

Kum Boyutunda Yüksek Fırın Cürufu Ve Pomza Katkılı Beton Boruların Durabilite Özelliklerinin Araştırılması

Hanifi BİNİCİ^{1*}, Ahmet Hayrullah SEVİNÇ², Muhammed Yasin DURGUN³ Murat KOLUÇOLAK¹

¹Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

²Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi İnşaat Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye

³Bartın Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bartın, Türkiye

ÖZET: Bu çalışmada, kum yerine karışıma ağırlıkça %5, 10 ve 15 oranlarında yalnız yüksek fırın cürufu, yalnız granüle bazaltik pomza ve her ikisi eşit oranlarda alınarak elde edilen beton boruların dayanıklılıkları araştırılmıştır. Beton borular TS 821 EN 1916'ya göre test edilmiştir. Katkılı ve referans betonların sülfat dirençleri ve permeabilite özellikleri araştırılmıştır. Katkılı beton boruların kırılma yüklerinin katkısız beton boruların kırılma yüklerinden daha fazla olduğu görülmüştür. Özellikle pomza katkıli betonlarda katkı oranı arttıkça tepe yükü dayanımlarında artış gözlenmiştir. Elde edilen deney sonuçlarına göre, 28 gün sonunda, % 5 granüle bazaltik pomza ve %5 yüksek fırın cürufu, yalnız granüle bazaltik pomza katkıli boruların tepe yükü dayanımlarında % 20'lik bir artış sağlanmıştır. Sonuçlar, beton boruların dayanıklılığı hem mineral katkı türüne hem de katkı oranına bağlı olduğunu göstermiştir. Ayrıca %10 pomza katkıli örneğin sülfat dayımın en yüksek bulunmuştur. Yalnız yüksek fırın cürufu katkıli örneklerin geçirimsizliği diğerlerine göre çok daha düşük bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Yüksek fırın cürufu, Granüle bazaltik pomza, Beton boru

Investigation Of Durability Properties Of Concrete Pipes Incorporating Ground Blast Furnace Slag And Ground Basaltic Pumice As Fine Aggregates

ABSTRACT: In this study, the effects of the use of blast furnace slag, ground basaltic pumice and blast furnace slag + ground basaltic pumice as mineral admixtures on concrete pipes durability were investigated. The reference mixes were modified with 5, 10, and 15 % of blast furnace slag, ground basaltic pumice, and equal amount of blast furnace slag and ground basaltic pumice in place of fine aggregate. The concrete pipes have been tested according to the standard procedures (TS 821 EN 1916). Sulfate resistance and permeability of reference and blast furnace slag, ground basaltic pumice concrete pipes were investigated. From these tests, it is observed that the fracture load of the concrete pipes containing blast furnace slag, ground basaltic pumice is more than that of the concrete pipes without containing mineral admixtures. The top loads of the concrete pipes have increased when the ground basaltic pumice rate is increased. According to the obtained results, it is seen that after twenty eight days the top load strength concrete pipes containing %5 ground basaltic pumice has been increased 20 % the top load strength of the concrete pipes. The results create perspectives of forecasting the durability of pipes concrete depending on the types and amount of additives. Furthermore, specimen YP10 was found to have higher sulfate resistance than that of the reference concrete.

Keywords: Blast furnace slag, Ground basaltic pumice, Concrete pipe

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 [1]. 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 vb. betondan yapıldığını görmekteyiz. 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.

*Sorumlu Yazar: Hanifi Binici , hbinici@ksu.edu.tr

Günümüze kanalizasyon ve yağmur suyu şebekelerinde, yer altı ve yerüstü sulama tesislerinde, su isale hatlarında, su depoları, su kuleleri, terfi hatları, pompa istasyonları ve su tünelleri gibi yapılarda sıklıkla beton boru kullanıldığı görülmektedir. Servis ömrü süresinde bu beton borular çeşitli zararlı etkilere maruz kalmaktadır.

Yapının bozulmasına yol açan etmenler fiziksel, kimyasal, mekanik veya biyolojik kökenli olabilir. Mekanik yolla oluşan hasarlar arasında darbe, aşınma, erozyon ve oyulma etkileri sayılabilir. Kimyasal etkenler, dışarıdan beton içine sızan zararlı maddelerden kaynaklanabileceği gibi, beton bileşimini oluşturan malzemelerden de kaynaklanabilir. Bunlar arasında alkali-silika reaksiyonu, sülfat etkisi, karbonatlaşma, korozyon, bazı asit ve tuz etkileri sayılabilir. Bozulmanın fiziksel nedenleri ise; donma-çözülme, çözücü tuzlar, yüksek sıcaklıklar vb. etkilere [2]. Bahsedilen zararlı etkenlerden korunmak ve daha dayanıklı borular elde etmek için çalışmalar yapılmış ve devam etmektedir. Çelik lif katkısı kullanılarak betonun zayıf özellikleri giderilmeye ve daha çok enerji emme, darbe direnci, eğilme dayanımı ve yorulma direnci kazandırılmıştır [3]. Beton boru üretiminde çelik lif kullanılmasıyla tepe yükü deneyleri incelendiğinde, ilk çatlak sonrasında kırılma yüküne ulaşıncaya kadar geçen zamanın arttığı ve gevrek davranış göstermesinin engellendiği tespit edilmiştir [4]. Yine başka bir çalışmada beton boru imalatı sırasında çeşitli oranlarda cam lifler kullanılmış ve sonuç olarak standartlarda verilen kırılma değerlerinin üzerinde değerler elde edilmiştir. Uzun süre toprak altında kalan beton boruların dayanımlarında önemli artış olduğu gözlenmiştir [5].

Geçirimsizlik betonların tüm durabilite özellikleri olumsuz etkilemektedir. Bu yüzden betonların tasarımında son yıllarda durabilite önem kazanmıştır. Daha dayanıklı beton üretiminde ise mineral katkıların kullanılması akla gelmektedir [6-13].

Bu çalışmada, kum boyutunda yüksek fırın cürufu ve bazaltik pomza katkısının beton boru tepe yükü dayanımı, betonların sülfat dirençleri ve permeabilite özellikleri incelenmiştir.

2.MATERYAL ve METOT

2.1. Materyaller

2.1.1. Pomza

Pomza; volkanik olaylar sonucu oluşmuş, gözenekli ve hafif bir malzemedir. Ülkemiz yaygın pomza yataklarına sahiptir. Pomza rezervlerinin büyük çoğunluğu Doğu ve İç Anadolu bölgelerinde özellikle Bitlis, Van, Kayseri, Nevşehir ve Ağrı illerinde bulunur.

Bunların yanı sıra Ege ve Akdeniz bölgelerinde de üretim yapılan rezervler vardır [14]. Pomza oluşumu sırasında bünyedeki gazların ani olarak bünyeyi terk etmesi ve ani soğuma nedeniyle, makro ölçekten mikro ölçüğe kadar sayısız gözenek içerir [15]. Gözenekler arası genelde bağlantısız boşluklu olduğundan hafif, suda uzun süre yüzebilen, permeabilitesi düşük ve yalıtımı oldukça yüksektir. Kimyasal olarak % 75'e varan silis içeriği bulunabilmektedir. Kayacın içerdiği SiO₂ oranı, kayaca abrasif özellik kazandırmaktadır. Al₂O₃ bileşimi ise ateş ve ısıya yüksek dayanım özelliği kazandırır. Türkiye'de pomza yatakları, Ürgüp-Avanos ve Kayseri'nin Talas- Tomarza-Develi bölgesinde yoğunlaşmıştır. Ayrıca Bitlis, Van, Ağrı, Kars, Ankara, Isparta ve Muğla illerinde bulunmaktadır. Çalışmada kullanılan pomza Osmaniye-Tüysüz bölgesinden temin edilmiş ve kimyasal kompozisyonu Çizelge 1'de verilmiştir.

2.1.2. Yüksek fırın cürufu

Büyük miktarda silis ve alümin içeren ve amorf yapıya sahip olan granüle yüksek fırın cürufuları, öğütülerek çok ince taneli duruma getirilmeleri durumunda, puzolanik özellik göstermektedir [16]. Öğütülmüş granüle yüksek fırın cürufularının bağlayıcı olarak görev yaptıkları değişik kullanım tarzları mevcuttur. Beton üretiminde mineral katkı maddesi olarak kullanılabilir. Cürufun değişik koşullarda kullanılacak beton karışımlarının hazırlanmasındaki esneklik gibi faktörler, cürufun ayrı öğütülerek beton katkısı olarak kullanımını daha avantajlı kılmaktadır [17]. Türkiye'de cürufun ayrıca öğütülerek beton katkı malzemesi olarak kullanılması son yıllarda artmıştır [18]. Beton katkı maddesi olarak puzolanların olumlu etkileri arasında çimentodan tasarruf, işlenebilme, düşük hidrasyon ısı, geçirimsizlik ve dış etkenlere karşı dayanıklılık gibi özellikler sayılabilir [16]. Çalışmada kullanılan yüksek fırın cürufu (YFC) İskenderun Demir Çelik Fabrikası'ndan temin edilmiş ve kimyasal içeriği tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Pomza ve YFC'nin kimyasal bileşimi

Bileşenler (%)	Pomza	YFC
SiO ₂	41.41	37.89
Al ₂ O ₃	12.97	10.29
Fe ₂ O ₃	11.41	2.95
CaO	13.73	35.86
MgO	7.76	7.38
Na ₂ O + K ₂ O	5.4	1.15
Kızdırma Kaybı	7.32	4.48

2.1.3. Çimento

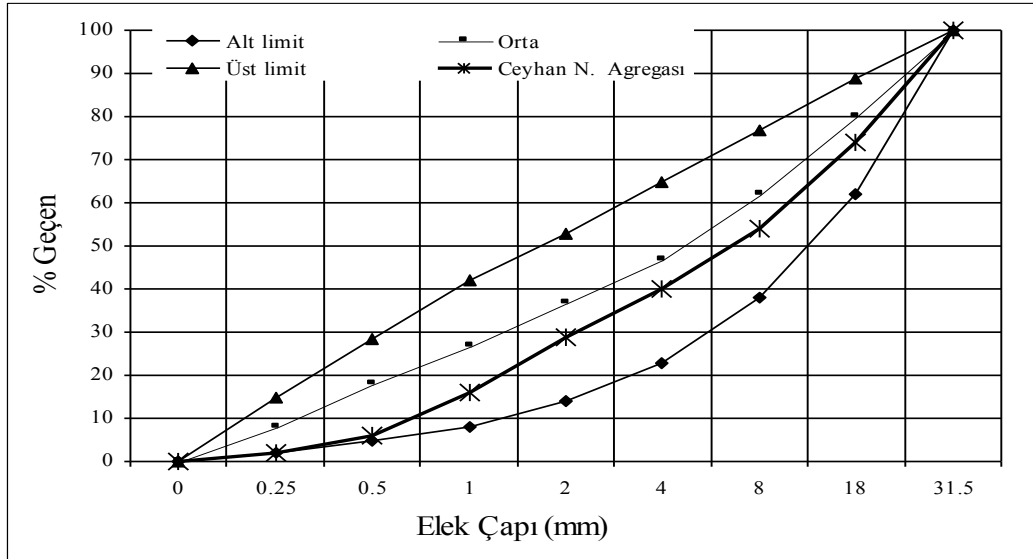
Çalışmada CEM I 42,5 sınıfı çimento kullanılmış ve fiziksel ve kimyasal özellikleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Çimentonun fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kimyasal analiz sonuçları	
Bileşenler	%
SiO ₂	18.85
Al ₂ O ₃	4.80
Fe ₂ O ₃	2.40
CaO	62.80
MgO	2.50
Na ₂ O + K ₂ O	1.14
SO ₃	3.69
Kızdırma Kaybı	3.5
Özgül Ağırlık (kg/cm ³)	3.12
Özgül Yüzey (cm ² /g)	3250
200 µ Elek Üzerinde Alan (%)	0
90 µ Elek Üzerinde Kalan (%)	2.5

2.1.4. Agregata

Çalışmada Ceyhan nehri agregası kullanılmış ve granulometrisi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan agregaların granulometri eğrisi

2.2. Metot

2.2.1. Karışımın hazırlanması

Beton boru yapımında karışım yapılırken 0-5 kumum yerine pomza ve yüksek fırın cürufu ikame edilerek kullanılmıştır. tablo 3’te her bir numune için kullanılan karışım oranı ve tablo 4’de ise kullanılan numune isimleri verilmiştir.

Tablo 3. Beton karışım oranları (kg)

Malzeme	R	Y5	Y10	Y15	P5	P10	P15	PY5	PY10	PY15
Çimento	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46
0-5 Kum	173	155	145	131	159	145	131	155	145	131
5-10 Çakıl	54	54	54	54	54	54	54	54	54	54
YFC	-	14	28	42	-	-	-	7	14	21
Pomza	-	-	-	-	14	28	42	7	14	21
Toplam	273	273	273	273	273	273	273	273	273	273

Tablo 4. Numune isimleri

Numune ismi	Açıklaması
R	Referans numune
Y5	0-5 kumdan %5 azaltılmış ve yerine YFC ikame edilmiş
Y10	0-5 kumdan %10 azaltılmış ve yerine YFC ikame edilmiş
Y15	0-5 kumdan %15 azaltılmış ve yerine YFC ikame edilmiş
P5	0-5 kumdan %5 azaltılmış ve yerine pomza ikame edilmiş
P10	0-5 kumdan %10 azaltılmış ve yerine pomza ikame edilmiş
P15	0-5 kumdan %15 azaltılmış ve yerine pomza ikame edilmiş
PY5	0-5 kumdan %5 azaltılmış ve yerine %2,5 YFC + %2,5 pomza ikame edilmiş
PY10	0-5 kumdan %10 azaltılmış ve yerine %5 YFC + %5 pomza ikame edilmiş
PY15	0-5 kumdan %15 azaltılmış ve yerine %7,5 YFC + %7,5 pomza ikame edilmiş

2.2.2. Boru numunelerin hazırlanması

Tablo 4'te verilen karışımlar hazırlanarak Ø150 mm' den Ø600 mm çapa kadar 1500 mm boyunda üretim yapabilen beton boru makinesi yardımıyla kalıplanmıştır. Bu makine Ø150 mm' den 3 adet, Ø 200 mm' den 3 adet, Ø300 mm 2 adet, Ø400 mm, Ø500 mm ve Ø600 mm çaplarından birer adet beton boru imal edebilmektedir. Literatürde de belirtildiği gibi anma çapı 500 mm ve daha üstündeki betonarme boru üretimi özellikle işçilik açısından zordur. Bu borulardaki donatının eğilmesi, birleşim noktalarına kaynak yapılması, donatının yerleştirilmesi gibi işlemler oldukça zordur ve çok zaman alarak işçilik maliyetlerini de artırır [19]. Beton boru üretimi işleminde; iç kalıp iki 150 x 200 x 10 mm özel profil sütun üzerinde hidrolik güç yardımıyla zemin seviyesine çıkartılır. Dış kalıpta aynı sütunlar üzerinde aşağıya iner. İç ve dış kalıp kilitlendikten sonra yerden 1,5 m yükseklikte olan kalıplara bir hidromotor yardımıyla bunkerden gelen malzemeye doldurur. Doldurma sırasında iç kalıplar içersine yerleştirilmiş ayarlı özel vibratörler çalıştırarak homojen sıkıştırma yapılması sağlanır. Harç besleme işlemi bir bant yardımıyla ve hidrolik bir itici pistonla yapılır. Harç doldurma işleminden sonra bant 1m³ hacimde bunkerin altına çekilir. Bu işlem tamamlandıktan sonra conta yerini açmak için ağız çemberleri aşağıya iner, ağız profilini açar. Sonra dış kalıplar yukarıya iç kalıplar aşağıya indirir. Bu işlem de

tamamlandıktan sonra fiber başlıklar takılarak çıkan beton borular çıkartılır (Şekil 2). Daha sonra hidrolik taşıma araçları ile kurutma sahasına taşınır ve ardından kür havuzuna indirilir (Şekil 3). Numuneler kür havuzunda 7 ve 28 gün süreyle bekletilmiştir.

**Şekil 2.** Beton boru makinesinden çıkmış numuneler



Şekil 3. Kurutma alanında bekletilen beton borular

2.2.3. Beton boruların tepe yükü dayanımlarının bulunması

Tepe yükü dayanımı deneyi tüm boyu boyunca uygulanmıştır. Deney numuneleri 24 saat süreyle içi su solu ve çevresi ıslak olacak biçimde suya doymun bir hale getirilir ve mesnet aralıkları, genişlikleri TS 821 EN 1916'ya [20] göre ayarlanmış pres ile yapılır. Tepe yükünün boru boyunca üniform olarak yayılabilmesi için pres yapılacak hat boyunca 2-3 cm kalınlığında, şerit şeklinde alçı hamuru serilir. Alçının tırnakla çizilemeyecek sertliğe ulaşması beklenilir. Bu sertliğe ulaştıktan sonra basınç uygulanmaya başlanılır. Yükleme hızı 7,5 kN/m–30 kN/m olacak şekilde ayarlanmalıdır (TS 821). Yükleme işlemi dayanımın yükleme devam etmesine rağmen artış göstermediği noktaya kadar devam ettirilir (Şekil 4). Elde edilen yük borunun yararlı uzunluğuna göre hesaplanır. Elde edilen tepe yükü TS 821 EN 1916'da verilenden daha düşük olmamalıdır.



Şekil 4. Beton boruların tepe yükü dayanımlarının bulunması

2.2.4. Sülfat Dayanımı

Çalışmada 0-5mm boyutlu ince agreganın %5, 10 ve 15 oranlarında YFC, P ve YFC + P ağırlıkça ikame edilmesi ile üretilen 10x10x10 cm boyutlarındaki küp numuneler %5 Na₂SO₄ sülfat ortamında bekletildikten sonra basınç dayanımları araştırılmıştır. Üretilen numuneler 28 gün sonunda kür havuzundan çıkarılmış ve 105 °C'de etüve konularak 24 saat bekletilmiştir. Daha sonra numuneler hassas terazi ile tartılmıştır. %5 Na₂SO₄ çözeltisi içine konularak 180 gün bekletilmiştir. Numuneler 180 gün sonra %5 Na₂SO₄ çözeltisinden çıkarılarak basınç dayanımları ve kütle kayıpları belirlenmiştir.

2.2.5. Permeabilite

Genellikle betonun dayanıklılığının özellikle farklı koşullar altında bulunan yapılarda, betonun geçirgenliğiyle ilgilidir [10]. Beton permeabilite deneyi geçirgenlik katsayısına karar vermek amacıyla yapılır. Bu çalışmada Darcy Kanununa göre silindirik örnek üzerinde geçen su miktarı ölçülerek geçirgenlik katsayısının bulunması amaçlanmış ve bu amaçla bu test 7 ve 28 günlük örnekler üzerinde tekrarlanmıştır. Permeabilite cihazı ve deney örnekleri Şekil 5'de verilmiştir. Taze betonlar 15 cm çapında 30 cm yüksekliğinde ve ortasında 20 mm çapında delik bulunan kalıplara yerleştirilmiştir. Her karışım için 3'er adet hazırlanan örnekler, 24 saat kalıpla bekletildikten sonra, kalıptan alınmış ve ortasında bulunan çelik çubuk çıkarıldıktan sonra kür tankına yerleştirilmiştir. 60 günlük örneklerin alt ve üst yüzeyleri deney sırasında parafinle kaplanarak suya karşı geçirimsiz hale getirilmiştir. Özenle yalıtılan örnekler cihazdaki yerlerine yerleştirilmiştir. Geçirimsizlik değeri bulunacak örnekler, basınç artışı dakikada, 1 kgf/cm² olacak şekilde artırılarak erişilen 10 atmosfer basıncı uygulanmıştır ve bu basınç altındaki örneklerden günde 2 kez durum tespiti yapılmıştır. Bu işlem 7 gün sürdürülmüş ve bu süre sonunda deney tamamlanmıştır. Sonuçlar geçen su miktarlarına veya betona işleyen su derinliğine göre yorumlanmıştır.



Şekil 5. Permeabilite cihazı ve örnekler

3. ARAŞTIRMA BULGULARI

3.1. Yaş beton özellikleri

Yaş betonların çökme değerleri ve birim hacim ağırlıkları tablo 5'de verilmiştir.

Çizelge 5. Çökme deneyi sonuçları

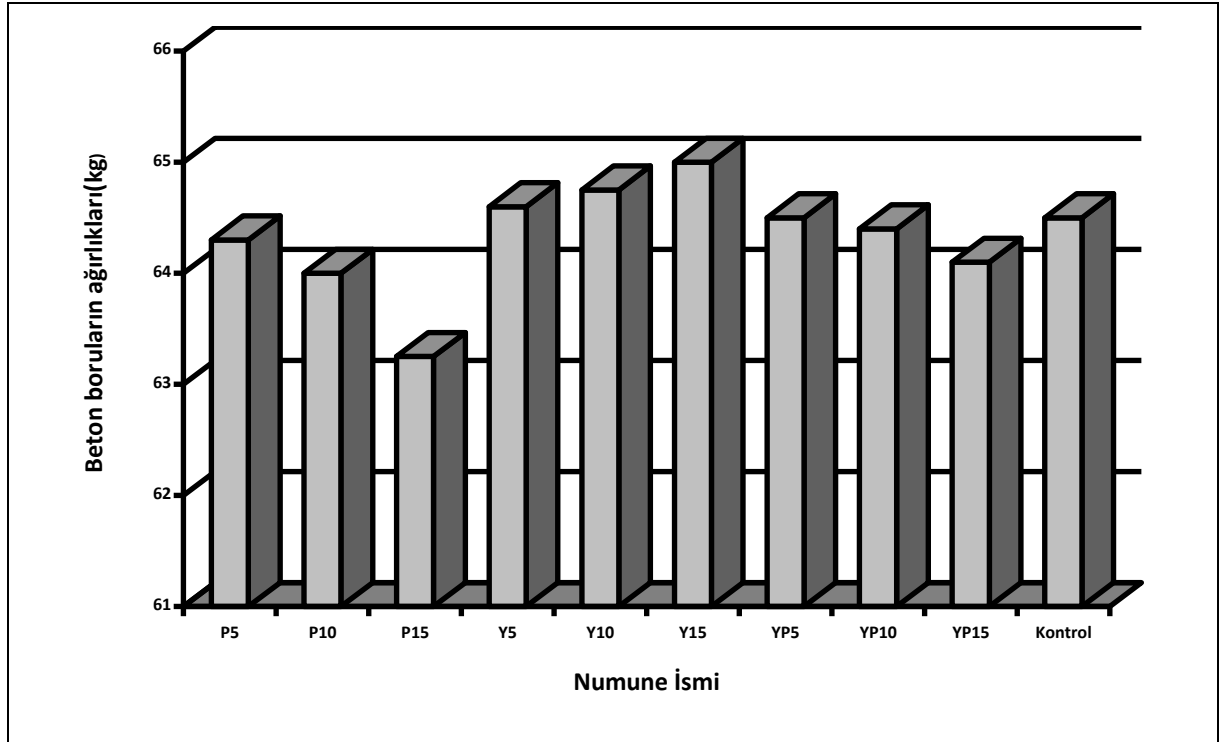
Numune Adı	Çökme (cm)	Birim hacim ağırlık değerleri (kg/m^3)
R	8	2415
P15	5	2395
P10	4	2365
P5	4	2350
Y15	7	2440
Y10	6	2425
Y5	5	2415
PY15	6	2385
PY10	6	2390
PY5	5	2405

Çökme değerlerinden hazırlanan betonların plastik kıvamda olduğu görülmektedir. Pomza, yüksek fırın cürufu ve pomza ile yüksek fırın cürufu katkılı betonların çökme değerlerinde % 2-3 civarında

azalmalar görülmektedir. Buradan betonların içerisine özellikle pomza katılmasıyla işlenebilirlik az da olsa azaldığı belirlenmiştir. Bunun nedeni ise pomzanın amorf yapısı ile açıklanabilir. Zira yüksek miktarda gözeneklere sahip olan pomza karışım suyunun bir kısmını iç bölgelerine alarak işlenebilmeği azalttığı görülmüştür. Ancak bu örneklerdeki içsel su emme daha sonra kür etkisi yaparak betonların uzun süre kür ihtiyacını karşılamaktadır. Bu da boruların uzun süre içsel kürlendiğini göstermektedir. Bu bulgular daha önceki çalışmalar tarafından da desteklenmektedir [19]. Pomza katılı betonların birim hacim ağırlık değerleri diğer örneklerle göre bir miktar düşük bulunmuştur. Bunun nedeni pomzanın düşük birim hacim ağırlığına sahip olması ile açıklanabilir. Aslında bu boruların taşınmasının kolaylığı açısından bir avantaj olarak değerlendirilmiştir.

3.2. Beton boruların ağırlıkları

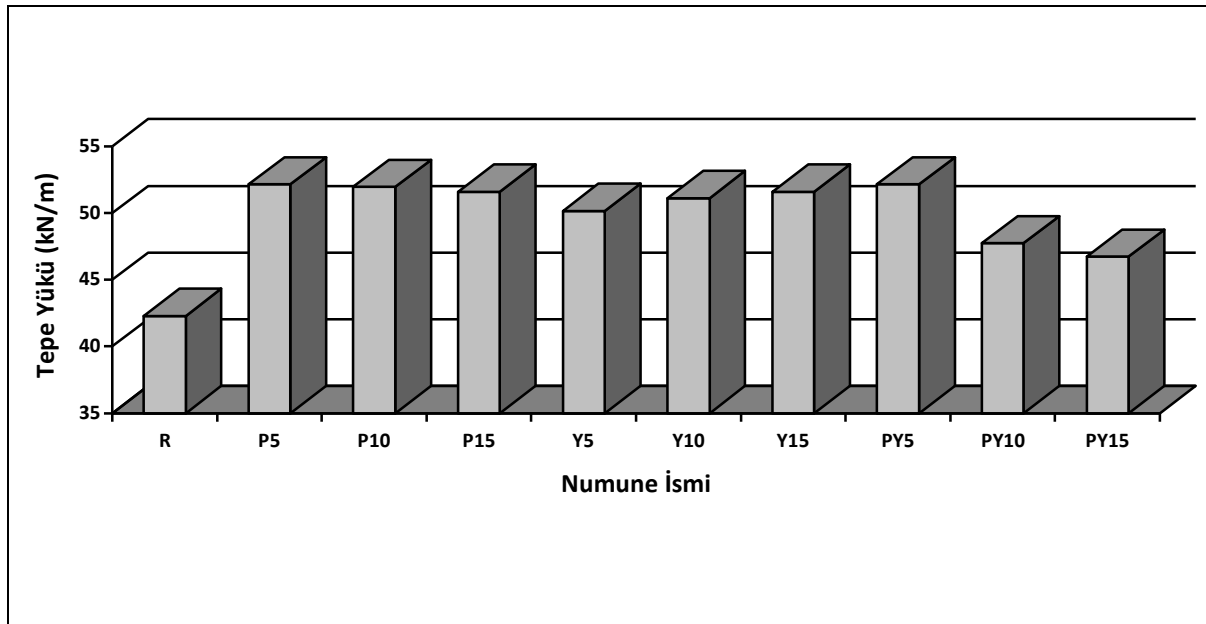
Üretilen numuneler tepe yükü basınç deneyi yapılmadan önce tartılmış ve aşağıdaki değerler tespit edilmiştir (Şekil 6). Beton borularda pomza katkısının ağırlıkta düşmeye sebep olduğu gözlenmiştir. Bu durum daha hafif beton elemanlar elde edilmesi konusunda kolaylık sağlayabilir.



Şekil 6. Beton boruların ağırlıkları(kg)

3.3. Tepe yükü dayanımları

TS 821 EN 1916'ya göre yapılan tepe yükü basıncı tespitine göre elde edilen basınç değerleri Şekil 7'de verilmiştir.



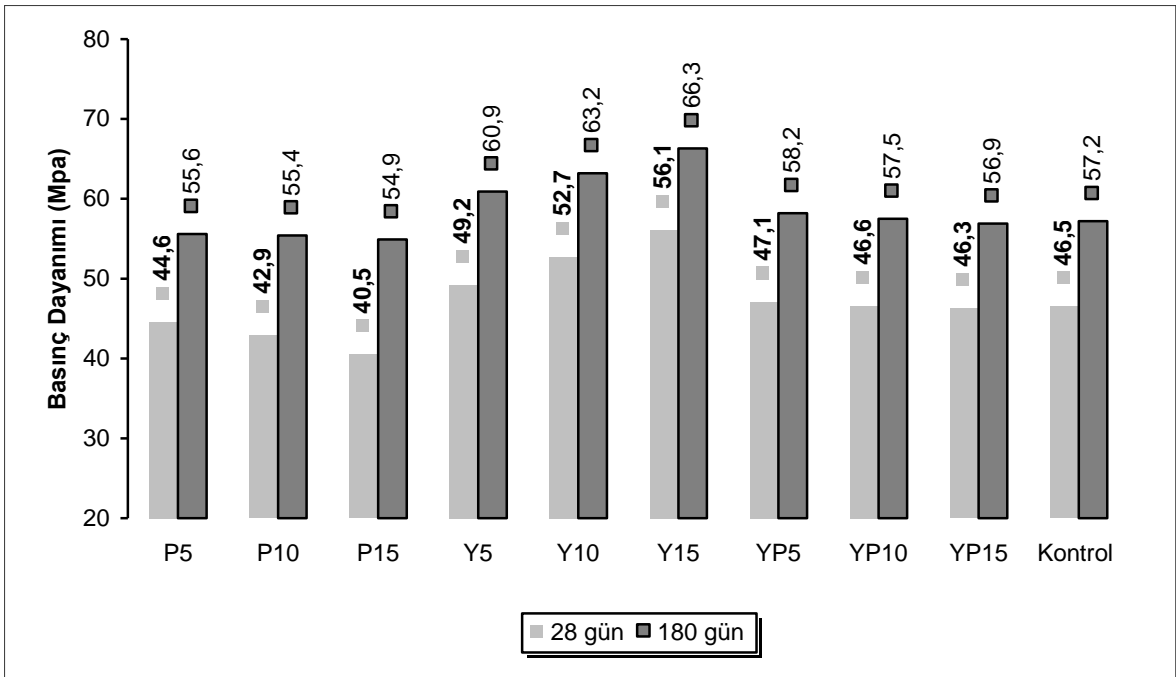
Şekil 7. Numunelerin tepe yükü ortalamaları

Yapılan deney sonuçlarına göre genel olarak en yüksek tepe basıncı pomza grubundan elde edilmiştir. En düşük tepe basıncı ise YFC ve Pomzanın ortak kullanıldığı grubun ortalamasıdır. Pomza, yüksek fırın cürufu ve pomza ile yüksek fırın cürufu katkılı betonlar ile katkısız (referans) beton boruların tepe basınç değerleri karşılaştırıldığında katkılı beton borunun daha fazla tepe basınç yükü aldığı görülmektedir. Numuneler tek tek ele alındığında ise en yüksek tepe basıncını P5 ve PY5 numuneleri vermiştir. Her ikisinin tepe yükü değerleri ortalaması 52,25 kN/m olarak bulunmuştur. En düşük değer ise Referans numunesinden alınmıştır. Bu numunenin tepe yükü değeri ise 42,29 olarak okunmuştur. Bu sonuçlara göre % 5'lik pomza katkısı

optimum olarak gözlenmektedir. Bu oranda ki pomza katkısı dayanıma olumlu yönde etki yaparken daha fazla katkı kullanılması durumunda dayanım agrega miktarındaki fazla azaltma yüzünden biraz daha düşmektedir.

3.4. Beton numunelerin basınç dayanımları

Numunelerin basınç dayanımları, kür havuzunda bekletilen örneklerle araştırılmıştır. Kontrol ve karışımlardan üretilen beton numunelerin 28 ve 180 günlük verileri alınmıştır. Numunelerin basınç dayanımları Şekil 8 deki gibidir.



Şekil 8. Numunelerin Basınç Dayanımları

28 günlük dayanımı en yüksek olan örnekler YFC örneklerdir. Bu örneklerin basınç dayanımları 49–56 MPa arasındadır. Bu grup örneklerin basınç dayanımları Kontrol numunesinden %20 daha büyüktür. Pomza katkılı örneklerin basınç dayanımları kontrol numunesinden %13 daha düşüktür. Yüksek fırın cürufu ve pomzanın aynı anda kullanıldığı örnekler ile kontrol numunelerinin basınç dayanımları yaklaşık olarak aynıdır.

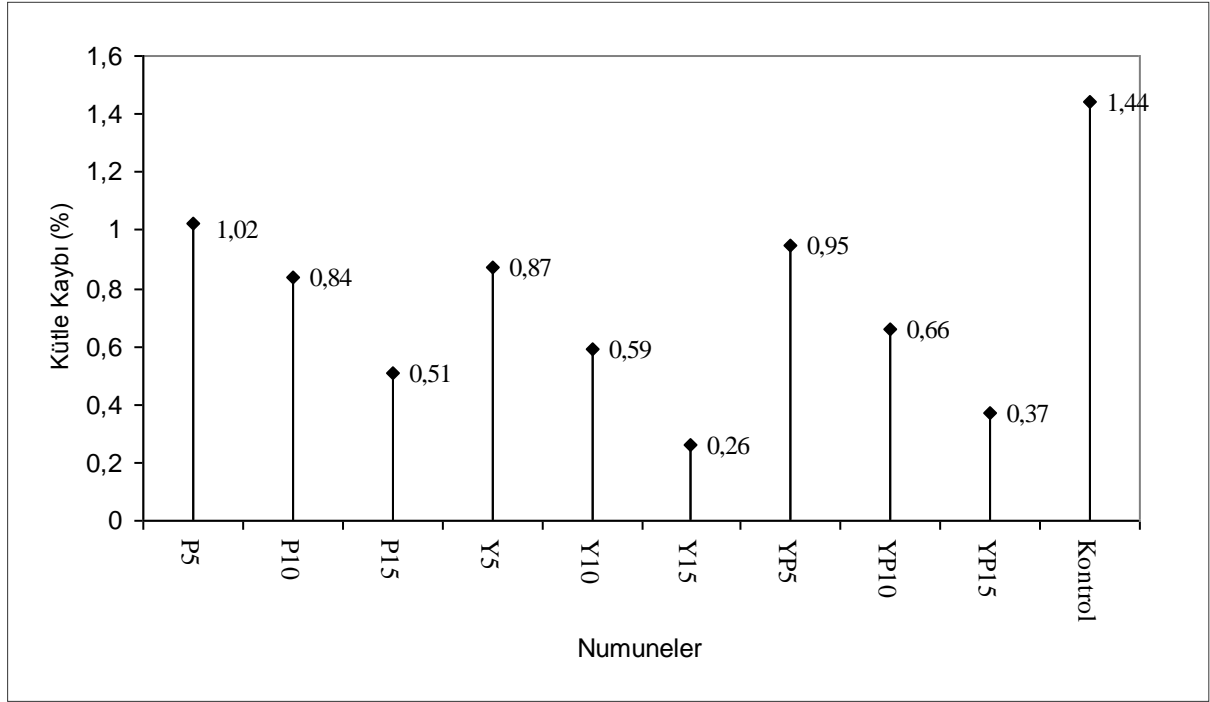
180 günlük dayanımı en yüksek olan örnekler YFC örneklerdir. Bu örneklerin basınç dayanımları 60–66 MPa arasındadır. Bu grup örneklerin basınç dayanımları Kontrol numunesinden %18 daha büyüktür.

Pomza katkılı örneklerin basınç dayanımları kontrol numunesinden daha düşüktür. Yüksek fırın cürufu ve pomzanın aynı anda kullanıldığı örnekler ile kontrol numunelerinin basınç dayanımları yaklaşık olarak yine aynıdır.

3.5. Sülfat dayanımları

3.5.1. Sülfat ortamında bekletilen numunelerin kütle kayıpları

%5 Na₂SO₄ çözeltisinde 180 gün bekletilen numunelerin kütle kayıpları Şekil.9'da verilmiştir.



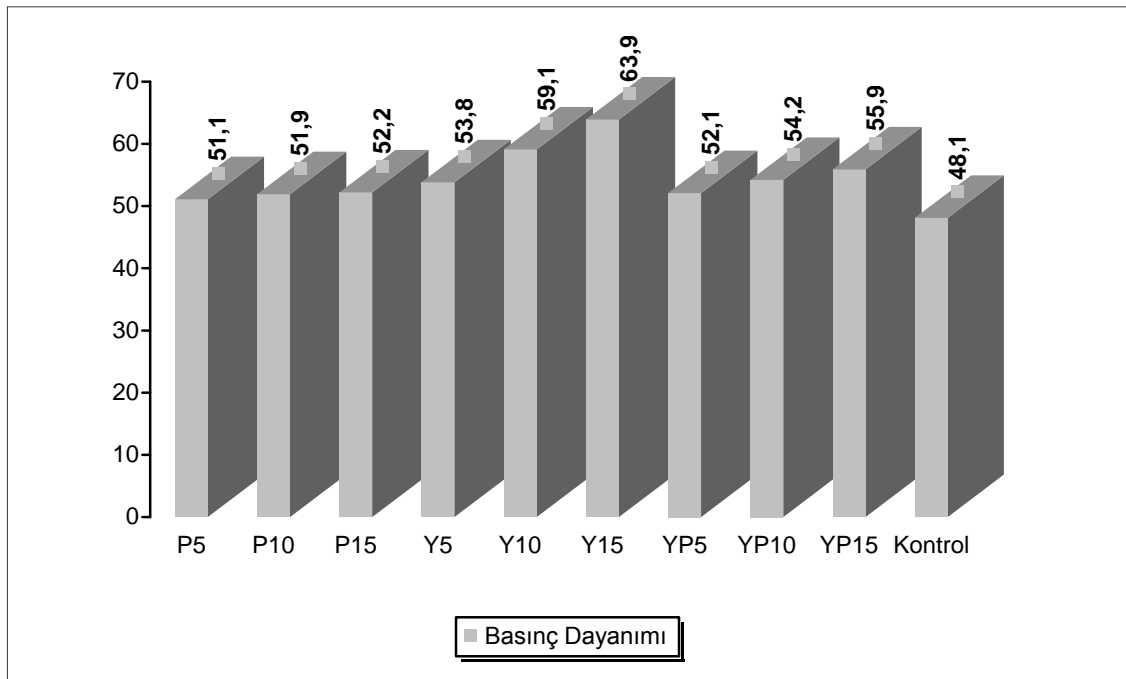
Şekil 9. Sülfat ortamında bekletilen numunelerin kütle kayıpları

Kısa süreli sülfat ortamında bekletilen numunelerde gözlenen ağırlık kayıpları açısından, en az ağırlık kaybını Y15 numunesi gösterirken en fazla kütle kaybı kontrol örneğinden elde edilmiştir. Genel olarak katkı örneklerde daha az kütle kaybı gözlenmiştir. Bu ise puzolanik malzemelerin sülfatlara dayanıklı olmasının bir sonucudur. Beton boruların uzun süre agresif ortamlara maruz kalacağı dikkate alınırsa bu tip

betonlarla üretilen boruların performanslarının daha iyi olacağı açıktır.

3.5.2. Sülfat ortamında bekletilen numunelerin basınç dayanımları

%5 Na_2SO_4 çözeltisinde 180 gün bekletilen numunelerin basınç dayanımları Şekil.10'da verilmiştir.



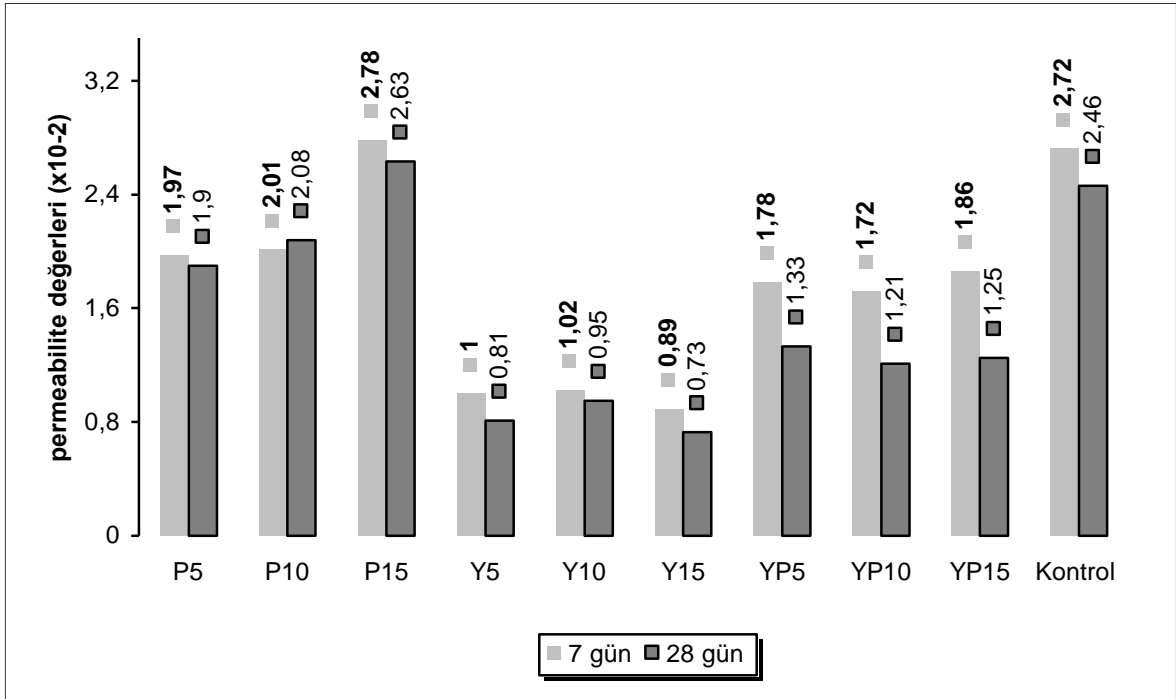
Şekil 10. Sülfat ortamında bekletilen numunelerin basınç dayanımları

Beton numunelerin basınç dayanımları incelendiğinde, en düşük dayanımın kontrol örneğinden en yüksek basınç dayanımının ise Y15 numunesinden elde edildiği görülür. Bu kadar kısa süreli deney sonuçlarında bile söz konusu örneğin basınç dayanımı kontrol örneğinden %25 daha büyük bulunmuştur. Ayrıca genellikle yüksek fırın cürufu katkılı ve sülfat ortamında bekletilen numunelerin basınç dayanımları diğerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuçları daha önce yapılmış çalışmalar [10] da desteklemektedir.

3.6. Permeabilite değerleri

Yapılan 30 cm boyunda ve 15 cm çapındaki örnekler 7 gün boyunca 10 atm basınçlı su altında tutulmuş ve su akışına rastlanmamıştır. Suyun betona

işleme derinliği (suyun betonu nemlendirdiği kısım), beton ortadan ikiye ayrılarak milimetrik olarak ölçülmüştür. Laboratuvar ortamında bekletilen silindirik örneklerinin K değerleri Şekil 11'de verilmiştir. Denizde bekletilen örneklerin permeabilite değerleri ile laboratuvar ortamında bekletilen örneklerin permeabilite değerleri paralel sonuçlar göstermektedir. Bu sonuçlara göre, maksimum geçirgenliğin yalnızca pomza içeren örneklerde özellikle P15'te, minimum geçirgenliğin ise % 15 yüksek fırın cürufu katkılı Y15 örneğinde gözlenmiştir. Pomza katkılı örneklerin permeabilite değerleri referans örnekten de yüksek bulunmuş ve bunun nedeni pomzanın geçirirli/gözenekli yapısı ile açıklanmıştır.



Şekil 11. Örneklerinin permeabilite değerleri ($\times 10^{-2}$)

Sadece pomza içeren örnekler dışında bütün örneklerin geçirirliliği kontrol örneğinden düşük bulunmuştur. Maksimum geçirgenliğin yalnızca pomza içeren örneklerde özellikle P15'de, minimum geçirgenliğin ise %15 YFC katkılı Y15 örneğinden elde edilmiştir. Bu durum pomzanın gözenekli yapısı ile açıklanabilir.

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Çalışmadan aşağıda verilen sonuçlar çıkarılmıştır.,

1- Beton boru üretiminde agreganın bir miktarının yerine pomza kullanılmasının beton tepe yükü açısından olumlu sonuçlar doğurduğu gözlenmiştir.

Beton borularda yüksek fırın cürufu oranı arttıkça tepe yükü basınç dayanımı artmıştır. Yapılan çalışmada optimum pomza katkısı oranının % 5 olduğu gözlenmiştir.

2- Beton borularda pomza katkısının ağırlıkta düşmeye sebep olduğu gözlenmiştir. Bu durum daha hafif beton elemanlar elde edilmesi konusunda kolaylık sağlayacaktır.

3- Üretilen beton borularda aynı dozajda oldukları halde pomza , yüksek fırın cürufu ve pomza ile yüksek fırın cürufu katkılı beton boruların tepe basınç dayanımı referans örneğe göre ortalama % 20 daha fazla bulunmuştur. Özellikle basınç dayanımlarındaki

artışların daha çok %5-10 oranında pomza ve yüksek fırın cürufu katılmasıyla sağlandığı sonucuna varılmıştır.

4- Yüksek fırın cürufu ve granüle bazaltik pomza ile sadece yüksek fırın cürufu katkılı örnekler en yüksek dayanım ve en düşük permeabilite değerlerine sahipken sadece granüle bazaltik pomza katkılı örnekler en yüksek permeabiliteye sahiptirler.

5- Beton borularda pomza oranı arttıkça borunun ağırlığı azalmıştır. Bu durum pomzanın özgül ağırlığının düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Hafif olan beton borular kuşkusuz beton boru döşenme işçiliğini azaltacaktır.

6- Örneklerin sülfat dayanımları incelendiğinde; pomza ve YFC katkılı örneklerde ağırlık kayıplarının en düşük olduğu görülmüştür. 180 gün süreyle sülfat çözeltisinde bekletilen örneklerde en iyi dayanıklılığı YFC15 gösterirken, en dayanıksız örnek kontrol örneği olmuştur. Pomza ve yüksek fırın cürufu katkılı örneklerde; pomza ve yüksek fırın cürufu katkı oranı arttıkça ağırlık kayıpları azalmıştır. Bu sonuçlar pomza ve yüksek fırın cürufu'nun sülfata karşı dayanıklı olmasından ortaya çıkmıştır.

7- Sülfat çözeltisinde bekletilen numunelerin basınç dayanımları, ağırlık kayıplarıyla benzer sonuçlar vermiştir. Ağırlık kaybı fazla olan numuneler daha dayanıksız olurken, ağırlık kaybı az olan numuneler daha fazla basınç dayanımı göstermiştir. Ağırlık kaybı en fazla olan kontrol örneği en düşük dayanımı verirken, sülfata en dayanıklı olan YCF15 örneği en yüksek dayanımı vermiştir.

8- Bütün bu sonuçlar ışığında, yüksek fırın cürufu ve pomza katkısı ile üretilen beton borular kanalizasyon sistemlerinde kullanıldığında sistemin ömrünü uzatacaktır. Buda ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Ülkemizde bol miktarda bulunan bazaltik pomza ve yüksek fırın cürufunun bir kullanım alanı daha bulunmuş olmaktadır.

9- Uzun süre toprak altında bırakılan pomza, yüksek fırın cürufu ve pomza ile yüksek fırın cürufu katkılı beton boruların dayanımlarında zamanla önemli oranda bir artışın olacağı ve durabilite açısından daha yüksek performans göstereceği düşünülmektedir. Bu durum mineral katkılı beton boruların basınçsız pis su ve yağmur suyu inşaatlarında kullanılmasının çok uygun olacağını gösterir [19]. Elde edilen sonuçlara göre, değişik yıkıcı asit veya tuzların olabileceği pis su tesisatlarında kullanılacak beton boruların üretiminde GBP ve YFC ince agrega yerine kullanılabilir. Böylece sözü edilen kimyasal bozulmaların önüne geçilebilir veya etki düzeyi azaltılabilir.

REFERANSLAR

- [1] Özkul H, Taşdemir M.A, Tokyay M, Uyan M., 2004. Meslek Liseleri İçin Her Yönü İle Beton, Türkiye Hazır Beton Birliği Yayını, İstanbul, 75s.
- [2] Baradan B, Yazıcı H., 2003. Betonarme Yapılarda Durabilite ve TS EN 206-1 Standardının Getirdiği Yenilikler, TMH-Türkiye Mühendislik Haberleri Sayı 426.
- [3] Düzbasan S, Uluöz S, Yakıt E., Çelik Lifli ve Kafes Donatılı Beton Boru Performanslarının Mukayesesi, Türkiye Prefabrik Birliği 11. Beton Prefabrikasyon Sempozyumu, İzmir.
- [4] Arı K, Haktanır T, Altun F, Karahan O., 20**, Beton Borulara Çelik Lif Katkısının Mekanik Özelliklere Etkisi, Türkiye Hazır Beton Beton Birliği 4. Beton Kongresi, İstanbul.
- [5] Yıldız S, Ulucan Z.Ç., Beton Borularda Cam Lif Katkısının Tepe Yüğü Dayanımına Etkisinin Araştırılması, Gazi Ün. Müm. Mim. Fak. Der., 23(2008) 267 – 271.
- [6] Binici H, Kaplan H, Yılmaz S., Influence of marble and limestone dusts as additives on some mechanical properties of concrete, Scientific Research and Essay, 9 (2007) 372-379.
- [7] Binici H., Effect of crushed ceramic and basaltic pumice as fine aggregates on concrete mortars properties, Construction and Building Materials, 21 (2007) 1191-1197.
- [8] Binici H., Yuçegok F, Aksogan O, Kaplan H., Effect of corncob, wheat straw and plane leaf ashes as mineral admixtures on concrete durability, ASCE, Civil Engineering Materials, 20 (2008) 478-483.
- [9] Binici H, Shah T, Aksogan O Kaplan H., Durability of concrete made with granite and marble as recycle aggregates, Journal of Materials Processing Technology, 208 (2008)299-308.
- [10] Binici H, Aksogan O, Kaplan H, Görür E.B, Bodur M.N., Hydro-abrasive erosion of concrete incorporating ground blast-furnace slag and ground basaltic pumice, Construction and Building Materials, 23 (2009) 804-811.
- [11] Binici H, Zengin H, Zengin G, Kaplan H and Yuçegok F., Resistance to sodium sulfate attack of plain and blended cement containing corncob ash and ground granulated blast furnace slag, Scientific Research and Essay, 4 (2009) 98-106.
- [12] Binici H, Durability of heavyweight concrete containing barite, International Journal of Materials Research, 101 (2010) 1052-1059.
- [13] Topçu İ.B, Boğa A.R., Uçucu Kül ve Çelik Liflerin Beton Ve Beton Borularda Kullanımı, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Müh.Mim.Fak.Dergisi, 2(2005) 1-9.
- [14] Binici H, Kaplan H, Yaşarer F, Pomza Katkılı Boyalarla Kaplanan Betonların Durabilitesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13 (2009) 40 – 47.
- [15] Sağın S, Demir İ, (2005), Pomza ile Üretilen Hafif Beton Blokların Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi, Antalya, 352 – 358.

- [16] 16.Binici H., PÇ-GYFC-Pomza Üçlü Karışımlarının Özellikleri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2002.
- [17] 17.Öner M., 2001, Yüksek Fırın Cürufklarının Çimento Üretiminde Kullanımında Öğütmeyle İlgili Parametrelerinin Belirlenmesi, Hacettepe Üniversitesi Yer Bilimleri Araştırma ve Uygulama Merkezi Bülteni, 23 (1) 61 – 69.
- [18] Erdoğan Y. T., 2003, Beton, Metu Pres, Ankara, s. 478 -512.
- [19] Yıldız S, Ulucan Z.Ç., 2008, Beton Borularda Cam Lif Katkısının Tepe Yük Dayanımına Etkisinin Araştırılması, Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 23(2) 267-271.
- [20] TS 821, “Beton ve Betonarme Borular-Özel Parçaları (Basıncsız Pis Su ve Yağmur Suyu İçin), TSE Ankara, 1993.