

Beton Yollar - Kocaeli Büyükşehir Belediyesi Örneği

Yavuz Abut¹

Tolga Cankaya²

Giriş

Rijit kaplama olarak da bilinen beton yolların uzun dönemlerde esnek üstyapılara nazaran daha fazla fayda sağladığı birçok otorite tarafından kabul edilmiştir. Bu bakış açısının oluşmasında -ekonomik açıdan değerlendirildiğinde- esnek üstyapıya kıyasla rijit yapıların yaşam döngü maliyetinin daha avantajlı olduğu gerçeğinin önemi büyüktür. Beton yollar; dünya ölçeğinde şehir içi yollar, sokaklar, otoyollar, havaalanı pistleri, park ve depo alanları, endüstriyel yapılar gibi birçok alanda başarılı bir şekilde uygulanmaktadır. Günümüz modern ulaştırma politikalarında -giderek artan nüfus ve araç sahiplikleri de düşünüldüğünde- yeni yol yapımından ziyade, mevcut üstyapıların gelecekteki yolculuk taleplerine karşılık verebilecek tarzda üstyapı modellerinin tasarlandığı konular öne çıkmaktadır. Her iki durum örneğinde de üstyapı tipinin seçimi büyük önem taşımaktadır. Üstyapı tipine karar verme konusu çok aşamalı bir çözümlendirir ve en önemli unsurlardan birisi de malzemedir. Bu duruma en çarpıcı örnek, 1973'teki petrol krizinden

sonra Fransa ve Almanya gibi birçok Avrupa ülkesinde beton yollara olan eğilimin artması verilebilir.

Ülkemiz karayolu ağı düşünüldüğünde beton yolların oranı ise bir hayli düşüktür. Beton yollar, Karayolları Genel

Müdürlüğü tarafından 2004 yılından itibaren yapılmaya başlanmıştır. Sırasıyla Afyonkarahisar-İscehisar'da 2 km (2004), Hasdal-Kemerburgaz'da 3.5 km (2006), Ordu-Ulubey'de 1 km (2007) ve Kocaeli-Karamürsel Şehir Geçişi'nde 1.6 km (2009) olmak üzere toplamda 8.1 km beton yol imalatı yapılmıştır. Asfalt kaplamalı yolları düşündüğümüzde beton yolların oranı bu verilere göre sadece %0.02'dir.

Kaliteli malzeme ve işçilikle beraber uygun koşullarda iyi bir tasarım sonucu ortaya çıkan beton yolun bakım ve onarım durumlarının uzun vadede gerçekleşiyor olması, mevsimsel koşullardan daha az etkilenmesi, yerel idareler açısından durumu daha farklı boyutlara taşımaktadır. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi dışında Denizli Belediyesi, Antalya ve Samsun Büyükşehir Belediyeleri gibi yerel idareler de son yıllarda rijit üstyapı modellerini yatırım programla-

Concrete Pavements - Kocaeli Metropolitan Municipality Case

It is widely accepted by the authorities that concrete pavement also known as rigid pavement is more beneficial than the flexible superstructure in the long term. The reality that the concrete road's lifecycle cost is more advantageous comparing it with the flexible superstructure plays a big role forming that perspective -considering economically.

Concrete pavements are being implemented successfully across the world in the fields such as streets, highways, airport runways, parks and warehouse areas and industrial structures.

In today's modern transportation policies -considering the gradually growing population and vehicle ownerships- the subjects comes forward in which the current superstructures' models are re-designed in order to meet future's needs instead of making new roads.

¹ İnş.Yük.Müh. Lab Şefi (yavuzabut@kocaeli.bel.tr)

² İnş.Yük.Müh. Yol Bakım Onarım ve Yapım Şube Müdürü (tolgacankaya@kocaeli.bel.tr)

Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı, D100 Karayolu Üzeri Ordu Evi Karşısı Eski Seka İdari Binası İzmit/KOCAELİ - TEL : 0 (262) 324 22 60

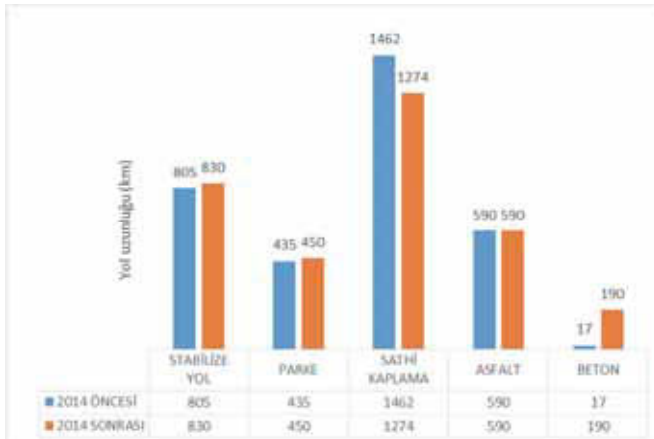
In both cases the choosing the type of the superstructure looms large. The issue of choosing the superstructure type is a multi-staged analysis and one of its most essential factors is the material. The most striking example with regard to this situation can be stated as after the Oil Shock in 1973, the tendency to concrete roads increased in the European countries such as France and Germany. Considering our country's highway networks, the ratio of the concrete roads is pretty low. Concrete roads were started to be built after the year of 2004. Consecutively the following roads has been built with a total length of 8.1 km, in Afyonkarahisar - İncehisar 2km (2004), in Hasdal - Kemerburgaz 3,5 km (2006), in Ordu - Ulubey 1 km (2007) and Kocaeli - Karamürsel City Crossing 1.6 km (2009). Comparing the asphalt roads the ratio between them is only %0.02.

rına dahil ederek, köy içi ve köyler arası bağlantı yolları, köy grup bağlantı yolları gibi kesimlerde beton yol imalatları gerçekleştirilmişlerdir.

Bu çalışmada, Kocaeli Büyükşehir Belediyesi - Ulaşım Dairesi Başkanlığı'nın 2014-2015 yılları içerisinde yapımını bitirdiği ilk beton yol uygulamaları hakkında bilgiler verilecektir. Yaklaşık 173 km'ye varan bu beton yol uygulamalarının tasarımı, maliyet analizi, imalat, kalite kontrol ve performans gözlem aşamalarına değinilerek, gelecekte yapılması planlanan bakım/onarım stratejilerinden bahsedilecektir.

2. Ulaşım Ağı ve İlk Beton Yol Uygulamaları

Kocaeli, 2014 yılı verilerine göre; 502 km'si devlet yolu ve 3309 km'si ilçe - köy bağlantı yolu olmak üzere toplamda 3811 km'lik bir yol ağına sahiptir. Büyükşehir Belediyesi sorumluluğunda bulunan 3309 km'lik bu yol ağının, yıllara ve kaplama tipine göre dağılımı ise Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Büyükşehir Belediyesi Sorumluluğundaki Yol Ağının Yıllara ve Kaplama Tipine Göre Değişimi

Şekil 1'den görüleceği üzere, 2014 yılı öncesinde toplam beton yol

uzunluğu 17 km'dir. Kocaeli ilinde 2003 yılında İl Özel İdaresi tarafından yapılan ve şu zamana dek herhangi bir bakım veya onarım görmeyen bu ilk beton yol uygulamaları; Gölcük İlçesi, İhsaniye - Hamidiye - Ümmiye köyleri arası bağlantı yolu (5 km), Kandıra İlçesi, Kefken - Akçabeyli - Karaağaç köyleri arası bağlantı yolu (8 km) ve Akçabeyli - Çamkonak - Ketenönü köyleri arası bağlantı yolu (4 km) olarak halen servis sağlamaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. 2003 Yılında Kocaeli ilinde İl Özel İdaresi Tarafından Yapılan İlk Beton Yol

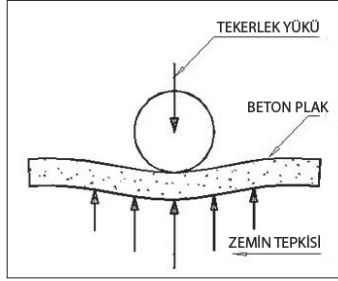
3. Materyal ve Yöntem

3.1. Beton Karışımının Optimizasyonu

Projeye esas platform genişliği 7 m'yi geçmeyen köy içi ve köyler arası bağlantı yolları, köy grup bağlantı yolları olduğundan, boyuna ve enine eğimler sıklıkla değişmektedir. Beton finişerinin çalışmasının mümkün olmadığı açıklık ve boyuna profillerde el işçiliğiyle C30 sınıfı geleneksel beton karışımların kullanılmasının daha uygun olacağı düşünülmüştür (Slump = 8 - 11). Kullanılan çimento türü CEM I 42.5 olup, beton karışımında puzolanik bağlayıcı veya doğal katkı malzemeleri kullanılmamıştır. Agrega karışımının en büyük tane çapı TS 802'ye uygun olacak şekilde 19 mm seçilmiştir. Deneime amacıyla belirli bir kesimde, tek sıra hasır donatı yerine çelik tel (2 kg/m³) veya polipropilen lif (20 kg/m³) kullanılarak performans gözlemlemesi yapılmıştır.

3.2. Beton Plağın Tasarımı

Trafik yüklerinin plak üzerinde yaratacağı eğilme direnci (flexural stress), beton yol tasarımının birincil öncülünü oluşturur (Şekil 3). Betonda oluşan bu maksimum dolaylı çekme gerilmesi birçok durumda donatı ihtiyacını gerekli kılmaz. Ayrıca bu plağın kuruma rötresi (drying shrinkage), sıcaklık etkisinde kıvrılma (curling) gibi nedenlerden dolayı durabil olması istenir (Şekil 4). Donma çözünme, ıslanma kuruma, ısınma soğuma gibi mevsim etkileri düşünüldüğünde agrega tipi, boşluk yapısı, katkı tipi gibi özellikler de hayati önem arz etmektedir.



Şekil 3.
Beton Plak - Zemin Tepkisi



Şekil 4.
Sıcaklık ve Nem
Etkisinde Kıvrılma
(Curling)

Beton yolların tasarımında, trafik, iklim koşulları, taban zemininin taşıma gücü, beton plağın mekanik özellikleri, yolun ekonomik hizmet ömrü ve yoldan beklenen hizmet kalitesi gibi proje faktörleri dikkate alınır. Projelerin oluşturulmasında rijit plağın tasarımı için AASHO 72 amirik yöntemi kullanılmış olup tasarım parametreleri aşağıda topluca verilmiştir.

t, Analiz Süresi = **20 yıl**

P_t, Son servis yeteneği indeksi = **2.0**

W_t veya **W₍₁₈₎**, Proje trafiği (SDYTS) = **1 milyon**

k, Taban zemini yatak katsayısı = **%50 CBR = 500 psi/inc**

C30 sınıfı beton

S_c, Betonun 28 günlük eğilme direnci : **40 kg/cm²**

f_t, Eğilmede çekme emniyet gerilmesi : $0.75 * S_c = 0.75 * 40 = 30 \text{ kg/cm}^2$

E_c, Betonun Elastisite Modülü : **32.000 MPa = 4.600.000 psi**

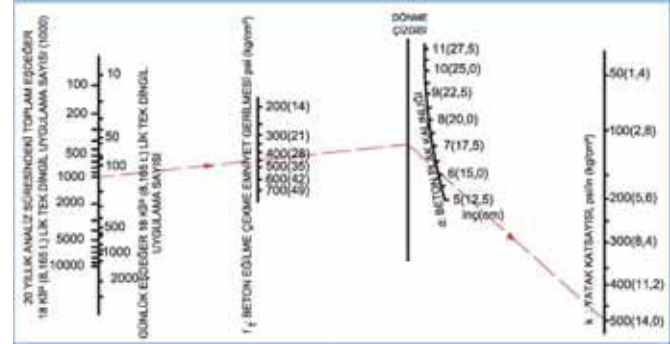
S420 sınıfı donatı

L, Plak Uzunluğu : **6 m (20 feet)**

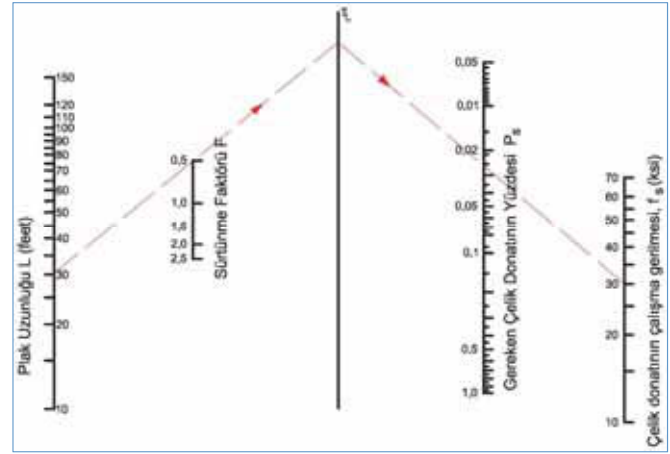
Pt, Çelik Donatının Çalışma Gerilmesi (S420) : **200 MPa (30.000 psi)**

F, Sürtünme Faktörü : **0.5 (Naylon, 150 mikron PE)**

İlk aşamada, bu veriler kullanılarak Şekil 5'deki nomogram yardımıyla gerekli plak kalınlığı tespit edilecek, daha sonraki aşamada ise Şekil 6'daki nomogram yardımıyla donatı tahkiki yapılacaktır. Burada betonun eğilmede çekme emniyet gerilmesi değerinin taşıma kapasitesi açısından yeterli olduğu ancak mevcut donatının rötre veya sıcaklık ve nem etkisinde kıvrılma (curling) gibi nedenlerden ötürü betonda oluşacak kılcal çatlakların kontrollü bir şekilde gelişmesini sağlamak için konduğunu belirtmekte fayda vardır.



Şekil 5. Pt = 2.0 için Plak Kalınlığını Hesaplama Nomogramı (AASHO 72)

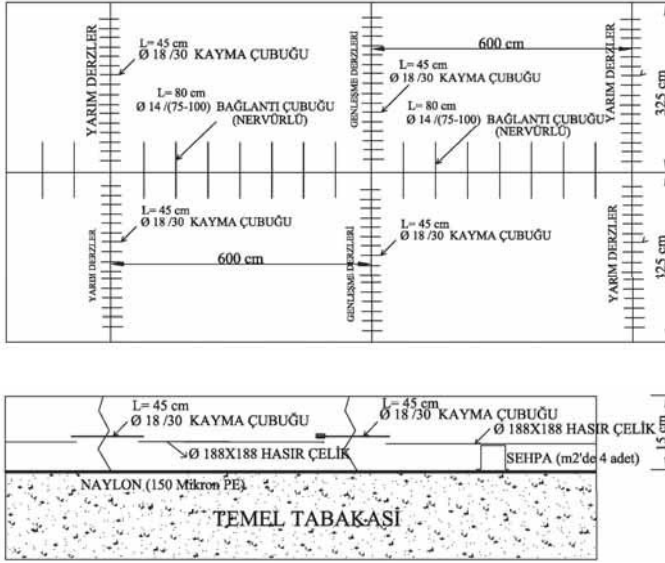


Şekil 6. Plak Uzunluğuna Göre Donatı Yüzdesi Hesaplama Nomogramı (AASHO 72)

Şekil 3'te görüleceği üzere plak kalınlığı 15 cm olarak belirlenmiştir. Donatı yüzdesinin tespit edildiği Şekil 4'te ise sürtünme faktörü proje kapsamında beton plak ile alt-temel arasında naylon (150 mikron PE) kullanılacağı için 0.5 kabul edilmiştir. Beton plak uzunluğunun 6 m olacağı bu projede gerekli donatı oranı % 0.03 olarak tespit edilmiştir. Q188/188 Hasır Donatı (Φ6/15) ile oluşacak bu düşük hacimli çekme gerilmelerinin karşılanacağı düşünülmektedir.

Plaklar arasında yük transferinin sağlanabilmesi ve farklı oturumların önüne geçebilmek için enine doğrultuda Φ18/20 (L=45 cm) kayma donatısı, boyuna doğrultuda ise Φ14/20 (L=100 cm) bağlantı donatısı yerleştirilecektir. Platform plan görünüşü, boyuna kesit ile derz kesimi detayı Şekil 7'de gösterilmektedir.

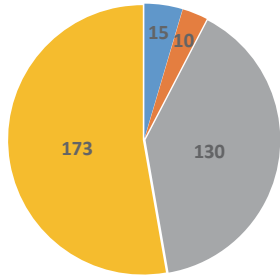
With high quality material and workmanship, after a good design that has been put through within the proper conditions, the fact that the concrete road's maintenance and repair situations occur in the long term and the fact that it is effected less by the seasonal conditions brings the situation to a beyond level. Subnational Administrations such as Kocaeli Metropolitan Municipality, Denizli Municipality, Antalya and Samsun Metropolitan Municipalities have added the rigid pavement models to their investment plans within the last years and done concrete road manufacturing over the rural side.



Şekil 7. Plan ve Kesit Detayı

3.3. Maliyet Analizi

2014-2015 yılları içerisinde gerçekleştirilen Parke, Sathi, Asfalt ve Beton kaplamalı yol miktarı 328 km olup, kaplama tipine göre dağılımı Şekil 8'de verilmiştir.

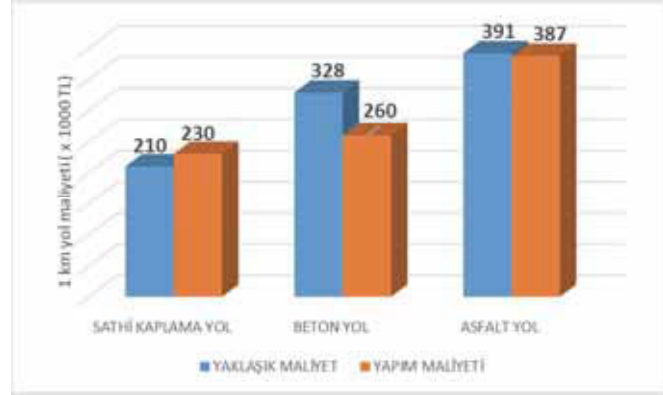


2014-2015 YILI YAPILAN YOL (km)

PARKE	SATHİ KAPLAMA	ASFALT	BETON
Parke (8 cm)	Sathi Kaplama (2 cm) Plentmiks Temel (15 cm) Alt-temel (20 cm) Terasman (30-50 cm)	Aşınma (5 cm) Binder (9 cm) Plentmiks Temel (15 cm) Alt-temel (20 cm) Terasman (30-50 cm)	Beton (15 cm) Alt-temel (20 cm) Terasman (30-50 cm)

Şekil 8. 2014-2015 Yılları Arasında Yapımı Biten Parke, Sathi, Asfalt ve Beton Kaplamalı Yol Miktarları (km)

Şekil 8'de belirtilen kesitler kullanılarak, 6.5 m genişlik ve 1 km uzunluktaki yol tipinin yaklaşık maliyeti 2014 yılı Bayındırlık Birim Fiyatlarına göre belirlenmiştir. Bu yaklaşık maliyetler ile aynı yıl içerisinde 6 adet yüklenici firmanın ihale sonuçlarına göre vermiş olduğu ortalama yapım maliyetleri arasında ekonomik bir değerlendirme yapılarak, Şekil 9'da ayrı ayrı gösterilmiştir.



Şekil 9. 2014-2015 Yılları Arasında Yapımı Biten Sathi, Beton ve Asfalt Kaplamalı Yolların Maliyetleri (6.5 m genişlik, 1 km uzunluk)

Sathi ve asfalt kaplama yolların ilk yapım maliyetlerinde, yaklaşık maliyet hedeflerinin hemen hemen yakalandığı görülmektedir. Beton yollarda bu fark daha fazladır. İlerleyen yıllarda, bu farkın da kapanacağı düşünülmektedir. Yapım maliyetleri ele alındığında ise 6.5 m genişlik ve 1 km beton yolun, sathi kaplamalı yoldan % 13 daha pahalı, asfalt kaplamalı yoldan ise %33 daha ucuz olduğu görülmektedir (Şekil 9). Bakım, onarım, yenileme, yaşam döngü maliyetleri gibi diğer maliyetlerin de eklenmesi sonucu hizmet ömrü boyunca bu farkın artacağı düşünülmektedir.

3.4. Beton Yolun İmalatı

Yapımına 2014 yılı itibariyle başlandığı, 2015 yılı içerisinde büyük bir kısmının bittiği beton yol uygulamaları ile ilgili örnekler Şekil 10 ile Şekil 21 arasında gösterilmektedir.



Şekil 10. Derince, Terziler-Geredeli Grup Yolu (26 km)



Şekil 11. Gölcük, Zeytinlik Yolu (1 km)



Şekil 12. Sevindikli, Kutluca Taş Ocağı Yolu (15 km)



Şekil 16. Beton Yollarda Kullanılan Kalıp Sistemi



Şekil 13. Beton Yol Yüzey Dokusu



Şekil 17. Trafiğe Kapalı Bölgelerde Paspayı ve El Mastarı Uygulaması



Şekil 14. Derz Kesme Yerlerinin Belirlenmesi



Şekil 18. Trafiğe Kapalı Bölgelerde Vibrasyonlu Master Kullanımı



Şekil 15. Derz Uygulama ve İzolasyonu



Şekil 19. Beton Yollarda Perdah Uygulaması



Şekil 20. Beton Yollarda Perdah ve Süpürge Uygulaması



Şekil 21. Polipropilen Lif Donatılı Beton Yüzey Dokusu

3.5. Kalite Kontrol Çalışmaları

Proje kapsamında kullanılacak olan geleneksel beton karışımı TS 206'ya uygun olacak şekilde optimize edilmiştir. Hasır donatı için ise TS 708'deki esaslar dikkate alınmıştır. Taze betonda üretim kontrolü ASTM C 31 standardına göre her bir günlük üretimden veya her 200 m³ beton karışımı için bir set (3 adet 7 günlük, 3 adet 28 günlük küp numune) almak koşuluyla sağlanmıştır (Şekil 22). Günlük üretimlerde 200 m³'ün üzerindeki her 50 m³'lük üretim için ilave bir numune seti daha alınmıştır. Küp numunelerin hazırlanması ve kür edilmesi ASTM C 31 standardına göre, basınç dayanımı ise ASTM C 39'a göre yapılmıştır.



Şekil 22. Beton Kaplama Tamiri Sırasında Standart Numune Alımı

Uygulaması tamamlanıp 28 günü doldurmuş beton yolun kalitesinin uygun olup olmadığının belirlenmesi amacıyla, her 5000 m²'lik beton yol uygulamasından ve ayrıca Kontrol Mühendisinin mukavemetin yetersiz olduğunu düşünüp, gerekli gördüğü yerlerde 10 cm çapında en az 3 adet karot numune tekniğine uygun olarak alınıp, İdare laboratuvarında basınç dayanım deneyine tabi tutulmuştur. Karotlar EN 12504-1 Standardı'na uygun olacak şekilde alınmış, EN 12390-3 Standardı'na uygun olacak şekilde basınç dayanımı test edilmiş ve EN 13791'e göre değerlendirilmiştir. Karot başlıklama işlemlerinde ise Kalsiyum Alüminatlı Çimento'lu karışımlar kullanılmıştır (Şekil 23).



Şekil 23. Kalsiyum Alüminatlı Çimento ile Karot Başlıklama Yapılması

Beton kaplama kalınlığının denetlenebilmesi için bütün giderleri Müteahhite ait olmak üzere kabul işlemini gerçekleştirecek olan İdare elemanlarınca belirlenen yerlerden, (toplam karot sayısı 15 adetten az olmamak üzere) yeterli sayıda silindirik karot numunesi alınacak olup aşağıdaki iki şartın yerine getirilmesi sağlanacaktır.

- 1- Herhangi bir kısımdaki beton tabaka kalınlığı, projelerde gösterilen kalınlıktan en çok 10 mm eksik olabilir.
- 2- Genel ortalama kalınlık ise, projelerde belirtilen kalınlıktan en çok 5 mm eksik olabilir.

4. Sonuçlar ve Öneriler

Yerel yönetimlerde sürdürülebilir ulaştırma politikaları düşünüldüğünde; %100 yerli malı bir üretim, çalışılabilir gün sayısının daha fazla olması, plastik bozulmalara (ondülasyon) karşı sağladığı direnç, yüksek sürtünme direnci (0.70) ve zayıf zeminler üzerine rahatlıkla uygulanabiliyor olması gibi nedenlerden ötürü beton yolların köyler arası birçok bağlantı yolu ve kırsal arterlerde Asfalt ve Sathi kaplamalı yollara iyi bir alternatif olabileceği açıktır.

Uzun dönemlerde karşılaşılabilecek problemlerin çözümü ise çok boyutludur; çatlaklar ve onarımı, çatlağın derze dönüşürülmesi, yüzeydeki çıkıntılarının değiştirilmesi, çukurların onarımı, bitümlü karışımla onarım, beton plağın tamamının veya bir kısmının yenilenmesi, ince beton tabakası ile takviye, genleşme derzlerinin onarımı, oturmuş plakların restorasyonu, plak altı enjeksiyonu, altyapı inşaatı veya onarımından ileri

gelen bozulmalar ve kaybolan yüzeysel pürüzlülüğün yeniden oluşturulması v.b. bakım, onarım ve yenileme stratejileri uzun vadede gerçekleştirilecektir. Kocaeli Büyükşehir Belediyesi, Ulaşım Dairesi Başkanlığı denetiminde 2014-2015 yılları içerisinde imalatı bitmiş yolların, kaplama tipine göre ilk yapım maliyetleri ele alındığında (6.5 m genişlik ve 1 km uzunluk) beton yolun, sathi kaplamalı yoldan % 13 daha pahalı, asfalt kaplamalı yoldan ise %33 daha ucuz olduğu tespit edilmiştir. İlerleyen zamanlarda bakım, onarım, yenileme, yaşam döngü maliyetleri gibi diğer maliyetlerin de eklenmesi sonucunda uzun dönem fayda/maliyet analizi yapılabilecektir.

Düşük bağlayıcı içeriği, donatısız uygulama koşulları, derz kesiminin daha uzun aralıklarla yapılması, kalıp kullanılmaması ve asfalt ekipmanları ile serilip sıkıştırılabiliyor olması gibi nedenlerden ötürü yerel yönetimlerin ulaştırma politikalarında önemli bir teknoloji alternatifi olmaya başlayan ve Denizli Belediyesi ile Samsun Büyükşehir Belediyesi'nin de daha önce uygulamaya koyduğu Silindirle Sıkıştırılabilir Beton yol teknolojisi, beton yollarla ilgili pozitif yaklaşımları bir üst çığır çıkarmıştır. Bu bağlamda Kocaeli Büyükşehir Belediyesi de, 2016 yılı programına Silindirle Sıkıştırılabilir Beton yol teknolojisini de dahil edip, takip eden yıllarda fayda/maliyet analizi yapmayı planlamaktadır.

Kaynaklar

- [1] Açar, E., Sütaş, İ., Öztaş, G. "Beton Yollar" İTÜ, 1998
- [2] AASHTO, AASHTO Guide for Design of Pavement Structures, American Association of State Highway and Transportation Officials, Washington, D.C., 1972, 1986, 1993.
- [3] Sağlık, A., Güngör, A.G, 2008, Karayolları Esnek Üstyapılar Projelendirme Rehberi, KGM, ANKARA, TÜRKİYE.
- [4] Karayolu Teknik Şartnamesi, KGM., ANKARA, 2006.
- [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.