

KÖPRÜLERDE İLETKEN ASFALT KAPLAMALARLA BUZLANMAYLA MÜCADELE YÖNTEMLERİ

¹Cahit GÜRER, ²Cihan DÜŞMEZ

¹AKÜ, Mühendislik Fakültesi UABD, Afyonkarahisar
E-mail: cgurer@aku.edu.tr

²Afyonkarahisar Belediyesi Fen İşleri Müd. Afyonkarahisar
E-mail: cihandusmez@gmail.com

Özet

Kış aylarındaki ulaşımı kolaylaştırmak ve trafik güvenliğini sağlamak için özellikle köprüler ve viyadükler gibi kritik yol kesimlerinde oluşan buzlanmayı engellemek en önemli konuların başında gelmektedir.

Kar ve buz mücadelesinde en sık kullanılan yöntemler küreme, tuzlama, kum ve kimyasal madde uygulanmasıdır. Ancak bu yöntemler kar yağışı veya buzlanmadan sonra uygulandıklarında, kaplama-buz arasındaki bağın çözülebilmesi için daha çok madde gereksinimine, trafikte tıkanıklığına ve işletme hızında azalmaya neden olmaktadır. Kimyasal madde ve tuz kullanımı, görünüşte düşük maliyetli bir çözüm olarak görülmekte bununla birlikte yalnızca hava sıcaklığının çok düşük olmadığı şartlarda fayda sağlamaktadır.

Tuz kullanımı köprülerde, özellikle taşıyıcı elamanlarda ve metal kısımlarda korozyon kaynaklı olumsuz etkiler meydana getirmekte, kumla birlikte kullanıldığında drenaj sistemlerinin işlevini yitirmesine sebep olmaktadır. Bu istenmeyen durumlar günümüz geleneksel uygulamaların yerine, karayollarında ve sanat yapılarında buzla mücadelede farklı yöntemlerin kullanılması ile ilgili çalışmaların yapılmasına sebep olmuştur. İletken Asfalt Kaplamalar, hava sıcaklığı düşüşleri ve nem artışlarına duyarlı almaçlarla devreye giren aktif sistemler olup buzlanmayı daha oluşmadan önleyebilmektedir. Tuz yerine bu tür sistemlerin kullanılması ile korozyon kaynaklı yapısal hasarlar, trafik kazalarından kaynaklı can ve mal kayıpları azaltılabilir. Bu çalışmada buzlanmayla geleneksel mücadele yöntemleri yerine İletken Asfalt Betonu (İAB) uygulamaları hakkında önemli bilgiler verilmiştir.

Giriş

Geçmişten günümüze yollar üzerindeki kar ve buzla mücadele üstyapı mühendislerinin en çok uğraştıkları konulardan biri haline gelmiş ve özellikle ülkelerin soğuk bölgelerinde bununla ilgili olarak özel teşkilatlar ve makine parkları kurulmuştur. Kar ve buzla mücadelede aktif ve pasif olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Mekanik ve kimyasal yöntemler pasif yöntemler olarak bilinmektedir. Fakat bu yöntemlerin her ikisinin de gerek kaplamalar gerekse köprü tabliyeleri ve diğer taşıyıcı sitemler üzerinde birtakım zararları olabilmektedir. Kışın kullanılmakta

olan buz çözücü tuzlar da yurdumuzdaki köprü veya viyadük gibi yapıların önemli bir bölümünü etkilemektedir.

Klor etkisine bağlı olarak başlayan donatı korozyonu betonarme yapılarda karşılaşılan en önemli durabilite sorunlarından biridir. Korozyon sonucu donatı çaplarında azalma olurken, oluşan korozyon ürünleri beton paspaylarında çatlamaya yol açarak zararlı maddelerin beton içine girişini ve yayılımını artırır (Broomfield, J.P.,1997; Yıldırım ve Sümer, 2007). Yaşanan Marmara Depremi yapılarımızdaki durabilite sorunlarını açıkça ortaya koymuş, depremle birlikte betonarme yapılardaki korozyon çatlakları belirginleşmiştir (Taşdemir vd.,1999).

Kar ve buzlanmanın etkili olduğu anlarda trafik seyirinin güvenliliği için alınan önlemler vazgeçilmez unsur olmakla birlikte köprüler için klor etkisi ve mekanik yıpranmalar büyük sorunlara yol açmaktadır. Kış aylarında köprülerdeki buzlanmadan dolayı kayma-sürtünme katsayıları önemli miktarlarda azalmakta bu da trafik seyir güvenliğini tehlikeye düşürmektedir. Bu konuyla ilgili yapılan araştırmalar, sürtünme direncindeki azalmanın trafik kazalarını arttırdığını göstermektedir (TNZ, 2005). Xiao vd. (2000) kayma direnci ile trafik kazaları arasında ilişkiyi incelemişler ve yol yüzeyinin kayma direnci değerinin %35'ten %48'e çıktığında trafik kazaların da %60 oranında azalma meydana geldiğini göstermiştir. İstatistikler kötü hava koşullarının tüm trafik kazalarının % 10 ile 15'inin başlıca nedeni olduğunu göstermektedir (Pan vd., 2014).

Yol yüzeyindeki kar birikimi ve buzlanma gibi olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için geleneksel olarak kar yağışından sonra fiziksel ve kimyasal mücadele yöntemleri uygulanmaktadır ve bu yöntemler yağıştan sonra uygulandıkları için pasif yöntemlerdir. Kar-buz mücadelesi için en etkili bir yöntem kar-buz olayı ortaya çıkmadan önce çalışmaya başlayan bir aktif eritme sistemi istihdam etmektir. Aktif bir sistem sorunla birlikte eş zamanlı olarak devreye giren sistemlerin tümüdür. Kar ve buz ile mücadele etmek amacıyla geliştirilmiş yeni bir kimyasal yöntem olan "Otomatik Buzlanmayı Önleyici Sprey" sistemi yerleştirilen otomatik bir buz uyarım sistemi yardımıyla gerekli bilgileri alıp ve anında müdahale yapabilen bir yöntemdir. Otomatik Buzlanma Önleyici Sprey Yönteminin temel prensibi, uygulama bölgesine yerleştirilen sistemle kaplamaya buzlanmayı önleyici kimyasalların püskürtülmesi ve bu sayede buzla kaplama yüzeyi arasında kimyasal bir tabaka oluşturularak buzun kaplamaya yapışmasını engellemektir (Goodwin, 2003). Otomatik buz önleme sistemi bütün yol tiplerine uygulanabilmesine rağmen özellikle köprülerde kullanılmaktadır ama optimum düzeyde dahi olsa kullanılan kimyasalların kaplama ve köprülerdeki zararları ve çevreye verdiği zararlar unutulmamalıdır. Güvenlik şartları için sadece kar ve buzlanma ile mücadele sürecinde değil mücadele sonrasındaki koşullara da önem verilmelidir. Günümüzde mevcut çalışmalar ile buzlanmayı önlemede geleneksel yöntemlerin sebep olduğu sorunları önlemek için yenilikçi çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda, "İAB" (Minsk, 1968), "Hidronik üstyapı sistemi" (Lee vd., 1984), "Donmaya dirençli asfalt karışımları" (Zhou ve Tan , 2009) ve Tuz modifiyeli karışımlar (Liu vd., 2014) aktif kar eritme sistemleri ile ilgili çalışmalara örnek olarak verilebilir. Aynı zamanda yeni geliştirilen bu teknikler yaygın şekilde, kontrol edilebilir, verimli ve düşük maliyetli olarak kabul edilmiştir.

Dünyada elektrik ısıtmalı üstyapı sistemi ve uygulamaları ile ilgili; Chicago O'Hare uluslararası hava limanı (Derwin vd., 2003), Batı Virginia US35 güzergahı 5. ve 20. nehir geçki köprüleri (Minsk, 1999), Güney New Jersey 130. geçki köprüsü (Caggiano ve Michael, 1998), Nebraska Roca Tuz gölü üzeri Spur Köprüsü (Tuan, 2008) gibi başarılı örnekler mevcuttur.

Bu çalışmada buzlanmayla geleneksel pasif yöntemlerin uygulama koşulları, etkileri ve olumsuz yönlerine karşılık bazı ülkelerde son zamanlarda kullanılan ve aktif yöntemlerden birisi olarak kabul edilen iletken asfalt betonu (İAB) ve özellikleri irdelenmiştir.

Buzlanmayla Pasif Mücadele Yöntemleri

Mekanik yöntemler

Kar yağışından sonra yol yüzeyinde oluşan kar ve buz kütlelerinin fiziksel olarak yer değiştirilmesi prensibine dayanan bu yöntem için genellikle hali hazırda kullanılan greyder, ekskavatör gibi iş makineleri kullanılmaktadır. Bu iş makinelerinin kar küreme için özel küreme bıçakları ile modifiye edilmiş olan versiyonları olduğu gibi sadece kar küremek için yapılmış kar üfleyici gibi ekipmanlarda mevcuttur. Üstyapıdan karı uzaklaştırdıktan sonra birikintilerin yüklemeye boşaltma işlemi ile nakledecek araçlara aktarımı gibi gerçekten yoğun yakıt, personel, müdahale istasyonları ve bakım giderleri olmaktadır. Bunun yanında greyderlerin küreme bıçakları ve makine titreşimleri de ayrıca üstyapılara zarar veren vermektedir. Sürekli yağış durumlarında bu yöntemler yetersiz olup aynı zamanda trafik akışını olumsuz etkilemekte ve tahmini zor ekonomik kayıplara neden olmaktadır.

Fiziksel bir yöntem olan kumlama yönteminde ise kaplama yüzeyinde sürtünmeyi arttırmak, kaplamadaki buzlanma giderici maddelerin etkisini hızlandırmak amacıyla aşındırıcı maddeler kullanılmaktadır. Fakat trafik etkisiyle aşındırıcı maddeler buz yapısının içerisine gömülerek etkisini yitirmekte ayrıca buz eridikten sonra kaplama yüzeyinden temizlenmemeleri durumunda güvenlik açısından büyük sorunlara neden olabilmektedir. Ayrıca köprülerde drenaj sistemlerinin tıkanmasına ve buna bağlı sorunlara da sebebiyet vermektedir.

Kimyasal Yöntemler

Kaplama yapısı üzerindeki buzlanmanın önlenmesi veya giderilmesi amacıyla en sık kullanılan yöntem kimyasal maddelerin yola uygulanmasıdır (Kuloğlu ve Kök, 2005). Kimyasal maddeler – 50Co'ye kadar etkili olabilmelerine rağmen bazıları korozif etki gösterebilmenin yanı sıra çevreye de zarar verebilmektedir. En çok kullanılan kimyasallar CaCl₂, MgCl₂, CMA (Kalsiyum, Magnezyum, Asetat) ve NaCl'dür (Kuloğlu ve Kök, 2005).

Tuz (NaCl) kimyasallar arasında katı veya çözelti şeklinde ve aşındırıcı maddelerle birlikte en sık kullanılan kimyasaldır. Tuz, korozyon nedeniyle yollara, köprülere ve araçlara zarar vererek bu yapıların kullanım ömürlerini kısaltmaktadır. Kış mücadelesinde kullanılan tuz -7 °C' ye kadar etkili olabilmektedir.

Genel anlamda Kalsiyum Klorürde (CaCl₂) bir tuz olup iyonlaşma ile buz çözme etkisine sahiptir. Beton ve agrega malzeme üzerinde ciddi aşınmaya sebep olmaktadır. Yüksek aşındırıcı etkisinden dolayı dikkatli kullanılmalıdır. CaCl₂ ve MgCl₂'nin uygulandıktan sonra yol yüzeyinde temizlenmesinin zor ve yüzeyde kaygan bir kalıntı bıraktıkları bilinmektedir (Kuloğlu ve Kök, 2005). Özellikle CaCl₂ buzlanma olmayan yerlerde sıvı kayganlığından dolayı yaşanan kazalarda birçok ülkede kaza raporlarına girmiş bir üründür.

Bu kimyasal madde ile ilgili yapılan deneylerde; belirli bir nemin altındaki değerlerde CaCl₂'nin nemini kaybettiği ve çökeldiği anda sürtünme katsayısının 0.21' e kadar düştüğü tespit edilmiştir. Ayrıca kritik çalışma aralığının, neme bağlı olduğu açıkça tespit edilmiştir. Başlangıçta %30 bağıl nemde 0.35 olan katsayı, nem kaybıyla birlikte, yüzey üzerindeki sürtünme, nem ve sıcaklık artışıyla azalmaktadır. Tablo 1'de Sürtünme katsayısının değişik kimyasallara ve bağıl nem oranlarına göre buz çözme işlemi gerçekleştikten sonraki değişimi gösterilmiştir. Tablo 1.den de anlaşılacağı üzere buzlanma sonrası oluşacak şartların trafik güvenliği üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır.

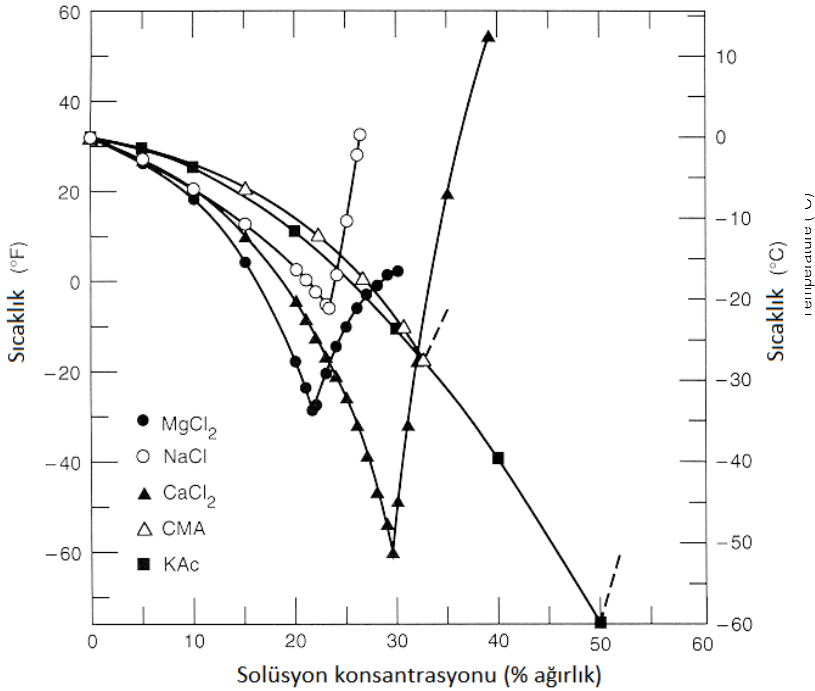
Tablo1. Buz çözücü kimyasalların yüzey sürtünme katsayısına etkisi
(Amrhein, C. ve J.E. Strong., 1990).

Malzeme adı	Kimyasal Yapısı	Sürtünme kat. (max./min.)	Açıklama
Buz	Katı	0,080	-
Çözelti NaCl	Karışım	0,070	-
Kuru Asfalt Kaplama	Katı	0,410	+10 °C
Islak Asfalt Kaplama	Katı	0,380	+10 °C
MgCl ₂	Çözelti (%30)	0,384	-3 °C
MgCl ₂	Çözelti (%30)	0,347	2°C ve %30 bağıl nem
MgCl ₂	Çözelti (%30)	0,278	15°C ve %50 bağıl nem
CaCl ₂	Çözelti (%30)	0,350	2°C ve %30 bağıl nem
CaCl ₂	Bulamaç	0,247	10°C ve %30 bağıl nem
CaCl ₂	Katı çökelek	0,211	10°C

MgCl₂ korozif etkisinin diğer tuzlardan daha az olması bu tuzu günümüzde kullanılan patentli ürünlerin ana maddesi haline getirmiştir. Bu bileşik kar ve buz oluşumundan önce uygulanabildiğinde çok daha etkilidir. Bu yüzden MgCl₂, sensörlü ve erken uyarı sistemleri ile birlikte buzlanma olmadan önce aktif kullanıldığında daha başarılı olmaktadır.

Araç ve metaller üzerinde verdiği hızlı korozyon etkisi nedeniyle gelişmiş ülkelerde kullanımı belli şartlara bağlanmıştır.

Kalsiyum magnezyum asetat (CMA), içme suyu, beton ve bitkiler açısından en güvenli buz eritici kimyasallarından birisidir. Korozif olmamakla birlikte yağıştan önce uygulanması durumunda buzun yüzeye yapışmasını etkili bir biçimde önlemektedir. Çok düşük sıcaklıklarda etkili olmayan CMA kaya tuzuna göre de 30 kat daha pahalıdır (Kuloğlu ve Kök, 2005). CMA'nın -30 Co'nin altında etkili olmayışı Potasyum Asetatın (KAc) özellikle NATO tarafından tüm askeri hava alanlarında kullanımını gündeme getirmiştir. Yüzeyde kalma oranı diğer buz çözücü kimyasallara göre çok daha iyi düzeydedir ve yüzeye yayılma hızı yüksektir. Yol yüzeyinde kayganlık bırakmaması ve çok daha düşük sıcaklıklarda işlevsel olması sebebiyle kritik yerlerde KAc tercih edilmektedir ve CMA gibi pahalı bir üründür. Şekil 1. de Tuzlarında bulunduğu faz diyagramı incelendiğinde düşük sıcaklıklarda en etkili buz çözücünün KAc olduğu görülmektedir.



Şekil 1. Tuzların ve asetatlı bileşiklerin faz diyagramı (FHWA, 1996).

Buzlanma ile Mücadele için Kullanılan Kimyasal Maddelerin Zararlı Etkileri

Buz çözücü tuzların kullanıldığı bölgelerde dış kaynaklı klor etkisi mevcuttur. Dışarıdan betona etki eden klorun konsantrasyonu, kullanılan malzemelerden dolayı betonda mevcut klor miktarından genellikle çok daha yüksektir, bu nedenle korozyona çoğunlukla bu serbest klor yol açar. Korozyon hasarı iki aşamalı olarak kabul edilebilir. İlk aşamada yapı elemanında fiziksel bir hasar yoktur. Ancak, bu evrede klor betonun yüzeyinden içeriye doğru ilerler.

Başlangıç evresi olarak isimlendirilen bu aşamanın sonunda donatının bulunduğu derinlikte klor iyonu konsantrasyonu kritik değere erişir ve pasivasyon sona erer. Bu noktadan itibaren donatıda korozyon başladığı kabul edilebilir, yapı elemanında çatlama ve diğer fiziksel hasarlar görülmeye başlanır ve bu hasarların miktarı zamanla artar. Minnesota I-35W köprüsü çökmeden önceki 1993 senesine ait Mn/DOT köprü denetleme raporunda L11 bağlantı levhası ve elamanlarında korozyon kaynaklı yapı elemanı hasarı ve elaman hasar kaybı yüzdesi olarak rapor edilmiştir. Tablo 2' de bu yapı elemanı ve buna bağlı yapı hasarı gösterilmektedir. Şekil 2'de çökmeden önceki köprü çelik aksam korozyonu ve tabliyesindeki beton donatı korozyonu görülmektedir. Philadelphia'daki I-95 köprüsü I-35W köprüsünün çöküşünden sonra incelemeye alınmış özellikle CaCl₂ gibi kimyasalların neden olduğu korozyonlarla gündeme gelmiştir. Yapılan incelemelerde kimyasalların etkisi göz önüne alınarak köprü kullanıma kapatılmıştır. Trafik güvenliğinde etkili ve faydalı olan kimyasallar uzun dönemde, I-95 köprüsünde olduğu gibi, hayatı tehlikelere sebep olabilmektedirler (N. Subramanian, 2008).

Tablo2. Mn/DOT denetleme raporunda L11 bağlantı plaka kalınlığı lazer tarama ölçümleri.

Ölçüm	L11E düğümü	L11E düğümü	L11W düğümü	L11W düğümü
	dış (doğu) bağlantı levhası	iç (batı) bağlantı levhası	iç (doğu) bağlantı levhası	dış (batı) bağlantı levhası
Ort. kalınlık (cm)	1.21	1.05	1.07	1.15
Min. Kalınlık (cm)	0.92	0.70	0.70	0.86
Ort. Doku Kaybı (%)	4.7	17.1	15.8	9.6



Şekil 2. I-35W köprüsü çökmeden önce kaydedilmiş korozyon kaynaklı hasarlar
(web site 1, 2007)

Buzlanmayla Mücadelede İletken Asfalt Betonu

Asfalt üstyapı ısıtma sistemlerinin bir parçası olan iletken asfalt betonu (İAB), kar eritme ve buz çözmede yeni bir teknolojidir. Bu sistemde üst yapı uygun ölçekte ısıtma modüllerine bölünmektedir. İletkenlik düzeyi bölünmüş modüllerin büyüklüklerine ve istenilen ısı gereksinimine göre değişiklik göstermektedir. Genellikle iletkenliği 100 Ω 'yi geçmeyen modül büyüklükleri tercih edilmektedir. İAB uygulaması Minsk tarafından 1968 yılında yeni bir kar eritme / buzlanma çözümü geliştirilmiştir. Asfalt betonun iletkenliği karışım içerisine iletken materyaller katılarak elde edilir. İAB içerisinden geçirilen akım üstyapı üzerindeki kar erime ve buz çözme için gerekli ısıyı sağlar. Bu teknik (1) İletkenliği sağlayacak maddelerin asfaltı oluşturan materyallere benzerlik göstermeleri ve üst yapı performansına sınırlı etkileri sebebiyle (Minsk ve Hanover, 1971) ; (2) Ana şebekenin ısı transfer sistemini desteklemesi ve (3) İAB aynı zamanda betonarme köprü taşıyıcıları katodik korumasında dahil olduğu (Stratfull, 1974) ve üstyapı hasar izleme (Wu vd., 2006) gibi potansiyel işlevlerin olması avantajları ile buzlanmayla mücadelede günden güne önem kazanmaktadır.

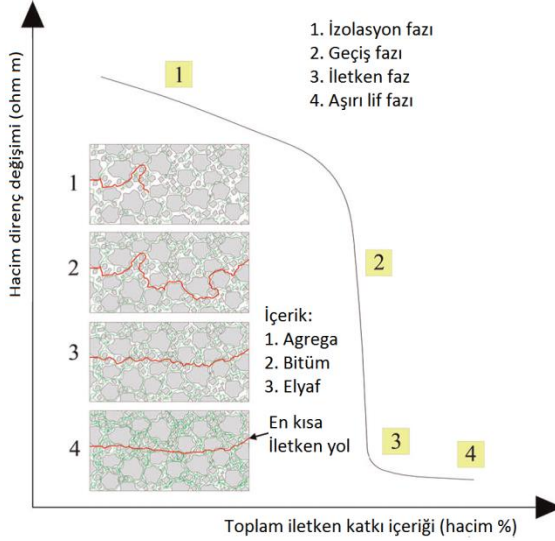
Bir iletken asfalt buz çözümü sistemi, iletken kaplama karışımı güç kaynağı, gücü taşıyan iletken kablolar, hava koşullarını (nem, sıcaklık, rüzgar hızı vb.) ölçen sensörler ve kontrol-izleme sistemlerinden meydana gelmektedir (Minsk, 1968). Geleneksel asfalt karışımı asfalt bağlayıcı, agregaya ve mineral dolgu maddelerinin bir karışımıdır ve bunların tümü yalıtıcıdır. İletken kompozit polimer temel teorisine göre düşük direnç değerine sahip İAB'nu, asfalt betonu içerisine çeşitli formlarda iletken özellikte, toz (grafit, karbon siyahı vb.) lif ve parçacıkların eklenmesi ile aktive edilir. Bu sistem için asıl önemli olan hem mükemmel iletkenliğe sahip hem de kabul edilebilir mekanik özelliklere sahip İAB karışımının elde edilmesidir.

Geleneksel asfalt karışımları kaba agregaya, ince agregaya, asfalt bağlayıcı ve mineral filler içermektedir. Bileşenlerin yüksek özdirençce sahip olmalarından dolayı geleneksel asfalt karışımları 108- 1012 Ω .m direnç değeri ile yalıtkan davranış gösterirler (Wu vd., 2002). Literatür taramaları bu tür yalıtkanların bile içerisine iletken materyaller katılarak iletken hale dönüştürebileceklerini (10 Ω .m özdirenç mertebesinde düşük) belirtmektedir. Partikül boyutlarına göre üçe ayrılan materyaller: (1) grafit, karbon siyahı ve alüminyum çapakları gibi toz şeklinde (Wen ve Chung, 2004); (2) karbon fiber CF, çelik fiber SF, çelik yünü, karbon nano fiber gibi lif şeklinde (Wu vd., 2005b); (3) kaba ve ince agregaya olarak çelik çürüfö şeklinde bulunabilirler. Tek bir iletken malzeme ile modifiye edilmiş asfalt betonları bazı sınırlamalara ve zorluklara sahip olup iletken materyal ilavesi ile maliyetinin artmasının yanı sıra bir ölçüde mekanik performansla ilgili sorunlarda olacaktır. Bununla birlikte araştırmacılar farklı tip iletken malzemelerin kombinasyonları ile hazırlan İAB'lerin yeterli mekanik ve elektriksel özelliklere sahip ve uygun fayda/maliyeti sağlayacağını düşünmektedir (Pan vd.,2014)

İletkenliğin Gelişimi

Asfalt betonu numunesi boyunca yeterli bir uzunlukta iletken bir yola sahipse, yalıtıktan bir iletkene dönüştürülebilir. Bu durumda böyle bir iletken yol etkili nitelikte olmalıdır.

Bu nitelik eşik etkisiyle yani performans iletimini göstermenin basit bir versiyonu olan Perkolasyon teorisi ile açıklanmıştır. İAB için, iletken materyalin içeriği kritik bir değere (eşik değeri) ulaştığında, özdirenç 7-10 Ω .m değerine veya daha aşağı değere inebilmektedir. Perkolasyon teorisi, iletken katkı içerik varyasyonları altında özdirenç değişimlerini açıklamak için kabul edilmektedir. Şekil 4. yalıtılmış faz, geçiş fazı ve iletken faz da dahil olmak üzere üç fazı göstermektedir (Garcı'a vd., 2009).

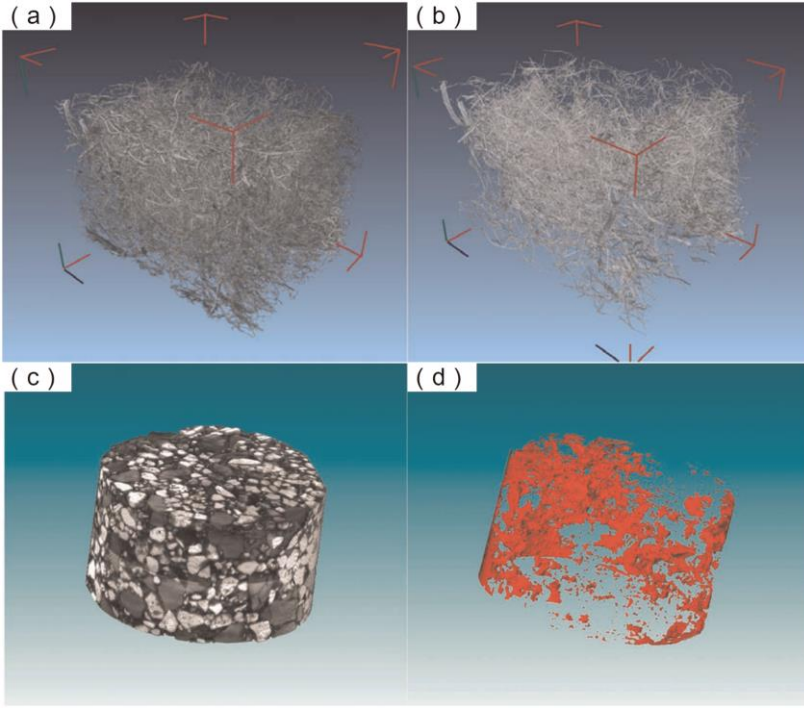


Şekil 4. Toplam iletken katkı maddesi içeriği ve hacim direnci değişimi grafiği (Garcı'a vd., 2009).

Geçiş fazında, özdirenç, kritik içerik olarak adlandırılan iletken dolgunun küçük bir değişimi ile az ya da fazla bir şekilde azalır. Yine, özdirençte hem yalıtılmış fazda (kritik içerik altında) hem de faz sonrası (kritik içerik ötesinde) ufak değişiklikler gözlenmektedir. Yalıtılmış fazda, bağlı iletken köprüler çok etkili bir iletken hat oluşumu göstermemektedirler. Bu durumda özdirenç, çok yüksektir ve geleneksel asfalt betonunkine benzerdir. İletken malzemenin konsantrasyonu kritik içeriğine ulaştıktan sonra, iletken köprü etkili bir iletken yol oluşturmak için yeterli seviyeye gelir. Bu durumda asfalt betonu yalıtıktan, iletkene dönüşmektedir. İletken faz sonrasında, iletken dolgu hacmindeki artış, etkili iletken yolun uzunluğunda önemli bir gelişme göstermemektedir. Bu nedenle, asfalt betona aşırı iletken malzeme ilavesi özdirenci etkili bir şekilde azaltmaz. (Garcı'a vd., 2009).

Literatürde, iletken asfalt hazırlanması için üç tip katkı kompozisyonu kullanılmıştır: tek tip katkı (örnk. İletken toz veya tek elyaf), karışık katkı sistemi (örnk. Hem iletken toz hem de elyaf), ve multikarışım katkı sistemi (örnk. Karışık toz ve elyaf ile birlikte iletken agregat). Basit dolgu sisteminde, iletken katkı içeriği kritik değer ötesinde olsa bile, hala asfalt beton içine dağılmış birçok kopuk, kısa menzilli iletken kümeleri bulunmaktadır. Diğer bir deyişle, iletken dolgu maddesinin sadece çok küçük bir bölümünün etkili iletken yollar oluşturduğu kalan kısmın

çoğunun asfalt karışıma gelişi güzel dağıldığı görülmüştür (Garcı'a vd., 2009). Çalışmalarda, karbon lifi ve grafit asfalt karışımı içinde, iletken dolgu maddesi olarak kullanılmıştır. Yüksek en-boy oranı nedeniyle elyaf, daha düşük bir toz içeriği ile toz kümelerini birbirine bağlar ve iletken yolların uzunluğunu azaltır. Asfalt betonun iletkenliği, çelik cürufun agregaya ikame edilmesiyle geliştirilebilir. Bunun nedeni iletken çelik cürufun, iletken yolun uzunluğunu azaltması ve asfalt betona yapısal bir iletken ağ oluşturmasıdır (Zhang, 2010). Şekil 5'de multikarışım İAB'nun içeriğindeki çelik yünü, çelik cürufu ve grafitin bilgisayarlı tomografileri görülmektedir. (Garcı'a vd. 2009; Wu vd. 2013).



Şekil 5. İAB tomografi görüntüleri : (a) Tüm elyaf kısımlar, (b) sadece bağlı elyaflar, (c) Agregaya ve çelik cürufu ve (d) bağlayıcı içeriği (Garcı'a vd., 2009).

Sonuçlar

Çevre ve güvenlik açısından bakıldığında, kar eritme/buz çözme için İAB uygulamaları, geleneksel buz eritme yöntemleriyle karşılaştırıldığında birçok önemli avantaj sağlamaktadır. Literatür değerlendirmeleri buzlanma ile mücadelede geleneksel uygulamalardan kaynaklanan güvenlik zafiyeti, zaman ve iş gücü kayıpları olduğunu bununla birlikte, köprülerde ve araçlardaki korozyon kaynaklı hasarları gidermede İAB'lerinin etkili olabileceğini göstermektedir.

Günümüzde çalışan örnekleri mevcut olan bu sistemlerin iletkenlik özellikleri ile birlikte mekanik özellikleri, uzun vade de performans özellikleri ve onarım teknikleri üzerine geniş çaplı araştırmalar yapılarak hayata geçirilmesiyle köprü ve viyadük gibi, amortisman bedeli yüksek olan yapılarda, buzla mücadelede kimyasal kullanımının azalmasını ve bu yapıların daha uzun ömürlü ve durabil olmalarını sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Amrhein, C. ve J.E. Strong, 1990, The effect of deicing salts on trace mobility in roadside.
2. Broomfield, J.P.(1997), Corrosion of Steel in Concrete, E & FN Spon, London
3. Caggiano MF ve Michael B (1998), Route 130 bridge Snowfree installation electrical analysis and recommendations. FHWA-NJ-1998-008, February. Washington, DC: U.S.
4. Derwin DJ, Booth P, Zaleski PL, et al. (2003), Snowfree heated pavement system to eliminate icy runways. SAE technical paper series 2003-01-2145, 2003.
5. Garcí'aA' , Schlangen E, van de Ven M, (2009), Electrical conductivity of asphalt mortar containing conductive fibers and fillers. Construction and Building Materials 23(10): 3175–3181.
6. Kuloğlu N. ve Kök B.V., (2005), Karayollarında Kar ve Buz Mücadelesinde Kullanılan Tuzun Beton Asfalt Kaplamaya Etkisi, F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 17 , s. 87-96.
7. Lee RC, Sackos JT, Nydahl JE, (1984) Bridge heating using ground-source heat pipes. Transportation Research Record 962: 51–56.
8. Liu ZZ, Xing ML, Chen SF, (2014) Influence of the chloride-based anti-freeze filler on the properties of asphalt mixtures. Construction and Building Materials 51: 133–140.
9. Minsk LD (1968) Electrically conductive asphalt for control of snow and ice accumulation. Highway Research Record 227: 57–63.
10. Minsk LD and Hanover NH (1971) Electrically conductive asphaltic concrete. Patent 3573427 A, USA, 6 April
11. Minsk LD (1999) Heated bridge technology. Report on ISTE A Sec. 6005 program. FHWA-RD-99-158, July. Washington, DC: U.S.
12. N. Subramanian, 2008, The Indian Concrete Journal point of view, june , s: 34
13. Pan Pan, Shaopeng Wu, Feipeng Xiao, Ling Pang ve Yue Xiao (2014), Journal of Intelligent Material Systems and Structures, 1-15
14. Stratfull RF (1974) Experimental cathodic protection of a bridge deck. Transportation Research Record 500: 1–15.
15. Taşdemir, M.A., Özkul, M.H. ve Atahan, H.N. (1999), Türkiye'deki Son Depremler ve Beton, II. Ulusal Kentsel Altyapı Sempozyumu, Adana, 9-20,
16. Transit New Zealand (TNZ), Road Controlling Authorities, Roothing New Zealand, 2005. Chipsealing in New Zealand. Wellington, New Zealand, 524 p
17. Tuan CY (2008) Roca Spur Bridge: the implementation of an innovative deicing technology. Journal of Cold Regions Engineering 22(1): 1–15.

18. Xiao, J., B.T. Kulakowski, M. El-Gindy (2000), "Prediction of Risk of Wet-Pavement Accidents: Fuzzy Logic Model," Transportation Research Record 1717, Transportation Research Board, Washington, D.C.
19. Wen S and Chung DDL (2004) Effects of carbon black on the thermal, mechanical and electrical properties of pitchmatrix composites. Carbon 42(12–13): 2393–2397.
20. Wu SP, Mo LT, Shui ZH (2002) An improvement in electrical properties of asphalt concrete. Journal of WuhanUniversity of Technology: Materials Science Edition 17(4): 69–72.
21. Wu SP, Mo LT, Shui ZH (2005b) Investigation of the conductivity of asphalt concrete containing conductive fillers. Carbon 43(7): 1358–1363
22. Wu S, Pan P, Chen M, Zhang Y (2013). Analysis of charecteristics of electrically conductive asphalt concrete prepared by multiplex conductive materials.Journal of Materials in Civil Engineering 25(7):871-879.
23. Yıldırım K, Sümer M (2007). Betonarme köprü ve viyadüklerde oluşan beton hasarlarının nedenleri. 1.Köprü ve Viyadükler Sempozyumu, Antalya, 467-473.
24. Zhang Y (2010) Preparation and properties investigation of multiplex electrically conductive asphalt concrete. MasterThesis, Wuhan University of Technology, Wuhan, China.
25. Zhou CX and Tan YQ (2009) Study on anti-icing performanceof pavement containing a granular crumb rubber asphalt mixture. Road Materials and Pavement Design 10(1): 281–294.
26. İnternet Kaynakları
27. web site 1, 2007, <http://www.mprnews.org/story/2007/08/06/bridgetroubles>

Anahtar Sözcükler: Köprüler, Viyadükler, Buzlanmayla mücadele, Tuz, Korozyon İletken Asfalt Beton.