

BETON YOLLAR

THBB Beton Yollar Teknik Çalışma Grubu

TÜRKİYE'DE ULAŞTIRMANIN DURUMU

Bilindiği gibi 1950'li yıllarda, Türkiye'de hızlı ancak kontrolsüz ve düzensiz kentleşme başlamıştır. Bu arada yeni bir örgütlenme ile yaygın bir karayolu yapımına girmiştir. Bu olguların ülkeye getirdiği olumlu ve olumsuz sonuçların önemini gittikçe artması sonucunda ulaştırma sektörü de planlama kapsamına alınmıştır. Bu kalkınma planları sonucunda ana hedef bilindiği gibi demiryolu ve denizyolu taşımalarının toplam taşımadaki paylarının artırılması suretiyle karayolu taşımasının yükünün hafifletilmesi olmuştur. Ancak uygulama bu şekilde olmamış, karayolu ağırlıklı bir ulaşım politikası benimsenmiştir. Yaygın ve hızlı bir otoyol yapımına girişilmesi bunun en belirgin göstergesidir. Demiryollarının uzunlukları AB ülkeleri ortalamalarına göre oldukça kısa olması, aynı zamanda işletme yeterlilikleri de yolcu ve yük taşımasının neredeyse tamamının karayollarına yığılmasına neden olmuştur. Tüm ulaştırma içinde karayollarının hem yük taşımasında hem de yolcu taşımasındaki payı %95'tir. Gözlenen diğer bir durum ise Türkiye'de yollarda ağır taşıt oranının çok yüksek olmasıdır. (Türkiye'de %40, AB ülkelerinde %10 dolayında).

özellikli zemin ve nem tutucu tuzla yol her türlü hava koşullarında kararlı hale gelir.



KARAYOLU KAPLAMA ÇEŞİTLERİ

1. Bitümsüz Hafif Kaplamalı ve Stabilize Yollar

Bu tip yollar günlük trafik hacmi birkaç yüz araç olan yollarda uygulanır. Ayrıca daha fazla trafik geçiren yollarda alt temel tabakası olarak kullanılırlar.

- Kum kil yollar

Yapay olarak kum ve kil tabakasının yüzeyde oluşturulmasıyla yapılır.

- Çakıl Yollar

Genellikle yapımdan hemen sonra bitümlü bir aşınma tabakasıyla örtülürler.

- Stabilize yollar

Kum ve çakılın granülometrik bileşimi bağlayıcı

2. Esnek Kaplamalar

- Yüzeysel (sathi) kaplamalar.

Bağlayıcılar ve agregaya yol yüzeyine ayrı ayrı serilir. Sıkıştırılır. Karıştırma söz konusu değildir. Trafik yoğunluğu günlük 1000 araca kadar olan yollara uygulanır.



- Bitümlü bağlayıcılarla yapılan karışımların oluşturduğu kaplamalar

- Hafif bitümlü kaplamalar
- Beton asfalt: Sıcak karışımıdır, kalitelidir ve yoğun trafikte de uygulanır.



3. Beton Yollar - Rijit Kaplamalar

Çimento betonu ile yapılan kaplama tipine denir. Şehir içi yollarda, orta ve ağır trafik yoğunluğu olan yollarda kullanılan kaliteli bir kaplama tipidir.



Beton yollar üç çeşide ayrılabilirler;

a) Derzli donatısız beton kaplama



b) Derzli donatılı beton kaplama



c) Derzsiz donatılı beton kaplama



Beton yolların farklı yapım tekniğine bağlı farklı biçimleri de vardır:

a) Öngermeli beton kaplama



b) Silindirle sıkıştırılan beton kaplama



c) Kompozit kaplama

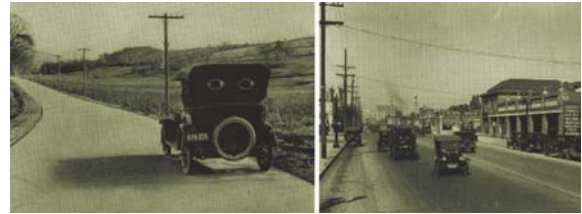
**BETON YOLLARIN TARİHÇESİ**

İlk olarak Romalılar M.Ö. I. yüzyılda yollarda taşları birbirine bağlamak için puzzolanik bağlayıcılar kullanmışlardır. Çok eskiye dayanan bu örnekten sonra

beton yollar konusunda gelişmeler 19. yüzyılın sonlarına dayanmaktadır. İlk beton yollar ABD'de yapılmıştır. 1891 yılında Ohio'da bir sokak bilinen en eski beton yoldur.



Çok fazla hesaba dayanmayan bu yollardan sonra 1920'li yıllarda tasarım ilkelerine sahip yollar yapılmıştır. Daha sonra alt zemin problemleri başgöstermiş ve alt zeminleri olan beton yollar inşa edilmiştir.



Gerçek anlamda endüstriyel döneme 1933 yılından itibaren girilmiştir. Almanya'da işsizlikle mücadele etmek için ve askeri birimlerin hızlı ve güvenli bir şekilde yer değiştirmelerini sağlamak amacıyla ilk beton otoyol şantiyeleri kurulmuştur. Daha sonra Belçika ve Fransa, beton otoyol yapmaya başlamışlardır.



Deforme olmayan kalıplar ve beton santralleri sayesinde kalite garanti altına alınmaya başlamıştır ve bu sayede beton yol yapımı hız kazanmıştır. Sırf 1960'lar ve 1970'lerde ABD'de 70.000 km'lik bir beton yol ağı bitirilmiştir. Önce ABD'de başlayan bu gelişmeler, Almanya, Belçika ve Japonya'da da gerçekleşmiştir.

Beton yol teknolojisinde yaşanan hazır beton, kayar kalıp, geçirimli beton, lifli beton, ön gerilmeli beton, sürekli betonarme gibi yenilikler ve hızlı gelişmelerle beton kaplama, günümüzün modern yolları için asfalt kaplamalara karşı vazgeçilmez bir seçenek haline gelmiştir.



BETON YOLLARIN ÜSTÜNLÜKLERİ

1. Beton Yolların Yapısal Ömrü Fazladır

Beton kaplamanın bilinen en önemli avantajı uzun yapısal ömrü ve üstün dayanımıdır.

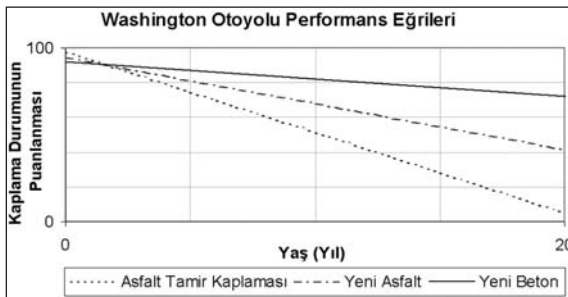
Kaplamanın ömrü süresince verdiği hizmetin kalitesinin karşılaştırılması bakımından bir puanlama ile yolların yıllara göre “bozunma hızı”dır. Buna göre asfalt yol % 80 performansla yaklaşık 7 yılda inerken, beton yol aynı performans düzeyine yaklaşık 13 yılda inmektedir. Diğer bir ilgi çekici sonuç ise, asfalt tamir kaplamasının “bozunma hızı”nın yeni asfaltın da çok üzerinde olduğu, tamir kaplamasının ömrünün 7 yılda % 70’e indiği ve 20 yılda tamamen ortadan kalktığıdır.

Beton kaplamalarda aşınma miktarı normal dayanımlı betonlarda (20 MPa) kuru halde asfaltın %60’ı, ıslak halde ise 1/3 ‘ü kadar olmaktadır. Beton dayanımı arttıkça aşınma dayanımı artmaktadır.

Tablo 1 - Onarılan Devlet ve İl Yollarının Uzunlukları

Yıl	Devlet Yolları (Asfalt)	İl Yolları (Asfalt)	Toplam
1998	7189 km	4070 km	11259 km

Türkiye’de 1998 yılında onarılan asfalt yollar 11.259 km ‘dir. Türkiye’de bulunan toplam asfalt yol ise 56.035 km’dir. Yani her sene asfalt yolların %20 ‘si bakım görmektedir.⁵



Şekil 1 - Washington Otoyolu Performans Eğrileri

2. Beton Yollar Ekonomiktir

Beton yolun esnek üst yapıya göre ilk yapım maliyeti, bilinenin tersine sadece çok sağlam bir zeminde ve çok düşük trafik hacimleri birlikte olduğu bir koşulda yüksek olduğu ortaya çıkıyor. Bakım ve onarım maliyetleri düşünülmeden ortaya çıkan bu sonuca göre şu söylenebilir. Sırf ekonominin düşünüldüğü durumlarda bile yapılacak yolun koşullarından bağımsız olarak beton yolun tercih edilmesi gerekir. Hele ki ülkemizde yollarda %40 ağır taşıt trafiği olduğu da düşünülürse, beton yolun hem ekonomik olduğu hem de bir zorunluluk olduğu açıktır.

Son yıllarda, bu konu ile ilgili çeşitli Hayat Döngüsü Maliyet Değerlendirmesi (LCCA) çalışmaları yapılmıştır. Bu çalışmaların çoğu beton ve asfalt yollar arasındaki maliyet farkları ile ilgilidir.

Örneğin son yapılan bir araştırma⁷ sonucunda, Derzli Beton Kaplamalı yollarda, asfalt kaplamalı yollara göre, yapım ve bakım göz önüne alınarak, % 13’den % 28’e kadar bir maliyet düşüklüğü bulunmuştur. Sürekli betonarme yollarda ise asfalta göre hiçbir maliyet farkı yoktur. Bu çalışmada gerçek ve historik yapım ve bakım verileri kullanılmıştır.

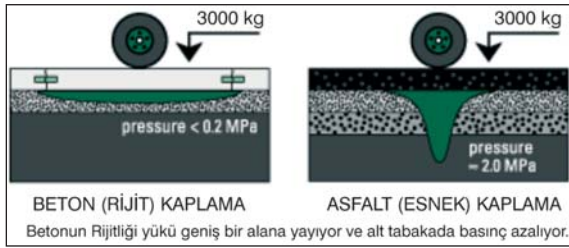
Bunların yanı sıra bu işin sosyo-ekonomik boyutu da vardır. Sonraki bölümlerde daha değişik ve ayrıntılı yönleriyle ilgilenecek bu konuda, burada şunlar söylenebilir: Beton yol yapımında daha fazla kişi çalışması gerekmektedir. Maliyet hesaplarında bu göz önüne alınmasına rağmen beton yolun daha ekonomik olduğu ortaya çıkmıştır. Böylece işsizliğin büyük sorun olduğu ülkemizde daha fazla kişiye istihdam sağlanmış olur.

3. Beton Yollar Dayanıklıdır

Beton kaplama rijittir. Elastik bir zemine oturan kiriş gibi çalışır ve üzerine gelen yükleri çok daha geniş bir alana yayarak taban zeminine iletir. Beton yolun taşıma gücü taban zeminine bağlı değildir. Bu nedenle rijit üst yapı olan beton kaplama zayıf taban zeminleri üstünde esnek üstyapılara kıyasla

daha iyi sonuçlar vermektedir. Çek Cumhuriyeti, Avusturya, Hollanda, ABD, İngiltere gibi birçok ülkedeki teorik çalışmalar bunu ortaya koymuştur. Dayanma bakımından her türlü etkiye karşı koyacak şekilde hazırlanabilir. Asfalt kaplamalar ise, üzerlerine gelen yükleri bir alt tabakaya yayarak iletirler (Şekil 2). Kaplamadan temele, temelden alt temele ve nihayet alt temelden taban zeminine iletilen yükler, her bir tabaka geçişinde gittikçe yayılmakta ve daha geniş bir alana dağılmaktadır. Dolayısıyla her bir tabakada kullanılan malzemenin mekanik özellikleri de, tabakalardan aşağı inildikçe azalan gerilme değerlerine paralellik gösterir. Taban zemini zayıfsa ve çeşitli gerilmeler altında deforme oluyorsa, asfalt kaplama da bu deforme olan bu profili izlemekte ve sonuçta yolun en üst düzeyinde çeşitli oturmalar ve ondülasyonlar gözlenmektedir.

Bunun sonucu olarak ağır trafik altındaki yollarda, beton yol uygulaması, dayanıklılığı sebebiyle çok daha iyi ve uygun olmaktadır.²



Şekil 2 - Kaplamalar Yükü Nasıl İletir

Betonun dayanımının en çok önem kazandığı mevsim ilkbahardır. Basitçe beton, alt tabakanın bahar donma ve çözölmelerinden etkilenmez. AASHTO tarafından yapılan bir araştırmaya göre, asfalt yolların %61'i Kanada bahar koşullarında bozulmaktadır. Oysa ki bu oran betonda sadece %5.5'tir.

4. Beton Yollar Daha Kısa Durma Mesafesi Sağlar

Beton kaplamaların kayma sürtünme katsayıları yüksektir. Kaymaya karşı direnci fazladır. Güven vericidir. Boyuna sürtünme katsayısı 0.70; enine sürtünme katsayısı 0.65 civarındadır. Ayrıca, ıslak oldukları zaman, sürtünme katsayısının küçülmesi diğer plastik bağlayıcılarla yapılan kaplamalara göre daha azdır. Yol yüzeyi düz olduğundan yağış suları kolay akar ve yüzey çabuk kurur.³

Kullanıcı için kişisel güvenliği düşünülürse, beton kaplamanın rijit yapısı önem kazanır. Asfaltta oluşan tümsekler ve çukurlar yağışlı havalarda ekstra su tutar. Bu da su kızıdığı etkisi için büyük bir potansiyel oluşturur. Ayrıca bu biriken sular soğuk havalarda don yapabilirler.

5. Beton Yol Akaryakıt Tasarrufu Sağlar

Ağır araçlar esnek kaplamalarda rijit kaplamalara göre daha fazla deformasyona neden olurlar. Kaplamadaki bu deformasyon, taşıt enerjisinin bir kısmını emer. Ve şöyle bir hipotez ortaya çıkar: Esnek kaplamalarda sürüş için daha fazla enerjiye, bu nedenle daha fazla yakıt tüketimine ihtiyaç vardır.

Bu farklılık ilk olarak Dr. John P. Zaniewski tarafından ortaya çıkarılmıştır. 1982 yılında Dünya Bankası ve Brezilya hükümeti için yapılan bir çalışma ile yol yapımındaki maliyetler incelenmiştir. Yakıt maliyetleri bunlardan biridir ve bu çalışmada beton kaplamalarda asfalt kaplamalara göre yaklaşık % 20 yakıt tasarrufuna ulaşıldığı belirtilmiştir.

Başka çalışmalarda ise % 17.5 ve % 11 gibi rakamlar elde edilmiştir.¹

Tablo 2 - Beton ve Asfalt Kaplama Arasındaki Tahmin Edilen Yakıt Tasarrufu

Kaynak	Taşıt Tipi	Yakıt Tasarrufu
Detroit Diesel Spec ManagerTM Programı	Ağır Taşıtlar	% 8 - 17.5
Dr. Zaniewski Çalışması	Ağır Taşıtlar	%20'den fazla
NRC	Ağır Taşıtlar	Ortalama %11

Beton üstyapıların yuvarlanma sürtünme katsayıları, dolayısıyla harekete karşı dirençleri düşüktür. Vasıtaların yıpranması azalır, mekanik ömürleri artar. Motordan tekerlere aktarılan kuvvet düzenli olduğundan yağ ve yakıt masrafı azalır. Bandaj ve lastik aşınması az olur.³

6. Beton Yollar Gece Görüşünü Kolaylaştırır

Beton doğal olarak açık renklidir ve araçlardan veya sokak lambalarından gelen ışıkları, koyu asfalt kaplamalara göre daha az emerler.¹ Böylece gece görüşü artar. Islak olduğu zaman bile tehlikeli far ışığı yansımalarına sebep olmaz. Bu olay trafik güvenliği açısından çok önemlidir. Şerit çizgileri gerektirmez.³

7. Beton Yolun Hammaddesi %100 Yerlidir

Betonda kullanılan çimentonun hammaddesi tamamen yerlidir. Ayrıca çimento fabrikaları üretimlerini %100'e yaklaşan oranlarda yerli kaynaklarla gerçekleştirebilmektedirler.³

Petrol üreten veya petrol gereksinimlerinde herhangi bir sorunları bulunmayan ülkelerde asfalt kaplamalı yollar ekonomik olmakta buna karşılık çimento üretimi yönünden ileri düzeyde bulunan ülkelerde, beton yol yapımının daha rantabl olduğu görülmektedir.²

Petrol damıtan rafinerilerin sayısının az olduğu ÷lke-lerde, asfalt kaplamaların bağlayıcı malzemesi olan asfaltın, çeşitli tesis veya santrallere taşınması veya nakledilmesi, yüksek bir ulaşım maaliyetini de yanında getirmektedir. Çimento fabrikası sayısının yüksek ve dağılımının da yaygın olduğu ÷lkelerde taşıma ve ulaşım maliyeti büyük ölçüde düşmektedir.²

8. Beton Yol Her Mevsimde Her Türlü Koşulda Uygulanabilir

Türkiye'nin bir çok bölgesinde beton dökümü için inşaat mevsimi daha uzun sürelidir. Asfaltın aksine ıslak zeminde de döküm yapılabilir.³

Asfalt kaplamalarda taban zeminindeki nem oranının en çok %2 olması istenir. Bunun üzerindeki bir değerde nem oranına sahip taban zeminlerinde, asfalt uygulaması son derece sakıncalı olup bu durum, üst yapının özellikle de kaplama ömrünü büyük ölçüde azaltır. Beton yollarda ise böyle bir sorun bulunmamakta ve hatta iyi bir kenetlenme için taban zemininde nemlilik, hatta ıslaklık aranmaktadır.²

Asfalt kaplamalar belirli bir ısıda (125 °C) dökülmesi ve silindire sıkıştırılması gerekmektedir. Bu ısı değeriindeki düşmelerde, sıkıştırma iyi bir şekilde gerçekleşmemekte ve belirli bir sıcaklığın altında asfalt, yumuşaklığını kaybetmekte, kaplamada da boşluk yüzdesi artmaktadır. Bu da sonuç olarak, nitelik yönünden istenen düzeyin altında bir kaplama oluşmasına yol açar. Beton kaplamalar ise vibratörlerle sıkıştırılmakta olup ısı kaybı gibi bir sorun söz konusu değildir.²

Ülkemizde mevsimsel olarak asfalt uygulamasına imkan veren süre çok kısıtlıdır. Bu durumda uygulama için çok sayıda ekipmana ihtiyaç duyulmakta ve bu ekipman yılın büyük bir bölümünde atıl kalmaktadır. Ayrıca istihdam edilen işgücü de mevsimsel olacaktır.

9. Beton Yol Çevrecidir

Daha önce beşinci maddede açıklandığı üzere beton yollar asfalt yollara göre %20 'ye varan oranlarda akaryakıt tasarrufu sağlar. Beton yollar akaryakıtta sağladığı bu tasarruflarla petrol ithalatçısı olan Türkiye için bir tasarruf kaynağıdır.¹

Beton yollar daha az bakıma ihtiyaç duyacağından bakım nedeniyle oluşacak trafik sıkışıklıklarından doğan akaryakıt sarfiyatını azaltacaktır.

Asfalt kaplamaların yapım ve uygulama aşamalarında, ısıtma ve kurutma işlemlerinin bulunması nedeniyle çevre kirliliğine yol açmaktadır.²

Bir alt temel, temel ve asfalt kaplamadan oluşan esnek üst yapının toplam kalınlığı, beton plak ve

altında kumlu yastık tabakasından oluşan rijit üst yapının toplam kalınlığına kıyasla çok daha fazladır. Bütün tabakalarda ana malzeme, agregadan oluşmaktadır. Bu nedenle sonuçta eşdeğer niteliklere sahip olsalar dahi, esnek üstyapı için gerekecek agrega miktarı rijit üst yapıya göre çok daha fazla olmaktadır.²

Agrega kalitesi yönünden asfalt kaplamalar için çok kaliteli agreganın kullanılması zorunludur. Buna karşılık beton yollar daha düşük kalitede agreganın kullanımına olanak vermektedir. Kullanılan malzeme miktarı ne kadar fazlaysa çevreye verilen zarar o kadar çok olmaktadır.²

Asfalt yollarda bağlayıcı olarak kullanılan asfalt malzemesi, bünyesinde çeşitli uçucu maddeler içermekte ve bu uçucu maddelerin zamanla kaybolması sonunda kaplamada yaşlanma adı verilen bir tür gevrekleşme ve eskime görülmektedir. Bu yaşlanma ile niteliklerinin ve özelliklerinin büyük bir kısmını kaybeden asfalt kaplamalar ayrıca benzin, motorin, fuel oil, yağ, tuz gibi maddelerin yol üzerine dökülmesi ile de kimyasal yapılarında değişimler gösterir. Kaplamaların olumsuz yönlerde değişmesine yol açan bu durum, çok kere yol güvenliği açısından büyük tehlikelere yol açacak boyutlara ulaşmaktadır.

Beton yollarda ise kullanılan bağlayıcı çimento olup herhangi bir uçucu madde içermemektedir. Bu nedenle sözü edilen yaşlanma olgusu, beton yol kaplaması için söz konusu değildir. Ayrıca yukarıda söz edilen eritici özelliği bulunan kimyasal maddelerin dökülmesi durumunda da herhangi değişime gözükmemektedir.²

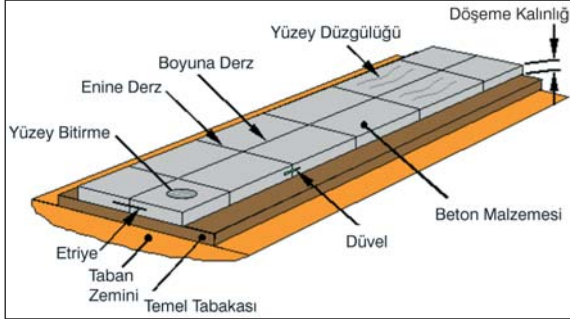
Asfalt yollar sıcak havalarda araçlarda ve çevrede iz bırakır.

10. Beton Yolun Yatırım Maliyeti Daha Düşüktür

Beton üretimi asfalt üretimine göre daha ucuz santrallerde (plantlerde) yapılabilir. Asfalt kaplamalar beton yollara kıyasla daha fazla enerji harcanması sonunda yapılır. Enerji sorununun bulunduğu yerlerde beton yol uygulanması daha uygundur. Ayrıca yapım ilerleme hızları yönünden asfalt kaplamalarda bu husus, plant kapasitesine, plant ile döküm yeri arasındaki uzaklığa, döküm ve sıkıştırmadaki çabukluğa bağlıdır. Beton yolda aynı husus, transmikserlerin kapasitesine ve sayısına, imalat yeri ile döküm yeri arasındaki uzaklığa, döküm sırasındaki vibrasyon ve perdahlama işlerinin çabukluğuna bağlı kalmaktadır. Burada ilerleme hızı yönünden asfalt kaplamalar zamanla meydana gelecek ısı kaybının yaratacağı sorunlar da dikkate alınarak, daha çabuk uygulanmak zorundadırlar.²

BETON YOL YAPIM TEKNİKLERİ VE GELİŞMELER

Beton yolun görünümü şu şekildedir.



Genel anlamda beton yol yapımında iki yöntem kullanılır. Sabit kalıp kullanılan yöntem ve kayar kalıp kullanılan yöntem. Sabit kalıpla beton yol inşası ahşap veya çelik kalıpların yol boyunca kurulması ile olur. Makinalar bu kalıplar arasında döküm yapar. Bazı makinalar kalıplar üstünde ileri geri giderek çalışır. Masterlama işi genelde el aletleriyle yapılır. Bu yöntem kayar kalıba göre daha fazla işçilik gerektirir, bu yüzden ve verimlilik açısından geniş yol alanlarında tercih edilmez.

Kayar kalıp kullanılan yöntemde ise tahta veya çelik kalıba ihtiyaç yoktur. Bazı kayar kalıplı döküm makinaları düvelleme ve bitirme işlerini de yaparlar.

Beton Yol Yapımında Hazır Beton Kullanımı

Yol betonlama şantiyeleri genellikle büyük miktardaki betonu kısa zamanda tüketme eğilimi sergilemektedir aynı zamanda şantiye genişliği, gereksinimlerin yaygınlığı ve üretim temposu değişiklikleri nedeniyle, hazır beton kullanımı, beton yol yapımına önemli faydalar sağlamaktadır.

Hazır beton kullanımı aynı zamanda betonun genel özellikleri bakımından da faydalar sağlar. Teknik anlamda beton daha kaliteli, kontrollü ve garantili olur. Şantiyede emek ve zaman tasarrufu sağlar, yönetim ve organizasyonu kolaylaştırır. Kalite sorumluluğunun üçüncü bir kişiye verilmesi dene-



tim açısından önemlidir. Ekonomik açıdan yatırımların azalmasını, malzeme israfının önüne geçilmesini, personel harcamalarının kısılmasını ve maliyet hesaplarında belirsizliğin ortadan kalkmasını sağlar. Ayrıca hazır beton tesisleri gerekli çevresel önlemleri almış durumdadır. Şantiyede üretilecek beton ile komşu yerleşim yerlerine ve şantiyenin kendi içine çevresel açıdan zarar verilebilir.

KAYNAKLAR

- 1) *Benefits of Concrete-Cement Association of Canada*
- 2) Ağar, E., Süttaş, İ., Öztaş, G. "Asfalt Kaplama ile Beton Yol Karşılaştırılması", THBB Hazır Beton Dergisi - Beton Yollar Özel Eki, 1996
- 3) Ağar, E., Süttaş, İ., Öztaş, G. "Beton Yollar" İTÜ, 1998
- 4) Arıoğlu, E., Köylüoğlu, Ö. "Yüksek Performanslı Betonların Yol Kaplama Malzemesi Olarak Kullanılabilirliğinin İrdelenmesi" THBB Hazır Beton Dergisi - Beton Yollar Özel Eki, 1996
- 5) Türkiye Cumhuriyeti Karayolları 1998 Aktivite Raporu
- 6) Uluöz, N., "Beton Yollar Maliyet Araştırması"
- 7) Friend, R., Schiavoni, P., "Comparative Study Of Socio Economic Factors Related to Concrete and Asphalt Highway Surfaces" KPMG, 2000
- 8) Abit, Ö., "Sessiz Beton", THBB Hazır Beton Dergisi - Beton Yollar Özel Eki, 1996

