



**Makale
(Article)**

Beton Yolları Bekleyen Tehlikeler

Hakan BOLAT^{a*}, Serkan SUBAŞI^b, Mustafa ÇULLU^c, Uğur AKKAYA^d

^a Hacettepe Üniversitesi, Polatlı Teknik Bilimler MYO, Ankara/TÜRKİYE

^b Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Düzce/TÜRKİYE

^c Hacettepe Üniversitesi, Polatlı Teknik Bilimler MYO, Ankara/ TÜRKİYE,

^d Ensu Mühendislik, Ankara/TÜRKİYE,

hbolat@gmail.com

Özet

1990'lı yılların başlarından itibaren ülkemizde beton yollar üzerine önemli araştırmalar yapılmaktadır. Bir yol projesinde kaplama türünün beton olması planlandığında, kaplamanın servis ömrünün kısa, orta ve uzun vadede tasarlanması gerekmektedir. Betonun tasarım aşamasında karışım oranları, sertleştikten sonra maruz kalacağı taşıt yükleri, kimyasal bozulmalar, enerji sönümleyebilme, sıcaklık faktörleri, bölgesel şartlar, uygulama türü, donma-çözülme ve kış aylarında yapılan tuzlama çalışmaları gibi konular dikkate alınmalıdır. Beton yolların servis ömrünü uzatabilmek için gerek tasarım aşaması, gerekse gelecekte yapılacak bakım onarım çalışmaları önemli rol oynamaktadır. Bu çalışmada, şartname hazırlayıcıları ve uygulayıcılar için, planlama aşamasında olan bir beton yolun, tasarım ve uygulama aşamasında dikkat edilecek hususlar ve gelecekte maruz kalabileceği olumsuz faktörler ortaya konulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Beton yol, tuz, taşıt yükü, enerji yutma, donma-çözülme

Concrete Roads Pending Hazards

Abstract

Significantly concrete road researches have been investigated since the beginning of 1990s in our country. If pavement type were planned of the concrete in a road project, pavement design would need to little, middle and long term of the service life. Mix rates, subjected to vehicle weighs, chemical corrosions, energy absorbsion, heat factors, region conditions, concrete application type, freeze-thawing and salting in winter should considered during the concrete design. Whether concrete design or maintenances-repairs in the future have important role to prolongation of concrete roads service life. In this study, be planed a concrete road in design and application explained remarkable subjects and subjected to negative factors in the future to specifications preparatories and appliers.

Keywords: Concrete roads, freeze-thaw, salt, vehicle load, energy absorbsion.

1. GİRİŞ

Beton yol uygulamalarının giderek artması, beraberinde birçok probleminde ortaya çıkmasına neden olmuştur. Belediyeler, il özel idareleri, karayolları gibi kurumların yeterli bilimsel altyapı çalışmalarını tamamladıktan sonra yol yapımı şartnamelerini hazırlamaları ve uygulama sırasında ciddi kontrol

Bu makaleye atf yapmak için

Bolat, H., Subaşı, S., Çullu, M., Akaya, U., "Beton Yolları Bekleyen Tehlikeler" Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi 2010, 6(1) 30-37

How to cite this article

Bolat, H., Subaşı, S., Çullu, M., Akaya, U., "Concrete Roads Pending Hazards" Electronic Journal of Construction Technologies, 2010, 6(1) 30-37

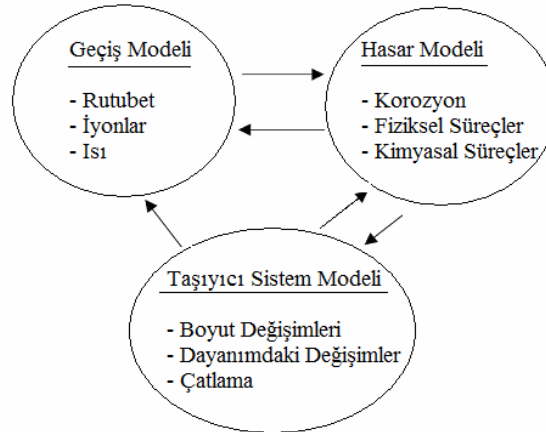
mekanizmalarını harekete geçirmeleri gereklidir. Aksi takdirde bilimsel birçok platformda olumlu yönleri ile dikkat çeken beton yolların asfalt yollardan daha kısa ömürlü olması kaçınılmazdır. Örneğin Güner ve ark. [1] Rize Artvin arasındaki köylerde yapılan beton yol uygulamalarında yaptıkları incelemelerde birçok şikâyet konusu durumu yerinde tespit etmişlerdir. Buna göre tam olarak bilimsel altyapısı oluşturulmayan ve yörenin iklim ve çevresel koşulları yeterince dikkate alınmadan yapılan bir şartname ile ihaleye çıkılmış ve ihale sonucu birçok köy yolu beton olarak yapılmıştır. Ancak 2-3 yıl içinde yolların büyük oranda tahrip olduğu, yolların yapımı sırasında yeterince kontrol yapılmadığı, basınç dayanımı 16 MPa olması gereken beton karot numunelerinin 4-10 MPa arasında çıktığı ve beton döküm bakım kurallarına ekseriyetle uyulmadığı belirtilmiştir.

Bir yolun beton olması planlandığında, konu sürdürülebilirlik açısından değerlendirilmeli ve tüm şartların ciddi bir şekilde ele alınarak, bunlara şartnamelerde özellikle yer verilmeli ve olabilecek ihmellere ve suistimallere karşı gerekli tedbirlerin alınması gerekmektedir.

Bu çalışmada konuyla ilgili yetki sahipleri, şartname hazırlayıcıları, denetim ve müteahhitlik hizmetleri veren kurumların beton yol yapımı şartnamelerinde ve uygulamalarında dikkate alınması gereken bazı önemli konular ele alınmıştır.

2. BETON YOLLARI BEKLEYEN TEHLİKELER

Beton yolların servis ömrünü olumsuz etkileyen faktörlerin birçoğu birbiriyle ilişkilidir. Olumsuz bir faktörün ortaya çıkışı diğer olumsuz faktörleri de beraberinde getirebilmektedir. Örneğin ağır taşıt yüklerinden dolayı yol kaplamasında kırılmalar olabilmekte, buna bağlı olarak geçirimsizlik artmakta, yol temeli ve zemini deformasyona uğrayarak kaplamadaki kırılmaların artmasına neden olabilmektedir. Buna göre beton yolların bozulmalarını etkileyen alt modellerin girişimleri Şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1. Beton yollarda hasarında etkili olan alt modellerin girişimleri [2]

Yol hasarında etkili olan alt modellerin girişimlerine bağlı olarak betondaki bozulmaları arttıran en bilinen faktörler aşağıdaki gibi sıralanabilir.

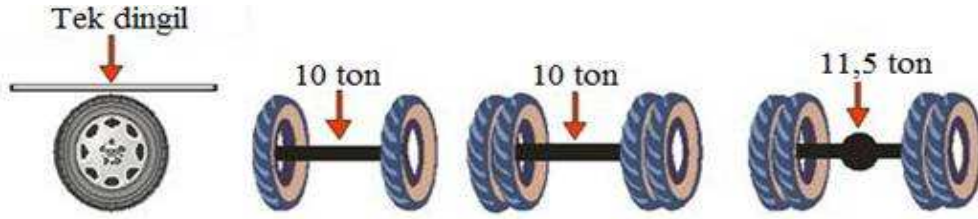
- Taşıt yükleri ve trafik
- Beton tasarım ve uygulamalarındaki hatalar
- Donma-çözülme ve tuzlama çalışmaları
- Kimyasal bozulmalar
- Diğer etkenler

2.1. Taşıt Yükleri Ve Trafik


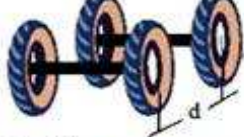
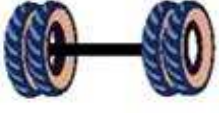


Taşıt yüklerinin etkilerini yol kaplamasının kendisi ve alt zemini olarak iki şekilde incelemek daha açıklayıcı olacaktır.

Beton yol kaplaması taşıt yüklerine karşı bir kirişten çok, plak davranışı göstermektedir. Beton kaplama rijittir. Elastik bir zemine oturan plak gibi çalışır ve üzerine gelen yükleri çok daha geniş bir alana yayarak taban zeminine iletir. [3, 4].

Şekil 2’de Karayolları Genel Müdürlüğüne (KGM) hazırlanmış bir raporda azami dingil yükleri görülmektedir. Buna göre karayollarında tek teker üzerine en fazla 5 ton yük gelebilmektedir. Dingil yükünün yanı sıra Şekil 3’de de gösterildiği gibi dingiller arası mesafe, dingildeki lastik sayısı, lastiğin yola temas eden yüzeyinin büyüklüğü ve aracın hızı yol kaplamasının bozulmasının ayrıca sebepleridir. Araçların dingilleri tarafından yola aktarılan yük karşısında yol üst yapısının gösterdiği davranış, dingil yükünün artışı ve geçiş sıklığı ile olumsuz yönde etkilenmekte, dingil yükü ile yolun deformasyonu arasında doğrudan bir ilişki bulunmaktadır. Yoldan geçecek dingil yükleri dikkate alınarak üst yapı (kaplama, temel, alt temel) tabaka kalınlıkları belirlenmektedir. Projesine göre inşa edilen bir yolun, proje ömrü süresince esas alınan dingil yüküne uygun olması gerekmektedir. Bir yoldan geçecek dingil yükünün projede ön görülen dingil yüklerinden bir ton fazla olması ve sürekli geçmesi halinde zarar faktörü yaklaşık % 50 artmakta ve yol ömrü de buna bağlı olarak kısalarak daha az sürede yapım ve bakıma gereksinim duyulmaktadır [5].



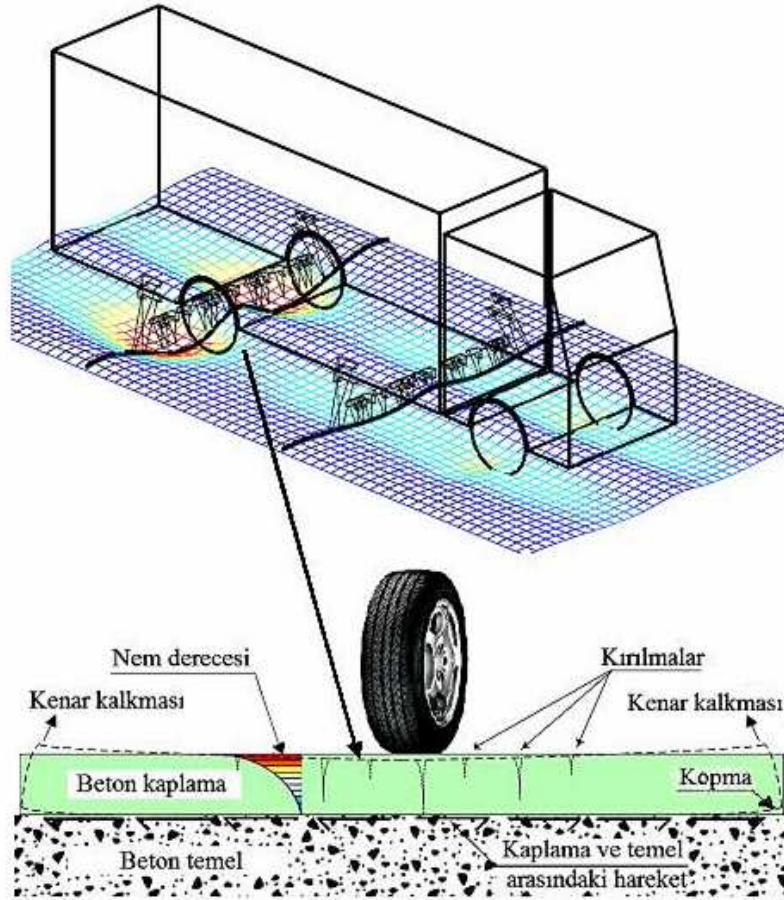
Şekil 2. KGM azami dingil yükleri

 <p>Dingil yükü</p>	 <p>Dingiller arası mesafe</p>	
 <p>Dingildeki teker sayısı</p>	 <p>Tekerin yola temas eden yüzeyinin büyüklüğü</p>	 <p>Aracın hızı</p>

Şekil 3. Yol kaplamasının bozulmasına neden olan araç faktörleri

Beton yollarda araç teker yükleri yol kaplaması ile temel arasında zıt hareketlere neden olmaktadır. Bu zıt hareketler ve yüzeye doğru artan nem neticesinde, tekerin izlediği hat üzerinde çökmeler ve çatlamlar,

kenar kısımlarda da kaplamanın yukarı kalkarak temelden ayrılmaya söz konusu olmaktadır (Şekil 4) [6,7].



Şekil 4. Taşıt yüklerinin beton yol hareketlerine tesirleri [8]

Yol planlamalarında, yolun genişliği, kaplama kalınlığı, kaplama türü, geleceğe yönelik olarak trafiğin artışı, yıllık ortalama günlük trafik (YOGT) ve araç türünün şimdiki ve gelecekteki yoğunluğu gibi faktörler önemli rol oynamaktadır. Bu faktörler üzerinde iyi bir fizibilite çalışmasının olmaması beton yoldan istenen performansın sağlanamaması anlamına gelmektedir.

2.2. Beton Tasarım Ve Uygulamalardaki Kusurlar

Yol kaplaması için tasarlanan beton karışımı yolun maruz kalabileceği olumsuz faktörler dikkate alınarak yapılmalıdır. Özellikle kırılmalar, aşınmalar, geçirimsizliğe, donma-çözölmeye ve tuzlama çalışmalarına bağlı bozulmalar, kimyasal reaksiyonlar sonucu oluşan bozulmalar doğru karışım tasarımı ile büyük oranda önlenmektedir. Beton karışım tasarımı ile ilgili yol hasarını arttıran bazı etkenler şunlardır;

- C 20'nin altındaki düşük dayanımlı betonların kullanımı,
- Beton karışım elemanlarının standartlara uygun özellikte olmayışı
- Aşınmalara karşı iri agrega oranının ve kılcal boşluklara karşı ince agrega oranının (özellikle taşunu grubunun) karışımda yeterince bulunmaması,
- Geçirimsizliği arttıran katkıların kullanılmaması,
- Donma-çözölmeye dayanıklılığını arttıran hava sürükleyici katkı maddesinin kullanılmaması,
- Segregasyon oluşturabilecek kadar akıcı kıvamlı beton kullanımı,

- Lifli beton uygulamalarında lif oranının, lif türünün lif uzunluğunun ve karışım şeklinin belirlenmesinde yapılan kusurlar,

Betonun yola uygulama aşamasında da birçok hata yapılabilmektedir. Bunlardan en bilinen bazı uygulama hataları şöyle sıralanabilir;

- Özellikle yağışlı bölgeler yolun belirli noktalarında gerekli menfezlerin yapılmaması ya da yapılanların yeterli olmaması,
- Beton döküm ve bakım işlerinde yapılan eksiklikler ve yetersiz kontrol hizmetleri,
- Kazı şevi ve yol platformundan gelen ve kenar hendekte biriken suların tahliyesinde yapılan hatalar,
- Yol kaplamasının temel ve temel altı tabakalarındaki yetersiz sıkıştırma ve yol güzergahının stabilize edilmesindeki hatalar,
- Kaplama kalınlığının 15 cm'den az tutulması,
- Donatılı betonlarda korozyon önleyici tedbirlerin alınmaması,
- 5-6 m'den daha uzun enine ve boyuna derzlerin oluşturulması,
- Kalitesiz işçilik ve yetersiz uzman kontrolü,

2.3. Donma-Çözülme Ve Tuzlama Çalışmaları

Suyun donması ile hacminde yaklaşık %10 artış olmaktadır. Donma-çözülme olayında bu durum betonda parçalanmalara neden olabilmektedir. Benzer bir durumda kış aylarında yollardaki buzlanmayı önleme için yapılan tuzlama çalışmalarıdır. Tuz kar suları ile eriyik hale geçip betona sızmakta, havanın sıcak olduğu dönemlerde bu su buharlaşmakta, ancak tuz kristal hale dönüşerek betonda iç basınç meydana getirmekte ve betonda oyukların ve çatlakların oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle hava katkısız betonlarda bu durum daha çok görülmektedir.

Karasal iklime sahip bölgelerde bahar mevsimlerinde yağış oranının ve gece gündüz sıcaklık farkının fazla olması, donma-çözülme olayını arttırmaktadır. Bu nedenle yol kaplamalarının dayanıklılığın en çok önem kazandığı mevsim ilkbahardır [9].

Karayollarında buzlanmanın önlenmesi amacıyla yollara çeşitli malzemelerin atılması alınan önlemlerin başında gelmektedir. Buzlanma ile mücadelede tuz (NaCl) kullanımı en yaygın, kolay ve ucuz yöntemdir. Yollara çeşitli araçlarla kolaylıkla dökülebilen tuz, havanın çok soğuk olmaması durumunda buz eriterek yolun donmasını geciktirmektedir. Tuz, korozyon nedeniyle yollara, köprülere ve araçlara zarar vererek bu yapıların kullanım ömürlerini kısaltmaktadır. Yurdumuzda buzlanma mücadelesinde kullanılan tuz miktarının yılda 100 bin ton civarında olduğu tahmin edilmektedir. Beton kaplamalı yollara zarar veren tuzlar (NaCl ve CaCl) beton yüzeyinin soyulmasına neden olmaktadır. Kullanılan tuzun miktarı ve uygulanma sıklığı beton yüzeyinin bozulmasını artırır,%2 lik NaCl çözeltisi bile betona büyük zarar verilebilmektedir. Hava katkılı betonlar buz çözücü maddelere karşı normal betonlara göre daha fazla duyarlıdır. ABD'de yapılan bir araştırmaya göre bir ton tuzun çevreye verdiği zararı gidermenin bedeli 800\$'dır. Bu maliyete tuzun yer altı sularına verdiği zarar ve dolaylı olarak sağlık giderleri dahil değildir. Tuz yerine çevreye zarar vermeyen bir malzemenin kullanılmasının ülke ekonomisine katkısı yaklaşık yılda 100 milyon \$'dır. Bu katkı tüketilen tuz miktarı ve kışın açık tutulmaya çalışılan yol uzunluğu ile artış gösterebilecektir. Yola tuz atımı, buzlanmayı önlemede tek başına yeterli olmamaktadır. Bu açıdan tuz/kum oranı iklim şartlarına bağlı olarak en fazla 1/5 oranında uygulanmaktadır. Suların pH'ı 6'nın altına düştüğünde korozyon şiddetlenir. Bundan en çok boru hatları, direkler ve araçlar zarar görür. Tuzun (NaCl) korozif değeri suyun korozif değerinin 7,5 katıdır. Bu değerde bize tuzun çevre açısından nasıl zararlı bir madde olduğunu göstermektedir. Tuzun bu korozif etkisi göz önüne alınarak tuzlu suyun pH değerinin 4,4–9 arasında tutulması gerekmektedir [10].

Şekil 5’de yanlış uygulama ve buzlanma mücadelesi sonucu Türkkonut’un 1989 yılında yapımına başladığı Ankara – Eskişehir yolu 17 km’si Alacaatlı-Dodurga mevkiinde Çayyolu-1 Uydu Kent Projesinde beton yol uygulaması yaklaşık 18 yılsonunda (2007) kullanılamaz hale gelmiştir. Görüleceği üzere başlangıçta daha dayanıklı olması amacıyla yerleştirilen hasır donatı, betonun aşınması ile trafiğe zararlı olma noktasına gelmiştir [8].



Şekil 5. Türkkonut Ankara Çayyolu-1 Uydu Kent Projesi beton yol uygulaması [8]

2.4. Kimyasal Bozulmalar

Geçirimsizlik ile betonun durabilitesi arasında sıkı bir ilişki vardır. Geçirimsiz ve boşluksuz bir beton üretimi ile donatı korozyonuna, asit, sülfat, don ve alkali reaktivitesine karşı gereken önlem alınmış olur [2,11].

Betonda zamanla karbonatlaşma denilen kimyasal bir reaksiyon da oluşmaktadır. Bu reaksiyon özellikle açık hava şartlarında bulunan, ortamda karbondioksit oranının fazla olduğu yerlerde (beton yollar) daha çok etki göstermektedir. Ortamdaki CO₂ betonun boşluklarına girmesiyle kalsiyum karbonat’a (CaCO₃) dönüşür. Bu dönüşüm betonun pH derecesini düşürdüğünden beton içindeki donatı ya da çelik liflerin paslanmasında önemli rol oynamaktadır [11]. Karbonatlaşma betonun hava ile temas ettiği yüzeyden içe doğru ilerlemektedir. Bu sırada betonun geçirimsizliğini de arttırmaktadır. Teorik olarak geçirimsizliğin artışı ile betonun dayanımında zamanla bir düşüş beklenmezken, betonun yüksek enerji tutması için konulan donatı ya da çelik tel takviyesi karbonatlaşma nedeni ile paslanma eğilimi göstermektedir. Yapının servis ömrü, paslanma nedeni ile betonun enerji yutma miktarının düşmesinden dolayı kısalmaktadır.

Alkali-silika reaksiyonu (ASR) çimentodan kaynaklanan alkali oksitlerle (Na₂O ve K₂O) reaktif silika formları içeren agregalar arasında oluşan ve betonda genleşme etkisi oluşturan bir reaksiyon olarak bilinmektedir. ASR iki aşamada gerçekleşmektedir. Birinci aşamada alkalilerle reaktif silikaların birleşmesiyle ASR jel ürünleri oluşmakta ve daha sonra ikinci aşamada alkali-silika jelleri ortamdaki nem ile birleşerek genleşmeleri oluşturmaktadır [2]. Bu genleşmeler zamanla betonun çatlamasına ve bozulmasına neden olmaktadır. ASR servis ömrü boyunca kuru kalan bir betonda ciddi bir tehlike olmayabilir. Araştırmalar bağıl nem oranı daha çok % 80’in üstünde olan betonlarda ASR’nin oluştuğunu göstermektedir. Bu bağlamda beton yollar konuyla ilgili daha büyük önem kazanmaktadır. ASR’ye neden olabilecek reaktif silika mineralleri opal, camsı silika, kalsedon, tridimit, kristobalit, kuvarsdır [12]. ASR’den etkilenmiş yapılarda genellikle şu belirtiler görülmektedir; çatlaklar, genleşme, yapısal elemanlarda deformasyonlar, çatlaklardan jel sızması ve kapak atmalar. ASR ile ilgili en yaygın saha gözlemi beton yüzeyindeki çatlakların gelişimidir. Beton eleman eksenel bir gerilme etkisinde kalmadıysa

çatlak deseni ASR'nin karakteristik özelliği olan “harita çatlağı” şeklinde olmaktadır. Önceleri yüzeyde harita, örümcek ağı şeklinde görülen kılcal çatlaklar zamanla büyüyerek, betonun tamamen dağılmasına yol açabilmektedir [2,13]

Karbonatlaşma ve alkali silika reaksiyonlarına ek olarak betonda korozyona sebep olan nitrat, sülfat, klorür, sülfür ve tuz etkisi başlıca diğer kimyasal bozulmalardır [14]. Bu kimyasal bozulmaların bir kısmı agregaların mineralojik yapısından kaynaklanan özelliklerinden dolayı beton içine taşınabilmekte, bir kısmı da betonun servis ömrü süresince dışarıdan tesir edebilmektedir. Örneğin denize kıyısı olan yollarda tuz etkisi ve sülfat etkisinin görülmesi, yolun geçtiği arazide beton ya da beton bileşenleri ile zamanla zararlı bileşikler oluşturabilecek diğer kimyasalların varlığı değişik hasarlara neden olabilmektedir.

3. DİĞER ETKENLER

Beton yollar da asfalt yollar gibi depremden ve toprak hareketlerinden etkilenmektedir. Bunun dışında arazide değişik kimyasal sızıntıların oluşması da yol betonunu etkileyebilir.

Yolda seyahat halindeki araçların tehlikeli maddelerinin sızıntıları, bu maddelerin kaza sonucu yangına neden olması da yol betonunun hasara uğramasına neden olabilmektedir. CIRIA (1984) [15] betonların yangın dayanımı üzerine yaptığı bir çalışmada, betonlarda 1000C'nin üzerinde 30 dakikadan sonra yüzeyde 100 mm ile 300 mm arasında genişlikte ve 15-20 mm derinlikte parçaların koparak ayrıldığını belirtmiştir.

Son yıllarda beton katkı ve güçlendirme maddelerinin popüler olması ile birçok sıkıntı da ortaya çıkmıştır. Özellikle kimyasal katkı maddelerinin uzun servis ömrü olması istenen beton yollarda kullanılmasının ne derece fayda göstereceği hala belirsizliğini korumaktadır. Çünkü üretilen katkılar üzerine yapılan testlerin betonda 20-30 yıl sonra nasıl bir etki göstereceği tam olarak kestirilememektedir. Üreticilerin birçoğu hızlandırılmış test metotları ile ürünün olumlu yönleri hakkında veriler elde edebilmekte ve ticari amaçlarla ürünün üretimi ve pazarlamasını yapmaktadırlar. Betonun güçlendirilmesi için kullanılan takviye elemanları da bugün sektörde önemli yer tutmaktadır. Sektörde standardı olmayan birçok beton güçlendirme malzemesi türemiştir. Maalesef çok doğru olmayan bilgilendirmelerle birçok kurum ne olduğu bilinmeyen takviye malzemelerini yol betonunda yanlış kullanmaktadır. Örneğin piyasada kullanıcılar tarafından nitelikleri tam olarak bilinmeyen lif malzemelerinin çok iyi tokluk ve eğilme dayanımı özelliklerinin olduğunu iddia ederek satan firmalara da rastlanmaktadır. Bu malzemelerin uzman ve işi bilen kişilerce hatta üniversitelerdeki uzmanlara da danışılarak kullanılması gerekmektedir.

4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Çalışmada günümüzün en popüler konularından ve uygulamalarından olan beton yolları bekleyen en belli başlı tehlikeler özetlenmiştir. Bir yolun beton yol olması planlandığında yetki sahiplerinin, şartname hazırlayıcıların, müteahhitlik ve kontrollük hizmetleri verenlerin, açıklanan tehlikeleri dikkate almaları gerekmektedir. Bu şekilde tasarımı ve üretimi yapılan beton yolun sürdürülebilir bir yol olması, uzun yıllar bakım onarım gereksinimi duymadan servis verebilmesi mümkün olacaktır.

Sürdürülebilir bir beton yol elde edebilmek için;

- Ağır taşıt yüklerinden dolayı yol kaplamasında kırılmaların oluşmaması için yol temeli ve zemini stabilizasyonu doğru biçimde uygulanmalıdır.
- Beton yol için beton karışım dizaynı yapılırken doğru dayanım sınıfının belirlenmesi, standartlara uygun malzemelerin kullanılması, geçirimsizliği azaltıcı katkıların kullanılması, donma-çözülme dayanıklılığını arttırıcı hava sürükleyici katkıların kullanılması, segregasyonu önlemek için daha katı kıvamlı beton kullanılması, lifli beton uygulamalarında doğru lif türü ve miktarının belirlenmesine dikkat edilmesi gerekmektedir.

- Donma-çözülme, tuzlama, karbonatlaşma, donatı korozyonu, asit ve sülfat reaktivitesi gibi hasar verici etkilerden en az düzeyde etkilenmesi için olabildiğince geçirimsiz ve boşluksuz bir beton üretimi sağlanmalıdır.

Diğer taraftan beton yolların üretim ve bakım onarımlarında atık betonların çevreye zarar vermesini önleyici tedbirlerin de alınması gerekmektedir.

5. KAYNAKLAR

1. Güner M.S., Süme V., Sarıbıyık M., 2008, “Rize – Artvin Köy Yollarında Beton Yol Uygulaması”, Beton 2008 Uluslararası Hazır Beton Kongresi, 269-280, İstanbul.
2. Baradan B., Yazıcı H., Hayri Ün, 2002, “Betonarme Yapılarda Kalıcılık (Durabilite)”, DEÜ Müh. Fak. Yayınları, Yayın no: 298, İzmir.
3. Halm J., 2002, “Concrete road constructions state of the art and new development”, National Meeting On Concrete Roads, 89-99, Ankara.
4. İyina, Ş., Ağar E., 2004, “Karayollarında hazır beton”, Beton 2004 Kongresi, 66-72, İstanbul.
5. Dalak H., İlgün, H., 2007, “Karayollarında Ağırlık Kontrolü Ve Uygulamaları”, Türkiye Cumhuriyeti Karayolları Genel Müdürlüğü Seminer Notu, 5-98.
6. Andrén P., 2006, “Development and results of the swedish road deflection tester” Licentiate thesis from Royal Institute of Technology Department of Mechanics, Report Number:SE-100 44, Stockholm, Sweden, 23-24.
7. Carlswärd J., 2006, “Shrinkage cracking of steel fibre reinforced self compacting concrete overlays Test methods and theoretical modelling”, Ph.D. Thesis, Luleå University of Technology Department of Civil and Environmental Engineering Division of Structural Engineering.
8. Bolat H., 2009, “Polyester ve Polipropilen Telli Betonların Yol Kaplaması Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Gazi Üniversitesi FBE. Doktora Tezi, Ankara.
9. Boucher P., 2007, “Building better highways in Canada”, Concrete Thinking in Transportation Solutions, Cement Association of Canada, 3-32.
10. Yörükoğulları E., 2005, “Doğal Zeolitlerin Karayollarında Buz/Kar Çözücü Olarak Kullanımı”, Madencilik Bülteni İnceleme, 40-42.
11. Taşdemir M.A., Bayramov F., Kocatürk Necip A., Yerlikaya M., 2004, “Betonun Performansa Göre Tasarımında Yeni Gelişmeler”, Beton 2004 Kongresi, İstanbul.
12. Erdoğan, T.Y., 2003, “Beton”, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayını, Ankara.
13. Demir A., 2008, “Kiremit Kırığı Agregalı Betonlarda Yüksek Sıcaklık Etkisinin İncelenmesi”, Osmangazi Üniversitesi FBE. Doktora Tezi, Eskişehir.
14. Yalçın H., Koç T., 2004, “Betonarme Demirlerinin Korozyonu ve Önlenmesi”, CMS Ltd. yayını, Ankara.
15. CIRIA, 1984, Spalling of concrete in fires, Technical Note 118.