



Raylı Sistem Traverslere, Bazalt Tozu İlavesinin Buz Çözücü Tuz Etkisine Katkısı

Kamuran ARI^{ID}

Nuh Naci Yazgan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü Kayseri, Türkiye

kamuran@nny.edu.tr

(Alınış/Received: 10.05.2022, Kabul/Accepted: 20.06.2022, Yayımlama/Published: 31.07.2022)

Öz: Günümüzde lastik tekerlekli kent içi toplu taşıma araçlarının yerini tren, metro, tramvay, hafif raylı sistemler gibi daha modern, düzenli ve konforlu toplu taşıma sistemleri almaktadır. Bunlardan en yaygın uygulanan sistem raylı sistemlerdir. Raylı sistem elemanları açık havada çeşitli çevresel etkiler altındadır ve elemanlar tasarlanırken bunlar göz önüne alınmalıdır. Bu çalışmada karayollarıyla hemzemin veya temas halindeki raylı sistemlerin traverslerinin çevre şartlarına bağlı olarak çatlama ve bozulmalarını önlemek ve servis ömrünü uzatmak amaçlanmıştır.

Bu deneysel çalışmada metot olarak, karayollarında buzlanmayla mücadelede kullanılan kimyasal yöntemlerin, raylı sistem elemanlarından traverslere vereceği zararı önlemek için farklı dozajlarda bazalt tozu kullanılarak numuneler üretilmiş ve deneyler gerçekleştirilmiştir. Hacimce %0, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında çimento ile ikame edilerek bazalt tozu (havuz çökeltisi, $d=90\mu$) katkılı beton ve LVT (low vibration track) tipi ikiz-blok traversler için 5 farklı seri numuneler üretilerek beton deneyleri ile traversler üzerinde durabilite deneyleri gerçekleştirilmiştir. Buz çözücü tuz etkisi için katkısız ve bazalt katkılı numunelerin yüzeyine 0,150 gr/cm² miktarında NaCl ham tuz konsantrasyonu uygulanarak donma çözülme deneyi gerçekleştirilmiştir.

Numuneler akışkanlaştırıcı katkı maddesi kullanarak üretilmiştir. Taze beton için kıvam tayini, su emme, hava içeriği deneyleri, sertleşmiş beton için basınç, yarmada çekme, eğilme, aşınma ve donma çözülme deneyleri yapılmıştır.

Travers numuneler uygulamada kullanıldığı gibi üzerine raylar monte edilerek basınç dayanımı için yükleme yapılmış, böylelikle bazalt tozu katkısının traverslerin özelliklerine etkileri gerçeğe yakın davranışlarla belirlenmiştir. Sonuç olarak dayanım ve durabilite özellikleri açısından kıyaslamalar yapılarak elde edilen sonuçlar, bazalt tozunun beton traverslerin durabilite özelliklerinde oluşturacağı iyileştirme düzeyinin belirlenmesine olanak sağlamıştır.

Anahtar kelimeler: Raylı sistemler, LVT tipi ikiz-blok Traversler, Bazalt tozu, Donma-çözülme, Mekanik özellikler

Influence of Basalt Filler Addition to Rail System Sleepers on Defrosting Salt Efficiency

Abstract: Nowadays, rubber-tired urban public transportation vehicles are being replaced by more modern, regular and comfortable public transportation systems such as trains, subways, trams and light rail systems. Of these, the most widely applied system is the rail systems. Rail system elements are exposed to various environmental effects in open air and these issues should be taken into account when designing the elements. In this study, it is aimed to prevent the cracking and deterioration of the concrete sleepers, which form the infrastructure of the rail systems, and to ensure their longevity.

In this experimental study, samples are produced using different dosages of basalt powder in order to prevent the damage to concrete sleepers by chemical methods used in the fight against snow and ice on highways and tests are performed on these samples. Fresh concrete and concrete sleeper samples that consist of control series and 5 different samples with basalt powder (pool sediment) additives at 0%, 5%, 10%, 15% and 20% by volume are produced. Durability tests are then carried out on these samples. The samples are subjected to a freeze-thaw cycle by means of a deep freeze. Unrefined NaCl salt concentration of 0.150 gr/cm² are used on the surface of the specimens with and without basalt addition.

Atıf için/Cite as: K.Arı, "Raylı sistem traverslere, bazalt tozu ilavesinin buz çözücü tuz etkisine katkısı," *Demiryolu Mühendisliği*, no. 16, pp. 79-90, July. 2022. doi: 10.47072/demiryolu.1114732

The samples are produced using a plasticizer additive. Consistency determination, water absorption and air content tests for fresh concrete; compression, splitting tensile, bending, abrasion and freeze-thaw tests for hardened concrete are carried out.

The sleeper specimens are loaded to compressive strength by mounting rails on them as utilized in the application, so the effects of basalt powder addition on the sleepers are determined with realistic behavior. The results obtained by making comparisons in terms of strength and durability properties allowed to determine the level of improvement that basalt powder will create in the durability properties of concrete sleepers.

Keywords: Rail systems, LVT type-twin-block sleepers, Basalt powder, Freeze-dissolve, Mechanical properties

1. Giriş

Karayollarında Tesisler ve Bakım Dairesi Başkanlığı tarafından karla mücadele kapsamında yollarda buzlanma öncesi (anti-icing) veya buzlanma sonrası uygulamalar yapılmaktadır. Elemanlara zarar vermeyen özel kimyasal solüsyonlar çok pahalı olduğundan uçak pistleri, köprüler viyadükler gibi özel uygulamalarda kullanılırken, karayollarında buzlanmaya karşı aşındırıcı olarak agrega, ıslatılmış tuz, çözelti (NaCl , CaCl_2 , MgCl_2) kullanılmaktadır. Karayollarında buzla mücadelede için kullanılan yöntemler hemen yanında bulunan raylı sistemlerin raylarına, traverlere beton birleşim elemanlarına zarar vermemelidir. Ancak buzlanma ile mücadelede kullanılan yöntemlerin özensiz uygulanması ve oluşabilecek zararlara karşı alınmayan önlemler yüzünden raylı sistem elemanları zarar görmekte ve sürekli bakım ve onarım gerektirmektedir. Bunun sonucunda da büyük maliyetler ortaya çıkmaktadır.

Klor tuzları buzlanma önlemi için yaygın kullanılan tuzlardır. Klor tuzları arasında ise buzlanmaya çözüm için, sodyum klorür (NaCl) kullanılır. Bunun sebebi sodyum klorürün (NaCl) ucuz ve bol olması, kolay depolanması, serpilerek basit uygulanabilmesidir. Katı ve sıvı formda, buzlanmayı önleme amacıyla kullanılmaktadır. CaCl ve MgCl ise NaCl malzemesinin çözüm olmadığı soğuk havalarda kullanılır [1]. Bundan dolayı bu çalışmada sodyum klorür (NaCl) kullanılması tercih edilmiştir.

Yollarda, köprülerde, viyadüklerde sıvı kimyasal kullanımı ile geçişlerin karla kaplanmasını ya da buzlanmasının önlemek mümkün olmaktadır. Bu uygulamalar sonucunda, karla mücadele araçları ile yolları temizlemek kolaylaşmaktadır. Kullanılan sıvı ya da katı kimyasalların uygulanmasında özel araçlara ihtiyaç duyulmaktadır [2]. Beton yüzeyindeki hasar, kaya tuzu ve kalsiyum klorür ile buzun sık sık kaldırılmasından sonra ortaya çıkmaktadır. Etki bu tuzların birkaç defa kullanılmasından sonra belirginleşir [3].



Şekil 1. Ray mesnet blokları traverler

Raylı sistemlerde en çok dikkat edilmesi gereken elemanlar traverlerdir. Çünkü traverler, rayın ötelenme, dönme ve çökme hareketini önleyerek, vagonun titreşimsiz ve güvenli bir şekilde

ilerlemesini sağlayan mesnet bloklardır. Şekil 1’de görüldüğü gibi raylar mesnet blokları olan traverslerin üzerine monte edilerek kullanılmaktadır.

Beton traversler ekonomik ve mekanik özellikleri açısından uygun görülmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak üretilen traverslerde iklim şartları, maruz kalınan kimyasal ortam ve bakım koşulları nedeniyle traverslerde sorunlar yaşanmaktadır. Raylı sistemlerin yanındaki asfalt yollarda kış şartlarında buzlanmayı önlemek için atılan tuzlar sıçrayarak raylı sistemin beton kısımlarına ve traverslere sıçramakta ve Şekil 2’de görüldüğü gibi çatlama ve bozulmalara yol açmaktadır.



Şekil 2. Traverslerde buz çözücülerden kaynaklanan çatlama ve bozulmalar

Beton birçok yapı elamanının üretiminde yaygın olarak kullanılmasına rağmen, betonun dayanımı, davranışı ve mekanik özellikleri ilave katkı malzemeleri yardımıyla sürekli iyileştirilmeye çalışılmaktadır. Traverslerin mekanik ve durabilite özelliklerini iyileştirmek için bu çalışmada bazalt tozu kullanılmıştır. Traverslerde yaşanabilecek kusurlarının tespiti, hat verimliliğinin artırılması ve bakım maliyetlerinin düşürülmesinde ilk adımdır. Kusurların tespit edilmesinden sonra, bu kusurun nedenlerini bulmak için araştırma yapmak ikinci önemli adımdır. Beton ve beton traverslerin özelliklerini iyileştirmek için çok sayıda araştırma mevcuttur [4-5-6]. Konkasörlerde kırma taş üretilirken doğal malzemeden çıkan atık toz malzemeler betonda değerlendirilmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmış ve yapılmaktadır [7,8]. AKYÜNCÜ ve ark. [9] tarafından yapılan çalışmada Tekirdağ bölgesinde yer alan bazalt ocaklarından çıkan atık bazalt tozunun harç numunelerine katılması araştırılmıştır. Geçirimlilik ve mekanik özellikleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Bazalt tozunun harç üretiminde kullanım miktarının ve harç özelliklerinde iyileştirme yaptığı ortaya konulmuştur. Ayrıca betonda volkanik kökenli bazaltın; lif katkı maddesi, agrega, mineral katkı gibi kullanılabilirliği ile ilgili araştırmalar yapılmış sonuçları tartışılmıştır [10,11]

Bazalt tozu insan sağlığına ve çevreye zarar vermektedir. Laibao ve ark. [12] tarafından yapılan deneysel çalışmada bazalt tozunun kimyasal bileşimi ve puzolanik aktivitesi tespit edilmiştir. Atık olarak ortaya çıkan bazalt tozu ile harç numuneleri üretilmiş basınç dayanımları belirlenmiştir. Sonra atık bazalt tozlu harçların izotermal kalorimetrik ölçüm, x ışını difraksiyonu (XRD) ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) testi ile özellikleri incelenmiştir. Sonuç olarak bazalt tozunun belirgin bir puzolan faaliyet gösterdiği ve bir mineral katkı maddesi olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Bu çalışmada Kayseri-Erkilet bölgesindeki doğal taş bazalt ocaklarından kaplama malzemeleri üretimi yaparken ortaya çıkan Şekil 3’de görüldüğü gibi havuz çökeltisi atık bazalt tozu kullanılmıştır. Bu tozlar firma tarafından depolanması zor, çevreyi kirleten atık bir üründür.



Şekil 3. Bazalt tozu havuz çökeltisi ve depolanması

2. Metot

Yapılan çalışmada, su/çimento oranı 0.46 olan C 30/37 beton sınıfı kullanılmıştır. Deneylerde kullanılacak agregaların kuru yüzey doygun özgül ağırlıkları ince agrega 2.73 kg/dm^3 , iri agrega 2.67 kg/dm^3 ve kum 2.60 kg/dm^3 olarak bulunmuştur. Çalışmada üretilen bütün betonlarda, çimento olarak TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 42,5 R türü çimento kullanılmıştır [13]. Bazalt tozunun ve çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir. 1 m^3 beton için kullanılan malzemelerin karışım değerleri ise Tablo 2’de verilmiştir. Kimyasal katkı olarak TS EN 934–2+A1 standardına uygun, Sikament F-05, süper akışkanlaştırıcı katkı kullanılmıştır [14]

Tablo 1. Çimentonun kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri

Bileşim (%)	CEM I 42.5 R	Bazalt Tozu
CaO	61.97	12.37
SiO ₂	19.03	43.97
Al ₂ O ₃	5.37	12.02
Fe ₂ O ₃	3.26	10.60
MgO	1.16	9.57
SO ₃	2.74	0.44
Na ₂ O/K ₂ O	0.21/0.75	0.84/2.35
Cl-	0.0412	0.220
İncelik (90 µ Elek kalan %)	0.2	48.1

Beton karışım hesapları hazırlanırken mutlak hacim yöntemi dikkate alınmıştır. Çimento ve su oranları hesaplandıktan sonra TS 802’ye göre hava boşluğu hacmi dikkate alınmıştır. Hesaplanan oranlar Tablo 2’de görülmektedir [15].

Tablo 2. Beton ve travers numunelerinin (C30/37) karışım ağırlıkları

Numune Kodu	Portland Çimentosu (kg/m ³)	Bazalt Tozu (kg/m ³)	0-4 mm (kg/m ³)	4-8 mm (kg/m ³)	8-16 mm (kg/m ³)	Kimyasal Katkı (kg/m ³)
BT%0	360	-	790	470	650	3,6
BT%5	342	18	790	470	650	3,6
BT%10	324	36	790	470	650	3,6
BT%15	306	54	790	470	650	3,6
BT%20	288	72	790	470	650	3,6

Sertleşmiş beton özelliklerini tespit etmek amacıyla basınç dayanımı TS EN 12390-3, eğilmede çekme dayanımı TS EN 12390-5, yarmada çekme dayanımı TS EN 12390-6, su emme oranı deneyleri ise TS EN 12390-7 standartları esas alınarak belirlenmiştir [16,17,18, 19].

Üretilen tüm farklı seriler için TS EN 12350–2 taze beton deneyleri çökme deneyinde anlatıldığı şekilde çökme deneyleri yapılmıştır. Böylelikle bazalt tozunun betonun işlenebilirlik özelliğine nasıl bir etki yaptığı da araştırılmıştır [20].

Sürtünme ile böhme aşınma kaybı deneyi için TS EN 13892-3'e uygun olarak her seri için 5'er adet kenar uzunlukları 7*7*7 cm'lik küpler üretilerek, tartılıp, kaydedilmiştir. Sürtünme ile böhme aşınma kaybı deneyi 20 g ± 0,5 g zımpara tozu ve 294 ± 3 N ile yükleme yapılan numuneler üzerinde 22 devirden meydana gelen çevrim, 16 kez uygulanmıştır. Deney numunesi temizlendikten sonra numune ağırlığı ölçülmüştür. 16 çevrim sonunda aşınma; numunenin kütlece % azalma değerleri hesaplanmıştır [21].

Hazırlanan karışımlarla her seri için küp numune ve travers numuneler üretilmiştir. Numuneler kalıplarında 24 saat 20±3°C ve %90 nem içeren laboratuvar ortamında bekletildikten sonra Şekil 4'de görüldüğü gibi normal sıcaklıktaki kirece doygun su içerisinde deney gününe kadar kür edilmişlerdir.



Şekil 4. Üretilen beton numuneler

%0, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında bazalt tozu (havuz çökeltisi) katkılı traversler sac kalıplar kullanılarak laboratuvar ortamında 5 farklı seri olarak Şekil 5'de görüldüğü gibi 10'ar adet üretilerek buz çözücü etkisine karşı durabilite deneyleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 5. LVT tipi ikiz-blok travers numune kalıpları ve üretilmesi

Numunelerin 4'er tanesi derin dondurucuda 20 defa donma-çözülme döngüsüne tabi tutulmuştur. Donma-çözülme için katkısız ve bazalt katkılı numunelerin yüzeyine Şekil 6'da görüldüğü gibi 0,150 gr/cm² miktarda NaCl ham tuz konsantrasyonu kullanılmıştır.



Şekil 6. NaCl ham tuz konsantrasyonu ile numunelerinin donma çözülme döngüsü

3. Bulgular

3.1. Taze ve sertleşmiş beton deney sonuçları

Taze beton ve beton travers numuneleri, hacimce %0, %5, %10, %15 ve %20 oranlarında bazalt tozu (havuz çökeltisi) katkılı 5 farklı seri numuneler üzerindeki taze ve sertleşmiş beton deneyleri ile traversler üzerinde durabilite deneyleri gerçekleştirilmiştir. Deneyler 28 gün boyunca kür havuzunda bekletilen numuneler üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Tablo 3. Taze beton numunelerinin deney sonuçları

Numune Kodu	Kıvam Değeri (cm)	Kütlice Su Emme Değeri (%)	Hava Miktarı (%)
BT%0	11,5	10,1	1,7
BT%5	11,2	9,8	1,5
BT%10	10,9	9,4	1,4
BT%15	10,7	8,8	1,4
BT%20	10,4	8,7	1,3

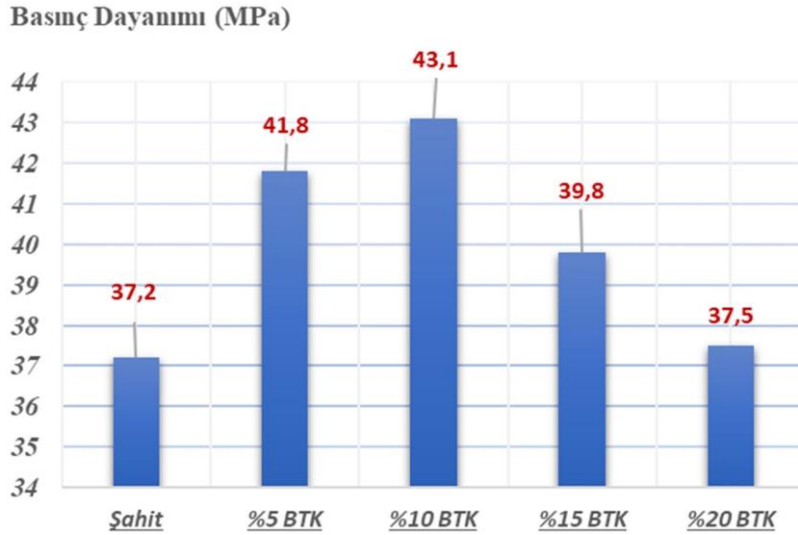
%0, %5, %10, %15 ve %20 bazalt tozu katkılı üretilen taze beton numuneleri üzerinde yapılan kıvam deneyleri sonucunda, Tablo 3'de görüldüğü gibi şahit numunelere göre bazalt tozu katılan numunelerde kıvam değerleri düşüş eğilimi göstermiştir. Çimento-bazalt tozu ikame oranının %0 ile %20 olduğu durum arasında 1.1 cm'lik bir fark oluşmaktadır.

Bazalt tozu katkısı betonda hava miktarını düşürmektedir. Yapılan çalışmada, bazalt tozu katkılı numunelerde taze betondaki agrega-çimento pastası ara yüzeyindeki boşlukları doldurup, kompoziteyi arttırdığı söylenebilir. Bazalt katkılı beton numunelerinde hava miktarı, kıvam değerleri ve su emme değerlerinde şahit numunelere göre düşüş görülmesi bu durumla ilişkilendirilebilir.

Tablo 4. Sertleşmiş beton deney sonuçları

Numune Kodu	Basınç Dayanımları (MPa)	Eğilme Dayanımları (MPa)	Yarmada-Çekme (MPa)	Aşınma-Kütle Kaybı (%)
BT%0	37,2	5,8	5,2	4,1
BT%5	41,8	6,5	5,5	4,2
BT%10	43,1	6,8	5,8	4,3
BT%15	39,8	6,2	4,8	4,6
BT%20	37,5	5,9	4,5	4,7

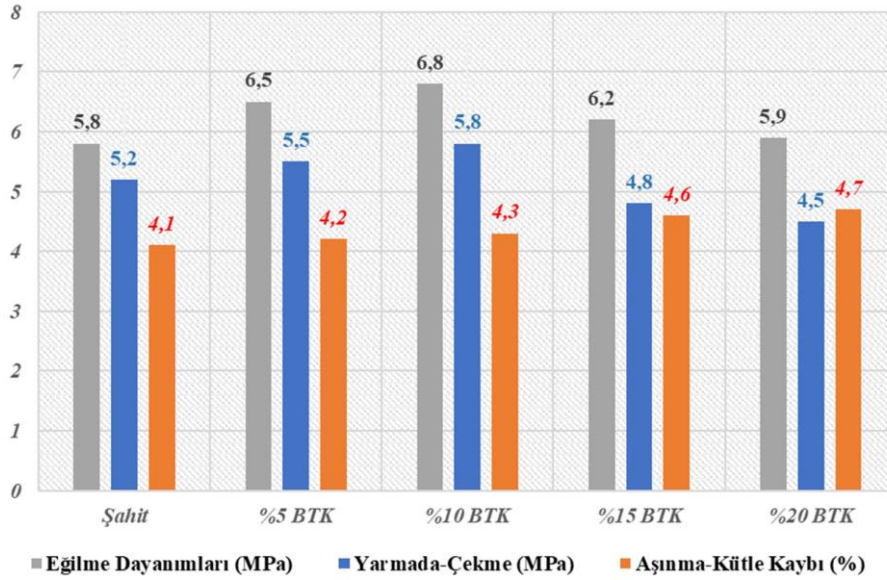
%0, %5, %10, %15 ve %20 bazalt tozu katkılı üretilen beton numuneler üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneylerine göre Tablo 4’de verildiği gibi %5 ve %10 bazalt tozu katkılı üretilen numunelerde basınç dayanımlarının şahit numunelere göre arttığı görülmektedir. Bu artış eğilimi %15, %20 bazalt tozu katkılarında azalma eğilimine girmesine rağmen gene de şahit numunelerin ortalamasına göre yüksek dayanım elde edilmiştir. Basınç dayanımının, bazalt tozu katkı oranına bağlı olarak değişimi Şekil 7’de görülmektedir.

**Şekil 7.** Sertleşmiş beton basınç dayanımı deney sonuçları

Tablo 4’de verilen eğilme deneylerine göre %5 ve %10 bazalt tozu katkılı numunelerde eğilme dayanımlarının şahit numunelere göre arttığı görülmektedir. Ancak ince malzemenin artması sonucunda eğilme dayanımları %15 ve %20 bazalt tozu katkılı numunelerde düşmektedir.

Katkısız ve %5, %10, %15 ve %20 bazalt tozu katkılı olarak üretilen sertleşmiş beton numuneleri üzerinde yapılan yarmada-çekme deneylerine göre Tablo 4’de verildiği gibi %5 ve %10 bazalt tozu katkılı numunelerin yarmada çekme dayanımlarının şahit numunelere göre arttığı görülmektedir. %15 ve %20 bazalt tozu katkılı numuneler şahit numunenin değerlerine göre düşük kalmıştır. Bazalt tozu katkısının artmasına paralel ince malzeme miktarının artması, %15 ve %20 bazalt tozu katkılı numunelerde yarmada-çekme dayanımlarının azalmasına yol açmaktadır. Yarmada-çekme dayanımlarının, bazalt tozu katkı oranına bağlı olarak değişimi Şekil 8’de görülmektedir.

Böhme cihazında yapılan aşınma deneyleri, numunelerin yüzey pürüzleri giderilerek gerçekleştirilmiştir. Böhme aşınma deneyleri sonucunda şahit numunelerde kütle kaybı ortalaması %4,1 olmuştur. Bazalt katkısıyla birlikte ince tanelerin artması, aşınma kaybı değerlerini %4,7'ye yükseltmiştir.

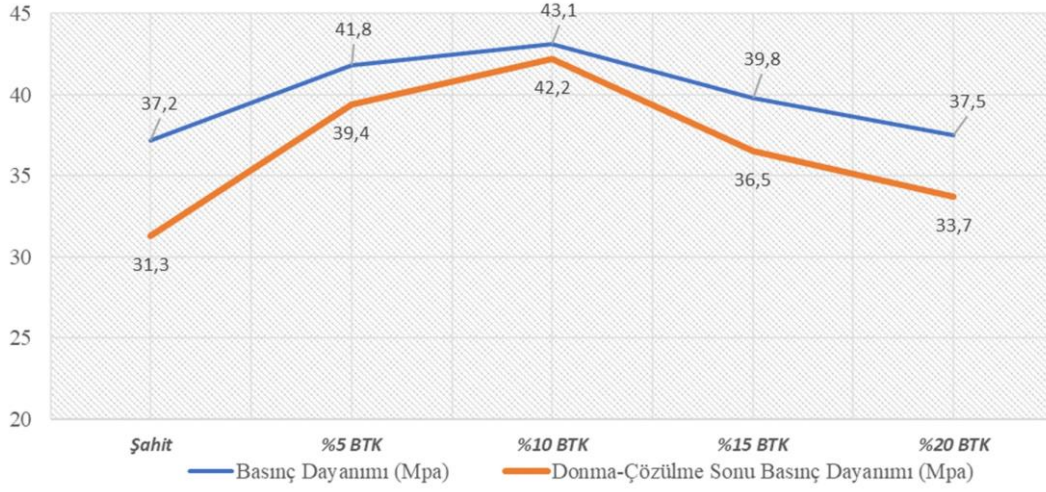


Şekil 8. Beton deneyleri sonuçları

Donma-çözülme için katkısız ve %5, %10, %15, %20 bazalt tozu katkılı beton ve travers numunelerin yüzeyine 0,150 gr/cm² miktarda NaCl ham tuz konsantrasyonu uygulanmıştır. NaCl ham tuz konsantrasyonu katkısız numunelerin boşluklarına daha kolay nüfuz ederek betonun doygunluk derecesini arttırmıştır. Böylelikle Tablo 5 ve Şekil 9'da verildiği gibi özellikle şahit numunelerde donma çözülme döngüleri sonucunda don hasarı %15,86 olarak belirlenmiş, %2,09 değişim oranı ile en az %10 bazalt tozu katkılı beton numuneler etkilenmiştir.

Tablo 5. Beton numunelerin NaCl ham tuz konsantrasyonu ile donma-çözülme deneyi sonuçları

Numune Kodu	Basınç Dayanımları (MPa)	Donma-Çözülme Sonu Basınç Dayanımı (MPa)	Değişim (%)
Şahit	37,2	31,3	-15,86
%5 BTK	41,8	39,4	-5,74
%10 BTK	43,1	42,2	-2,09
%15 BTK	39,8	36,5	-8,29
%20 BTK	37,5	33,7	-10,13



Şekil 9. Beton numunelerinin donma çözülme deneyleri sonuçları

Araştırmada LVT sistemli ikiz-blok traversler kullanılmıştır. Deneye tabi travers numuneler boyuna 4 adet $\Phi 8$, enine 3 adet $\Phi 6$ donatı kullanılarak üretilmiştir. %0, %5, %10, %15 ve %20 dozajlarında üretilen travers numuneler uygulamada kullanıldığı ve Şekil 10'da verildiği gibi üzerine raylar monte edilerek TS EN 13230-3 de belirtilen tasarım ve üretim için basınç dayanımı yüklemeleri yapılmış, böylelikle bazalt tozu katkısının traverslerin özelliklerine etkileri gerçeğe yakın davranışlarla belirlenmiştir [21].



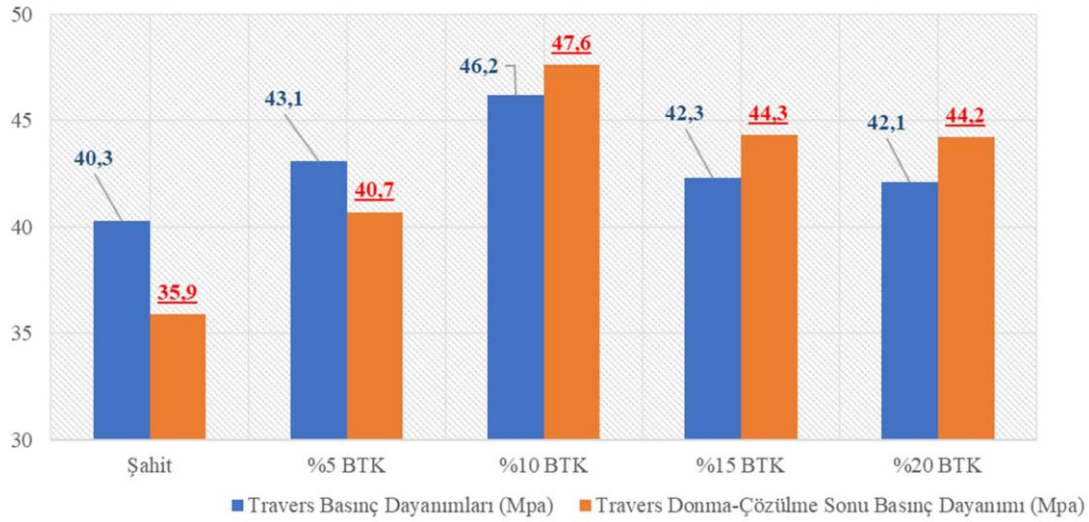
Şekil 10. Traverslerin basınç dayanımı deneyi

Tablo 6. Travers numunelerinin NaCl ham tuz konsantrasyonuyla donma-çözülme deneyi

Numune Kodu	Yükleme Alanı (mm ²)	Donma Çözülme Öncesi ve Sonrası Kırılma Yükleri (kN)	Travers Basınç Dayanımları (Mpa)	Travers Donma-Çözülme Sonu Basınç Dayanımı (Mpa)
Şahit	35280	1421,8 / 1266,6	40,3	35,9
%5 BTK	35280	1520,6 / 1435,9	43,1	40,7
%10 BTK	35280	1629,9 / 1608,8	46,2	45,6
%15 BTK	35280	1492,3 / 1386,5	42,3	39,3
%20 BTK	35280	1485,3 / 1379,5	42,1	39,1

Raylı sistem travers numunelerinin basınç dayanımı deneyleri sonucunda Tablo'6 da görüldüğü gibi, en yüksek değerler %10 bazalt tozu katkılı travers numunelerinde görülmüştür. Raylı olarak uygulanan basınç dayanımı deneyi sonucunda şahit numunelerin ortalaması 40,3 MPa olarak belirlenmişken, %10 bazalt tozu katkılı numunelerin ortalaması 46,2 MPa ile en yüksek artış oranını sağlamıştır.

Raylı travers numunelere buz çözücü etkisini belirlemek için NaCl ham tuz konsantrasyonu uygulanması sonucunda Şekil 11'de görülebileceği gibi şahit numunelerin ortalaması 40,3 MPa'dan, 35,9 MPa değerine düşmüştür. %10,92 oranında bir düşüş söz konusu olmaktadır. En avantajlı numuneler %10 bazalt tozu katkılı numuneler olmuştur. Donma çözülme döngüsünden önce numunelerin ortalaması 46,2 MPa iken döngü sonucunda 45,6 MPa olarak belirlenmiştir. %10 bazalt tozu katkılı numuneler %1,3 düşüş oranıyla buz çözücü etkisine en dayanıklı numuneler olmuştur.



Şekil 11. Travers numunelerinin donma çözülme deneyleri sonuçları

4. Sonuç

Karayollarında buzlanmayla mücadele kapsamında tuz kullanılmasının özellikle kent içindeki raylı sistem elemanlarından beton traverslere etkisini araştırmak ve servis ömürlerini arttırmak amacı ile yapılan bu deneysel araştırmada elde edilen sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

1. %0, %5, %10, %15 ve %20 bazalt tozu katkılı üretilen taze beton numuneleri üzerinde yapılan kıvam deneyleri sonucunda, şahit numunelere göre bazalt tozu katılan numunelerde kıvam değerleri düşüş eğilimi göstermiş, işlenebilirlik zorlaşmıştır.
2. Bazalt tozu katkısı yeterli işlenebilirlik sağlanması kaydıyla betonda hava miktarını düşürmektedir. Yapılan çalışmada, bazalt tozu katkılı numunelerde taze betondaki agregaçimento pastası ara yüzeyindeki boşlukları doldurup, kompoziteyi arttırdığı söylenebilir.
3. Beton numuneleri üzerinde yapılan tek eksenli basınç dayanımı deneylerine göre %10 bazalt tozu katkısına kadar basınç dayanımlarının şahit numunelere göre arttığı görülmektedir. Bu artış eğilimi %15, %20 bazalt tozu katkılarında azalma eğilimine rağmen şahit numuneye göre yüksek dayanım elde edilmiştir.

4. Bazalt tozu katkılı üretilen raylı beton travers numunelerin basınç dayanımı deneyleri sonucunda beton numunelerde olduğu gibi en yüksek değerler %10 bazalt tozu katkılı travers numunelerinde görülmüştür. Bazalt tozunun çimento ikamesiyle kullanımı sayesinde traverslerin mekanik özellikleri iyileşecek, çimento tüketimi azalacağından hem ekonomik hem de çevresel fayda sağlanacaktır.
5. Donma-çözülme döngüleri sonucunda tuz etkisinde beton büyük oranda aşınmakta ve zamanla ufalanmaktadır. Bunu önleyecek optimum bazalt tozu katkı oranının %10 olduğu bulunmuştur.
6. Raylı travers numunelerin yüzeyine 0,150 gr/cm² NaCl ham tuz konsantrasyonu uygulanması sonucunda şahit numunelerin basınç dayanımında %10,92 oranında bir düşüş söz konusu olmaktadır bu değer en optimum oran olarak tespit edilen %10 bazalt tozu katkılı numunelerde %1,30 seviyelerinde olmuştur.

Raylı sistemlerin alt yapısını oluşturan beton travers elemanlara, %10 bazalt tozu katkısı, buz çözücü tuzların etkisini azaltarak, durabilite özelliklerini iyileştirmektedir. Bu çalışmanın sonucunda bazalt doğal taşları kesilirken, atık olarak açığa çıkan havuz çökeltisi bazalt tozu malzemesinin ekonomiye kazandırılması sağlanacaktır. Raylı sistem traverslerinin tuz çözücülerden zarar görmemesi için bu çalışmaya ek olarak hava sürükleyici katkı maddeleriyle bazalt tozunun birlikte kullanılması araştırmacılara bir sonraki çalışma olarak önerilebilir.

Kaynakça

- [1] Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, Kar ve buzla mücadele rehberi, Sy 4, 2019
- [2] Michigan department of transportation, agricultural by-products for antiicing and deicing use in michigan, research report R1418., 2002
- [3] Ş. Berberoğlu, Beton yollarda buz çözücü tuz etkisine su-çimento oranının etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011
- [4] F. Çeçen, “Carbon fiber reinforced polymer (CFRP) reinforced concrete railway sleepers,” Master Thesis, Gazi Osman Paşa University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 156 pages, Tokat, 2019. doi: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.22723.43049>
- [5] C. Esveld, *Modern railway track*. ISBN 978-1-326-05172-3, 2014
- [6] F. Çeçen, B. Aktaş, “Yeni nesil demiryolu traversleri ve yerli frp donatı kullanımının deneysel araştırması,” *Demiryolu Mühendisliği*, Sayı: 13, Sayfa: 53-64. Ocak 2021, doi: <https://doi.org/10.47072/demiryolu.803452>
- [7] Dobiszewska, M., Schindler, A.K., Pichór, W., “Mechanical properties and interfacial transition zone microstructure of concrete with waste basalt powder addition”, *Construction and Building Materials*, 177, 222-229, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.05.133>
- [8] Saraya, M.E.I., “Study physico-chemical properties of blended cements containing fixed amount of silica fume, blast furnace slag, basalt and limestone, a comparative study”, *Construction and Building Materials*, 72, 104-112, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.08.071>
- [9] V. Akyüncü, and M. T. Cihan, Bazalt tozu katkılı harçların mekanik ve geçirimsizlik özelliklerinin araştırılması. Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 21 (2), 697-707, 2019. <https://doi.org/10.25092/baunfbed.636998>
- [10] H. Dilbas, and Ö. Çakır, “Influence of basalt fiber on physical and mechanical properties of treated recycled aggregate concrete” *Construction and Building Materials*, 254, 119216, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.119216>.
- [11] P. P. Li, Q. L. Yu, and H. J. H. Brouwers, “Effect of coarse basalt aggregates on the properties of Ultra-high Performance Concrete (UHPC)”. *Construction and Building Materials*, 170, 649-659, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.03.109>
- [12] Laibao, L., Yunsheng, Z., Wenhua, Z., Zhiyong, L. and Lihua, Z., “Investigating the influence of basalt as mineral admixture on hydration and microstructure formation mechanism of cement”, *Construction and Building Materials*, 48, 434-440, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.07.021>
- [13] “Çimento-Bölüm 1: Genel çimentolar-Bileşim, özellikler ve uygunluk kriterleri”, TS EN 197-1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002

- [14] “Kimyasal katkıları-Beton, harç ve şerbet için-Bölüm 2: Beton kimyasal katkıları-Tarifler, gerekler, uygunluk, işaretleme ve etiketleme” TS EN 934-2+A1, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2013
- [15] “Beton karışım tasarımı hesap esasları”, TS 802, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2016
- [16] “Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini”, TS EN 12390-3, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2019
- [17] “Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini”, TS EN 12390-5, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2019
- [18] “Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini, TS EN 12390-6, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2010
- [19] “Beton-Sertleşmiş beton deneyleri- Bölüm 7: Sertleşmiş betonun yoğunluğunun tayini”, TS EN 12390-7, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2019
- [20] “Beton-Sertleşmiş beton deneyleri-Bölüm 2: Dayanım deneylerinde kullanılacak deney numunelerinin hazırlanması ve küre tabii tutulması”, TS EN 12390-2, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2019
- [21] “Deney yöntemleri- Bölüm 3: Aşınma direncinin tayini-Böhme” TS EN 13892-3, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2015
- [22] “Demiryolu uygulamaları-Yol-Beton traversler ve mesnetler-Bölüm 3: Donatılı ikiz traversler” TS EN 13230-3, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2016

Özgeçmiş



Kamuran ARI

1975 yılında Kırıkkale’de doğdu. İlk orta ve lise öğrenimini Kayseri’de tamamladı. 2001 yılında Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü’nden mezun oldu. 2001 yılında Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı. 2002’de Erciyes Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü’nde Araştırma Görevlisi olarak işe başladı. 2009’da Çukurova Üniversitesi’nde doktorasını tamamladı. Halen Dr.Öğr.Üyesi olarak Nuh Naci Yazgan Üniversitesi’nde görev yapmaktadır. İlgi Alanları: Özel betonlar, Betonun fiziksel-mekanik özellikleri, Çimento.
E-Posta: kamuran@nny.edu.tr

Beyanlar:

Bu makalede bilimsel araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.