



Prof. Dr. Saim AKYÜZ onuruna

HAZIR BETON KONGRESİ BİLDİRİLERİ

13 - 14 NİSAN 2017, İSTANBUL

BETON 2017

BETON 2017 KONGRESİ BİLDİRİLERİ

13-14 Nisan 2017
İSTANBUL

BETON 2017 CONGRESS
PROCEEDINGS
April 13-14, 2017
ISTANBUL

Prof. Dr. Saim AKYÜZ Onuruna



Türkiye Hazır Beton Birliği

Organized By
Turkish Ready Mixed Concrete Association

BİLİM KURULU

Abdurrahman GÜNER
Ahmet GÖKÇE
Ali Osman ATAHAN
Asım YEĞİNOBALI
Atiye TUĞRUL
Bekir Yılmaz PEKMEZCİ
Burcu AKÇAY ALDANMAZ
Bülent BARADAN
Canan TAŞDEMİR
Emine AĞAR
Erbil ÖZTEKİN
Fahriye KILINÇKALE
Fevziye AKÖZ
Hakan Nuri ATAHAN
Hasan YILDIRIM
Hulusi ÖZKUL
İsmail Özgür YAMAN
Kambiz RAMYAR
Mehmet Ali TAŞDEMİR
Murat ERGÜN
Mustafa KARAGÜLER
Mustafa TOKYAY
Nabi YÜZER
Nilüfer ÖZYURT ZİHNİOĞLU
Oğuz GÜNEŞ
Özgür EKİNCİOĞLU
Özgür ÇAKIR
Özkan ŞENGÜL
Selçuk TÜRKEKEL
Sinan T. ERDOĞAN
Şakir ERDOĞDU
Turan ÖZTURAN
Ünal Anıl DOĞAN
Yılmaz AKKAYA

Agrega Yıkama Prosesinin Beton Üretiminde Kullanılan İnce Agreganın Kalitesine Etkisi	478
<i>Melis Yılmaz, Birol Bozkurt, Atiye Tuğrul</i>	
Agrega Türü ve Mekanik Özelliklerinin Yüksek Dayanımlı Betonların Mekanik Özellikleri Üzerindeki Etkisi	486
<i>Ercin Gürsel, Can Erenson</i>	
Pirit, Krom, ve Demir Agregalı Ağır Betonların Elastisite Modüllerinin Tayini	496
<i>İlker Ustabas, Mustafa Demirci, Hasret Yavaş, Şakir Erdoğan</i>	
Beton Yapılarda Su Yalıtımı Uygulamaları Üzerine Bir Araştırma	504
<i>M. Mansur Tüfekçi, Ahmet Gökçe, Nihat Kabay, Ahmet B. Kılızkanat</i>	
Soğuk Hava Koşullarında Standart ve Yerindeki Beton Basınç Dayanımının Karşılaştırılması: Kalıp Tipi ve Isı Yalıtımının Etkisi	512
<i>İsmail Akkoyun, Alperen Okur, Mehmet Yurdagül, Serpil İşbilen, H.Aytaç, Levent Sevin</i>	

7. OTURUM

Ts En 1317-2'ye Göre Güvenlik Bariyerleri İçin Performans Sınıfları ve Deney Yöntemlerinin İncelenmesi	524
<i>Erman Derin, Ali Osman Atahan, Fulya Gülen Şahin, Ender Bülbül</i>	
Türkiye'de Silindire Sıkıştırılmış Beton Yol Uygulamaları	536
<i>Yasin Engin, İsmail Gökalp, Erdal Önkol, Hükmü Ağaç, Hakan Ekim</i>	
Silindire Sıkıştırılmış Beton (Ssb) Yolların Saha ve Laboratuvar Mekanik Performansının Karşılaştırılması	547
<i>Emin Şengün, B. Alam, Levent Sevin, Hilmi Aytaç, İsmail Özgür Yaman</i>	
Düşük Hacimli Yollarda Donatısız Beton Üstyapılar İçin Bir Dizayn Kataloğu Önerisi	558
<i>Yavuz Abut</i>	
Türkiye'de Beton Yol ve Beton Bariyer Fırsatları	565
<i>Elif Kiran, İsmail Özgür Yaman</i>	
Pirinç Kabuğu Külünün Çimentolu Hafif Kompozit Harçlarda Dayanım Arttırıcı Katkı Olarak Kullanılması Üzerine Teknik Bir İnceleme	575
<i>Lütfullah Gündüz, Şevket Onur Kalkan</i>	
Atık Polipropilen Liflerin Harcın Mekanik Özelliklerine Etkisi	586
<i>C. Karademir, Dheya M. A. Ghilan, Egemen Teomete</i>	
Geri Kazanılmış Agreganın Kullanımının Sürdürülebilir Kalkınma Üzerine Etkilerinin Araştırılması	595
<i>Hadaan Pehlivan, Mahmut Aytekin</i>	
Geri Dönüşüm Suyunun Beton Üretiminde Kullanımı	603
<i>İrfan Coşkun, Ergin Tandırıcı, Sinan Kurt</i>	
Kolemanit Zenginleştirme Artığı Killerin Alkalilerle Aktivasyon Potansiyeline Kalsinasyon Sıcaklığının Etkilerinin Araştırılması	615
<i>Cavit Çağatay Kızıltepe, Serdar Aydın</i>	

DÜŞÜK HACİMLİ YOLLARDA DONATISIZ BETON ÜSTYAPILAR İÇİN BİR DİZAYN KATALOĞU ÖNERİSİ

A SUGGESTED DESIGN-CHART FOR NON-REINFORCED CONCRETE PAVEMENT IN LOW VOLUME ROADS

Yavuz Abut

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi,
Kocaeli

Özet

Yol üstyapı tasarımında iklim koşulları, trafik kompozisyonu, yoldan beklenen hizmet düzeyi, servis ömrü, güvenilirlik, üstyapı ve zeminin mekanistik özellikleri gibi birçok parametre, tekrarlı yükler altında oluşacak olan yorulma, sünme, şekil değiştirme gibi sonuçlarla beraber bir veri şeklinde modellenenmektedir. Karayolları Genel Müdürlüğü, Esnek Üstyapı Projelendirme Rehberi'nde eşdeğer dingil yükünün 3 milyonun altında olduğu yollar, düşük hacimli yollar olarak tanımlanmaktadır. AASHTO 1993 yönteminde ise düşük hacimli yollar için, 1 milyon eşdeğer dingil yüküne kadar rijit plak kalınlıkları verilmektedir. Türkiye ölçeğinde, rijit üstyapılar için yerel zemin ve iklim koşullarının tasarım kriterlerine adapte edildiği bir dizayn yöntemi bulunmamaktadır. Son zamanlarda özellikle yerel yönetimlerin yatırım programlarında yer alan beton yollar, yaklaşık 1000 km'yi bulmuştur. Bu yolların büyük bir kısmında Silindire Sıkıştırılabilir Beton (SSB) yol teknolojisi kullanılmıştır. Bu çalışmada Türkiye'de kırsal kesimlerde trafik yükünün 3 milyonun altında olan yol tipleriyle alakalı AASHTO 1993 yöntemi kullanılarak, beton yollar için bir dizayn kataloğu oluşturulması hedeflenmiştir.

Abstract

For the concept of pavement design, many parameters such as climatic conditions, traffic composition, expected of service level, service life, reliability, mechanical properties of the soil and the slab layer should be known and they can be modeled with the results of outputs such as fatigue, creep and deformation under the repetition loads. In the General Directorate of Highways of Flexible Pavement Design Guide, the roads with equivalent axle load of less than 3 million are defined as low volume roads. In the AASHTO 1993 method, the rigid slab thicknesses are also given for low volume roads, which are up to 1 million equivalent axle load. There is no design method for the rigid pavements in Turkish publications, in which local soil and climatic conditions are adapted to the design criteria. The length of concrete roads which are recently included in the investment programs of municipal authority, is about 1000 km. Most of these constructions were made using the Roller Compacted Concrete (RCC) pavement technology. In this study, it was aimed to create a design-chart using the AASHTO 1993 method for concrete roads with less than 3 million equivalent axle load at rural areas in Turkey.

Düşük hacimli yollar, trafik yoğunluğu açısından eşdeğer dingil yükünün 3 milyondan düşük olduğu yollar olarak tanımlanmaktadır. Güvenilirlik düzeyi ve yoldan beklenen hizmet seviyesinin göreceli olarak düşük seçildiği bu kaplama tiplerinde zemin direnci ve iklim koşulları önemli bir parametre olarak moldele dahil edilmektedir. Yapısal davranışının karmaşık olması nedeniyle birtakım basitleştirilmiş yaklaşımlar ile tasarım modelleri sadeleştirilmektedir. AASHTO, PCA, Belçika Yol Araştırma Merkezi ve Hollanda Yol İdaresi tarafından beton yol tasarımında amprik ifadelerin yer aldığı birtakım dizayn prosedürleri geliştirilmiştir [1-4]. Son dönemlerde bu tasarım yöntemleri mekanistik-amprik yaklaşımların beraber kullanıldığı daha kompleks bir yapıya bürünmüştür [5].

SSB yol teknolojisi ilk olarak 1940'lı yıllarda ABD'de bir havaalanı pistinde uygulanmıştır. Türkiye'de de kullanımı bitüm fiyatlarındaki artış nedeniyle yeniden gündeme gelmiştir. Başta Antalya, Denizli, Samsun, Tekirdağ ve Kocaeli Büyükşehir Belediyeleri olmak üzere birçok yerel yönetimin ulaştırma politikalarında önemli bir yere oturan SSB yollar, işçilik ve yapım ekipmanları bakımından asfalt yol yapımı ile benzer özellikler taşımaktadır. Türkiye ölçeğinde belediyeler marifetiyle yapılan SSB yol ağı 1000 km'ye ulaşmış durumdadır.

Bu çalışmada AASHTO 1993 Amprik Tasarım Yöntemi [1] kullanılarak, belirli beton ve zemin sınıfları ile dingil yükü tekererrüt sayılarına göre özellikle donatısız uygulanan, düşük hacimli SSB yollar için dizayn katalogları oluşturulması hedeflenmiştir. Bu sayede, şartname ve proje hazırlayıcılar söz konusu bu yol grupları için karmaşık hesaplar yerine basitleştirilmiş bu yöntem sayesinde daha kolay ve hızlı bir şekilde üstyapı dizaynı yapabileceklerdir.

2. YÖNTEM

AASHTO 93 yol denklemi, *Denklem 1*'de [1], SSB yol kaplaması için tipik bir üstyapı en kesiti ise Şekil 1'de verilmektedir. Tasarımda hedeflenen kriter, servis ömrü (20 yıl) içerisinde kaplamanın emniyetli eğilme direncine ulaşmadan periyodik bakımların da yardımıyla servis sağlanabilmesidir.

$$\log_{10} W_{18} = Z_R * S_0 + 7.35 * \log_{10}(d + 1) - 0.06 + \frac{\log_{10} \left[\frac{\Delta PSI}{4.5 - 1.5} \right]}{1 + \frac{1.624 * 10^7}{(d + 1)^{8.46}}} + (4.22 - 0.32 * P_T) * \log_{10} \left[\frac{S_c * C_d * (d^{0.75} - 1.132)}{215.63 * J * \left[d^{0.75} - \frac{18.42}{\left[\frac{E_c}{k} \right]^{0.25}} \right]} \right] \quad (1)$$

Bu denklemde;

W_{18} : Eşdeğer Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı (EDYTS)

d : Kaplama Kalınlığı (inc)

S_c : Beton Eğilme Dayanımı (psi)

E_c : Betonun Elastisite Modülü (psi)

k : Zemin Reaksiyon Modülü (lb/inc³)

R : Güvenilirlik (%)

Z_R : Normal Standart Sapma

S_0 : Toplam Standart Sapma

ΔPSI : Servis Yeteneđi Kaybı

P_1 : İlk Servis Yeteneđi

P_7 : Son Servis Yeteneđi

C_d : Drenaj Katsayısı

J : Yüğü Transfer Katsayısı

SSB yol kaplama tasarımı için kurulacak modelde;

*3 farklı beton sınıfı (C25, C30 ve C35),

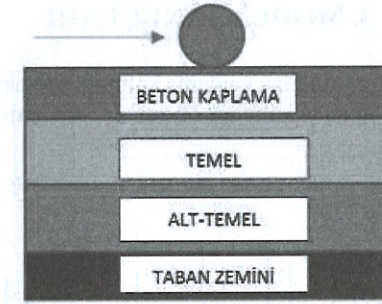
*Taban zemini taşıma kapasitesi California Bearing Ratio (CBR) değerlerine göre 4 farklı zemin türü (%20, %50, %100 ve %120),

*20 yıl boyunca yoldan geçmesi tahmin edilen 3 farklı 8.2 ton Eşdeğer Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı (EDYTS) (500 bin, 1.5 milyon ve 3 milyon)

kullanılmış ve yüklemeler EDYTS'ye göre, tekerlek iç basıncı 0.62 MPa alınarak tatbik edilmiştir. Yükleme kompozisyonunda ağır taşıt sayısı ve kıvrılma (curling) etkisi ihmal edilmiştir. Modelin kurulmasında kullanılan bağımsız değişkenler Tablo 1'de ve model için çalıştırılan 36 farklı seçenek Tablo 2'de verilmektedir.

Tablo 1. Bağımsız Değişkenler

PARAMETRE	SEÇİLEN DEĞERLER
Analiz Süresi (Yıl)	20
20 yıllık Eşdeğer Dingil Yüğü Tekerrür Sayısı (EDYTS)	500 Bin, 1.5 Milyon, 3 Milyon
28 Günlük Beton Eğilme Dayanımı (psi, MPa)	C25 (604, 4.17), C30 (725, 5.00), C35 (846, 5.83)
Betonun Elastisite Modülü (psi, GPa)	C25 (4350000, 30), C30 (4640000, 32), C35 (4785000, 33)
Zemin Reaksiyon Modülü (lb/inc ³ , %CBR)	Z1 (250, 20), Z2 (500, 50), Z3 (800, 100), Z4 (1000, 120)
Güvenilirlik (%)	95
Normal Standart Sapma	-1.645
Toplam Standart Sapma	0.29
Servis Yeteneđi Kaybı	1.7
İlk Servis Yeteneđi	4.2
Son Servis Yeteneđi	2.5
Drenaj Katsayısı	1.0
Yüğü Transfer Katsayısı	3.2



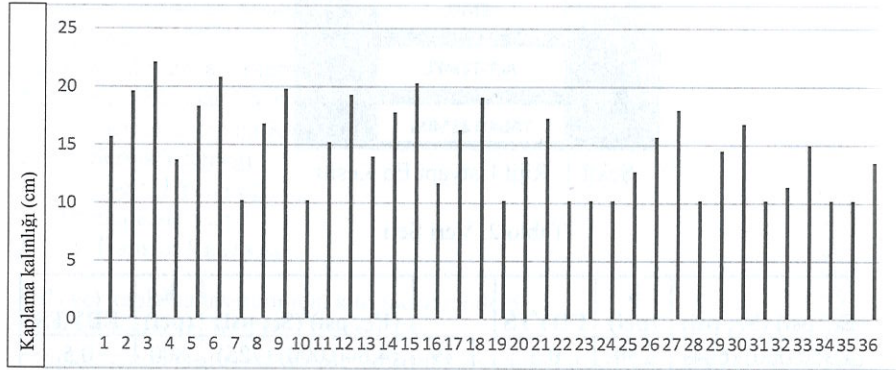
Şekil 1. Rijit Üstyapı En Kesiti

Tablo 2. Veri Seti

	(E_c , psi)	(S_c , psi)	k (pci)	EDYTS		(E_c , psi)	(S_c , psi)	k (pci)	EDYTS
1	(4,350,000)	(604)	250	0.5	19	(4,640,000)	(725)	800	0.5
2	(4,350,000)	(604)	250	1.5	20	(4,640,000)	(725)	800	1.5
3	(4,350,000)	(604)	250	3	21	(4,640,000)	(725)	800	3
4	(4,350,000)	(604)	500	0.5	22	(4,640,000)	(725)	1000	0.5
5	(4,350,000)	(604)	500	1.5	23	(4,640,000)	(725)	1000	1.5
6	(4,350,000)	(604)	500	3	24	(4,640,000)	(725)	1000	3
7	(4,350,000)	(604)	800	0.5	25	(4,785,000)	(846)	250	0.5
8	(4,350,000)	(604)	800	1.5	26	(4,785,000)	(846)	250	1.5
9	(4,350,000)	(604)	800	3	27	(4,785,000)	(846)	250	3
10	(4,350,000)	(604)	1000	0.5	28	(4,785,000)	(846)	500	0.5
11	(4,350,000)	(604)	1000	1.5	29	(4,785,000)	(846)	500	1.5
12	(4,350,000)	(604)	1000	3	30	(4,785,000)	(846)	500	3
13	(4,640,000)	(725)	250	0.5	31	(4,785,000)	(846)	800	0.5
14	(4,640,000)	(725)	250	1.5	32	(4,785,000)	(846)	800	1.5
15	(4,640,000)	(725)	250	3	33	(4,785,000)	(846)	800	3
16	(4,640,000)	(725)	500	0.5	34	(4,785,000)	(846)	1000	0.5
17	(4,640,000)	(725)	500	1.5	35	(4,785,000)	(846)	1000	1.5
18	(4,640,000)	(725)	500	3	36	(4,785,000)	(846)	1000	3

Kaplama kalınlıkları *Denklem 1* yardımıyla belirlendikten sonra, 2. dereceden bir polinom denklem kurularak 3 farklı trafik durumuna göre tasarım katalogları oluşturulmuştur. Hesaplamalarda kolaylık olması açısından, betonun Elastisite Modülü ve Eğilme Dayanımı değerlerinin yerine 28 günlük Basınç Dayanımı, Zemin Reaksiyon Modülü değeri yerine de H.M.Westergaard denklemlerinden [6] %CBR değerleri kullanılmıştır. Bu sayede, sadece beton sınıfı ve % CBR taşıma değerine göre üst yapı kalınlıkları pratik bir şekilde kataloglardan okunabilecektir.

Denklem 1'e göre tespit edilen rijit plak kaplama kalınlıkları Şekil 2'de gösterilmektedir. Hesaplamalarda minimum kaplama kalınlığı 10 cm olarak alınmıştır.



Şekil 2. Rijit Plak Kaplama Kalınlığının Farklı Seçeneklere Göre Değişimi (cm)

28 günlük Basınç Dayanımı, ve %CBR değerlerine dönüştürülerek kurulan yeni modelin eşitliği ise Denklem 2'de verilmektedir. Bu denklemden elde edilen sonuçlar ile AASHTO 1993 tasarımından elde edilen sonuçların karşılaştırılması Şekil 3'de gösterilmektedir.

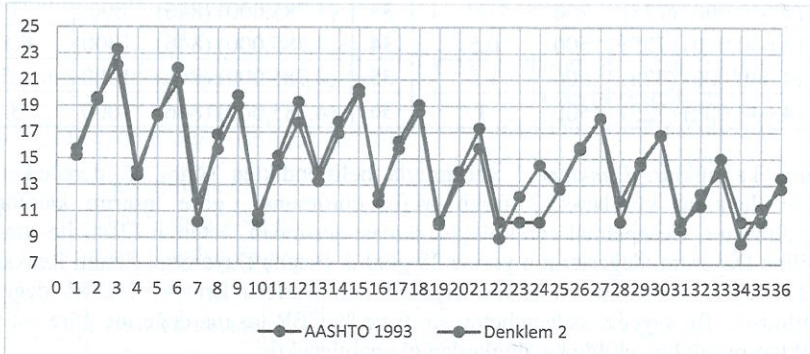
$$d = 43.4 - 1.94*A - 0.0304*B + 8.41*C + 0.0292*A^2 - 0.000120*B^2 - 0.644*C^2 + 0.00020*A*B - 0.1132*A*C - 0.00449*B*C \quad (R^2=90.2, \quad R^2_{adj}=86.8, \quad S=1.371) \quad (2)$$

d : Kaplama Kalınlığı (cm)

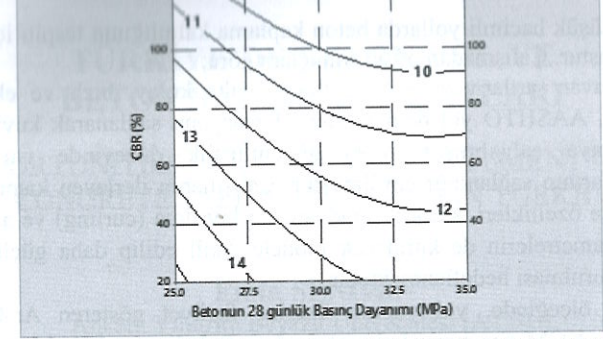
A : Betonun 28 günlük Basınç Dayanımı (MPa)

B : CBR (%)

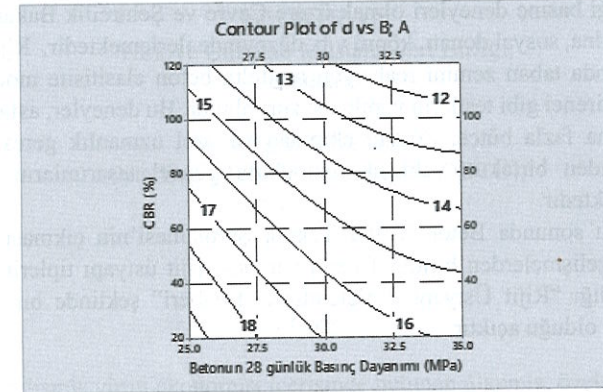
C : EDYTS/10⁶



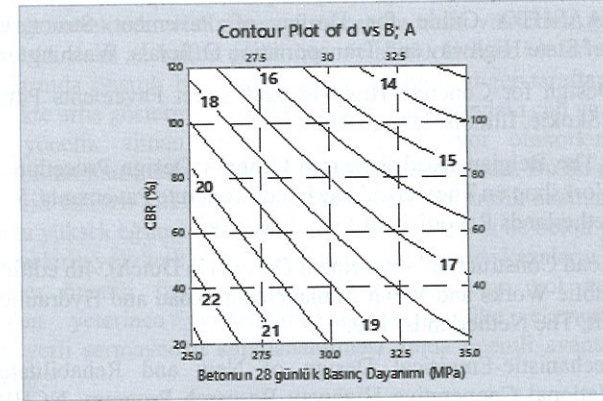
Şekil 2. Denklem 2 ve AASHTO 1993 Denklemine Göre Kaplama Kalınlığı Değişimi Son olarak, farklı EDYTS değerlerine göre dizayn katalogları oluşturulmuştur (Şekil 3a-b-c). Bu kataloglar yardımıyla rijit plak tabaka kalınlıkları pratik bir şekilde tespit edilebilecektir.



Şekil 3-a. 500 Bin EDSY için Kaplama Kalınlığı (cm) Tespit Kataloğu



Şekil 3-b. 1.5 Milyon EDSY için Kaplama Kalınlığı (cm) Tespit Kataloğu



Şekil 3-c. 3 Milyon EDSY için Kaplama Kalınlığı (cm) Tespit Kataloğu

Bu çalışmada düşük hacimli yollarda beton kaplama kalınlığının tespiti için bir tasarım önerisi sunulmuştur. Çalışmadan çıkan sonuçlara göre;

1. Laboratuvar şartlarında tespit edilmesi daha kolay, hızlı ve ekonomik olan testlerin, AASHTO yol denklemine adaptasyonu sağlanarak kuvvetli bir ilişki sağlanmaya çalışılmıştır. %90 güvenilirlik düzeyinde istenilen tabaka kalınlıklarının sağlandığı görülmüştür. Çalışmanın ilerleyen kısmında, betonun durabilite özellikleri, sıcaklık gradyanı ile kıvrılma (curling) ve ağır taşı etkisi gibi parametrelerin de kurulacak modele dahil edilip daha güçlü (robust) bir model kurulması hedeflenmektedir.
2. Türkiye ölçeğinde, yol yapımı üzerine faaliyet gösteren Ar-Ge otoriteleri (özellikle KGM Araştırma Laboratuvarları, Belediye ve İştiraki Laboratuvarları) asfalt deneyleri üzerinde uzmanlaşmış durumdadır. Beton kalite prosesleri, büyük bir ölçeği basınç deneyleri olmak üzere Çevre ve Şehircilik Bakanlığı denetimi altında bina, sosyal donatı, köprü v.b. düzeyinde ilerlemektedir. Rijit üstyapıların tasarımında taban zemini reaksiyon modülü, beton elastisite modülü ve beton eğilme direnci gibi testlerin yapılması zorunludur. Bu deneyler, asfalt deneylerine göre daha fazla bütçe, zaman, ekipman ve özel uzmanlık gerektiren süreçler içerdiğinden birtakım yaklaşık metodlarla güncel tasarımların yapılabilmesi gerekmektedir.
3. 2016 yılı sonunda Beton Yollar Teknik Şartnamesi'nin çıkması bu konudaki olumlu gelişmelerden biridir. Bunun yanında, rijit üstyapı tiplerinin tamamının ele alındığı "Rijit Üstyapı Projelendirme Rehberi" şeklinde bir ulusal yayına ihtiyacın olduğu açıktır.

Kaynaklar

1. AASHTO, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1993.
2. Thickness Design for Concrete Highway and Street Pavements Portland Cement Association, Skokie, Illinois, USA, 1984
3. Veverka, V. The Belgian Road Research Center's Design Procedure for Concrete Pavements Workshop on Theoretical Design of Concrete Pavements, 5 – 6 June 1986, Epen, The Netherlands Record 1, CROW, Ede, 1987
4. Manual for Road Construction – Pavement Design (in Dutch), 4th edition Ministry of Transport, Public Works and Water Management, Road and Hydraulic Engineering Institute, Delft, The Netherlands, 1998
5. NCHRP, Mechanistic-Empirical Design of New and Rehabilitated Pavement Structures, National Cooperative Highway Research Program, NCHRP Project 1-37A, National Research Council, Washington, DC, 2004.
6. Huang, Y.H., 1993, Pavement Analysis And Design. Englewood Cliffs, New Jersey, Prentice Hall.

TÜRKİYE'DE BETON YOL VE BETON BARİYER FIRSATLARI

OPPORTUNITIES FOR CONCRETE PAVEMENTS AND CONCRETE SAFETY BARRIERS IN TURKEY

Emin ŞENGÜN

Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi (AYBÜ),
Ankara

Elif KIRAN

Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği,
Ankara

İ. Özgür YAMAN

Orta Doğu Teknik Üniversitesi (ODTÜ),
Ankara

Özet

Dünyanın en gelişmiş yirmi ekonomisi içerisinde bulunan ülkemiz, özellikle son yıllarda yapmış olduğu büyük altyapı projeleri ile dikkatleri üzerine çekmektedir. Ancak, ülke adına planlanan ve gerçekleştirilen her yeni proje aynı zamanda daha fazla trafik yükünü de beraberinde getirmektedir. Her geçen gün artan bu trafik yüklerinin güvenle taşınarak, daha uzun ömürlü, daha az bakım gerektiren ve sürdürülebilir bir üstyapı ile taşınması yol uygulamalarında önemli bir noktayı teşkil ederken, diğer taraftan artan bu trafik yükleri ile birlikte artış göstermesi beklenen trafik kazalarındaki can ve mal kayıplarının azaltılmasına yönelik alınan tedbirler içerisindeki yol otokorkuluk ve bariyer teknolojisinin kullanılması da ayrı bir noktayı teşkil etmektedir. Bu iki nokta da ülkemiz adına; ağır tonajlı tekrarlı yüklerin yoğun olduğu yüksek trafik hacmine sahip yollarda sağlamış olduğu yüksek eğilme dayanımı ve taşıma kapasitesi ile beton yol teknolojisi ile özellikle tek araçların yolu terk etmesi sonucu meydana gelen kazaların azaltılması adına beton bariyerler önemli fırsatlar sunmaktadır. Bu beton yol ve beton bariyer teknolojilerinden yeterince faydalanılması ayrıca ülke ekonomisine özellikle hammaddenin yerli sermayeden karşılanabilmesi adına önemli avantajlar sağlayacağı düşünülmektedir.