTO (1986) metodu, yol testi sonuçları ile standart dingil yükü tekerrür sayısının kaplamanın performansına etkisi dikkate alınarak geliştirilmiştir. Esnek kaplamaların tasarımında olduğu gibi, kaplamanın servis yeteneğindeki azalma göz önüne alınmaktadır. Beton kaplamanın performansı için AASHTO (1986) yol testinden denklem (1) deki eşitlik elde edilmiştir [6].

$$\begin{aligned} \log_{10} W_{8,2} = & Z_R S_0 + 7,35 \log_{10}(D+1) - 0,06 + \frac{\log_{10}[\Delta PSI / (4,5 - 1,5)]}{1 + [1,624 \times 10^7 / (D+1)^{8,46}]} \\ & + (4,22 - 0,32P_t) \log_{10} \frac{S_c C_d [D^{0,75} - 1,132]}{215,63J [D^{0,75} - [18,42 / (E_c / k^{0,25})]]} \end{aligned} \quad (1)$$

Burada;

- $W_{8,2}$: 8,2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekerrür sayısı
- Z_R : Standart normal sapma
- S_0 : Trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası
- D : Rijit üstyapı beton kaplama kalınlığı (inç)
- ΔPSI : $P_0 - P_t$ (Servis kabiliyetinde azalma miktarı)
- P_0 : Başlangıç servis kabiliyeti indeksi
- P_t : Nihai servis kabiliyeti indeksi
- S_c : Betonun kopma modülü (Eğilmede çekme mukavemeti) (psi)
- J : Yük transfer katsayısı
- C_d : Drenaj katsayısı
- E_c : Betonun elastisite modülü (psi)
- k : Zemin yatak katsayısı (pci)

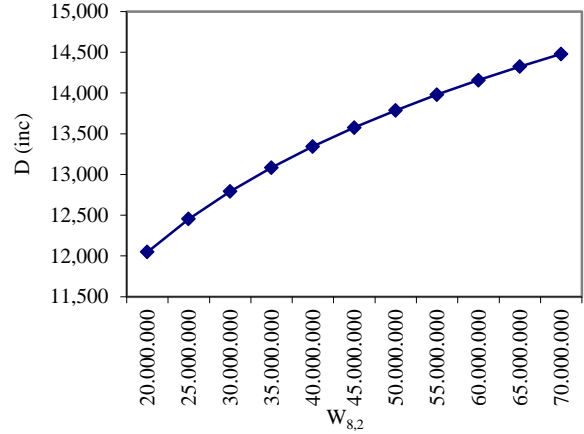
Bu çalışmada; yük transfer katsayısı $J=3.2$, drenaj katsayısı $C_d=1.0$ ve servis yeteneği kaybı $\Delta PSI=2$ olarak alınmış, rijit üstyapı beton kaplama kalınlığı D 'nin, $W_{8.2}$, k , S_0 , Z_R , E_c ile değişimi incelenmiştir.

8,2 ton eşdeğer tek-dingil yükü tekerrür sayısı 20-70 milyon arasında, yatak katsayısı 25-800 psi arasında, trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası %10-%60 arasında, Güvenilirlik %5-%99 arasında, beton sınıfı C16 - C50 arasında seçilmiştir.

Tablo 1'de standart dingil yükü tekerrür sayısının kaplama kalınlığına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 1'de ise standart dingil yükü tekerrür sayısının kaplama kalınlığına etkisi verilmiştir. Şekil 1'den görüldüğü üzere, standart dingil yükü tekerrür sayısının artması ile kaplama kalınlığı artış eğilimi azalarak artmaktadır.

Tablo 1. $W_{8.2}$ değerindeki değişime göre diğer parametrelerdeki değişim.

$W_{8.2}$ (milyon)	k (pci)	S_0	Z_R	E_c (psi) (milyon)	D (inc)	D (cm)
20	72	0,35	-1,645	5	12,050	30,607
25					12,454	31,633
30					12,792	32,492
35					13,085	33,236
40					13,344	33,894
45					13,576	34,483
50					13,787	35,019
55					13,980	35,509
60					14,158	35,961
65					14,324	36,383
70					14,480	36,779

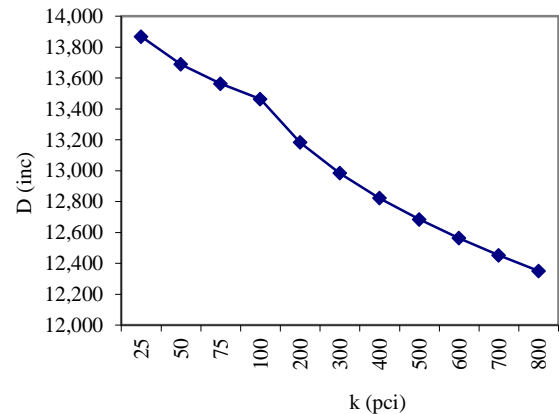


Şekil 1. Kaplama kalınlığının standart dingil yükü tekerrür sayısı ile değişimi.

Yatak katsayısının (k), rijit üstyapı beton kaplama kalınlığına etkisi Tablo 2'de verilmiştir. Tablodaki değerlerin değişimi Şekil 2'de grafik olarak gösterilmiştir. Şekil 2'den de görüldüğü gibi, yatak katsayısının küçük değerlerinde, üstyapı beton kaplama kalınlığı büyük değerler almaktadır. Yatak katsayısı arttıkça üstyapı beton kaplama kalınlığı azalmaktadır.

Tablo 2. Yatak katsayısındaki değişime göre diğer parametrelerdeki değişim.

$W_{8.2}$ (milyon)	k (pci)	S_0	Z_R	E_c (psi) (milyon)	D (inc)	D (cm)
45	25	0,35	-1,645	5	13,868	35,225
	50				13,688	34,768
	75				13,563	34,450
	100				13,463	34,196
	200				13,182	33,482
	300				12,983	32,977
	400				12,822	32,568
	500				12,684	32,217
	600				12,563	31,910
	700				12,452	31,628
	800				12,350	31,369

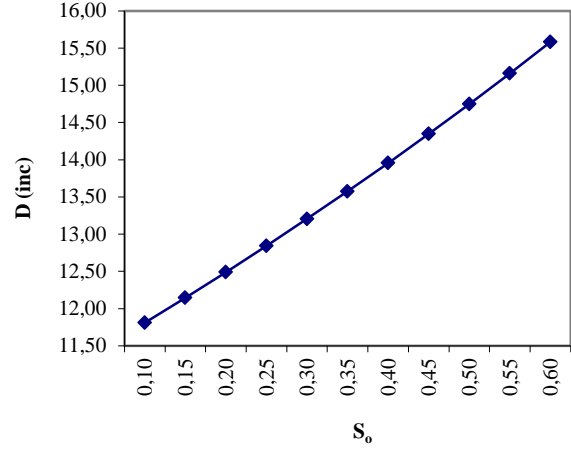


Şekil 2. Kaplama kalınlığının yatak katsayısı ile değişimi.

Trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatasının (S_0), rijit üstyapı beton kaplama kalınlığına (D) etkisi Tablo 3'de verilmiştir. Tablodaki değerler Şekil 3'de grafik olarak gösterilmiştir. Şekil 3'de de görüldüğü gibi S_0 değeri arttıkça, kaplama kalınlığı lineer olarak artmaktadır.

Tablo 3. S_0 'daki değişime göre diğer parametrelerdeki değişim.

$W_{8,2}$ (milyon)	k (pci)	S_0	Z_R	E_c (psi) (milyon)	D (inc)	D (cm)
45	72	0,10	-1,645	5	11,810	29,997
		0,15			12,146	30,851
		0,20			12,490	31,725
		0,25			12,843	32,621
		0,30			13,205	33,541
		0,35			13,576	34,483
		0,40			13,957	35,451
		0,45			14,347	36,441
		0,50			14,748	37,460
		0,55			15,160	38,506
		0,60			15,582	39,578



Şekil 3. Kaplama kalınlığının bileşik standart hataya göre değişimi.

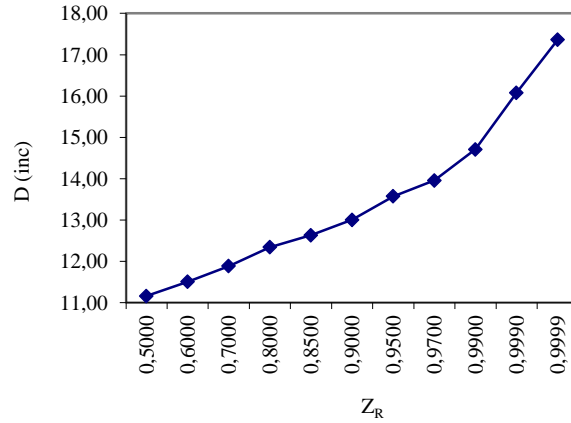
Tablo 4’de standart normal sapmanın (Z_R) kaplama kalınlığına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 4’de ise standart normal sapmaya karşılık gelen güvenilirlik faktörünün kaplama kalınlığına etkisi verilmiştir. Güvenilirliğin düşük değerleri arasında kaplama kalınlığı az miktarda değişirken özellikle %95 ve daha büyük bir güvenilirlik seviyesi için kaplama kalınlığı önemli derecede artmaktadır.

Tablo 5’te betonun elastisite modülünün (E_c) kaplama kalınlığına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 5’te ise betonun elastisite modülünün kaplama kalınlığına etkisi grafiksel olarak verilmiştir. Betonun elastisite modülünün artması ile kaplama kalınlığının lineer kabul edilebilecek bir şekilde azaldığı, en kaliteli beton sınıfının (C50) kullanılması durumunda ele alınan diğer trafik, yatak katsayısı, normal standart sapma parametrelerin ortalama değerlerine ve %95 güvenilirlik seviyesine göre beton kaplama kalınlığı en az 32,8 cm bulunmuştur.

Parametrelerin etkinliklerini belirlemek için hesaplamalarda dikkate alınan değerlerin ortalama değerlerinde %20’lik bir artışın kaplama kalınlığını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

Tablo 4. Z_R ’deki değişime göre diğer parametrelerdeki değişim.

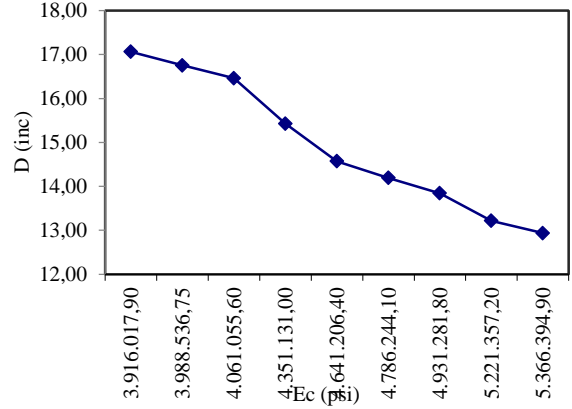
$W_{8,2}$ (milyon)	k (pci)	S_0	R_E	Z_R	E_c (psi) (milyon)	D (inc)	D (cm)
45	72	0,35	0,5000	0,000	5	11,164	28,357
			0,6000	-0,253		11,508	29,230
			0,7000	-0,524		11,887	30,193
			0,8000	-0,841		12,344	31,354
			0,8500	-1,037		12,634	32,090
			0,9000	-1,282		13,006	33,035
			0,9500	-1,645		13,576	34,483
			0,9700	-1,881		13,958	35,453
			0,9900	-2,327		14,709	37,361
			0,9990	-3,090		16,080	40,843
			0,9999	-3,750		17,363	44,102



Şekil 4. Kaplama kalınlığının güvenilirlik faktörüne göre değişimi.

Tablo 5. E_c 'deki değişime göre diğer parametrelerdeki değişim.
($W_{8,2}=45.10^6$, $k=300$, $S_0=0,35$, $Z_R=-1,645$)

S_c (psi)	E_c (MPa)	E_c (psi)	D (inc)	D (cm)	C
406,10	27.000	3.916.017,90	17,061	43,335	C16
421,72	27.500	3.988.536,75	16,752	42,550	C18
437,34	28.000	4.061.055,60	16,459	41,806	C20
499,82	30.000	4.351.131,00	15,426	39,182	C25
562,30	32.000	4.641.206,40	14,569	37,005	C30
593,54	33.000	4.786.244,10	14,192	36,048	C35
624,77	34.000	4.931.281,80	13,843	35,161	C40
687,25	36.000	5.221.357,20	13,216	33,569	C45
718,49	37.000	5.366.394,90	12,934	32,852	C50



Şekil 5. Kaplama kalınlığının beton elastisite modülüne göre değişimi.

Eşdeğer standart dingil yükü sayısının ($W_{8,2}$) 45 milyondan 54 milyona artması kaplama kalınlığını %2,55 oranında artırmaktadır. Yatak katsayısının (k) 300 pci'den 360 pci'a yükselmesi kaplama kalınlığını %0,8 azaltmaktadır. Trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatasının (S_0) 0,35'den 0,42'ye yükselmesi kaplama kalınlığını %3,97 oranında artırmaktadır. Güvenilirlik seviyesinin (R_E) %80'den %96'ya yükselmesi %10,6 daha fazla kaplama kalınlığı gerektirmektedir. Beton elastisite modülünün (E_c) 30.000 MPa'dan 36.000 MPa yani C25 sınıfı betondan C45 sınıfı betona yükselmesi kaplama kalınlığını %16,7 oranında azaltmaktadır.

2.2 AASHTO metodu ile esnek üst yapı tasarımı

AASHTO metodu ile esnek üst yapının projelendirilmesi kısmen deneyimlere dayandırılmakla beraber, taban zemini taşıma gücü, trafik dingil yükleri ve tekrürü ile yerel koşullar, ayrıca üst yapıda kullanılan malzemelerin birbirlerine oranla, direnç özellikleri de hesaba katılmaktadır. AASHTO yol deneyinden yararlanılarak üst yapı kalınlıklarının hesabında kullanılmak üzere üst yapıya etkileyen faktörleri içine alan AASHTO (1986) deney yolu denklemi (2) eşitliği ile verilmiştir [12].

$$\text{Log}T_{80} = Z_R S_0 + 9,36 \log_{10}(SN+1) - 0,20 + \frac{\log_{10}[\Delta PSI / (4,2 - 1,5)]}{0,40 + [1094 / (SN+1)^{5,19}]} + 2,32 \text{Log}_{10}(0,145 M_R) - 8,07 \quad (2)$$

Burada;

T_{80} : Projelendirilecek yolun hizmete açılmasından, hizmet kabiliyeti indeksinin seçilen değere düşeceği değere kadar hesap şeridinin taşıyacağı tahmin edilen toplam trafiktir. (Eşdeğer standart dingil sayısı olarak)

M_R : Taban zemini esneklik modülü (psi)

S_0 : Standart sapma

Z_R : Normal standart sapma

SN : Üstyapı sayısı

ΔPSI : Servis kabiliyeti indeksi

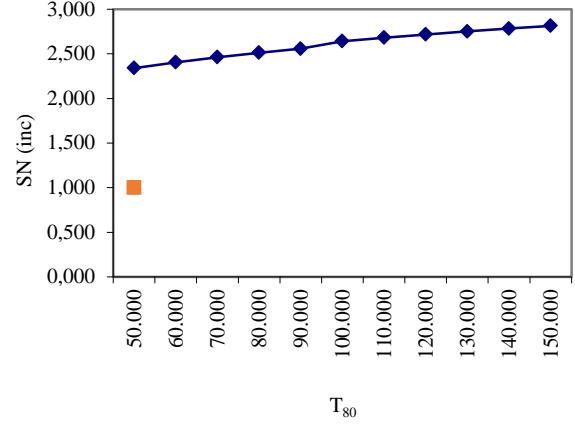
Bu çalışmada üst yapı sayısı SN 'nin, T_{80} , S_0 , R_E , M_R ile değişimi incelenmiştir. Eşdeğer standart dingil yükü tekrürü sayısı 50.000-150.000 bin arasında, standart sapma 0.40-0.50 arasında, taban zemini esneklik modülü 13.790-275.800 arasında seçilmiştir.

Tablo 6'da eşdeğer standart dingil yükü tekrürü sayısı (T_{80})'nin üst yapı sayısına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 6'da ise eşdeğer standart dingil yükü tekrürü sayısının üst yapı sayısına etkisi verilmiştir. Şekil 6'dan görüldüğü üzere, üst yapı sayısındaki değişim, eşdeğer dingil yükü tekrürü sayısına

paralel olarak lineer bir şekilde değişmektedir. Eşdeğer dingil yükü tekrür sayısı arttıkça, üstyapı sayısı da aynı oranda artmaktadır.

Tablo 6. T_{80} İle SN arasındaki ilişki.

T_{80} (Bin)	M_R	S_0	R_E	Z_R	ΔP	SN (inc)	SN (cm)
50	20685	0,35	0,500	-3,090	2,20	2,340	5,944
60						2,405	6,109
70						2,462	6,253
80						2,512	6,380
90						2,556	6,492
100						2,642	6,711
110						2,681	6,810
120						2,717	6,901
130						2,751	6,988
140						2,783	7,069
150	2,813	7,145					

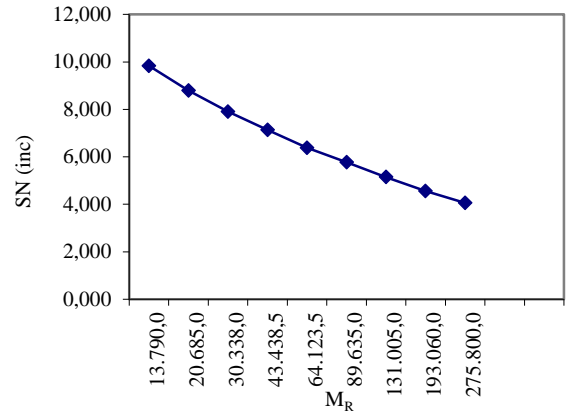


Şekil 6. SN'nin T_{80} ile değişimi.

Tablo 7'de taban zemini esneklik modülü (M_R)'nin üstyapı sayısına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 7'de ise taban zemini esneklik modülünün üstyapı sayısına etkisi verilmiştir. Şekil 7'den görüldüğü üzere, taban zemini esneklik modülünün küçük değerlerinde, üstyapı sayısı büyük değerler almaktadır. Esneklik modülü arttıkça, üstyapı sayısı küçülmektedir.

Tablo 7. M_R İle SN arasındaki ilişki.

T_{80} (Bin)	M_R	S_0	R_E	Z_R	ΔP	SN (inc)	SN (cm)
100	13.790,00	0,6	0,999	-3,090	2,20	9,833	24,976
	20.685,00					8,793	22,334
	30.338,00					7,898	20,061
	43.438,50					7,135	18,123
	64.123,50					6,374	16,190
	89.635,00					5,772	14,661
	131.005,00					5,143	13,063
	193.060,00					4,552	11,562
	275.800,00					4,053	10,295

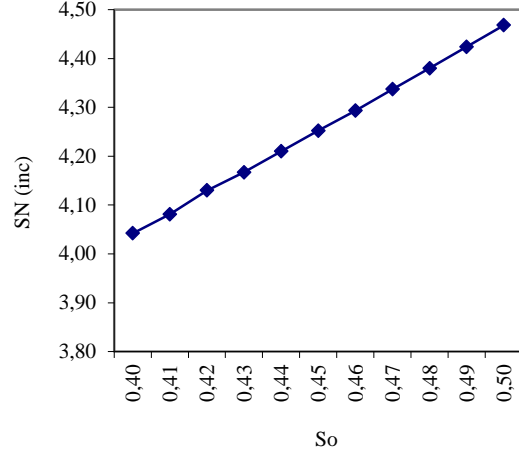


Şekil 7. SN'nin M_R ile değişimi.

Tablo 8'de standart sapma (S_0)'nın üstyapı sayısına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 8'de ise standart sapmanın üstyapı sayısına etkisi verilmiştir. Şekil 8'den görüldüğü üzere, üstyapı sayısındaki değişim, standart sapma sayısına paralel olarak lineer bir şekilde değişmektedir. Standart sapma sayısı arttıkça, üstyapı sayısı da aynı oranda artmaktadır.

Tablo 8. S_0 ile SN arasındaki ilişki.

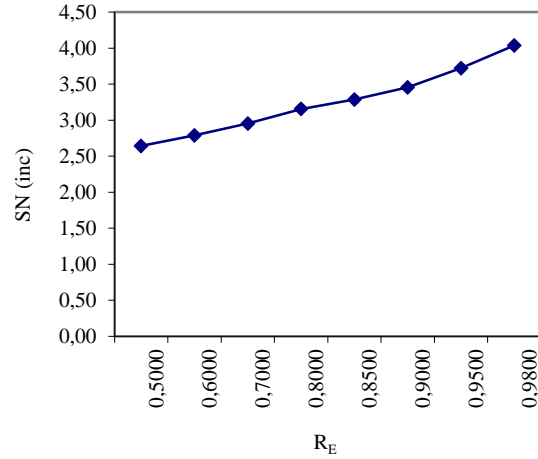
T_{80} (Bin)	M_R	S_0	R_E	Z_R	ΔP	SN (inc)	SN (cm)
100	20685	0,40	0,999	-3,090	2,20	4,042	10,267
		0,41				4,081	10,366
		0,42				4,130	10,490
		0,43				4,167	10,584
		0,44				4,210	10,693
		0,45				4,252	10,800
		0,46				4,293	10,904
		0,47				4,337	11,016
		0,48				4,380	11,125
		0,49				4,424	11,237
		0,50				4,468	11,349

**Şekil 8.** SN'nin S_0 ile değişimi.

Tablo 9'da emniyet parametresi (R_E)'nin üstyapı sayısına etkisini belirlemek için ele alınan parametrelerin değerleri, Şekil 9'da ise emniyet parametresinin üstyapı sayısına etkisi verilmiştir. Şekil 9'dan görüldüğü üzere, 0,50'den başlayarak değişen R_E değerlerine karşılık, SN değeri de artmaktadır.

Tablo 9. R_E ile SN arasındaki ilişki.

T_{80} (Bin)	M_R	S_0	R_E	Z_R	ΔP	SN (inc)	SN (cm)
100	20.685	0,60	0,50	0,000	2,20	2,642	6,711
			0,60	-0,253		2,789	7,084
			0,70	-0,524		2,953	7,501
			0,80	-0,841		3,156	8,016
			0,85	-1,037		3,286	8,346
			0,90	-1,282		3,456	8,778
			0,95	-1,645		3,721	9,451
			0,98	-2,054		4,037	10,254

**Şekil 9.** SN'nin R_E ile değişimi.

Parametrelerin etkinliklerini belirlemek için hesaplamalarda dikkate alınan değerlerin ortalama değerlerinde %20'lik bir artışın üstyapı sayısını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Bu kapsamda,

Eşdeğer dingil yükü tekerrür sayısının (T_{80}) 100.000'den 120.000'e artması üstyapı sayısında %2,839'luk fazla değer elde edilmiş olmaktadır. Yani eşdeğer dingil yükü tekerrür sayısında yapılmış %20'lik hata, üstyapı sayısında %2,839'luk hataya neden olmaktadır. Bunun sonucu olarak, trafik değerinin, gerçek trafik değerinden fazla alınması durumunda üstyapı sayısı, gerçek değerinden büyük olacaktır. Bu durumda da üstyapı tabaka kalınlıkları gereğinden kalın inşa edilmiş olacağından, ekonomik zarar söz konusu olacaktır. Aynı şekilde, trafik değerinin, gerçek trafik değerinden eksik alınması durumunda üstyapı sayısı, Bunun sonucu olarak, gerçek trafik değerinin altındaki bir değerde tasarlanan üstyapının, gerçek trafik karşısında hizmet ömrü kısalmaya ve yol daha kısa sürede bozulacaktır.

Taban zemini esneklik modülünün M_R 'nin gerçek değerinden %20 büyük değer alınmış olması durumunda üstyapı sayısında %5,664'luk fazla değer elde edilmiş olmaktadır. M_R değerinin gerçek değerinden büyük alınması durumunda, üstyapı sayısı gerçek değerinden daha küçük olmaktadır. Bu durumda, tasarlanan üstyapı yolun hizmet ömründen daha kısa sürede bozulacaktır.

Standart sapma S_0 modülünün gerçek değerinden %20 büyük değer alınmış olması durumunda üstyapı sayısında %11.43'lük fazla değer elde edilmiş olmaktadır. S_0 değerinin gerçek değerinden büyük alınması durumunda, üstyapı sayısı gerçek değerinden daha büyük olmaktadır. Bu durumda, tasarlanan üstyapı yolun hizmet ömründen daha kısa sürede bozulacaktır.

Emniyet faktörü R_E modülünün gerçek değerinden %20 büyük değer alınmış olması durumunda, üstyapı sayısı gerçek değerinden daha büyük olmaktadır.

3. Sonuçlar ve Tartışma

Bu çalışmada, AASHTO metodundaki parametrelerin, esnek ve rijit üstyapılarda beton kaplama kalınlığına ve esnek üstyapı sayısına etkisi araştırılmıştır.

Rijit üstyapılarda; beton kaplama kalınlığını en çok etkileyen parametre betonun elastisite modülü E_c , ikinci derecede üstyapı beton kaplama kalınlığını etkileyen parametre trafik tahmini ve performans tahmininin bileşik standart hatası S_0 , üçüncü derecede üstyapı beton kaplama kalınlığını etkileyen parametre eşdeğer tek-dingil yükü tekerrür sayısı $W_{8,2}$, dördüncü derecede üstyapı beton kaplama kalınlığını etkileyen parametre ise standart normal sapma Z_R olmaktadır. Buna karşın, yatak katsayısı k üstyapı beton kaplama kalınlığını en az etkileyen parametre olarak belirlenmiştir. Bu nedenle rijit üstyapılarda kullanılacak beton kalitesinin artırılması ile daha az kalınlıkta beton tabaka imal edilebileceğinden ya da aynı kalınlıkta daha fazla trafik yüküne, deforme olmadan direnç gösterebilecek bir kaplama oluşturulabileceğinden, tamamen yerli kaynaklarla üretilecek kaliteli betonlar ile ekonomik açıdan önemli bir kazanç sağlayacağı değerlendirilmektedir.

Esnek üstyapılarda, esnek üstyapı sayısını en çok etkileyen parametre taban zemini esneklik modülü M_R olmaktadır. Esnek üstyapılarda M_R değerinin gerçek değerinden büyük alınması durumunda tasarlanan üstyapı yolun hizmet ömründen daha kısa sürede bozulacak, M_R değerinin gerçek değerinden küçük alınması durumunda ise yatırım giderleri gereksiz yere artırılmış ve böylece ekonomik zararlara yol açabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- [1] Tanyıldızı M.M, AASHTO Metodunda Rijit Üstyapı Beton Kaplama Kalınlığına Etki Eden Parametrelerin İrdelenmesi, Y.Lisans Tezi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2010.
- [2] Kuloğlu N., Kök B.V., Yılmaz M., Tanyıldızı M., AASHTO Metodunda Rijit Üstyapı Kaplama Kalınlığına Etki Eden Parametrelerin İncelenmesi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, Turkey. S:40-44
- [3] E.J.Yoder, M.W.Witzak, Principles of Pavement Design. New York: 1975.
- [4] Karayolları Genel Müdürlüğü, Sratejik Plan 2007-2011. Ankara.
- [5] Açar E., Süttaş İ., Öztaş G. Beton Yollar. İstanbul. İTÜ Yayınları,1998.
- [6] American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures..., Washington, D.C.: 1993
- [7] W.Carey, W. P. Irick, The Pavement Serviceability-Performance Concept, Highway Research Board Special Report 61E, AASHO Road Test, 1962.
- [8] American Association of State Highway and Transportation Officials, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. Washington, D.C.:1986.
- [9] D.E.Peterson, "Pavement Management Practices," NCHRP Synthesis 135, Transportation Research Board. 1987.
- [10] P.Sulten, "Kayma Dirençli Gürültü Azaltıcı Betonlar", Federal Otoyol Araştırma Enstitüsü, Almanya. 2001.
- [11] K.Vqyeux, "Renovation of two places at Dinant", 19th Belgian Road Congress, Belgium. 2001.
- [12] Tunç A., Yol Malzemeleri ve Uygulamaları. Ankara. Nobel Yayınevi, 2007.
- [13] Kuloğlu, N., Erkmen, R., 1996. AASHTO Metodunda Esnek Üstyapı Sayısına Etki Eden Parametreler, TÜBİTAK, Türk Mühendislik ve Çevre Bilimleri Dergisi, C: 20 S: 2, 79 – 85.