

Beton Yollarda Buz Çözücü Tuz Etkisine Su-Çimento Oranının Etkileri

¹Şenol Berberoğlu, *²Mehmet Sarıbiyık ve ²Yunus Ekiz
¹Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kampüs, ADAPAZARI
²Sakarya Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kampüs, ADAPAZARI

Özet

Anahtar Kelime: Beton Yol, Donma-Çözülme, Komposite, Katkı maddesi, Tuz

Günümüzde beton yollar, artan petrol fiyatları nedeniyle ilk yapım maliyeti artan asfalt yollarla rekabet edebilir duruma gelmiştir. Servis ömrünün asfalt yollara nazaran uzun olması ve bakım masraflarının az olması beton yolları asfalt yollara göre daha ekonomik bir seçenek olarak karşımıza çıkarmaktadır.

Beton yollarda kışın kar ve buzlanma ile önleyici olarak tuz kullanılmaktadır. Kullanılan tuzlar beton bünyesine nüfus ederek beton yollarda fiziksel ve kimyasal hasar oluşturmaktadır. Bu çalışmada beton yollarda ve betonarme yol sanat yapılarında donla mücadelede tuz kullanılması, deneysel yoldan incelenerek yapısındaki değişimler incelenerek çözüm aranmıştır. Su/çimento oranları 0,3, 0,4 ve 0,5 olan, farklı kompasiteli üç tür beton üretilmiştir. Aynı betonlar akışkanlaştırıcı ve hem akışkanlaştırıcı hem de hava sürükleyici katkı maddeleri kullanarak da üretilmiştir. Numuneler 28 gün boyunca kür havuzunda bekletilmiştir. Şahit numunelere işlem yapılmamış, diğer numunelere ise derin dondurucu vasıtasıyla 20 tekrar donma-çözülme tabi tutulmuştur. Donma-çözülme esnasında yüzeye 0,142 gr/cm² tuz konsantrasyonu uygulanmıştır.

Deney öncesi ve sonrası numunelere ultrasonik hız deneyi yapılmış, çıkan sonuçlar incelenerek betondaki boşluk oranlarındaki değişimler incelenmiştir. Daha sonar numuneler basınç testine tabi tutularak mekanik dayanım sonuçları elde edilmiştir. Betonda su/çimento oranının ve hava sürükleyici katkı maddesinin donma-çözülme hasarlarını etkilediği tespit edilmiştir.

The Effects of De-Icing Salt to Water-Cement Ratio in Concrete Roads

Abstract

Key words: Concrete Road, Freeze-Dissolve, Compactness, Cavitation Ratio, Salt

Concrete roads have become competitive with asphalt roads due to rising oil prices and increasing the cost of initial construction. Concrete roads service life is longer compared to the asphalt road and maintenance costs to be less than the asphalt road.

In the winter salt is used as a preventative with snow and ice on concrete roads. Salts used for de-icing in concrete road enter within to the concrete consists physical and chemical damage. In this study, experimentally investigated by examining changes in the structure solution has been sought in salt is used concrete roads and concrete structures in the fight against road. Water / cement ratio of 0.3, 0.4 and 0.5 with three types of concrete is produced at different rates. In the same concrete plasticizer and plasticizer as well as air entraining admixtures are manufactured using. Samples were left in the curing condition for 28 days. Part of the samples were subjected to freeze-dissolve 20 times by using deep-freeze. During freeze-dissolve 0,142 gr/cm² salt was used on the surface.

The ultrasonic rate experiment was done on the pre-experiment and post-experiment samples and the decrease in the cavitation ratio was determined by investigating the results of these experiments. Then, the samples were subjected to compressive strength and mechanical strength results were obtained. In concrete, the water / cement ratio and the air-entraining additives have been found to influence the freeze-thaw damage.

1. Giriş

Karayolları, üstleneceği trafiğin yoğunluğu, araç tipi dağılımı, sürüş güvenliği vb. unsurlarla, iklim koşullarına ve bölgenin gereksinimlerine uygunluğu göz önüne alınarak projelendirilip inşa edilmektedir. Karayolu tipleri genel olarak, esnek üstyapılar (Asfalt Yollar) ve rijit üstyapılar (Beton Yollar) olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır. Günümüze kadar uzanan süreç içerisinde, birçok ilerlemeler kat eden beton yol tasarımları, her geçen gün yeni araştırmalar neticesinde kendini yenilemekte ve yol kaplaması uygulamalarında öncelikli seçenek haline gelmektedir.

Karayollarında, yol yüzeyindeki buz veya kar tabakasının trafik etkisiyle sıkışmasıyla oluşan kaygan tabaka, sürtünme katsayısının önemli oranda azalmasına yol açmaktadır. Bu durum trafik kazalarına yol açmakta ve trafik akışını önemli derecede etkilemektedir. Kayganlığa mani olmak ve yoldan sıkışmış kar veya buz tabakasını eriterek uzaklaştırmak için genellikle aşındırıcı malzemelerle birlikte kimyasal birleşimleri veya yalnız kimyasal maddeler kullanılmaktadır. Sıkışmış kar veya buz tabakasını kaldırmak ve azaltmak için kaya tuzu kullanılmaktadır. Bunun yanında kırma taş, kum veya kömür cürufu kaygan yola atılarak sürtünme katsayısının artırılması sağlanmaktadır.

Kar ve buz ile mücadelede aşındırıcı malzemeler veya bunların tuzla birleşimleri yerine, yalnız kaya tuzu kullanılması günümüzde en yaygın kullanımlardan bir tanesidir. Kaya tuzu sertleşmiş betona etkisinin olmadığı varsayılmakta ancak, buzla birlikte beton yüzeyinin zarar görmesine neden olmaktadır. Beton yüzeyindeki hasar, kaya tuzu ile buzun sık sık kaldırılmasından sonra ortaya çıkmaktadır. Etki bu tuzların birkaç defa kullanılmasından sonra belirginleşmektedir. Hasarın şiddeti betonun kalitesine, tuz konsantrasyonuna, kuruma ve ıslanmanın sıklığına bağlıdır. Bozulmanın diğer bir nedeni de kuruma sırasında boşluklardaki tuzun kristalleşmesi ve genişlemesidir. Normal betonun donma etkisiyle fiziksel özelliklerindeki değişimler konularında önemli çalışmalar yapılmıştır [1-4].

Bu konuda geniş kapsamlı bir araştırma Amerika'da Portland Çimentoları Topluluğu (PCA) Laboratuvarlarında Powers ve Arkadaşları [5] tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada sertleşmiş normal betonun çeşitli don mekanizmaları detaylı olarak analiz edilmiştir. Taber [6,7] yapmış olduğu araştırmalar sonucunda zeminde oluşan mikroskobik buz oluşumundan dolayı don kabarmasını şöyle açıklamıştır. *“Boşluklardaki ve çukurlardaki serbest su buza dönüştüğünde, donmamış zemin içindeki kılcal su donmuş bölgelere doğru çekilir ve buz merceklere oluşur. Eğer kılcal hareketle yeryüzü su seviyesine sürekli su sağlanırsa bu buz merceklere gelişir ve don kabarmalarına yol açar. Bu merceklere oluşumu kapiler harekete ve zemin permeabilitesine bağlıdır”* [8]. Casagrande [9] göre buz merceklere ve don kabarmaları; 0,02mm. den küçük zemin tanesinin miktarı %3'ten fazla olan ve partikül büyüklükleri değişen zeminlerde meydana gelebilir. Chapelle [10] deneylerle hamurun don mukavemeti göz önüne alındığında. W/C oranının karar verici bir faktör olduğunu göstermiştir. Ayrıca, hava sürükleyici maddeyi don mukavemeti göz önüne alındığında etkili bir faktör olarak kabul etmemekte ve çimentonun kimyasal kompozisyonunun etkisini vurgulamaktadır. Powersta [11] göre, donma anında betonun davranışını açıklamak için kritik doyma derecesi yeterli değildir. Bu, düşük geçirgenliğe ve çok büyük gözeneklere sahip sertleşmiş çimento hamurunun fiziksel özellikleri sayesinde.

Bu çalışmada; betonda donma etkisinin çözdürücü tuz kullanılması halinde nasıl geliştiği, bu gelişme üzerinde betona ait özelliklerin nasıl rol oynadığı araştırılmıştır. Hasar kriteri olarak tahribatsız test yöntemi ile ölçülen ultrasonik hız değerleri, yirmi tekrar sonrasında donma çözünme ile ortaya çıkan beton tahribatı ve basınç mukavemet değerleri incelenmiştir. Deneysel çalışmalar sonucunda elde edilen veriler analiz edilerek yorumlanmıştır.

2. Materyal Metot

Beton yol yüzeylerinde tekrarlı donma çözünme sonucu meydana gelen tahribatları incelemek için, 0,30, 0,40 ve 0,50 su/çimento (W/C) oranlarına sahip numuneler üretilmiş, karışımların bir kısmına %1 akışkanlaştırıcı, %0,1 hava sürükleyici katkı maddeleri katılarak deneye tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler öncesi ve sonrası malzeme kayıplarını tespit edebilmek için ağırlıkları ölçülmüştür. Deney sonrasında bulunan dayanım ve ultrasonik hız değerleri karşılaştırılarak numuneler üzerinde oluşan etkiler tespit edilmiştir.

Deney çalışmaları için, 10x10x10 cm boyutlarında küp kalıplar kullanılmıştır. Hazırlanan beton numunelere yüzey havuzu oluşturularak sızdırmazlık için çevre şartlarına dayanıklı silikon kullanılmıştır. Beton numune yüzeyi dışında kalan kısımların donmaya karşı direk temasa etmemesi için çuval ile kaplanmıştır (Şekil 1). Donma olayını gerçekleştirmek için dijital göstergeli derin dondurucu kullanılmıştır. Donmuş numunelerin içerisindeki kılcal boşluklardaki buzları eritmek için etüv kullanılmıştır. Beton numunelerin basınç dayanım değerlerini bulmak için basınç test cihazı kullanılmıştır.

2.1. Numunelerin Hazırlanması

Yapılan literatür çalışmasında beton yollarda W/C oranının öneminin büyük olduğu anlaşılmış ve bu sebeple, örnek numuneler için 0,30-0,40-0,50 W/C oranına sahip beton numuneler üretilerek, bu numuneler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. Hazırlanan numunelerin çeşit ve adetleri Tablo 1’ de belirtilmiştir. Farklı karışım oranları ve katkı olarak her bir gruptan 6 adet olmak üzere toplamda 54 küp numune üretilmiştir.

Tablo 1. Numune çeşidi ve adetleri

Katkı Durumu	W/C		
	0,30	0,40	0,50
Katkısız	6	6	6
Akışkanlaştırıcı (%1)	6	6	6
Akışkanlaştırıcı (%1) + Hava sürükleyici (%0,1)	6	6	6

2.2. Donma-Çözülme Testi

Hazırlanan 9 grup numune derin dondurucuya yerleştirilerek sıcaklıkları -20°C 'ye gelinceye kadar derin dondurucuda bekletilmiştir. Numuneler istenilen sıcaklığa gelince dolaptan çıkarılarak oda sıcaklığında 1 cm kalınlığında kar tabakası oluşacak şekilde buz parçaları numune yüzeylerine serilmiştir. Numuneler tekrar dolaba yerleştirilerek istenilen sıcaklığa ulaşmaya kadar bekletilmiştir. İstenilen sıcaklıkta numuneler çıkartılmış ve her numune grubunun üzerine 50 gr tuz serpilerek erimeye bırakılmıştır. Donma 2 saat, erime bir saat olmak üzere periyodik olarak 20 tekrar yapılmıştır. 4 tekrar da bir yüzey tahribatları oran olarak not edilmiştir. Her erime safhasında tuzun tamamının erimesine dikkat edilmiştir. Erime bittikten sonra yüzey iyice temizlenerek işlemi başa alıp numuneler dondurucuda soğumaya bırakılmıştır. Beton numuneler ve numunelerin donma-çözünmeye bırakılmış halleri Şekil 1'de gösterilmektedir.



Şekil 1. Derin dondurucudan çıkartılan numuneler tuz serpilerek erimeye bırakılmış hali

Numuneler 20 tekrardan sonra temizlenmiş ve birleştirmelerden ayrılarak bağımsız numuneler haline getirilmiştir. Küp numunelerin kılcal boşluklarda kalan suların buharlaşmaya kadar etüvde bekletilmiştir. Donma çözünme deneyi sonrasında yüzey tahribatları Şekil 2'de ve malzeme kayıpları Tablo 2'de verilmiştir.

Yapılan donma çözülme deneyleri sonucunda, en az malzeme kaybı hava sürükleyici ile akışkanlaştırıcı katkıyı beraber kullandığımız 0,30 ve 0,40 W/C oranına sahip numuneler vermiştir. Başlangıçta az miktarda meydana gelen malzeme kayıpları 20 tekrar sonunda malzemenin yaklaşık %3'u kayba ulaşmıştır. Bu testler sonucunda buz çözücü tuzun etkisinin aksine donma çözünmenin tekrarlı bir şekilde oluşması malzeme kaybı artarak betona daha fazla zarar vermektedir (Şekil 3).

Tablo 2. Numunelerin malzeme kayıp oranları

	W/C	Deney Öncesi Ağırlık (kg)	Deney Sonrası Ağırlık (kg)	Malzeme Kaybı (kg)	Malzeme Kaybı Oranı (%)
Katkısız	0,30	2,27	2,03	0,24	10,44
	0,40	2,28	2,09	0,19	8,20
	0,50	2,23	1,99	0,24	10,76
Akışkanlaştırıcı katkı	0,30	2,21	2,04	0,17	7,69
	0,40	2,22	2,08	0,14	6,31
	0,50	2,21	2,04	0,17	7,55
Hava sürükleyici ve akışkanlaştırıcı katkı	0,30	2,29	2,23	0,06	2,48
	0,40	2,21	2,14	0,07	3,17
	0,50	2,16	2,05	0,11	5,09



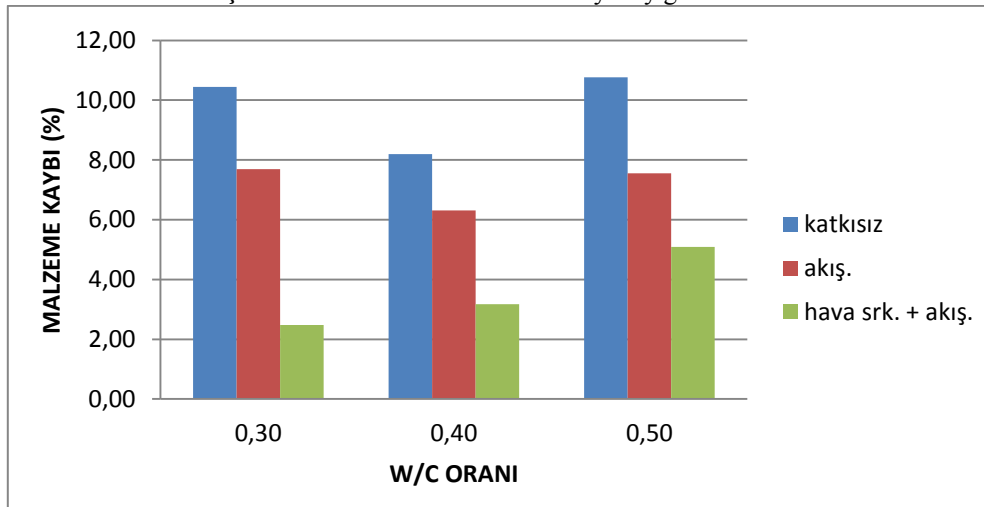
Katkısız



Akışkanlaştırıcı katkı



Akışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici katkı

Şekil 2. Numunelerin etüv kurusu yüzey görüntüleri**Şekil 3.** Tekrarlı donma-çözülme testi sonrası malzeme kayıp oranları

2.3. Ultrasonik Hız Testi

Ultrasonik hız metodu, beton içerisinde geçen ultrasonik dalganın, geçme hızını ölçmek için kullanılan bir yöntemdir. Şahit ve asıl numuneler ultrasonik hız testine tabi tutularak, çıkan sonuçlar arasında karşılaştırma yapılmıştır. Bu sonuçlar beton içerisindeki boşluklar ve beton kalitesi hakkında önemli bilgiler vermektedir. Ultrasonik hız testi donma çözünme deneyinden önce ve sonra olmak üzere iki kez tekrar edilerek aradaki fark gözlenmiştir. Algılayıcılar arasındaki uzaklık hareket zamanına bölüldüğünde dalga ilerlemesinin ortalama hızı elde edilmektedir. Bulunan değerler beton içerisindeki boşluklar hakkında değerlendirmede bulunmamızı sağlamaktadır. Alınan sonuçlar W/C oranlarına göre deneyden önce ve sonra yapılan ölçümler Tablo 3’de verilmiştir.

Sonuçlar incelendiğinde katkısız numunelerdeki dalga hız değerindeki azalma oranları %10-31 arasında, akışkanlaştırıcı katkılı numunelerdeki azalma oranları %7-37 arasında, akışkanlaştırıcı ve hava sürükleyici katkılı numunelerdeki azalma oranları ise %2-6 arasında değişmektedir. Görüldüğü üzere akışkanlaştırıcı ve hava katkısı bulunan numunelerde başta boşluklu yapıya sahip olmalarına rağmen sürekli donma çözülme uygulandığında diğer numunelere göre boşluk oranında daha az artış olmuştur. Akışkanlaştırıcı ve hava katkısı bulunan numunelerde, W/C oranı 0,30 ve 0,50 olan numunelerde boşluk oranında artma görünürken 0,40 olan numunelerde boşluk oranında artma görülmemektedir.

Tablo 3. Numunelerin deney öncesi ve sonrası ultrasonik hız sonuçları

	W/C	Deney Öncesi Ultrasonik Hız Sonuçları	Deney Sonrası Ultrasonik Hız Sonuçları
Katkısız	0,30	4476	4014
	0,40	4332	3772
	0,50	4302	2976
Akışkanlaştırıcı katkılı	0,30	4442	4132
	0,40	4439	4020
	0,50	4164	2625
Hava sürükleyici ve akışkanlaştırıcı katkılı	0,30	4394	4280
	0,40	4023	4075
	0,50	3593	3387

2.4. Basınç Testi

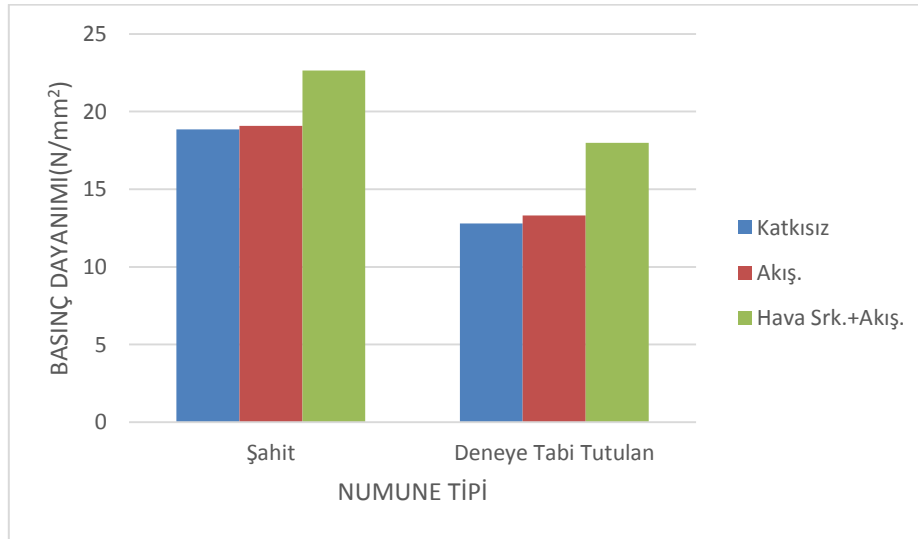
Betonda buz çözücü olarak tuz kullanılması durumunda ortaya çıkabilecek dayanım kayıplarını tespit etmek için numuneler basınç testine tabi tutulmuştur. Basınç deneyi sonrasında elde edilen veriler Tablo 4.’de özetlenmiştir. Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6.’da karşılaştırmalı grafik olarak verilmiştir.

W/C oranı düşük olan numunelerin mekanik dayanımlarının, W/C oranı yüksek olan numunelere oranla daha yüksek olduğu görülmüştür. W/C oranı yüksek olan numunelerin mekanik dayanımları, W/C oranı aynı ve hava sürüklenmiş betona göre daha fazladır. Fakat W/C oranı düşük olan numunelerin mekanik dayanımları, aynı W/C oranı ve hava sürüklenmiş betona göre daha azdır.

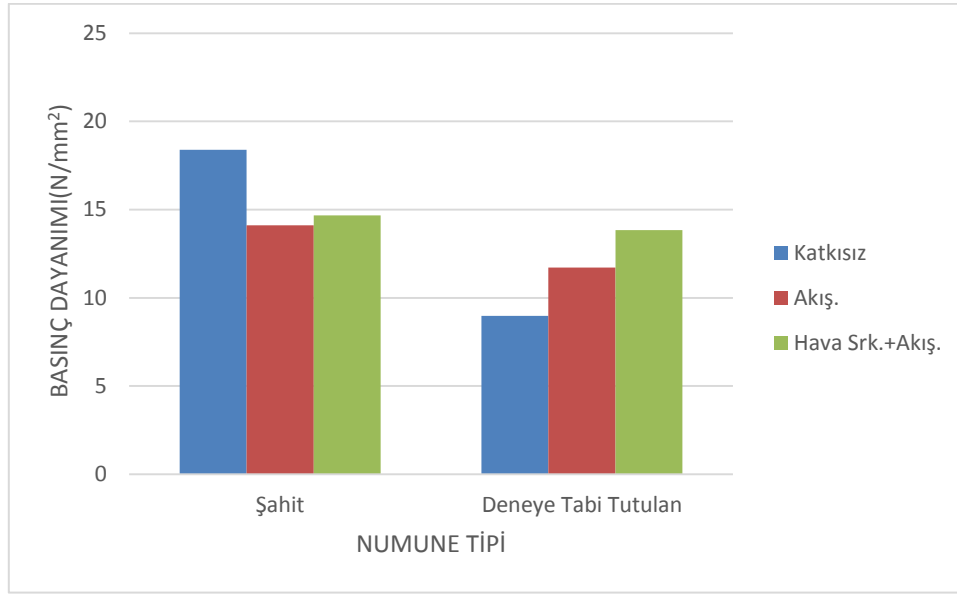
Genel olarak bakıldığında dayanım kaybı %10-65 arasında olmaktadır. W/C oranı 0,50 olan beton, donma çözülme şartlarına karşı direnci en kötü beton olarak görülmektedir. Donma çözülme şartlarına karşı en iyi direnci gösteren betonlar ise 0,40 W/C oranına sahip katkılı betonlar ve 0,30 W/C oranına sahip hava katkılı betonlardır.

Tablo 4. Numunelerin deney öncesi ve sonrası dayanım sonuçları

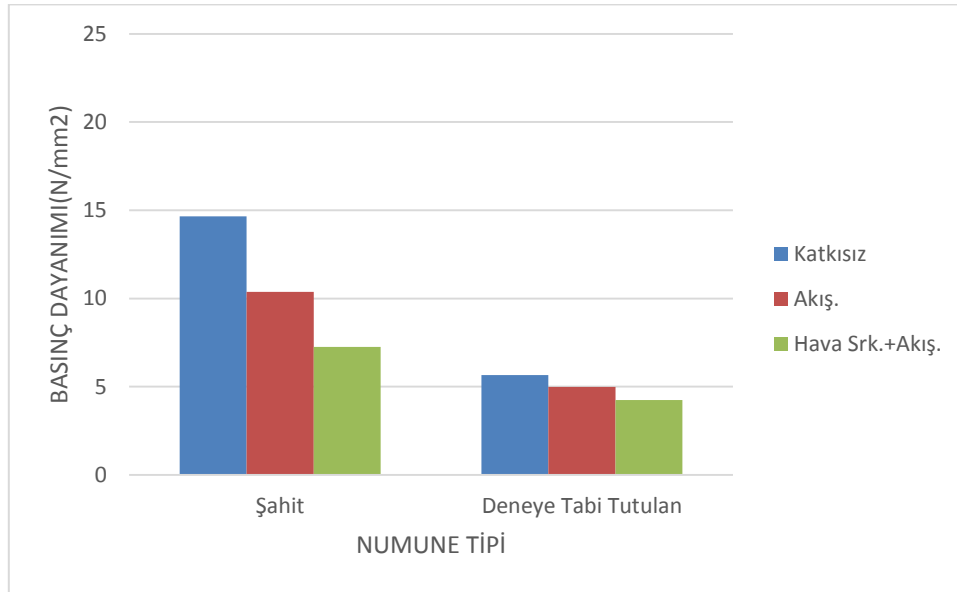
	W/C	Numunelerin Deney Öncesi Basınç Dayanımları	Numunelerin Deney Sonrası Basınç Dayanımları
Katkısız	0,30	18,86	12,80
	0,40	18,40	8,98
	0,50	14,66	5,66
Akışkanlaştırıcı katkılı	0,30	19,08	13,31
	0,40	14,11	11,71
	0,50	10,38	4,99
Hava sürükleyici ve akışkanlaştırıcı katkılı	0,30	22,64	17,98
	0,40	14,67	13,84
	0,50	7,25	4,25



Şekil 4. Deney öncesi ve sonrası basınç dayanım değerleri karşılaştırması (W/C 0,30)



Şekil 5. Deney öncesi ve sonrası basınç dayanım değerleri karşılaştırması (W/C 0,40)



Şekil 6. Deney öncesi ve sonrası basınç dayanım değerleri karşılaştırması (W/C 0,50)

3. Sonuç ve Öneriler

Beton yollarda veya saha betonlarında buz çözmek için tuz kullanılmasının etkisini saptamak amacı ile yapılan bu araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Dona dayanıklılıkta su-çimento oranına önemli rol oynamaktadır. Su/çimento oranının 0,5 olması halinde tuz etkisinde donma-çözülme 20 tekrarda betonu büyük oranda tahrip etmektedir. Bundan dolayı optimum W/C oranı 0,40 mertebesinde bulunmuştur.

- Hava sürükleyici katkı kullanılması donma olayında hasarı %3-5 mertebesinde tutmaktadır. Hava sürükleyici katkılarda hasar ilk tekrarlarında meydana gelmekte, sonra devam etmemektedir. Donma çözünmenin sık yaşandığı bölgelerde hava sürükleyici katkılı beton kullanılması önerilmektedir.
- Akışkanlaştırıcı katkı maddesi betonu yüzey tahribatı açısından olumsuz etkilemektedir. Ancak malzeme kaybını %6-8 oranında tutarak büyük çaplı kırılmalar meydana gelmemekte ve dayanımı olumlu etkilemektedir.
- Ultrasonik hız sonuçlarına incelendiğinde betondaki boşluk oranı hava katkılı numuneleri de fazla olduğu halde bulunması nedeni ile mevcut suyun donma esnasında hareket edeceği hacimler betonda yeni boşluklar oluşturularak tahribatı azaltmaktadır.
- Varılan bu sonuçlar doğrultusunda donma çözülmenin sık yaşandığı bölgelerde beton yol yapımında hava sürükleyici katkı maddesinin kullanılması uygun görülmektedir.
- Betonu oluşturan malzemeler olan kum, agrega ve çimento ülkemizde yerli kaynak olarak bulunmaktadır. Bu tür çalışmaların devam etmesiyle beton yollardaki ön yargıyı yok edip yüzde yüz yerli malzemeler ile beton yol üretmek mümkündür.

Kaynaklar

- [1] Özgan, E. Serin S. Gerengi, H. Arslan, I., Multi-Faceted Investigation of the Effect of De-Icer Chemicals on the Engineering Properties of Asphalt Concrete, *Cold Regions Science and Technology*, 2013; 59–67.
- [2] Skripkiūnasa, G. Nagrockienė, D. Girskasc, G. Vaičienė, M. Baranauskaitė, E., The Cement Type Effect on Freeze – Thaw and Deicing Salt Resistance of Concrete, *Procedia Engineering*, 2013; 1045 – 1051.
- [3] Şahin, R. Taşdemir, M. A. Gül, R. Çelik, C., Determination of the Optimum Conditions for De-Icing Salt Scaling Resistance of Concrete by Visual Examination and Surface Scaling, *Construction and Building Materials*, 2010; 353–360.
- [4] Deja, J., Freezing and De-Icing Salt Resistance of Blast Furnace Slag Concretes, *Cement and Concrete Composites*, 2003; 357–361.
- [5] Rowers, T.C., The Mechanism of Frost Action in Concrete, *Cement, Lime and Gravel*, 1966; 143-148 ve 181-185.
- [6] Taber, S., Frost heaving *J. Geol.*, 1929; 427-517.
- [7] Taber, S., Freezing and Thawing of Soils as Factors in the Destruction of Road Pavements, *Public Roads* 11, 1930;113.
- [8] Nerenst, P., Frost Action in Concrete. Fourth Inter-national Symposium on the Chemistry of Cement, 1960.
- [9] Nerenst, P., Rastrup, E., Idorn, D.M., Winter Concreting, The Danish National Institute of Building Research Direction, 1953; 108.
- [10] Chapelle, J., Study of the Influence of the Nature of Cements on the Resistance of Concretes on Cycles of Frost and Thaw, *Rilem Bull*, 1958; 30-102.
- [11] Rowers, T.C., A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete, *Proc. Am. Concrete Inst.*, 1945; 245-272.