

Yüksek Fırın Cürufu ve Bazaltik Pomza Katkılı Betonların Hidro Aşınma Özelliklerinin Araştırılması

Hanifi BİNİCİ *¹, Ela Bahşude GÖRÜR², Ahmet H. SEVİNÇ¹, Mustafa EKEN¹

¹K.S.Ü., Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş
²K.S.Ü., İnşaat Teknolojisi Bölümü, Kahramanmaraş

Özet

Bu çalışmada, öğütülmüş yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomza ayrı ayrı veya birlikte kullanılarak üretilen betonların hidrolik aşınmaya dayanıklılığı araştırılmıştır. İnce agreganın yerine değişik oranlarda yüksek fırın cürufu veya bazaltik pomza kullanılarak numuneler üretilmiştir. Üç yıl deniz suyu etkisine maruz kalan örneklerin aşınmaları kütle kayıplarına göre belirlenmiştir. Yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomza katkılı numunelerin aşınmaya karşı olumlu etkiler yaptığı görülmüştür. Beton dayanıklılığının, katkı tipi ve miktarına bağlı olduğu ortaya konmuştur. Ayrıca yüzde 80 yüksek fırın cürufu içeren betonların deniz suyuna karşı dayanıklılığı kontrol numunesinden daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Hidro aşınma, Yüksek fırın cürufu, Pomza

The Hydro-Abrasion Properties of Concretes Made with Blast Furnace Slag and Basaltic Pumice

Abstract

In this study, ground granulated blast furnace slag and basalt together or separately using pumice abrasion resistance power of the concrete produced was investigated. In different proportions of fine aggregate instead of blast furnace slag or basalt samples were produced using pumice. Three years are exposed to sea water corrosion mass loss of the samples was determined according to. Blast furnace slag and basalt pumice for specimens which had a positive effect against abrasion were found. Concrete durability, depend on the type and amount of additives has been shown. In addition, 80 percent of concrete containing blast furnace slag resistances to seawater were higher than the control sample.

Keywords: Hydraulic abrasion, Blast furnace slag, Pumice

* Yazışmaların yapılacağı yazar: Hanifi BİNİCİ, Kahramanmaraş K.S.Ü. Mühendislik Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş.

1.GİRİŞ

Çağımızın yapı dünyasında geniş bir kullanım alanı bulunan beton, üretimden uygulamaya kadar her aşamada son derece dikkat ve titizlik gerektiren temel bir yapı malzemesidir. Beton çağdaş toplumların temelini oluşturan malzemelerin içerisinde önemli bir yere sahiptir. Çevremize baktığımızda binalar, yollar, köprüler, barajlar, santraller, istinat duvarları, su depoları, limanlar, hava alanları gibi yapılar betondan yapılmaktadır. Beton diğer yapı malzemelerine göre; daha kolay şekil verilebilir olması, ekonomik olması, dayanıklı olması, üretiminde daha az enerji tüketilmesi, her yerde üretilebilir olması ve estetik özellikleriyle en çok kullanılan yapı malzemesidir. Uygun şekilde üretilmeyen betonlar dış etkilere karşı dayanıksız olmaktadır.Yapıların bozulmasına yol açan fiziksel, kimyasal, biyolojik ve mekanik kökenli etmenler bulunmaktadır. Mekanik yolla oluşan hasarlar arasında, darbe, aşınma, erozyon ve oyulma (kavitasyon) etkileri sayılabilir [1-3]. Beton yüzeyine sürtünme veya çarpma şeklinde gelen kuvvetler, beton yüzeylerin yıpranarak tahrip olmasına yol açmakta ve yüzeyin aşınmasına neden olmaktadır.Farklı bir aşınma şekli de hareket halinde bulunan suların meydana getirdiği aşınmadır. Bir tür erozyon olarak kabul edilebilecek böyle bir duruma beton su borularında tünellerde, barajlarda ve dolu savaklarda rastlanılır. Buralarda suların gayet hızlı bir şekilde hareket etmesi sonunda kavitasyon olayı da meydana gelerek beton devamlı olarak tekrarlanan çarpma etkilerine maruz kalır. Bu tür etkiler betonun hem önemli derecede korozyon yapmasına ve hem de büyük bir hızla aşınmasına neden olur [4]. Betonun aşınma direnci üzerine yapılan araştırmalarda [5-8] aşınma direncinin, uygulanan test metodlarına, yüzey bitirme yöntemlerine, aşınma kuvvetlerine maruz kalacak beton yüzeyinin yapısal özelliklerine, küre şartlarına, mineral katkı maddesi kullanımına ve mukavemet özelliklerine bağlı olduğu belirtilmekte, dayanımı yakından ilgilendirmesi sebebiyle, su/çimento oranı, agrega-hamur ara yüzeyi, agrega ve bağlayıcı madde hamuru kalitesi gibi faktörlerin de, aşınma direnci üzerinde etkili olduğu belirtilmektedir [9]. Aşınmaya karşı

dayanıklı bir beton elde edebilmek için bazı mineral katkıların betona karıştırılması gerekmektedir. Bu amaçla metal agregaların ve çelik tozunun kullanılması iyi sonuçlar vermektedir. Bunlardan başka özel fırınlarda silis ile karbonun birleştirilmesinden meydana gelen harç ve betonların aşınma değerleri düşük bulunmuştur [4].

Önceki birçok çalışmada YFC ve pomzanın betonda aşınmayı etkisi ve beton durabilitesine olumlu katkısı araştırılmıştır [10-13].

Bu çalışma ile denizde yapılan betonarme yapılarda meydana gelen kavitasyon ve kimyasal aşınma problemleri için uygun özel harç karışımları araştırılmıştır. K.S.Ü Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği laboratuvarında Osmaniye granüle bazaltik pomzası (GBP) ve yüksek fırın cürufunun (YFC) betona katkı maddesi olarak katılmasının betonun kavitasyonuna, kimyasal aşınma etkisi deneysel olarak araştırılmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

2.1.1. Yüksek Fırın Cürufu

Demir elde edebilmek için, demir cevherlerinin fırınlarda yaklaşık 1600 °C sıcaklığa kadar ısıtılmaları, böylece oksijenden ve yabancı maddelerden arındırılması gerekmektedir. Yüksek sıcaklığın etkisiyle, kok kömürünün karbonuyla demir oksitteki oksijen birleşerek karbondioksit ve karbon monoksit gazları oluşturarak fırını terk etmektedir. Geride eriyik durumda demir ve eriyik durumda olan yabancı maddeler topluluğu kalmaktadır. Demirin yoğunluğu yabancı maddelerin yoğunluğundan daha yüksek olduğu için eriyik durumdaki demir fırının en alt bölümünde ve eriyik durumdaki diğer malzemeler ise demirin hemen üzerinde yer alır. Demir ve diğer malzeme topluluğu ayrı ayrı çıkışlardan dışarı çıkarılmaktadır. Bu malzeme topluluğu “yüksek fırın cürufu” olarak adlandırılmaktadır.

2.1.2. Pomza

Pomza boşluklu, süngerimsi, volkanik olaylar sonucu oluşmuş, fiziksel ve kimyasal etkenlere karşı dayanıklı, gözenekli, camsı, volkanik bir kayadır. Yüksek oranda ve birbiriyle bağlantılı olmayan gözenekler içeren, % 50'ye yakın nem suyu bulduran ve dolayısıyla nemi alındığında özgül ağırlığı 0.5 g/cm^3 'e kadar düşebilen, toz haline getirildiğinde oldukça sert malzeme özelliği kazanan, ısı ve ses yalıtkanlığına, uygun basınç dayanımı ve elastisite modülüne sahip malzemedir. Asit veya bazik bileşimli olabilir. Asidik pomza, yeryüzünde en yaygın olarak kullanılan türüdür.

2.1.3. Agregata

Agregata, beton yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı madde yardımı ile bir araya getirilen, organik olmayan, kum, çakıl, kırma taş gibi doğal kaynaklı veya yüksek fırın cürufu, genişletilmiş perlit, genişletilmiş kil gibi yapay kaynaklı olan taneli malzemelerdir [14].

2.1.4. Çimento

Çimentolar su ile reaksiyon sonucu hem havada hem de su altında katılaştıkları ve sertleştikleri için hidrolik bağlayıcılar olarak sınıflandırılırlar. Çimento ile harç ve beton gibi çimentolu ürünler insanlığın geçmişte en fazla kullandığı ve gelecekte en fazla kullanacağı yapı malzemesi olmakla beraber aynı zamanda en fazla küçümşenen ve özellikleri en az bilinen yapı malzemeleridir. Çimento ve betonun iyi tanınmaması can ve mal kaybına neden olabilecek yanlış uygulamalara yol açabilmektedir [15].

Kullanılan agregaların fiziksel özellikleri Çizelge 1'de, agregaların elek analiz sonuçları ise Çizelge 2'de, YFC, bazaltik pomza ve çimentonun kimyasal içerikleri Çizelge 4'de, Çimentonun fiziksel analizleri Çizelge 3'de verilmiştir. Kimyasal içerikler için deneyler; Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, İskenderun Demir Çelik Fabrikası ve İskenderun OYSA Çimento Fabrikasında ayrı ayrı yapılmıştır.

Bulunan sonuçlar birbirlerine çok yakın değerler vermiştir.

Çizelge 1. Agregaların fiziksel özellikleri

Özellik	İnce Agregata	Kaba Agregata
Özgül Ağırlık	2,73	2,75
İncelik modülü	2,70	-
Su Emme Kapasitesi (%)	0,80	1,22
Boşluk Oranı (%)	35,20	40,32

Çizelge 2. Agregaların elek analiz sonuçları

İnceAgregata		KabaAgregata	
Elek no.	Yüzde Geçen	Elek no.	Yüzde Geçen
150 µm	7,3	4.75 mm	5
300 µm	36,7	10 mm	33.4
600 µm	64,3	20 mm	96.3
1,18 mm	74,8	40 mm	100
2,36 mm	89,5		
4,75 mm	97,6		

Çizelge 3. Çimentonun fiziksel özellikleri

Özgül ağırlık (gr/cm^3)	Özgül yüzey (cm^2/gr)	İncelik	
		200 µ elek üzerinde kalan (%)	90 µ elek üzerinde kalan (%)
3,19	2800	0,09	0,3

Çizelge 4. Çimento, YFC ve GBP'nin kimyasal içerikleri

Bileşenler (%)	Çimento	YFC	GBP
SiO ₂	20,1	39,7	43,9
Al ₂ O ₃	5,2	12,8	14,1
Fe ₂ O ₃	3,9	1,7	12,1
CaO	64,1	32,9	9,3
MgO	2,2	7,4	8,9
Na ₂ O+K ₂ O	1,4	0,8	0,3
SO ₃	1,2	1,4	-
LOI	0,5	-	0,5
EN 197-1 (%)			
8CaO / SiO ₂	MgO	CaO+SiO ₂ + MgO	(CaO+ MgO)/ SiO ₂
≥ 2	< 5	≥ 66,7	≥ 1

2. 2. Metot

2.2.1. Beton Karışımların Hazırlanması

TS 802'ye uygun olarak yapılan beton karışımında ince agreganın % 40, 60 ve 80'i oranlarında YFC ve GBP'nin her birini, birlikte veya ayrı ayrı katarak ve sadece kırma taş agregası kullanılarak üretilen kontrol örneği dahil 10 çeşit örneğin karışım hesabı yapılmıştır.

Örneklerin isimleri, karışım oranları ve kullanılan malzemeler Tablo 5'de verilmiştir. Bulunan karışım ağırlıklarına göre agregalar ve çimento hassas bir şekilde tartılarak betoniyerde karılmıştır.

Örnekler için hazırlanan beton karışımları TS 3068'deki esaslar dikkate alınarak yapılmıştır. TS 3068'de öngördüğü şekilde hazırlanan beton harmanlarından alınan deney örneklerinin betonun tüm özelliklerini taşımasına dikkat edilmiştir.

2.2.2. Beton Örneklerin Aşınması

Betonlarda meydana gelen aşınmalar hem deniz hem de laboratuvar ortamında yapılan çalışmalarla bulunmuştur. Beton örneklerin deniz suyu ortamındaki ağırlık kaybı değerleri laboratuvar ortamında yeni geliştirilen bir sistemle bulunmuştur. Bu sistem Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmektedir. Benzer bir yöntem ASTM'de yer almaktadır. Örnek boyutları için bir standart getirilmemiştir. Bu yüzden bu çalışmada, örnek boyutları 30x30x10 cm olan beton örnekler hazırlanmış ve laboratuvar ortamındaki ortalama sıcaklığı 25°C olan deniz suyu ile dolu kür havuzunda bekletilmiştir. Deniz suyunun pH'ı her hafta ölçülerek, pH değeri 9,5'in üstüne çıktığında taze deniz suyu sağlanmıştır.

Kür havuzunda 5 gün deniz suyu ortamında sürekli devir daim çalışan aşağıdaki sistemde yüksek basınçlı deniz suyu ile fiziksel kaviteasyon ve ağırlık kaybı bulunmuştur. Örneklerin bu sistemdeki aşınma değerleri kütle kaybı ölçülerek bulunmuştur.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Denizde Ortamında Bekletilen Beton Örneklerin Aşınma Değerleri

Yüzey aşınması için üretilen 30x30x10 cm boyutlarındaki örnekler denizde doğal ortamda aşınmaya tabi tutulmuştur. Aşınmış örneklerin resimleri Şekil 3'de verilmiştir. Resimlerden özellikle kontrol örneğindeki aşınma dikkat çekmektedir. Bulunan sonuçlar ve Şekil 4'de verilmiştir.

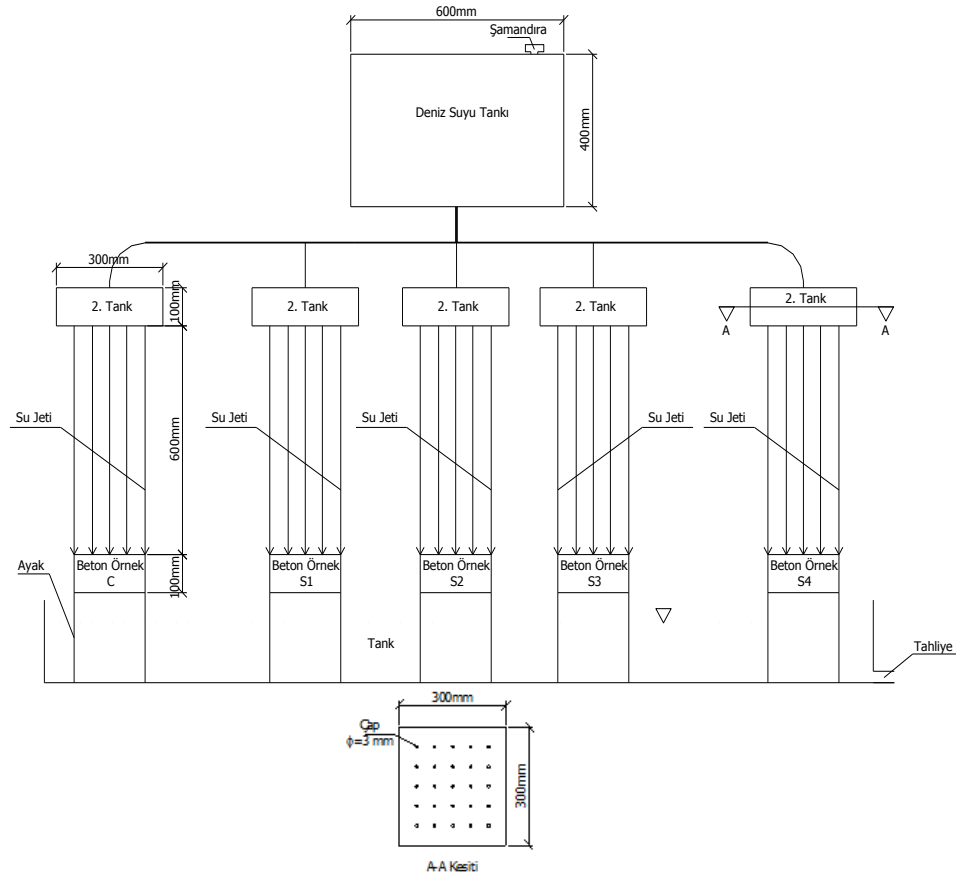
Deniz ortamında aşınmaya bırakılan kontrol örneği diğer katkı betonlardan daha fazla aşınmış ve 36 ay sonra ilk kütesinden yaklaşık olarak % 9,53 oranında kütle kaybı gerçekleşmiştir. Denize bırakılan örneklerden en fazla kontrol örneği aşınma gösterirken, S3 örneği % 2,6 oran ile en az aşınmayı göstermiştir. Bunun yanında katkı betonlar içinde en fazla aşınmayı da S7 örneği göstermiştir.

Çizelge 5. Örneklerin isimleri ve karışım oranları.

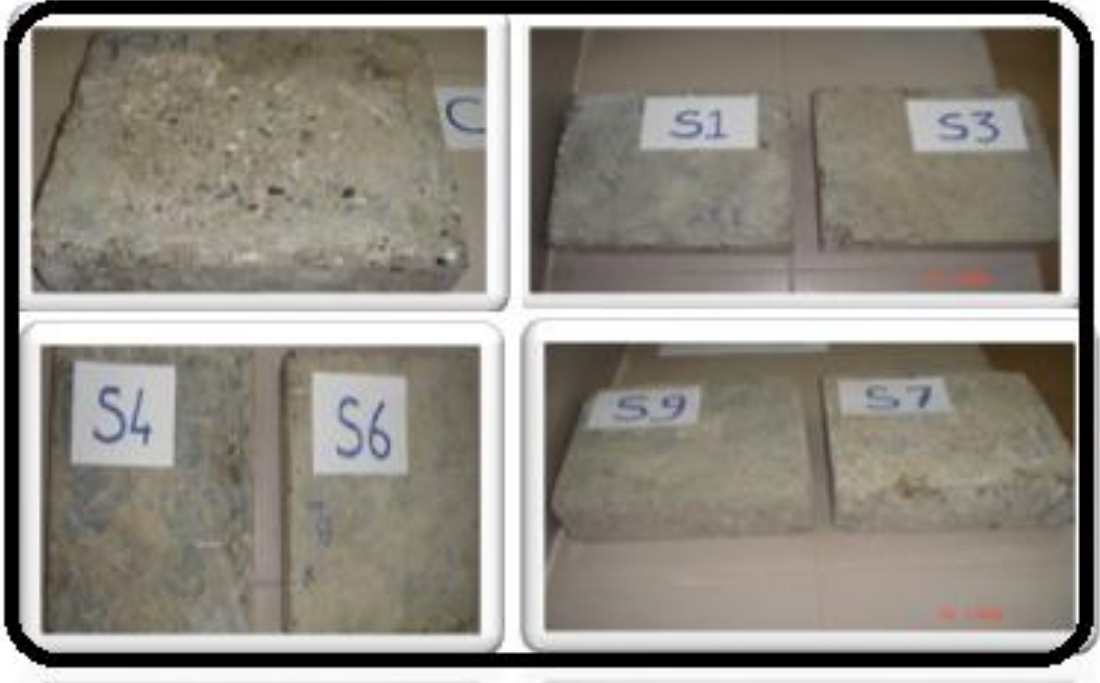
Numune Adı	Beton Bileşenleri (kg/m ³)							Yaş Beton Özellikleri	
	Su	Çimento	Çakıl	Kum	Pomza	Cüruf	Katkı	Yoğunluk (kg/cm ²)	Beton Isısı (°C)
C	135	300	1200	665	-	-	50	2315	20
% 20 Bazalt % 20 Cüruf (S1)	135	300	1200	400	130	130	75	2300	19
% 30 Bazalt % 30 Cüruf (S2)	135	300	1200	270	200	200	100	2310	18
% 40 Bazalt % 40 Cüruf (S3)	135	300	1200	150	260	260	75	2320	29
% 40 Bazalt (S4)	135	300	1200	390	260	-	100	2300	19
% 60 Bazalt (S5)	135	300	1200	280	400	-	100	2310	20
% 80 Bazalt (S6)	135	300	1200	145	520	-	100	2315	24
% 40 Cüruf (S7)	135	300	1200	405	-	260	75	2305	20
% 60 Cüruf (S8)	135	300	1200	280	-	400	100	2315	19
% 80 Cüruf (S9)	135	300	1200	160	-	520	100	2320	20



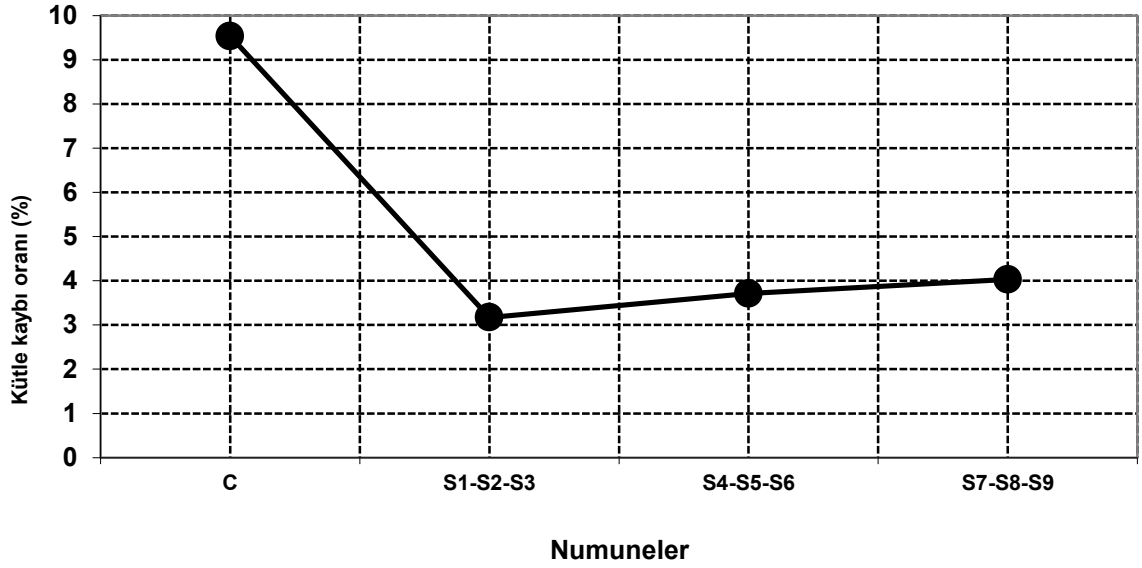
Şekil 1. Laboratuvar ortamındaki aşınma deney düzeneği



Şekil 2. Laboratuvar ortamındaki aşınma deney düzeneğinin plan ve kesiti



Şekil 3. Aşınmış Örnekler

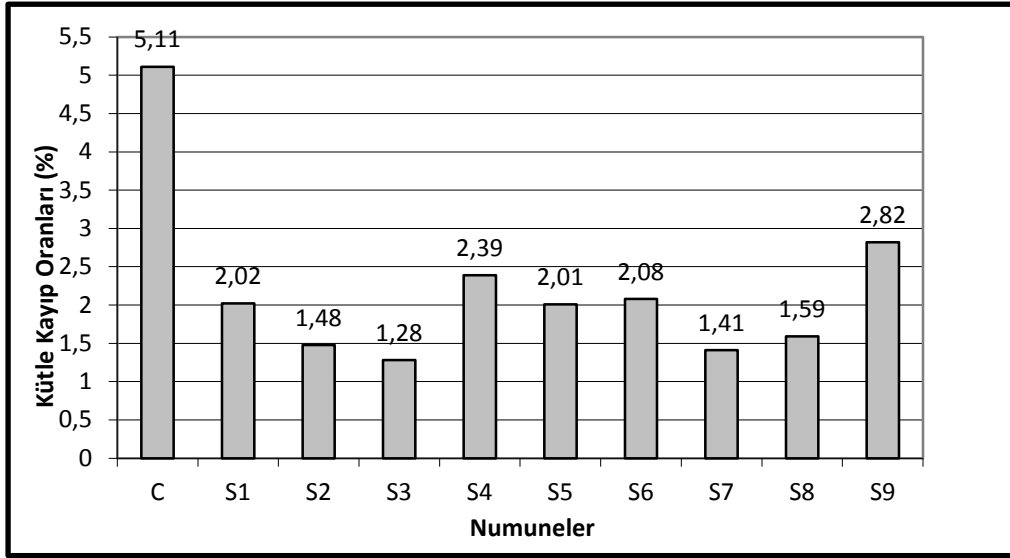


Şekil 4. Deniz ortamında bekletilen örneklerin 36 ay sonra kütle kaybı

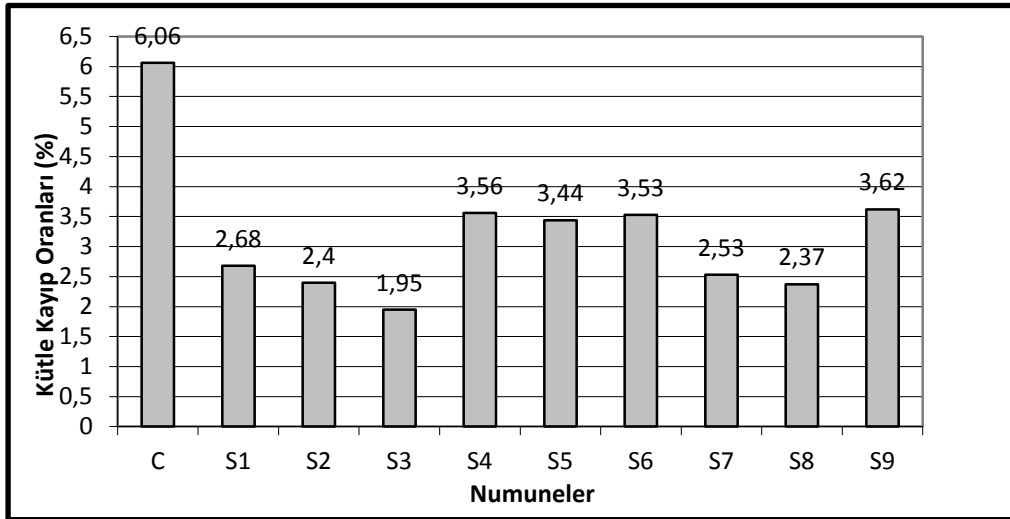
3.2. Denizde Yapılan Deneyde İnce Agrega Türünün Örneklerin Aşınma Dayanımına Etkisi

Şekil 5, Şekil 6 ve Şekil 7'de deniz ortamında bekletilen örneklerin sırasıyla 12 aylık, 24 aylık ve 36 aylık aşınmaları grafik olarak verilmiştir.

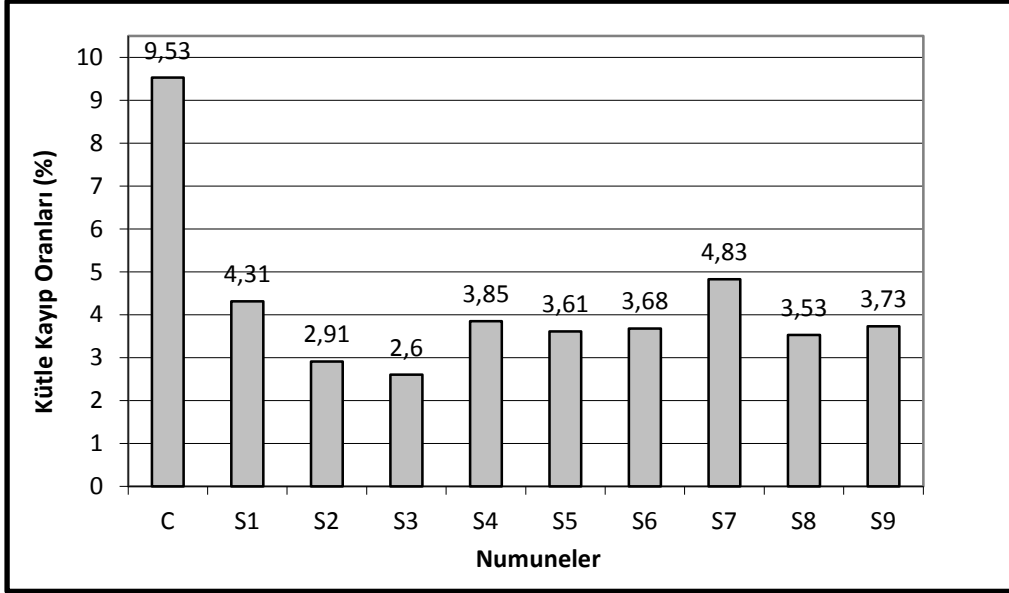
Her 3 grafikte de en fazla aşınma kontrol örneklerinde görülürken, kontrol örneğinden sonra, 12 ve 24 aylık periyotlarda en fazla kütle kaybı S9 örneğinde, 36 aylık periyotta ise en fazla kütle kaybı S7 örneğinde görülmektedir. % 40 pomza ve % 40 cüruf kullanılarak üretilen örnekler deniz ortamında aşınmaya karşı en fazla dayanımı gösteren örneklerdir.



Şekil 5. Deniz ortamındaki örneklerin 12 ay sonra kütle kayıp oranları



Şekil 6. Deniz ortamındaki örneklerin 24 ay sonra kütle kayıp oranları

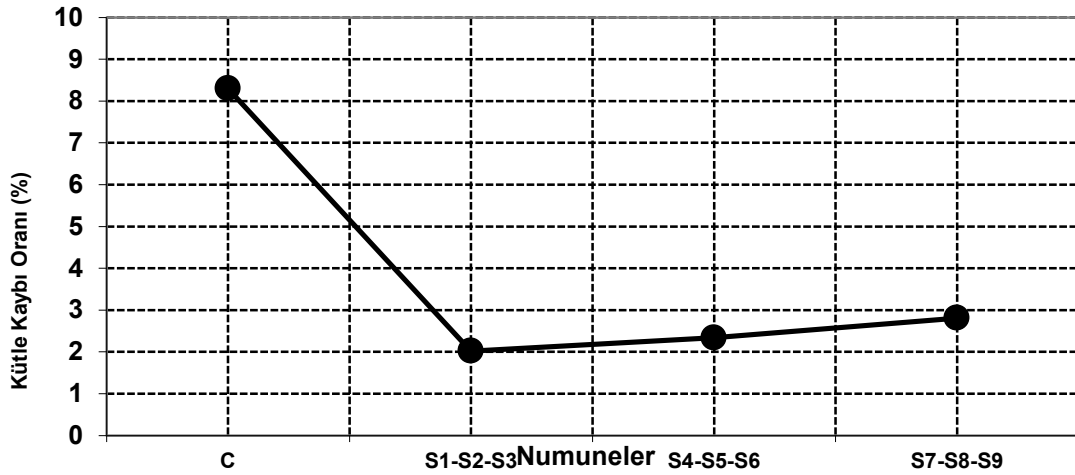


Şekil 7. Deniz ortamındaki örneklerin 36 ay sonra kütle kayıp oranları

3.3. Laboratuvar Ortamında Beklenen Beton Örneklerin Aşınma Değerleri

Deniz ortamında kullanılan örneklerin aynısı, laboratuvar ortamında kurulan sistem içinde bekletilerek aşınmaya karşı dayanımları gözlenmiştir. 36 aylık gözlem sonuçları Şekil 8’de verilmektedir.

Kontrol örneği, deniz ortamında olduğu gibi laboratuvar ortamında da en fazla kütle kaybı gösteren örnek olmuştur. 36 aylık periyotta, en fazla kütle kaybını % 8,3 oranla kontrol örneği ve sonrasında S7, S8 ve S9 örnekleri göstermiştir. En az kütle kaybı % 2,02 oran ile S1, S2 ve S3 örneklerinde görülmektedir.



Şekil 8. Laboratuarda ortamındaki örneklerin 36 ay sonra kütle kaybı

3.4. Laboratuvar Deniz Suyuyla Yapılan Deneyde İnce Agrega Türü Örneklerinin Aşınma Dayanımına Etkisi

Şekil 9'da laboratuvar ortamında bekletilen örneklerin 36 ay sonundaki kütle kayıplarının grafiği verilmektedir. Deniz ortamında ve laboratuvar ortamındaki örneklerde en fazla kütle kaybı kontrol örneğinde gözlemlenmiştir. Kontrol örneğinden sonra, en fazla kütle kaybını % 2,88 oranla S7 örneği, en az kütle kaybı % 1,63 oran ile S3 örneğinde görülmektedir. Deniz ortamında bekletilen örneklerden elde edilen sonuçlar, laboratuvar ortamındaki örneklerden elde sonuçlarla paralellik göstermektedir. S1, S2, S3 için deniz ortamında ortalama aşınma değeri % 3,17 laboratuvar ortamında % 2,32, S4, S5, S6 için deniz ortamında % 3,71, laboratuvar ortamında % 2,32 ve S7, S8, S9 için ise bu ortalama değer deniz ortamında % 4,03 laboratuvar ortamında ise % 2,57 olarak bulunmuştur. Kontrol örneği için bulunan değer ise deniz ortamında % 9,53 laboratuvar ortamında ise % 8,3'dür. Bu sonuçlar, kontrol örneğinin; GBP ve YFC eşit miktarda katılarak üretilen örneklerin yaklaşık 3 katı daha fazla aşındığını göstermiştir.

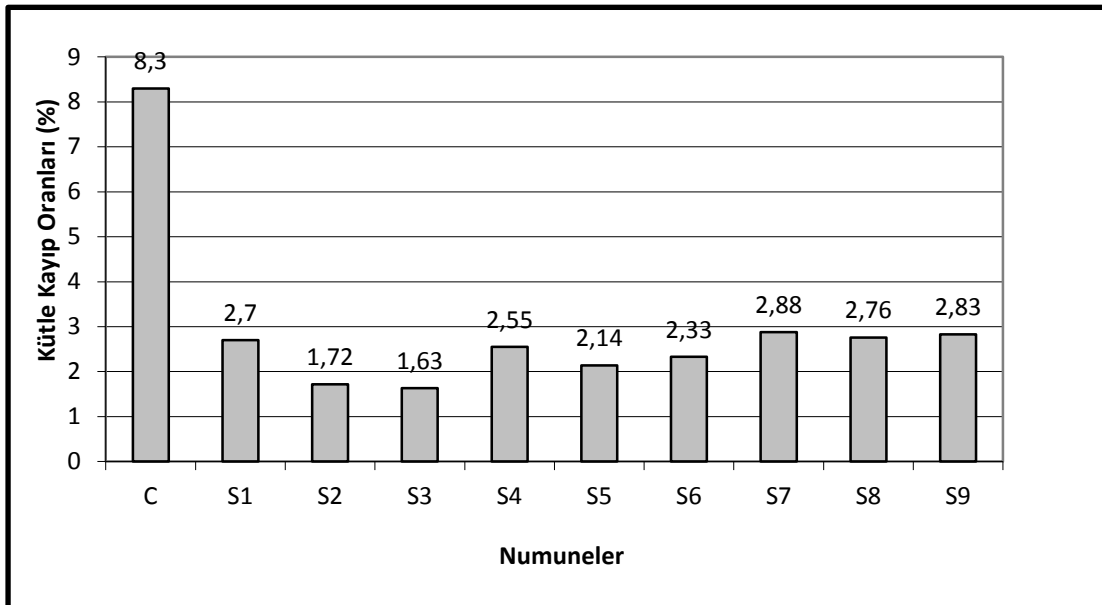
Diğer örneklerin de aşınma değerleri aynı şekilde kontrol örneğinden azdır. Bu sonuçlar aşınmaya maruz olan elemanların betonunda pomza ve yüksek fırın cürufu kullanılmasının aşınma etkisini azaltabileceğini göstermiştir.

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Denizde ve laboratuvar ortamında yapılan testler sonucunda Granüle Bazaltik Pomza ve Yüksek Fırın Cürufu eşit miktarda katılarak üretilen örneklerin aşınma değerleri kontrol örneğinden çok daha azdır. Bu yüzden kavitasyonun önemli olduğu yerlerde kullanılacak beton üretiminde, ince agrega yerine katkı olarak pomza ve yüksek fırın cürufu kullanılmasının kimyasal aşınma etkisini azaltabileceğini göstermiştir.

2. Mekanik aşınma sonuçlarına göre kontrol örneği en az aşınma gösterdiğinden özellikle mekanik aşınmanın ön plana çıktığı yerlerde (su kanalları, beton yollar, hava alanı vb.) kullanılacak betonlarda kireçtaşı esaslı kırma taş kullanılması uygun olacaktır.



Şekil 9. Laboratuvar ortamındaki örneklerin 36 ay sonra kütle kayıp oranları

3. Betonların aşınma direnci; Yüksek Fırın Cürufu ve Granüle Bazaltik Pomza katkıları arasında direkt ilişki vardır.

4. Elde edilen sonuçlara göre, deniz içerisinde inşa edilecek, sülfat ve tuz etkisinin bulunduğu yapıların beton üretiminde Granüle Bazaltik Pomza ve Yüksek Fırın Cürufu ince agrega kullanılabileceğini göstermektedir. Bu sayede sözü edilen kimyasal ve fiziksel yıkımların önüne geçilebilir veya etki düzeyi azaltılabilir. Fakat bu katkıları belirli bir oranda tutulmalıdır.

5. KAYNAKLAR

1. CEB (Comite Euro - International du Beton), 1992. Durable Concrete Structures, Lausanne: Thomas Telford Ltd.
2. ACI 201.2R – 92 , 1992. Guide to Durable Concrete Manual of Concrete Practice, American Concrete Institute, Detroit.
3. ACI 318, 2000. Building Code, American Concrete Institute, Detroit.
4. Postacıoğlu, B., 1986. Bağlayıcı Maddeler Beton, 1 175. Matbaa Teknisyenleri Basımevi, İstanbul.
5. Sadegzadeh M, Page C. L, and Kettle C.J., 1987. Surface Micro Structure and Abrasion Resistance of Concrete, Cement Concrete Research, 17) 581–590.
6. Horszczaruk E., 2005. Abrasion resistance of High Strength Concrete in Hydraulic Structures, Wear, 259 62 –69.
7. Ramezani pour A. and Haghollahi A., 2004. Investigation and Modelling of Abrasion in Industrial Concrete Floors, Amirkabir J. Science Technology, 115 55–61.
8. Atiş C.D, Karahan O, Arı K, Çelik Ö and Bilim C., 2009. Relation Between Strength Properties (flexural and compressive) and Abrasion Resistance of Fiber (steel and polypropylene) Reinforced Fly Ash Concrete, J. Mater. Civil Engineering, 21 402–408.
9. Oyma eland S, Yeğ inobalı A., 1996. Bitümlü Ş ist Külü Katkısının Betonda Aşınma Dayanımına Etkisi, Proceedings of the Fourth National Concrete Conference, 359–367.
10. Binici H., 2007. Effect of Crushed Ceramic and Basaltic Pumice as Fine Aggregates on Concrete Mortars Properties, Construction and Building Materials, 21 1191–1197.
11. Binici H, Aksogan O, Kaplan H, Gorur E.B, Bodur M.N., 2009. Hydro-Abrasive Erosion of Concrete Incorporating Groundblast-Furnace Slag and Ground Basaltic Pumice, Construction and Building Materials, 23 804–811.
12. Binici H, Aksogan O, Kaplan H, Gorur E.B, Bodur M.N., 2008. Performance of Ground Blast Furnace Slag (GBS) and Ground Basaltic Pumice (GBP) Concrete Against Sea Water Attack. Construction and Building Materials, 22 1515–1526.
13. Yüksel İ, Bilir T and Özkan Ö., 2007. Durability of Concrete Incorporating Non-Ground Blast Furnace Slag and Bottom Ash as Fine Aggregate, Building and Environment, 42 2651–2659.
14. Özışık, G., 1998. Beton İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul.
15. Topçu İ.B., 2006. Agregaların Mekanik Özellikleri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, 2 26.

