



Demiryolu Hızlı Onarımında Kaya Dolgu Beton Kullanımına Agresif Ortamların Etkisi

Mehmet CANBAZ^{*1}, Serhat ÇELİKTEN²

¹Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 26480, Eskişehir, Türkiye

²Eskişehir Teknik Üniversitesi, Ulaştırma Meslek Yüksekokulu, Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, 26470, Eskişehir, Türkiye

*serhatcelikten@eskisehir.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8154-7590

(Alınış/Received: 12.05.2019, Kabul/Accepted: 08.07.2019, Yayımlama/Published: 31.07.2019)

Özet: Raylı sistemlerde hizmet sürekliliği esastır. Çeşitli nedenlerle raylı sistemlerde meydana gelebilecek aksaklıkların veya arızaların en hızlı bir biçimde giderilmesi gerekir. Aksi takdirde, verilen taahhütlerin yerine getirilememesi sonucu maddi veya manevi kayıplar söz konusu olacaktır. Bu nedenle, demiryolu demiryolu hat yatağında meydana gelebilecek her türlü çökme veya toprak kayması gibi demiryolu trafiğini aksatabilecek olayların neden olduğu problemlerin kısa sürede çözümü gerekir. Bu çalışmada, demiryolu hatlarında meydana gelebilecek her türlü çökme veya toprak kayması gibi zeminde boşluk meydana getiren olayların neden olduğu bozulmaların hızlı ve güvenilir şekilde onarımı için ideal bir alternatif olan kaya dolgu betonların kullanımına agresif ortamların etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, üretilen standart silindir ve küp kaya dolgu beton numuneleri donma-çözülme çevrimleri ve sülfat etkisi olmak üzere iki farklı agresif ortama maruz bırakılmıştır. Agresif ortamlara maruz bırakılan betonlarda meydana gelen birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, yarmada çekme dayanımı ile basınç dayanımı değişimleri irdelenmiştir. Ayrıca, kaya dolgu betonlar %0, 1 ve 3 oranlarında süper akışkanlaştırıcı içerecek şekilde üretilerek akışkanlaştırıcı içeriğinin kaya dolgu beton özelliklerine etkileri araştırılmıştır.

Anahtar kelimeler: Demiryolu hızlı onarımı, kaya dolgu beton, sülfat etkisi, donma-çözülme döngüleri, akışkanlaştırıcı.

The Effect of Aggressive Environments on the Use of Rock-Filled Concrete in Railway Quick-Repair

Abstract: Service availability is very important in rail systems. It is necessary to eliminate any problems or faults that may occur in rail systems as quickly as possible. Otherwise, pecuniary loss and intangible damages will be incurred due to failure to fulfil the commitments given. For this reason, the problems caused by all the kinds of collapses or landslides that may occur in the base, subbase of the railway and natural ground need to be solved in a short time. In this study, the effect of aggressive environments on the use of rock-filled concretes, which are an ideal alternative for the rapid and reliable repair of disasters that can create a gap in the ground such as all kinds of collapses or landslides on railway lines, have been investigated. For this purpose, standard cylinder and cube rock-filled concrete specimens are subjected to freeze-thaw cycles and sulfate effect. After exposure to these effects, changes in the unit weight, ultrasound pulse velocity, the splitting tensile strength and compressive strength of rock-filled concretes are investigated. In addition, rock-filled concretes were produced with 0, 1 and 3% superplasticizer and effect of superplasticizer content on the properties of rock-filled concrete is investigated.

Key words: Railway Quick Repair, rock-filled concrete, sulfate effect, freeze-thaw cycles, plasticizer.

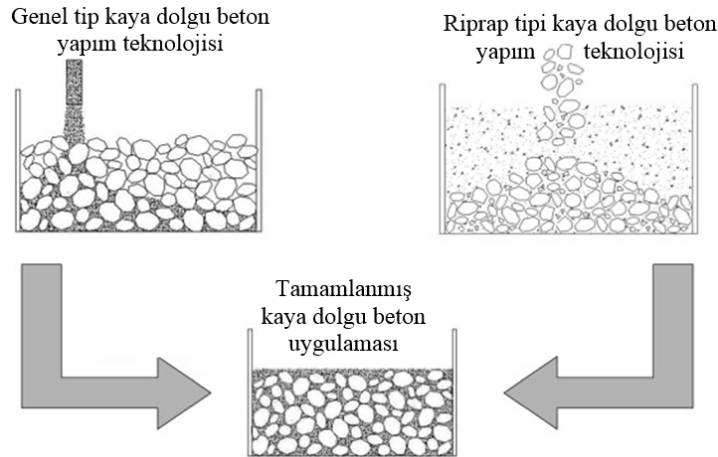
Atif için/Cite as: M. Canbaz, S. Çelikten, "Demiryolu hızlı onarımında kaya dolgu beton kullanımına agresif ortamların etkisi," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 10, pp. 54-62, July 2019.

1. Giriş

Demiryolu hattı çeşitli afetlere maruz kalabilmektedir. Bu afetler gerçekleşmeden önce gerekli tedbirlerin alınabilmesi ve gerçekleştikten sonra uygun tamirat ve tadilat yapılabilmesi için çeşitli yöntemler ve bu yöntemlerin uygulama planları ortaya konulmalıdır. Demiryolu hattında meydana gelebilecek afetlerden biri de tabii zeminde oluşabilecek toprak kayması, oturma, karstlaşma sonucu çökme gibi çeşitli nedenlerle boşlukların oluşmasıdır. Demiryolu hatlarında meydana gelebilecek bu boşlukların hızla doldurulup hattın yeniden trafiğe açılması ve güvenle uzun süre hizmet verebilmesi, ulaşımın aksamaması ve bakım maliyetlerini azaltma açısından önemlidir. Demiryolu temelinde, alt temelinde veya tabii zeminde meydana gelebilecek her türlü çökme ile oluşabilecek boşlukların hızlı ve güvenli bir şekilde doldurulması için yenilikçi ve pratik bir yöntem olan kaya dolgu beton uygulaması da iyi bir alternatiftir.

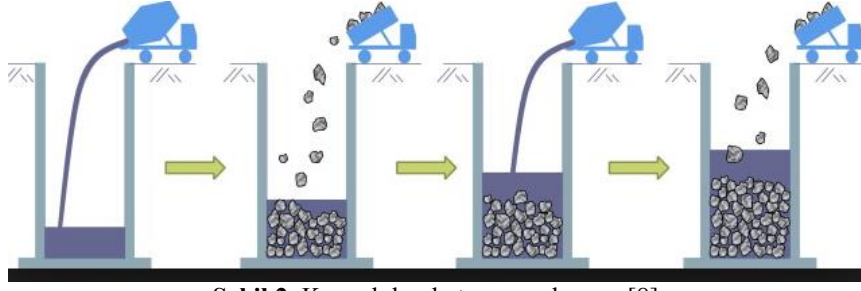
Kaya dolgu beton, Tsinghua Üniversitesi'nde 2003 yılında geliştirilen bir kütle betonu türüdür [1]. Kaya dolgu betonun en önemli karakteristik özelliklerinden biri kendine özgü yapım yöntemidir. Bu yapım yöntemi kaya parçalarını kalıplara yığın halinde doldurduktan sonra bir diğer özel beton türü olan taze haldeki kendiliğinden yerleşen betonun bu kayaların üzerine dökülmesidir. Bu yöntem, daha az çimento tüketimi, daha düşük hidratasyon ısı, vibrasyona ihtiyaç olmaması ve daha hızlı üretim gibi avantajları nedeniyle özellikle su yapıları gibi büyük ölçekli yapım işlerinde geleneksel yöntemlere tercih edilmeye başlanmıştır [2-4]. Kaya dolgu betonun özellikleri büyük oranda kayaların arasına dökülen kendiliğinden yerleşen betonun doldurma kapasitesine bağlıdır. Her ne kadar kendiliğinden yerleşen beton oldukça yüksek akıcılığa sahip bir beton türü olarak bilinse de bu özelliği çok sık donatılı kalıplar gibi dar boşluklar içeren yerlerden geçmeyi garanti etmez. Bu nedenle, kendiliğinden yerleşen betonun geçiş yeteneği ve doldurma kapasitesi ile ilgili çalışmalar yapılmış ve halen yapılmaktadır [5-7].

Kaya dolgu beton yapım çeşitleri genel ve riprap tipleri olarak Şekil 1'de de görüldüğü gibi ikiye ayrılmaktadır [8]. Genel tipte önce kaya dolgusu yapılmakta ve daha sonra beton dökümü gerçekleştirilmekte iken, riprap tipinde önce beton dökülmekte daha sonra kaya dolgusu üzerine ilave edilmektedir. Şekil 2'de uygulamada çok tercih edilen kaya dolgu beton yapım teknolojisi görülmektedir.



Şekil 1. Kaya dolgu beton yapım çeşitleri [8].

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 2. Kaya dolgu beton uygulaması [8].

Daha önce yapılan çalışmalarda yüksek basınç dayanımları ve performansı nedeni ile kaya dolgu betonların yol gibi yapılarda meydana gelen çökme ve göçmelerde boşlukların hızlı ve güvenli bir şekilde doldurulmasında kullanılması önerilmiştir [9]. Bu çalışmada, diğer çalışmalardan farklı olarak agresif ortamların kaya dolgu beton özelliklerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Agresif ortam olarak zemin içerisinde yer yer yüksek oranda bulunabilen sülfatlı ortam tercih edilmiş ve numuneler % 5 sülfatlı ortamda 90 gün bekletilmiştir. Ayrıca gece gündüz sıcaklık farkının çok olduğu bölgelerde donma-çözülme dayanıklılığı önem kazanmaktadır. Bu nedenle üretilen kaya dolgu betonlara 30 donma-çözülme çevrimi uygulanmış ve donma çözülme etkisinin kaya dolgu betonların özelliklerine etkisi belirlenmiştir.

Kaya dolgu beton uygulamalarında betonun akıcı kıvamda olması yerleşme açısından önemlidir. Bu betonlarda sıkıştırma yapılmadığı için kohezyon ve işlenebilirlik önem kazanmaktadır. Kıvamın artırılması için beton karışımına ilave edilecek su, kohezyonu azalttığı için betonun kaya parçalarına yapışmasını olumsuz etkilemektedir. Ayrıca, betondaki segregasyon ve terleme riski de artmaktadır. Bu olumsuz etkilere karşı önlem alınmalıdır. Betonun daha akıcı olması için su yerine akışkanlaştırıcı kullanımı da bu önlemlerden biridir. Ancak akışkanlaştırıcı miktarının artması ile kıvamın artışı lineer bir şekilde oluşmamaktadır. Ayrıca, kullanılan katkı tür ve miktarına bağlı olarak yan etkiler de oluşabilmektedir. Bu nedenle, bu çalışmada akışkanlaştırıcı katkı oranının mekanik özelliklere ve dayanıklılığa etkisi de ayrıca irdelenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Su: Eskişehir şebeke suyu kullanılmıştır. Suyun sülfat içeriği 45 mg/Lt, kalsiyum içeriği 57 mg/Lt, magnezyum içeriği 83 mg/Lt, klorür içeriği 49 mg/Lt, buharlaşma bakiyesi 438 mg/Lt ve pH 6.75'tir.

Çimento: Eskişehir Çimento Fabrikası üretimi olan CEM IV/B (P) 32.5 N çimentosu kullanılmıştır. Bu çimentoya ait fabrikadan temin edilen özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Agrega: Çalışmada agrega olarak 5-10 cm tane boyutları arasında Şekil 3'te görülen balast malzeme kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan balast malzeme 1.935 kg/dm³ birim ağırlığa sahip kırılmış, keskin köşeli ve keskin kenarlı sert ve sağlam kayalardan oluşmuştur.

Katkı: Beton üretiminde kimyasal katkı olarak süper akışkanlaştırıcı kullanılmış ve özellikleri Tablo 2'de belirtilmiştir.

Demiryolu Mühendisliği

Tablo 1. Çimentonun kimyasal özellikleri

Kimyasal içerik, %				Fiziksel Özellikler		
SiO ₂	25.3	Al ₂ O ₃	7,3	Yoğunluk (g/cm ³)		2.99
CaO	48.2	Fe ₂ O ₃	5,97	Özgül Yüze (cm ² /g)		4284
MgO	2.36	SO ₃	2,81	Kızdırma kaybı		3.37



Şekil 3. Çalışmada kullanılan balast malzeme

Tablo 2. Akışkanlaştırıcının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Bileşim	polikarboksilik eter	Cl ⁻ , %	< 0.1
Görünüm	Amber renkli sıvı	Alkali, %	< 2
Özgül Ağırlık	1.02-1.06	pH	4-6
Katı Madde,%	16.1-16.8	Flaş noktası	>61 °C

2.2. Metot

Bu çalışmada, kaya dolgu beton uygulamasında kaya olarak balast kullanılmıştır. Kayaları birleştirmek için hazırlanan çimento hamurunda Tablo 3'te verilen su-çimento ve akışkanlaştırıcı oranları tercih edilmiştir. Üretimde kıvam sabit tutulup süper akışkanlaştırıcı ile su azaltılmıştır. Uygulamaya esas alınacak şekilde standart 15x30 cm silindir ve 15x15 cm küp kalıplar önce kaya ile doldurulmuş, daha sonra içerisine kıvamlı çimento hamuru dökülmüş ve herhangi bir sıkıştırma işlemi uygulanmamıştır.

Tablo 3. Karışım oranları.

kaya/bağlayıcı	0.50	0.50	0.50
su/çimento	0.45	0.30	0.25
akışkanlaştırıcı, %	% 0	% 1	% 3

Üretimden bir gün sonra kalıplarından çıkarılan silindir ve küp numuneler Şekil 4'te görüldüğü gibi deney gününe kadar standart kür ortamında bekletilmiştir. Küp numuneler üzerinde TS EN 12390-3 [10] standardına göre basınç, ASTM C 597-09 [11] standardına uygun olarak ultrases geçiş süresi ve birim ağırlık deneyleri yapılmıştır. Silindir numuneler üzerinde ise TS EN 12390-6 [12] standardına göre yarmada çekme deneyi yapılmıştır. Akışkanlaştırıcının kaya dolgu beton özelliklerine etkisi yarmada çekme dayanımı, basınç dayanımı, birim ağırlık ve ultrases geçiş hızı hesaplanarak belirlenmiştir. Yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı testleri sonucunda kaya dolgu betondaki kırılma şekilleri Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Kaya dolgu beton numunelerin kürü ve testleri

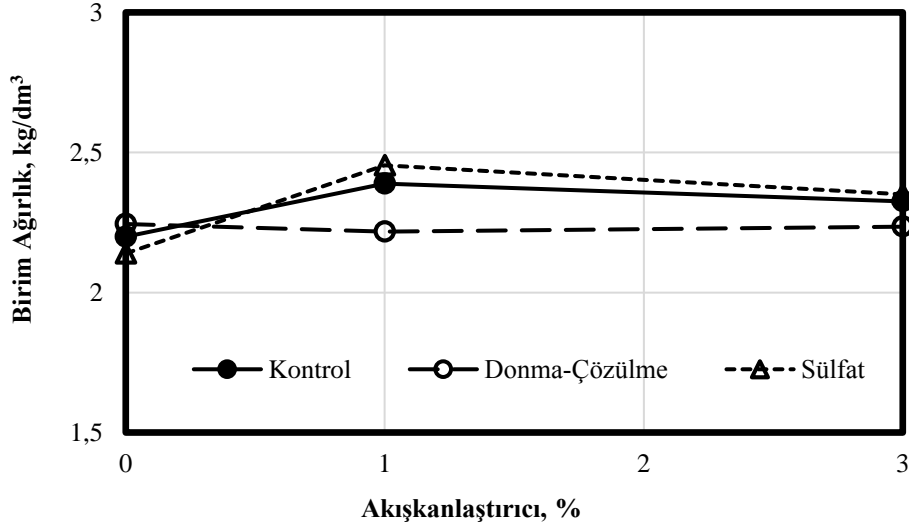
Demiryolu hatları gece gündüz sıcaklık farklarının yüksek olduğu yerlerden geçebilmektedir. Gece gündüz sıcaklık farkları nedeniyle özellikle kış aylarında beton bünyesindeki su, hava sıcaklığı eksi derecelere düştüğünde donmakta, tekrar sıcaklık yükseldiğinde ise betondaki buz çözülür. Bu olay, donma-çözülme çevrimi olarak ifade edilmektedir. Türkiye’de yıllık donma-çözülme çevrim sayısı 30’a ulaşabilmektedir. Bu nedenle donma-çözülme etkisindeki yerlerde yapılabilecek her türlü beton uygulamasının bu etkiye dayanıklı olması sürdürülebilirlik açısından önemlidir. Bu amaçla, bu çalışmada üretilen kaya dolgu silindir ve küp beton numuneler önce suya doygun hale getirilmiş daha sonra $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de 2 saat boyunca bırakılmış bu sürede beton içerisindeki su donarak hacmi genişlemiş ve çevresine basınç uygulayarak çatlak meydana gelmesine neden olmuştur. Daha sonra 2 saat $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ suyun içerisine bırakılan numunelerin içerisindeki buz çözülerek oluşan çatlakların içerisine daha çok su girmesine neden olmuştur. Tekrar $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ’de 2 saat boyunca bırakılan numune içerisinde oluşacak buz, çatlakların büyümesine neden olmuştur. Donma çözülme çevrim sayısı arttıkça çatlaklar dallanarak ilerlemesi sonucu numunede parçalanma dayanım kayıpları kütle kayıpları olabilmektedir. Bu çalışmada üretilen kaya dolgu beton numunelerin bir kısmı her çevrim 2 saat $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ donma, 2 saat $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$ çözülme olacak şekilde 30 çevrim donma çözülme uygulanmış ve yapılan deneyler sonucu birim ağırlık, ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı, yarmada çekme dayanım kayıpları hesaplanarak kontrol betonları (donma-çözülme ve sülfat etkisine maruz bırakılmayan betonlar) ile karşılaştırılmıştır.

Demiryolu hattı temel ve alt temeli ile hat çevresinde bulunan arazi zemini yüksek sülfat içeriğine sahip olabilmekte veya çevresel etkiler sonucu sülfatlı iyonlar bu zeminlere nüfuz edebilmektedir. Bu tür zeminler üzerine yapılacak her türlü beton uygulamaları sülfat saldırısına maruz kalabilmekte, bu saldırı sonucu sertleşmiş betonda meydana gelen beton kanseri de denen etrenjit oluşumları betonun çatlayıp parçalanmasına neden olabilmektedir. Bu nedenle, demiryolu hattı ve çevresinde üretilebilecek kaya dolgu betonun bu etkiye dayanıklı olması beklenir. Bu çalışmada, üretilen kaya dolgu beton numunelerin bir kısmı 90 gün boyunca % 5 magnezyum sülfat çözeltisinde bekletilmiştir. 90 gün sonunda bu numunelerin birim ağırlıkları, ultrases geçiş hızları, basınç ve yarmada çekme dayanımları belirlenerek sülfat etkisi sonucu oluşan kayıplar kontrol betonları ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmada, her bir değer üç adet beton numune değerlerinin ortalaması alınarak elde edilmiştir.

3. Bulgular ve Tartışma

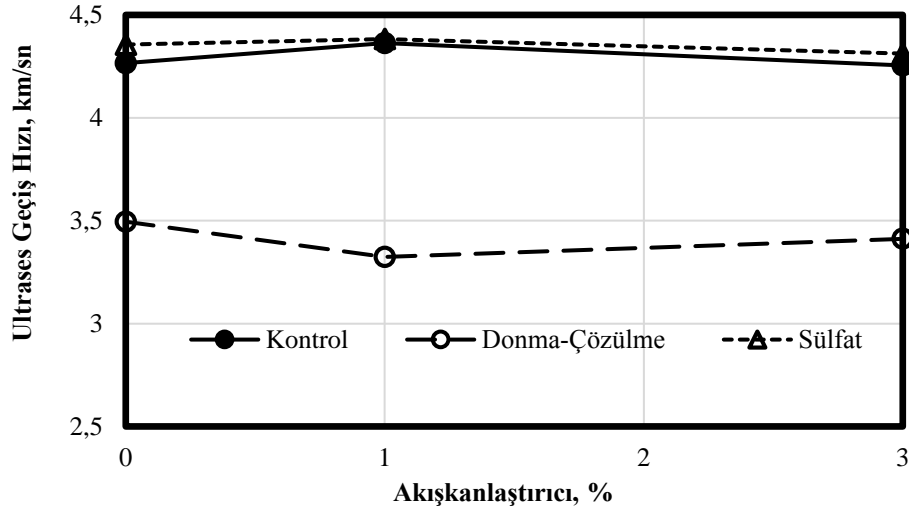
Üretilen kaya dolgu betonların birim ağırlıkları Şekil 5’te verilmiştir. Betonların birim ağırlıkları akışkanlaştırıcı oranına bağlı olarak 2.14 kg/dm^3 ile 2.45 kg/dm^3 arasında değişmektedir. Akışkanlaştırıcı kullanılması ile birim ağırlıklar % 9’a ulaşan oranlarda artmıştır. Sülfat etkisinde kalan numunelerin birim ağırlıklarında kontrol numuneleri ile benzer davranış görülürken, donma-çözülme etkisinde akışkanlaştırıcı kullanımı ile numunelerin birim ağırlıklarında % 10’a ulaşan azalma görülmüştür.

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 5. Agresif ortamların birim ağırlık değerlerine etkisi

Kaya dolgu betonlarda kaya kütlelerinin büyük olması ve bu kayaları bağlayan beton kütlelerinin kayalar arasında kalan boşluk dağılımına bağlı olarak homojen olmaması ultrases geçiş hızının doğru bir şekilde değerlendirilmesine engel olmaktadır. Ancak agresif ortamların özellikle kayaları bağlayan beton kütlelerinin özelliklerini olumsuz etkilemesi sonucu oluşan boşluk ve çatlakların değerlendirilmesi açısından ultrases geçiş hızı önem kazanmaktadır. Agresif ortamlarda bekleyen numunelerin ultrases geçiş hızları Şekil 6'da gösterilmektedir. Kaya dolgu beton numunelerinin ultrases geçiş hızları 3.3 km/sn ile 4.4 km/sn arasında değişmektedir. Akışkanlaştırıcı kullanımı ile kaya dolgu betonların ultrases geçiş hızları % 2 oranında artmıştır. Sülfat etkisinde ultrases geçiş hızları kontrol betonları ile benzer davranış gösterirken donma çözülme etkisinde kalan numunelerin ultrases geçiş hızları % 25'e ulaşan oranlarda azalmıştır. Donma çözülme etkisinde meydana gelen çatlaklar ultrases geçiş hızlarının düşmesine neden olmuştur.

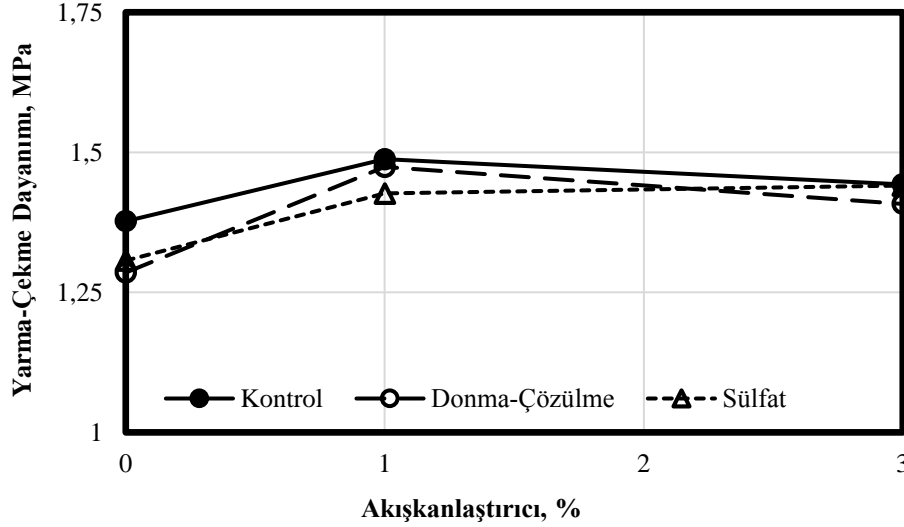


Şekil 6. Agresif ortamların numunelerin ultrases geçiş hızlarına etkisi

Kaya dolgu beton blok üzerine gelen yükler, kaya dolguları bağlamada kullanılan betonda farklı şekilde mekanik etkiler meydana getirebilmektedir. Özellikle çekme dayanımı düşük olan betonda bu gibi etkiler oluştuğunda kolaylıkla çatlaklar oluşabilmekte ve beton kaya dolgu arayüzeyinde aderans kayıpları meydana gelebilmektedir. Kaya dolgu betonların yarmada çekme

Demiryolu Mühendisliği

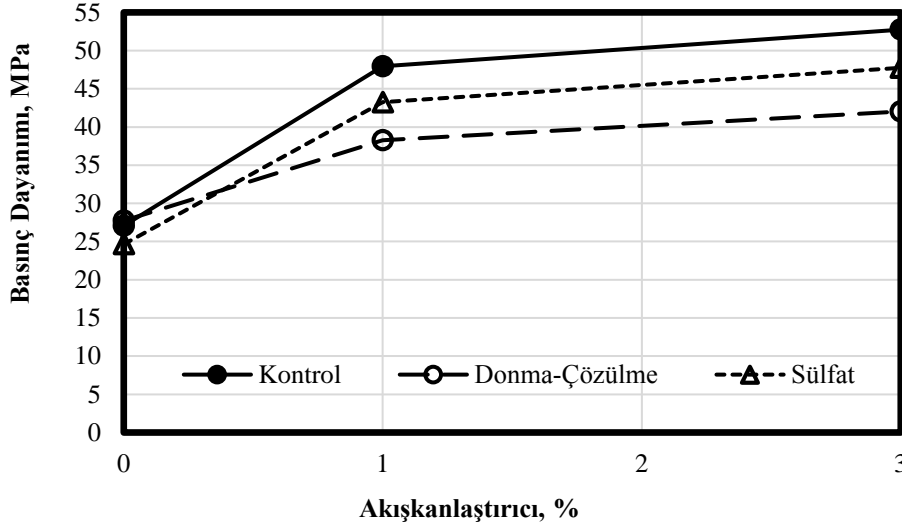
dayanımları Şekil 7’de verilmiştir. Bu çalışmada üretilen kaya dolgu betonların yarmada çekme dayanımları akışkanlaştırıcı kullanımının etkisi ile 1.3-1.5 MPa arasında değişmektedir. Akışkanlaştırıcı kullanımı ile yarmada çekme dayanımları % 8’e ulaşan oranlarda artmıştır. Donma çözülme ve sülfat etkisi sonucunda yarmada çekme dayanım kayıpları akışkanlaştırıcı içermeyen betonlarda % 6.7’ye ulaşırken, akışkanlaştırıcı ilavesi ile bu kayıplar % 2.5’e kadar düşmüştür. Akışkanlaştırıcı kullanılması ile daha dolu iç yapının elde edilmesi kesitleri güçlendirmiş ve agresif ortamdaki çekme dayanımı kayıplarını azaltmıştır.



Şekil 7. Agresif ortamların yarmada-çekme dayanımına etkisi

Demir yolu hatlarında oluşabilecek çökme, göçme, toprak kayması gibi durumlarda oluşan boşlukların doldurulması amacı ile de kullanılabilen kaya dolgu betonlar oluşan boşluğun büyüklüğüne bağlı olarak büyük ebatlarda dökülebildiğinden, üzerine gelen yüklere göre kesit alanının büyük olması basınç dayanımının yüksek olmasını gerektirmez. Ancak dayanıklılık etkileri de düşünüldüğünde basınç dayanımının en az C30/37 olmasını gerektirir. Kaya dolgu betonlarda akışkanlaştırıcı kullanımı ile basınç dayanımlarında meydana gelen değişimler Şekil 8’de verilmiştir. Beton numunelerin basınç dayanımları 24.6-52.7 MPa arasında değişmektedir. Akışkanlaştırıcı kullanımı ile numunelerin basınç dayanımları % 95’e ulaşan oranlarda artmıştır. Akışkanlaştırıcı kullanımı ile yerleşme boşlukları azalmış, daha düşük su-çimento oranı ile dayanımlarda artış görülmüştür. Akışkanlaştırıcı içermeyen numunelerinde sülfat etkisinde basınç dayanım kayıpları % 11’e ulaşırken, akışkanlaştırıcı kullanımı ile donma çözülme çevrimleri etkisinde basınç dayanım kayıpları % 20’ye ulaşmıştır. Akışkanlaştırıcı kullanılması ile yerleştirme sırasında daha dolu kesitler elde edildiği için betonlardaki boşluk boyutları azalmıştır. Bu nedenle, emilen suyun donması durumunda meydana gelen hacim genleşmesi, mevcut boşluklarda yeterli yer olmaması nedeni ile çatlaklar oluşmasına ve tekrarlar sonucunda da bu çatlakların büyüyerek dallanmasına yol açmıştır. Bu nedenle daha büyük yerleşme boşluklarına sahip akışkanlaştırıcı içermeyen betonlara göre dayanım kaybının artmasına neden olmuştur. Ancak akışkanlaştırıcı kullanılan numunelerde elde edilen dayanımlar sülfat ve donma çözülme çevrimleri etkisinde bile C30/37 basınç dayanım sınıfını sağlamaktadır.

Demiryolu Mühendisliği



Şekil 8. Agresif ortamların kaya dolgu betonlarda basınç dayanımına etkisi

4. Sonuç ve Yorum

Agresif ortamların kaya dolgu beton özelliklerine etkisinin araştırıldığı bu çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Kontrol betonlarında akışkanlaştırıcı içeriği ile birlikte numunelerin birim ağırlıkları, ultrases geçiş hızları, basınç dayanımları ve yarmada çekme dayanımları artmıştır.
- Sülfat etkisinde bekleyen numunelerin birim ağırlıkları ve ultrases geçiş hızlarında kontrol numunelerin birim ağırlık ve ultrases geçiş hızlarına göre önemli bir değişim gözlenmemiştir. Ayrıca, akışkanlaştırıcı içermeyen betonların yarmada çekme dayanımları sülfat saldırısı sonucu % 5, akışkanlaştırıcı içeren numunelerin yarmada çekme dayanımları ise % 3 oranında azalmıştır. Basınç dayanımları kayıpları ise akışkanlaştırıcı kullanılmayan numunelerde % 11'e ulaşmış, akışkanlaştırıcı kullanılan numunelerde ise % 9.5'te kalmıştır.
- Donma-çözülme çevrimlerine maruz kalmış akışkanlaştırıcı içermeyen kaya dolgu betonların basınç dayanımlarında kontrol betonlarına göre önemli bir değişim gözlenmezken, bu betonların yarmada çekme dayanımları % 6.7 azalmıştır. Bununla birlikte, donma çözülme çevrimleri sonrasında akışkanlaştırıcı içeren betonların basınç dayanımında % 20'ye, yarmada çekme dayanımlarında ise % 2.5'e ulaşan azalmalar gözlenmiştir. Donma çözülme etkisinde kaya dolgu beton numunelerin birim ağırlıkları % 10'a, ultrases geçiş hızları % 25'e ulaşan oranda azalmıştır.

Yapılan çalışmada donma-çözülme ve sülfat gibi agresif ortamlarda kalabilecek kaya dolgu betonlarda artı kalan dayanımlar incelendiğinde % 1 oranında akışkanlaştırıcı kullanımı önerilebilir. Demiryolu yapımında veya onarımında, yeraltı su seviyesi yüksek, sülfat gibi zararlı kimyasallar içeren taşıma gücü düşük zeminlerde kaya dolgu beton uygulaması ile kolay bir şekilde özel işçilik ve makine gerekmeden yüzen büyük bir yapay kaya tabakası elde edilebilecek, yüksek art dayanımı ile demiryolu hattındaki dinamik ve statik yükleri taşıyabilecektir. Mevcut demiryolu hat yataklarında veya tabii zeminde oluşabilecek toprak kayması, oturma, karışma sonucu çökme gibi, nedenlerle meydana gelebilecek boşluklar hızlı ve güvenilir bir şekilde doldurularak kısa sürede onarılmasıyla hattın işletmeye açılması sağlanabilecektir.

Kaynakça

- [1] Y. Wang, F. Jin, Y. Xie, Experimental study on effects of casting procedures on compressive strength, water permeability, and interfacial transition zone porosity of rock-filled concrete. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 28(8), 04016055, 2016.
- [2] Y. Xie, D.J. Corr, M. Chaouche, F. Jin, S.P. Shah, Experimental study of filling capacity of self-compacting concrete and its influence on the properties of rock-filled concrete. *Cement and Concrete Research* 56, 2014, pp.121–8.
- [3] Y. Xie, D. J. Corr, F. Jin, H. Zhou, S. P. Shah, Experimental study of the interfacial transition zone (ITZ) of model rock-filled concrete (RFC). *Cement and Concrete Composites*, 55, 2015, pp.223-231.
- [4] F. Jin, X. An, J. Shi, C Zhang, Study on rock-filled concrete dam, *Journal of Hydraulic Engineering*, 36(11), 2005, pp.1347-1352.
- [5] I. Y. T. Ng, H. H. C. Wong, A. K. H. Kwan, Passing ability and segregation stability of self-consolidating concrete with different aggregate proportions, *Magazine of Concrete Research*, 58(7), 2006, pp.447-457.
- [6] B. M. Aissoun, J. L. Gallias, K. H. Khayat, Influence of formwork material on transport properties of self-consolidating concrete near formed surfaces, *Construction and Building Materials*, 146, 2017, pp.329-337.
- [7] N. Ghafoori, H. Diawara, A. Hasnat, Remediation of loss in flow properties of self-consolidating concrete under various combinations of transportation time and temperature, *Construction and Building Materials*, 192, 2018, pp.508-514.
- [8] X. An, Q. Wu, F. Jin, M. Huang, H. Zhou, C. Chen, C. Liu, Rock-filled concrete, the new norm of SCC in hydraulic engineering in China, *Cement and Concrete Composites* 54, 2014, pp.89-99.
- [9] S. Çelikten M. Canbaz, Akışkanlaştırıcı dozajının kaya dolgu beton özelliklerine etkisi, Uluslararası Marmara Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi, 26-28.04.2019, Kocaeli, Türkiye.
- [10] TS EN 12390-3, Testing Hardened Concrete – Part 3: Compressive Strength of Test Specimens, Turkish Standards Institute, TSE, Turkey, 2010.
- [11] ASTM C 597-09, Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, ASTM, International, USA, 2009.
- [12] TS EN 12390-6, Testing Hardened Concrete – Part 6: Tensile Splitting Strength of Test Specimens, Turkish Standards Institute, TSE, Turkey, 2010.

Özgeçmiş



Mehmet CANBAZ

1998 yılında YTÜ İnşaat Fakültesinden mezun oldu. Yüksek Lisansını Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yaptı. ESOGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yaptığı doktorasını 2007'de tamamladı. Halen Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümünde öğretim üyesi olarak görev yapmaktadır. Özel betonlar, endüstriyel atıkların beton teknolojisinde değerlendirilmesi ile ilgili çeşitli araştırmaları bulunmaktadır.



Serhat ÇELİKTEN

2011 yılında Gaziantep Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümü'nden mezun oldu. 2011-2012 yılları arasında Ankara Su ve Kanalizasyon İdaresi'nde, 2012-2014 yılları arasında Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Yapı İşleri ve Teknik Daire Başkanlığı'nda ve 2014-2017 yılları arasında TCDD 2.Bölge Müdürlüğü bünyesinde Mühendis olarak çalıştı. Halen Eskişehir Teknik Üniversitesi Ulaştırma Meslek Yüksekokulu'nda Öğretim Görevlisi olarak çalışmaktadır.