

BETON YOL YÜZEYLERİNİN BUZLANMAYA KARŞI ELEKTRİK VERİLEREK ISITILMASI

ELECTRICAL HEATING OF CONCRETE ROAD SURFACES AGAINST ICING

Erhan Burak Pancar

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı
Samsun

Zeki Karaca

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü
Samsun

Vefa Akpınar

Karadeniz Teknik Üniversitesi, İnşaat Müh. Bölümü
Trabzon

Özet

Trafikte rastlanan en büyük sorunlardan bir tanesi de kışın yol yüzeyinde oluşan buzlanmadır. Özellikle don olayının yaşandığı bölgelerde, tünel giriş-çıkışlarında, köprülerde bu nedenden dolayı birçok kazalar yaşanmaktadır. Bu sorunun giderilebilmesi için yol yüzeyine birtakım kimyasallar atılarak buzlanmaya karşı önlem alınmakta, fakat bu kimyasallar kaplama tabakasına zarar vermektedir. Bu uygulama masraflı olmakta ve buzlanmadan dolayı oluşan kazalar kaçınılmaz olmaktadır. Kaplamaya kimyasal uygulamadan daha az zarar veren, daha verimli sistematik bir çözüm bulunmasına ihtiyaç vardır. Beton yollarda, beton altına serilen ısıtma kabloları ile yada betona doğrudan elektrik verilerek beton kaplama ısıtılabilir. Bu çalışmada, hazırlanan iletken betonlara elektrik verilerek farklı basınç dayanımlarındaki numuneler farklı çevre sıcaklıklarında ısıtılmış ve beton numune yüzeylerinde 15°C ye kadar sıcaklık farkı oluşması için geçen süre ölçülmüştür.

Abstract

One of the biggest problems encountered in traffic is the icing on road surface in winter. Especially, many accidents happen in regions experienced a frost, tunnel entry and exists and bridges for this reason. The precaution is taken against icing by applying some chemicals on road surface. But, these chemicals harm the pavement. This application becomes costly and accidents because of icing become inevitable. It is necessary to find more efficient systematic solution, which harms the pavement less

than chemical treatment. It is possible to heat the concrete pavement by laying heating cables beneath the concrete or by giving electric current to the concrete pavement. In this paper, samples with different compressive strengths are heated in different ambient temperatures by giving electric to prepared conductive concretes and the time passes for temperature difference up to 15°C on the concrete surface is measured.

1. GİRİŞ

Ülkemizde kar ve buz mücadelesinde en çok kullanılan yöntem, kaplamaya kimyasal madde uygulanmasıdır. Kar ve buz mücadelesinde kullanılan kimyasallar sodyum klorür (NaCl), kalsiyum klorür (CaCl_2), magnezyum klorür (MgCl_2) ve kalsiyum magnezyum asetat (CMA)' tır. Kar ve buz miktarına ve uygulama alanına göre, kullanılacak kimyasal çeşidi ve miktarı değişmektedir. Havaalanlarında ve köprülerde NaCl ve CaCl_2 içerikli kimyasalların kullanılması, çevreye, altyapıya ve metal parçalara zarar vermektedir [1].

-29°C ye kadar düşük sıcaklıkta uygulanabilen CaCl_2 ve MgCl_2 , bir Ca ve Mg iyonu ve iki Cl iyonunu serbest bırakarak kar ve buzun daha hızlı bir şekilde erimesini sağlamaktadır. Bunun yanında, ortaya çıkan Cl iyonu genel olarak çevreye ve betona zarar vermektedir. Ayrıca CaCl_2 ve MgCl_2 nin uygulandıktan sonra yol yüzeyinde temizlenmesi zordur ve kaygan bir kalıntı bırakmaktadırlar. CMA yağıştan önce uygulanırsa, buzun yüzeye yapışmasını etkili bir şekilde engellemektedir ve betona zarar vermemektedir. CMA çok düşük sıcaklıklarda etkili değildir ve kaya tuzuna göre 30 kat daha pahalıdır [2].

Isıtma kablolarının kullanılması [3] ve borulardan ısıtılmış sıvıların geçirilmesi de [4,5] buzlanmaya karşı kullanılmakta olan tedbirlerden olup, bu tekniklerin uygulama zorluğu ve maliyeti göz önüne alınmalıdır.

Buna karşın çözüm olarak kullanılabilecek yöntemlerden bir tanesi buzlanmaya karşı beton kaplamada elektrik geçirgenliğine sahip beton kullanımıdır. Bildiride, iletken beton ile betonun ısıtılması yoluyla kar ve buz ile mücadelenin nasıl yapılacağı konusunda durulacaktır.

2. BETON KAPLAMANIN ISITILMASI

2.1. İletken Betona Doğrudan Elektrik Verilmesi

İletken beton, yüksek elektrik iletkenliğini sağlamak için elektrik iletkenlikli bileşenlerden oluşan çimentolu karışım olarak tanımlanabilir. Elektrik iletkenliğini sağlamak için betona çelik lifler katılabilir. İletken betondaki elektrik direncine bağlı olarak, güç kaynağına bağlandığı zaman ısı açığa çıkmakta ve bu ısı da buzlanmaya karşı önlem olarak kullanılmaktadır. Yapılan bir çalışmada, buzlanmaya karşı iletken malzeme olarak karbon lifler kullanılmıştır [6].

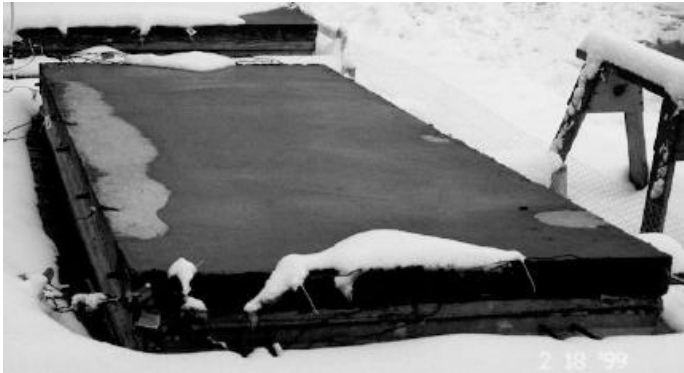
Bir diğer çalışmada, 6.5-38 mm uzunluğunda değişen çelik lifler ve tıraşlanmış çelik (yüksek kaliteli, düşük karbonlu çelik tellerin tıraşlanması sonucu oluşan, boyu 0.15-4

mm arasında değişen elik parçaları) kullanılarak, istenilen elektrik direncine sahip iletken beton üretilmiştir. Karışım, betonda hacimsel olarak 1.5% oranında elik lif ve 20% oranında tıraşlanmış çeliğe sahiptir. Hidratasyon sırasında iletken betonun elektrik direnci artış göstermiş ve en sonunda sabit bir değere ulaşmıştır. İletken betonun -4  C de ortalama elektrik direnci 20 -m olarak tespit edilmiştir [7].

Elektrik akımı, iletken betondan geerirken ısınma oranı artmakta ve sıcaklık yükselmektedir. İletken betonun elektrik iletkenliği sıcaklık yükseldikçe de artacaktır. Elektrik iletkenliğindeki artış, sabit voltaj altında daha fazla elektrik akımının geçmesini sağlamaktadır. Bu sebepten dolayı, betonda termal çok yaratmamak için, yavaş ısınma oranı sağlamak amacıyla, verilen voltaj kontrol altında tutulmalıdır.

Beton yol yüzeyinde buzlanmaya karşı yapılan bir çalışmada, 1.2 m genişliğinde, 3.6 m boyunda ve 152 mm kalınlığında olan donatılı beton kaplama üzerine, 90 mm kalınlığında, 31 MPa basınç dayanımına sahip iletken beton uygulanmış ve farklı hava koşullarında buzlanmaya karşı deneyler yapılmıştır. İletken betonda hacimsel olarak 1.5% oranında elik lif ve 20% oranında tıraşlanmış elik kullanılmıştır. Betona elektrik vermek için, beton boyunca 64 mm genişliğinde ve 6 mm kalınlığında elik plakalar yerleştirilmiştir. Deney ncesi hava sıcaklığı 7 C ve kaplama sıcaklığı 15 C olarak ölçülmüştür. İletken betona 310 V 6 saat boyunca, yavaşça artan bir akımla verilmiştir. 6 saatlik n ısıtmadan sonra, hava sıcaklığı -5 C de iken ısınma oranı sabitlenmiş ve söz konusu ortamda, serilen iletken betonun sıcaklığı 3-5 C de tutulmuştur. Deneyin yapıldığı sırada biriken kar yüksekliliği 75 mm iken, elektrik verilmiş beton üzerine düşen karın anında eridiği görülmüştür (şekil 1) [8].

Aynı içerikte ve boyutlardaki beton numune, 50 mm kar kalınlığının olduğu ve evre sıcaklığının 2-3  C olduğu zamanda, 4 saat boyunca 420 V verilerek ısıtılmıştır. Akım yavaşça artırılarak, 10 amperde sabitlenmiştir. Yapılan gözlem sonucunda, beton plağın kenarlarında kar birikintisinin eridiği, orta kısımda ise kar biriktiği tespit edilmiştir [8].



şekil 1. İletken betona elektrik vererek buzlanmaya karşı önlem alınması

Söz konusu çalışma sahada yapılmış olup, ortam sıcaklığı ve rüzgar belirli bir değerde sabit tutulmamıştır. Kar fırtınası öncesi ve sonrası, iletken beton ısıtılarak beton yüzeyinde buzlanma ve kar birikmesi engellenmiştir. 590 W/m² lik bir g verilerek, beton yüzey sıcaklığının 7-10 C arasında arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada, 31 MPa basınç dayanımına sahip numune kullanılmış, farklı basınç dayanımlarındaki numuneler incelenmemiştir.

Bu çalışmada, daha önce yapılmış olan çalışmalardan farklı olarak, farklı basınç dayanımlarında (20 MPa, 30 MPa, 40 MPa), iletken beton yüzeyinin farklı sıcaklıklardan sabit sıcaklığa (10 °C) gelmesi için gereken sürelerin karşılaştırılması yapılacaktır. Beton basınç dayanımının ve ortam sıcaklığındaki farklılıkların, beton yüzeyinin ısıtılması üzerine etkileri, sabit sıcaklığa ulaşıncaya kadar geçen süre dikkate alınarak, birbirleri ile ilişkilendirilecektir.

2.1. Beton Kaplamanın Isıtma Kablolarıyla Isıtılması

Bütün bunların yanında, betona elektrik vermektense beton içine yerleştirilecek iletkenlere elektrik vererek betonu ısıtmak da bir diğer yöntemdir (Şekil 2). Kullanılacak olan iletkenler, ağır taşıt yükünden dolayı yüksek dayanıma sahip ve az bir enerjiyle yüksek verim alınabilmesi için de iyi bir iletken olmalıdır. Sıcaklık sensörleri ve gerekli yazılımlar kullanılarak sıcaklık kontrolü en verimli şekilde sağlanabilmektedir. Kablolar ve sensörler yola uygulandıktan sonra üzerlerine en az 2 cm olacak şekilde koruma betonu dökülmesi gerekmektedir. Bu betonun üzerine de en fazla 13cm kalınlığında beton yada asfalt uygulanabilmektedir [9].

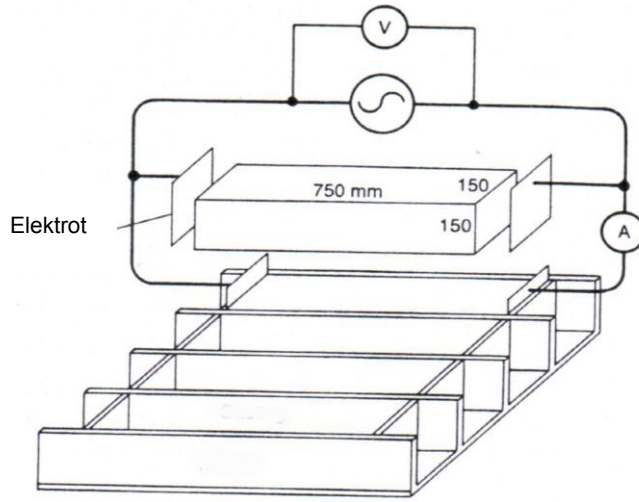


Şekil 2. Betonun iletken kablolarla ısıtılması

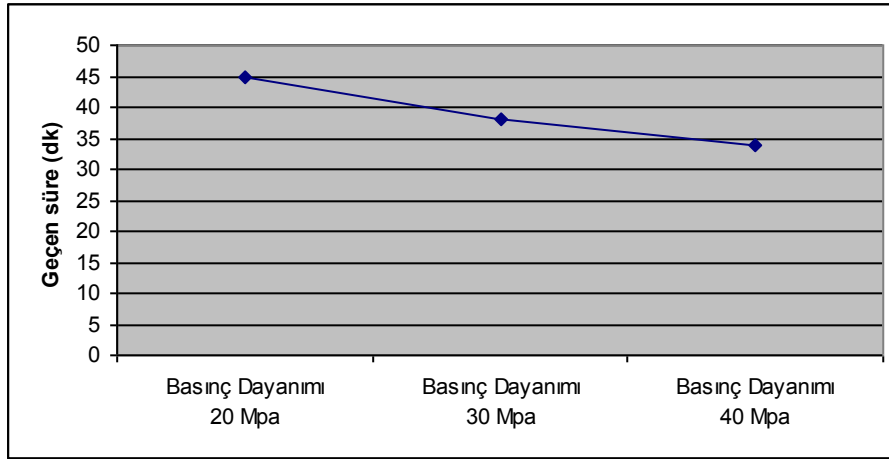
3. DENEY

Deney için 75 cm x 15 cm x 15 cm ebatlarında, yaklaşık olarak 20 MPa, 30 MPa ve 40 MPa ortalama basınç dayanımına sahip 12 adet iletken beton numunesi hazırlanmıştır. İletkenliğin sağlanması için, boyu yaklaşık olarak 0.15 – 4 mm arasında değişen ve çelik fabrikalarının atık malzemesi olan tıraşlanmış çelik, betona hacimsel olarak 18% oranında, çelik lif (Dramix RC 80/60 BN türü, 60 mm boyunda ve 0.75 mm çapında) ise 1.5% oranında katılmıştır. Beton yüzey sıcaklığı -1°C iken yaklaşık olarak 510 W/m² lik bir güç verilerek beton sıcaklığının artışı gözlemlenmiştir.

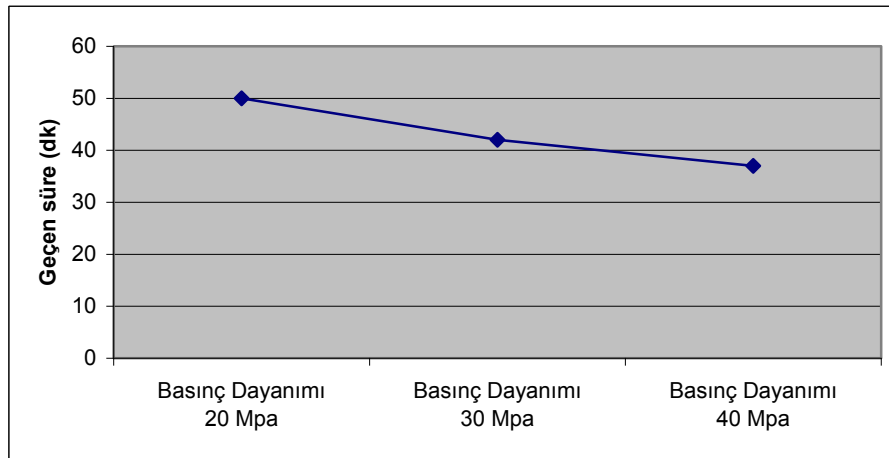
Söz konusu deney için her biri 4 adet kalıptan oluşan, 3 adet düzenek kullanılmıştır (Şekil 3). Her bir düzenekte, aynı ortam koşulu altında ölçüm yapılması için 3 kalıptan her birine, farklı basınç dayanımındaki iletken numuneler yerleştirilmiştir. Dördüncü kalıptaki numuneye ise elektrotlar bağlanmamış ve elektrik verilmemesi durumundaki beton yüzey sıcaklığı ölçülmüştür. Deney numuneleri yüzey sıcaklıklarının, -1°C den 10 °C ye, -3°C den 10 °C ye ve -5°C den 10 °C ye çıkması için geçen süreler, sırası ile Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6' da verilmiştir.



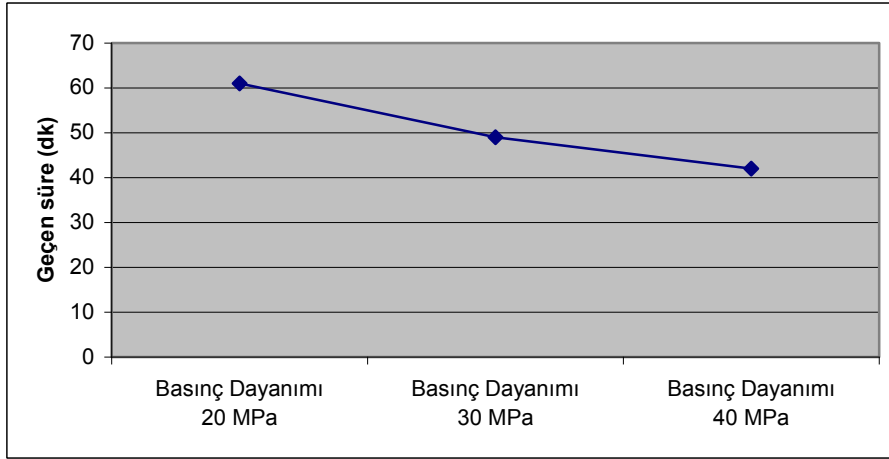
Şekil 3. Beton numunelere elektrik verilmesi



Şekil 4. Beton yüzey sıcaklığının -1°C den 10 °C ye çıkması için geçen süre



Şekil 5. Beton yüzey sıcaklığının -3°C den 10 °C ye çıkması için geçen süre



Şekil 6. Beton yüzey sıcaklığının -5°C den 10 °C ye çıkması için geçen süre

Yapılan deneyler sonucunda, numunelerin -1°C den 10 °C ye ısıtılması sırasında, C20 betonu ile C30 betonu arasındaki süre farkı 7 dakika, C30 betonu ile C40 betonu arasındaki süre farkı ise 4 dakika olarak tespit edilmiştir.

Beton numunelerin -3°C den 10 °C ye ısıtılması sırasında, C20 betonu ile C30 betonu arasındaki süre farkı 8 dakika, C30 betonu ile C40 betonu arasındaki süre farkı ise 5 dakika olarak tespit edilmiştir.

Beton numunelerin -5°C den 10 °C ye ısıtılması sırasında, C20 betonu ile C30 betonu arasındaki süre farkı 12 dakika, C30 betonu ile C40 betonu arasındaki süre farkı ise 7 dakika olarak tespit edilmiştir.

C20 beton numunesinin -1°C den 10 °C ye ısıtılması ile, -3°C den 10 °C ye ısıtılması için geçen süre farkı, aynı şartlardaki C40 numunesi için geçen süre farkının 1.666 katıdır. C20 beton numunesinin -1°C den 10 °C ye ısıtılması ile, -5°C den 10 °C ye ısıtılması için geçen süre farkı ise, aynı şartlardaki C40 numunesi için geçen süre farkının 2 katıdır.

Beton numunelerin ısıtılması sırasında ortam sıcaklığı düştükçe, kullanılan beton cinsi ısıtma sırasında geçen süre bakımından daha fazla önem kazanmaktadır.

4. SONUÇ

Kışın yollarda yaşanan en önemli sorunların başında buzlanma ve yol yüzeyinde kar birikmesi gelmektedir. Ülkemizde bu sorunun giderilmesi için genel olarak uygulanan yöntem, yola bir takım kimyasalların atılmasıdır. Bu kimyasalların, çevreye ve yola bir takım zararlar verdiği ve istenilen performansı sağlamadığı görülmektedir. Sorunun çözümü için uygulanabilecek alternatiflerden bir tanesi de, betonun elektrik verilerek ısıtılması yöntemidir. Çalışmada, farklı basınç dayanımlarında iletken beton numuneler hazırlanmış ve bu numuneler -1°C, -3°C ve -5°C ortam sıcaklıklarında ısıtılarak, numune yüzeylerinin 10°C sıcaklığa gelmesi için geçen süreler tespit edilmiştir. Beton içine katılan iletken malzeme oranı aynı olsa da, beton basınç dayanımının farklı olmasının, söz konusu sıcaklığa ulaşılması sırasında geçen süreyi etkilediği görülmüştür.

Beton dayanımı yüksek olan numuneler, düşük olanlara göre daha hızlı bir şekilde ısınmaktadır. Ortam sıcaklığı düştükçe, aradaki bu fark artmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucunda, 510 W/m² lik bir güç verilmesinin beton yüzey sıcaklığında 15°C ye kadar bir fark oluşmasını sağladığı görülmüştür.

Kaynaklar

1. Lee, H., Cody, R.D., Cody, A.M. and Spry P.G., “Effects of Various Deicing Chemicals on Pavement Concrete Deterioration”, *Mid-Continent Transportation Symposium Proceedings*, pp. 151-155, 2000.
2. Kuloğlu N. Ve Kök B.V., “Karayollarında Kar ve Buz Mücadelesinde Kullanılan Tuzun Beton Asfalt Kaplamaya Etkisi”, *F.Ü. Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17 (1), s. 87-96, 2005.
3. Henderson, D.J., “Experimental Roadway Heating Project on a Bridge Approach”, *Highway Research Record*, No.14, Publication 111, pp.14-23, 1963.
4. Cress, M.D., “Heated Bridge Deck Construction and Operation in Lincoln, Nebraska”, *Proceedings from the IABSE Symposium*, San Francisco, Calif., pp. 449-454, 1995.
5. “Heated Pipes Keep Deck Ice Free”, *Civil Engineering, ASCE*, V.68, No.1, pp. 19-20, Jan. 1998.
6. Xie, P., Gu, P., Beaudion, J.J., “Electrical Percolation Phenomena in Cement Composites Containing Conductive Fibers”, *Journal of Materials Science*, V.31, No. 15, pp. 4093-4097, Aug. 1996.
7. Yehia, S.A., Tuan, C.Y., Ferdon, D, and Chen, B., “Conductive Concrete Overlay for Bridge Deck Deicing: Mixture Proportioning, Optimization and Properties”, *ACI Materials Journal*, V.97, No. 2, pp. 172-181, Mar-Apr. 2000.
8. Tuan, C.Y., “Electrical Resistance Heating of Conductive Concrete Containing Steel Fibers and Shavings”, *ACI Materials Journal*, V.101, No.1, pp.65-71, 2004.
9. <http://tr.fheprod.danfoss.com/PCMPDF/devireg850.pdf>