

Hafif Pomza, Volkanik Cüruf Ve Kazan Cürüflü Agregaların Darbe Mekanik Dayanımı - Ürün Hafif Betonun Dayanım Karakterizasyonu

Impact Strength of Lightweight Pumice, Volcanic Slag and Boiler Bottom Slag Aggregate-Characterization Strength of Light Weight Concrete

Y.İ. Tosun

Şırnak Üniversitesi, Maden Mühendisliği Bölümü, Şırnak

ÖZET Tatvan pomza, volkanik cüruf ve Şırnak Kazan cüruf agrega numuneleri basınç dayanımı ve darbe shatter dayanımı testine tabi tutulmuş ve ürün hafif betonun mekanik dayanımı irdelenmiştir. Shatter dayanımı -40 mm +25 mm boyutundaki hafif agrega numuneleri sabit 5 kg lık darbe balyoz ağırlığının 500*φ80 kovanda düşme etkisi ile ürün boyutunun ufalması ve tozlaşması olarak belirlenmiş ve ürün hafif beton blokların basma dayanımı ile kıyaslanmıştır. Böylelikle gözenekli hafif agregaların dayanım değerleri daha önceden 22 adet agrega numunesi ile belirlenmiş ideal dayanım şablonu üzerinde tanımlanmıştır. Bu çalışmada 3 adet hafif agrega numunesinin dayanımları 7,2 MPa dan 18,4 MPa çıkmıştır. Darbe shatter dayanım değerleri %38 ile %74 arasında değişmiştir. Hafif beton yapı blokları %50 oranlarında volkanik cüruf, pomza ve taban cürüfları ile ayrıca harmanlanmış, ürün betonun dayanımı 28günlük kür sonunda %30 hacim çimento oranında 17,4 MPa ulaşmıştır.

ABSTRACT The aggregate samples of Tatvan pumice, volcanic slag and Şırnak boiler slag were subjected to the impact shatter test and the compression test and the compression strength of the produced lightweight concrete were interrelated with the regarding aggregates. Shatter resistance of -40 mm +25 mm sized lightweight aggregates are determined as the resulted fines with subjected to impact load of 5 kg impact hammer drop at 50 cm height in the 500*φ80 steel barrel and the results are discussed with the strength of lightweight concrete. Strength values of aggregates were defined on a drawn pattern previously determined with 22 different types of aggregate rock samples. In this study, the strengths of 3 different porous aggregates changed from 7,2 MPa to 18,4 MPa. Impact shatter resistance varied between 38% and 74%. The mixtures of volcanic slag and boiler slag aggregates were also investigated in lightweight concrete production. The strength of products at 28 curing period and 30% cement rate reached to 17.4 MPa strength.

1 GİRİŞ

Agrega üretimi esas olarak doğal taşların kırma ve eleme tesislerini kapsar ve agrega kalitesi en uygun yapı malzemesi şartnamelerini sağlayan agrega türleri üretilmelidir. Hafif kayacın basma dayanımı ve gözenek yapısı aşınma özelliği agreganın hafif yapı elemanı üretiminde kullanımını etkiler (Park vd. 2005, Moulia ve Khelafib,

2008). Tras, tüf, volkanik cüruf gibi kayaçlar hafif agrega üretimini olanak sağlar (Doel, 2007, Piora ve Piora, 2004, Szilagyi ve Terec, 2013).

Hafif agregayı sağlayacak kayaçta alterasyon toz oluşumunu kırmada arttır. Kaliteli ve köşeli kübik şekilli gradasyona uygun agrega üretimi önemli olmaktadır.

Hafif agrega üretiminde kalite ve maliyet dengesini sağlamak için gerekli en ideal

kırma öğütme ve eleme teknolojisi uygulanmalıdır. Özellikle hafif agreganın aşırı kırmaya tabi tutulmaması gerekir. Uygun kırma mekanizması kullanılmalıdır.

Hafif beton 1100 kg/m^3 görünür özgül ağırlıktadır. Doğal veya sentetik hafif agregalar içerir. Yüksek iç gözenekli hafif agregalar nedeniyle düşük görünür özgül ağırlık veren blok üretilebilmektedir (Anagnostopoulos ve Stivanakis, 2009). Hafif agregalar en önemli yönü gözenekliliktir. Bu nedenle yüksek su emme değerlerine sahiptir. Agregalar önceden ıslatılarak (ama doyurarak değil) beton bloklarda su emme azaltılabilir (Bhatty vd., 1989). Bir sorun teşkil etmemesi için (hafif beton için) ASTM C330, (kaplama için) C331, ve (yalıtım beton için) C332 standartları kullanılır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Hafif Agregalar Sınıflandırması (ASTM C330, C331 ACI değerleri)

Agrega Türü	Agrega Kuru Ağırlık (kg/m ³)	Beton Ağırlık (kg/m ³)	28Gün Basma Dayanımı (MPa)	Su Emme (Ağ., %)
Genleştirilmiş şeyl, kil, sleyt,	550-1050	110-1850	14-42	5-15
Köpük cüruf	650-900	110-1850	14-42	5-25
Sinter Uçucu Kül	600-1000	1350-1900	14-42	14-24
Vermikulit	65-200	400-950	0,67-3	20-35
Genleştirilmiş perlit	65-250	550-800	0,6-3,5	10-50
Pomza	200-700	800-1300	4-5	-
Genleştirilmiş cam	250-500	1200	9	5-10
Genleştirilmiş polystren bilyalar	30-150	300-900	0,7-12,5	-
Yuvarlatılmış tuğla	750	1750-1900	7,7-21	19-36
Kırma Taş	1450-1750	2250-2400	21-50	0,5-2

Yerel ucuz doğal hafif yapı kayalarının değerlendirilmesi ve ideal hafif yapıların jeomekanik niteliklerinin irdelenmesi gerekmektedir (Simsek, O. 2004, Bieniawski, 1967). Bu çalışmada uygun kırma teknolojisi ile hafif yapı elemanına uygun Şırnak ilinin kömür kazanlarındaki atık kazan taban kül cüruflarından Kula volkanik cürufundan ve Tatvan pomzasında temsili numuneler alınarak jeomekanik parametreleri belirlenmiş ve irdelenmiştir.

Farklı kazan taban cürufları (Şırnak Taban külünün %60-70 ağırlık oranındaki +2mm kısmı) genelde dayanım ve sertlik özelliklerine bağlı heterojen yapılar içermektedir. Az gözenekli ve dayanımları bağıl olarak daha yüksek agregalara göre bunların dayanımlarının belirlenmesi daha zordur (Sarı ve Pasamehmetoğlu, 2005). Bu tip hafif agregaların dayanımı ve yenilme tipi, farklılıkları oluşturan bileşenlerin heterojen yapı içerişindeki dağılımına, gözenek dağılımına, çatlak yönelimlerine, miktarına ve bu bileşenlerin dayanım ve sertlik derecelerine bağlıdır (Demirdağ ve Gündüz, 2008, Gündüz a, b, 2008). Bu durum heterojen bir cüruf içerişindeki iri ve ince gözenekli yapılar içeren agregalar için oldukça önemlidir. Şırnak ili kazandibi cürufların %24-48 gözenekli yapılarından ve ortalama $700-950 \text{ kg/m}^3$ görünür özgül ağırlığından dolayı özellikle hafif agregalar olarak pomza ve volkanik cüruf ile kıyaslaması bu çalışma kapsamında değerlendirilmiştir.

Bu araştırmaya konu olan pomza Tatvan ilçesinden çıkarılmaktadır. Bu çalışmada temel olarak 5x5x5 cm küp pomza ve taban cürufu numuneleri laboratuvar koşulları altında nokta yükleme dayanımı ve tek eksenli basınç dayanımı testlerine tabi tutulmuştur. Bu testler de makro yapısal ve mineralojik incelemeler yapılmıştır. Hafif agreganın gözenekli yapısından ötürü darbe dayanımı modifiye bir darbe ağırlık shatter testi ile belirlenmiştir. Üretilen belirli iri ve ince boyutlu agregalar numunelerinden daha geçirimli ve gözenekli blok beton üretimi sağlanmıştır. Özellikle 14-28 günlük kürde basınç dayanımı ve donatı dayanımları yeterli değerlerde olmaktadır.

Bu teknolojik uygulamalar ile yerel doğal taşların hafif yapı agregası olarak değerlendirilebilirliği daha da geliştirilebilmektedir. Böylelikle en ideal sıkı paketleme ile de bu hafif agregadan üretilen blokların dayanımları da 19-20 MPa çıkabilmektedir.

2 MATERYAL VE YÖNTEM

Deneylerde kullanılan kazandibi cürufları Şırnak ili kalorifer kazanlarından temsili olarak temin edilmiştir. Şırnak kazan cürufu, volkanik cüruf ve Tatvan pomzasının kimyasal bileşimi Çizelge 2 de verilmiştir.

2.1 Kimyasal Analizler Ve Parlak Kesit İncelemesi

Numunelere ait mineralojik bileşimler Standard kimyasal analizleri yardımıyla tespit edilmiştir. Numuneler ilk olarak çeneli kırıcıda 40 mm den 10 mm'nin altındaki boyutlara getirilmiş ve 0.1 mm ye havanda öğütülerek homojenize edilmiştir. Toz numuneler silika içeriği için platin krozede HF ile çözeltiye yakılmıştır.

Çizelge 2. Şırnak ili kazandibi cürufu, volkanik cüruf ve Tatvan pomzasının kimyasal bileşim değerleri

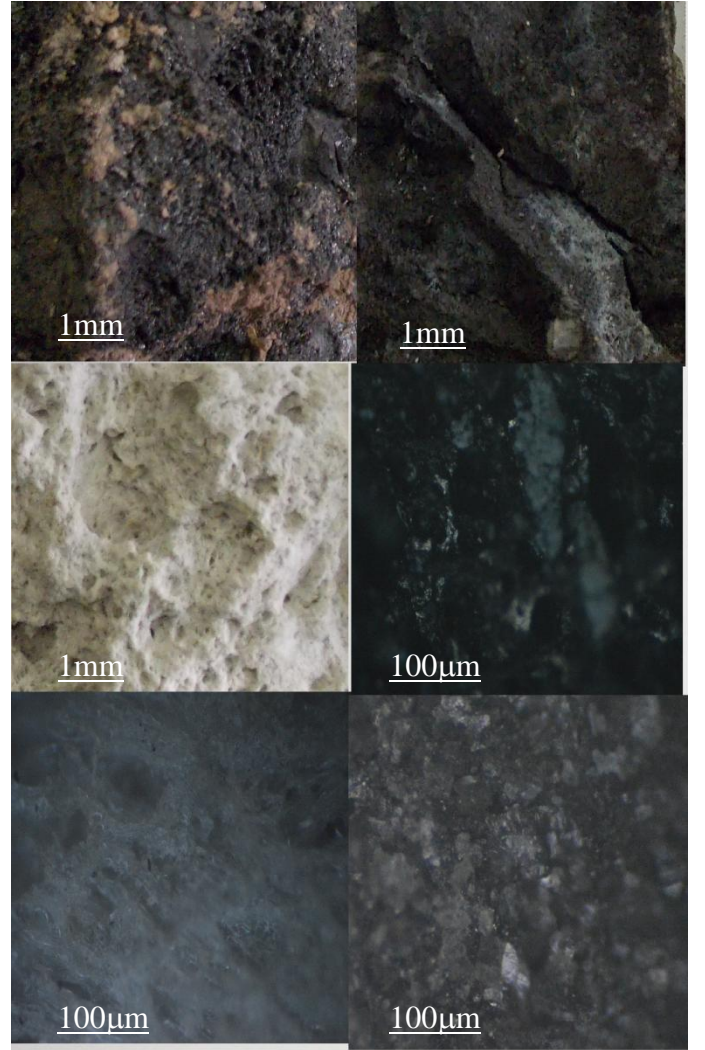
% Bileşen	Şırnak kazan cürufu	Volkanik cüruf	Tatvan pomzası
SiO ₂	43,48	50,50	60,13
Al ₂ O ₃	16,10	14,61	17,22
Fe ₂ O ₃	10,52	24,30	4,59
CaO	8,48	2,30	2,48
MgO	3,80	1,28	2,17
K ₂ O	2,51	2,51	3,51
Na ₂ O	1,35	1,35	4,35
Kızma K.	10,9	0,21	4,12
SO ₃	0,32	0,12	0,52

Bu çalışmada parlak kesitler ile gözenek ve mikro yapı incelenmiştir. Parlak kesit hazırlanmasından önce akışkan bir sarı renkli epoksi reçine örnekler orta derecede bir vakum ile emdirilmiştir. Bu reçine gözeneklere nüfuz ederek mikroskop altında gözeneklerin daha kolay görünmesini sağlamıştır (Şekil 1).

2.2 Tane boyutu analizleri

Yaklaşık 1-0,5 kg lık temsili numuneler 20 dk lık standart elek serileri ile elenmiştir. ASTM C330 standardına uygun olarak No4 ve No200 eleklerden elenerek iri ve toz numuneler ayrılmış, her biri $\sqrt{2}$ ve $\sqrt[4]{2}$ serisine (ASTM C136) göre elenerek boyut dağılımları Gaudin Schumann ve RRS e göre belirlenmiştir. Bu testlere göre Gaudin Schumann tane boyut yaklaşımının RRS göre daha uygun yaklaşımı ve sıkı

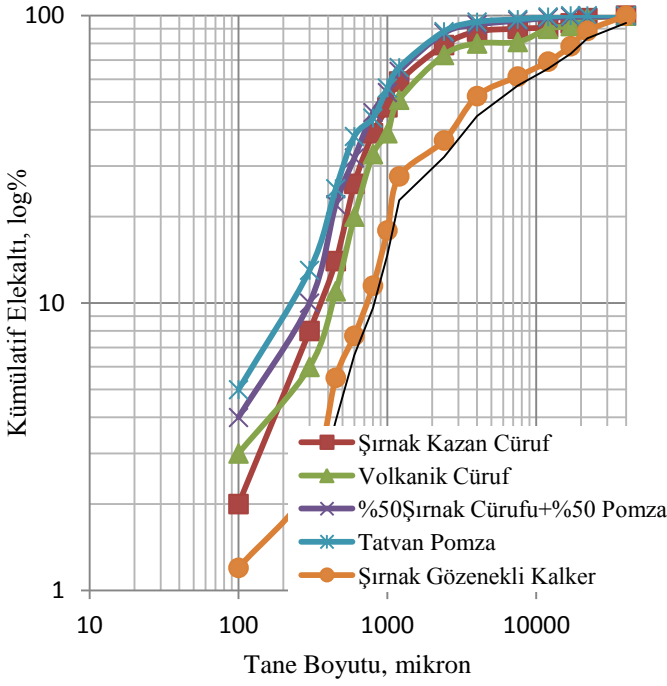
paketlenme yoğunluğu sağladığı gözlenmiştir (Campione ve La Mendola, 2004, ASTM C330).



Şekil 1. İncelenen cürufuların tipik görüntüsü Şırnak Kazan Cürufu, Volkanik cüruf, Tatvan Pomzası

Bu testler sırasında Gaudin Schumann dağılım indeksi kaba paketlenme gözenekleri hafif beton üretimi için irdelenmiştir. Buradaki tane dağılım oranı log%/µm olarak hesapla belirlenmiştir (Şekil 2 ve 3). Agrega tanelerinin boşluk oranı [v: % Boşluk oranı ile iri boyutlu tanelerin % hacim doluluk oranı 1/1+v olarak ve gözenek %:1-(1/1+v)] olarak hesapla belirlenmiştir. Tane şekil değiştirmeleri fotoğraf tekniği ile üst boyut şekil değiştirmenin olduğu varsayılarak belirlenmiştir.

Testlerde kontrol agrega olarak %50 Şırnak kazan cürufu %50 gözenekli kalker karışımı kullanılmıştır.



Şekil 2. Agregaların Gaudin Schumann tane boyut dağılımı

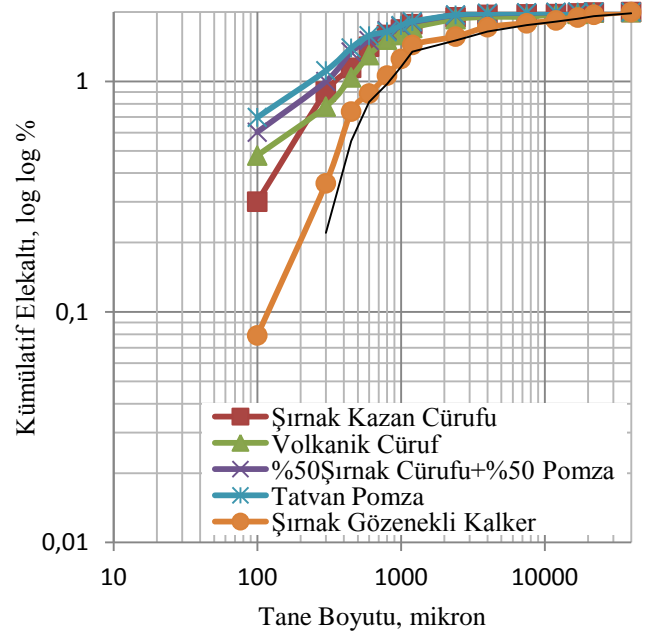
Çizelge 2. Agregaların elek analizi sonuçları agregası

		32	16	8	4,8	2,8	1,2	0,6	0,21
Volkanik Cüruf	0-5				99	87	66	17	9
	5-15		100	38	0,2				
	15-40	98	2						
Şırnak Kazan Cüruf	0-5				99	91	70	23	8
	5-15		100	48	0,1				
	15-40	96	1						
Tatvan Pomza	0-5				99	95	66	32	14
	5-15		100	52	0,2				
	15-40	98	2						
Kalker	0-5				99	72	48	11	3
	5-15		100	21	0,0				
	15-40	88	0,2						

2.3 Darbe Dayanım Testleri

Modifiye Shatter Test hücresindeki darbe etkisi ile boyut değişimi eleme hassasiyetinde 5mm altı ve 25 mm üzeri ağırlık oranı olarak ölçülmüştür. Modifiye darbe shatter dayanımı (ASTM D6024-07)

(Hafif agregası için) testlerinde 5kg lık balyoz ağırlık 2 kere 30cm yükseklikten 8 cm iç çapındaki çelik kovan içerisindeki (Şekil 4) 100 gr -40 +25 mm'lik agregası üzerine düşmeye bırakılarak belirlenmiştir. Göreceli olarak 5 mm altı aşınma direnci ve 25 mm üzeri ağırlık yüzdesi de, darbe dayanımı olarak belirlenmiştir. +25 mm ürün ağırlık %50 ağırlık üzeri daha yüksek darbe dayanımı olarak irdelenmiştir. Sonuçlar hafif agregaları için Şekil 5 te gösterilmiştir.



Şekil 3. Agregaların RRS tane boyut dağılımı



Şekil 4. Modifiye darbe shatter dayanımı test düzeneği fotoğrafı

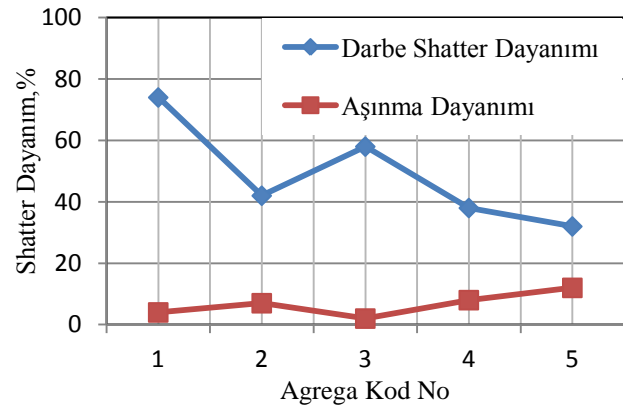
2.4 Basınç Dayanım Testleri

Test numuneleri 5x5x5 cm bloklar olarak üretilmiş ve 10 adet numune tek eksenli

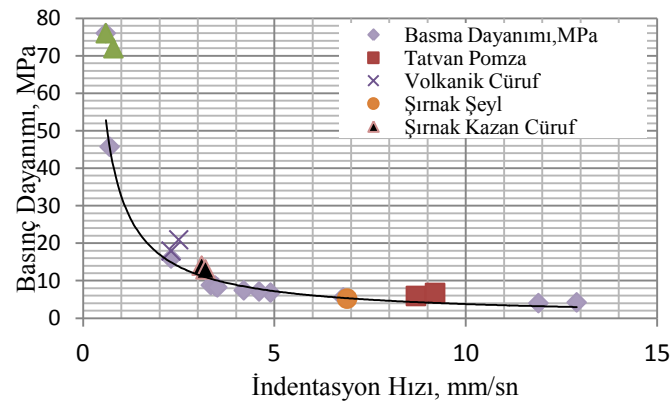
basınç dayanımı testine ELE markalı preste kırılarak %95 doğruluk oranında belirlenmiştir. Sonuçlar hafif agregalar için Şekil 6 ve 7 de gösterilmiştir.

2.5 Hafif Beton Üretimi

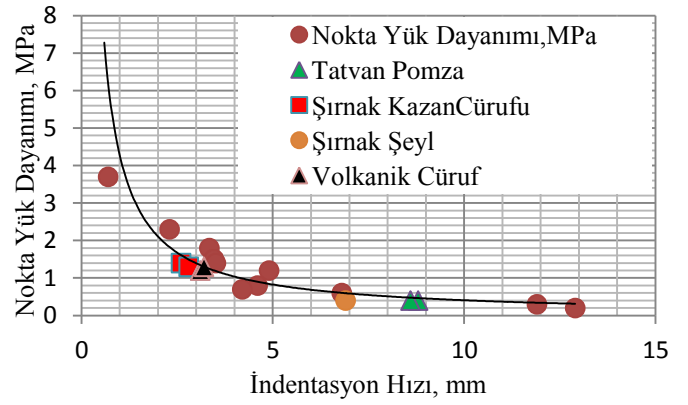
Bu çalışmada; Şırnak ve Siirt ili Kazan cürüfları ve Tatvan ilçesinden temin edilen pomza numuneleri 40mm altındaki boyuta kırılmış olan agrega kullanılmıştır. Agrega karışım oranları en büyük dane boyutu 40 mm olmuştur.



Şekil 5. Tek eksenli basınç dayanımı test sonuçları. 1. Şırnak Cürufu, 2.%50 Volkanik cüruf+%50 pomza, 3.Volkanik Cüruf, 4.%50 Şırnaküruf +%50 Pomza. 5.Tatvan Pomza

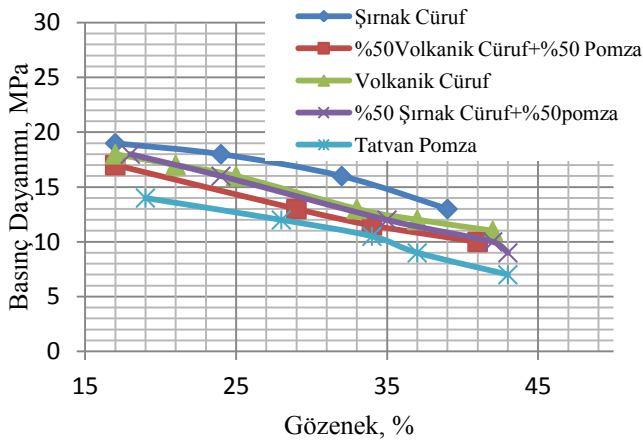


Şekil 6. Tek eksenli basma dayanımı test sonuçlarının indentasyona bağlı değişimi.



Şekil 7. Nokta yük dayanımı test sonuçlarının indentasyona bağlı değişimi.

Hafif beton üretiminde TS 706 da verilen sınır değerler arasında kalacak şekilde %50 0–5mm hafif agrega (%50 pomza/cüruf) , %25 5–15 mm kırma hafif agrega(%50 pomza/cüruf) ve %25 15–40 mm kırma (%50 pomza/cüruf) olarak ayarlanmıştır. Kullanılan agregaların elek analizi sonuçları Çizelge 2 de verilmiştir. Bu çalışmada C 20 sınıfı betonların üretilmesi hedeflenmiştir(TS EN 12390-3,-4, ASTM C 618). Bağlayıcı olarak CEM I 32,5 tipi Mardin Limak çimentosu kullanılmıştır. Su/ Bağlayıcı (S/B) oranı üretilen betonların 28 günlük basınç dayanımı göz önüne alınarak seçilmiştir. Ön deneyler sonucunda S/B oranının 0,50 olmasına karar verilmiştir. Her bir seride bağlayıcı miktarının %10, %20, %25 ve %30 oranlarında çimento 4 seri beton üretilmiştir(Gündüz, a b 2008, Gündüz ve Uğur, 2005, Gündüz vd., 2007, Gündüz vd., 1998). 28 günlük kür havuzlarında bekletilerek basınç dayanımları belirlenmiştir. Ayrıca beton karışım hesapları yapıldıktan sonra her beton türü için 3 adet olmak üzere 10x10x10 cm boyutlarına sahip olan küp kalıplara beton dökümleri yapılmıştır. Sonuçlar hafif agregalar üretilen hafif beton bloklar için Şekil 8, 9 ve 10 da gösterilmiştir.



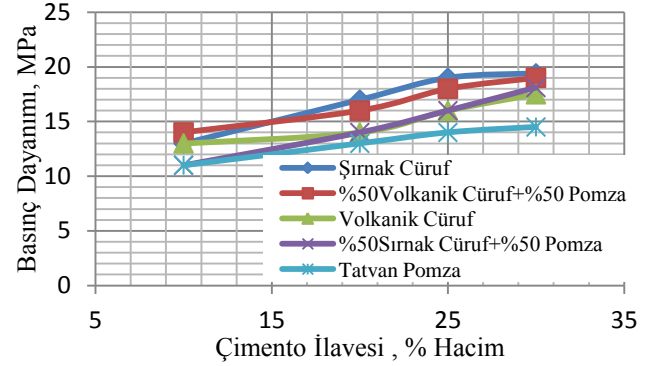
Şekil 8. Gözeneğin hafif beton basınç dayanımına etkisi

3 BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

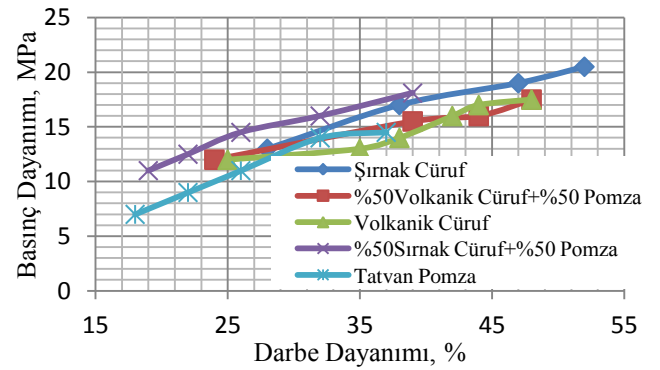
Cüruf dokusu, gözenekli cüruf makro ve mikro yapı özellikleri Şekil 1'de görülmektedir. Volkanik cürufün gözeneği %52-56 oranında değiştiği ve gözenek boyutunun 1-4 mm arasında makro gözenek ve 50-300 mikron boyutunda mikro gözenek olarak yer aldığı belirlenmiştir. Bu gözenek miktarı Şırnak kazan cürufunda %22-34 arasında dağılmaktadır. 1-2 mm boyutunda makro gözenek ve 20-150 mikron boyutunda mikro gözenek olarak bulunmaktadır. Tatvan pomzasında ise gözenek miktarı %61-67 olduğu belirlenmiştir. Bu gözeneklere sahip Şırnak cürufünün ağırlığı 1lt ortalama 620-890 kg ve Tatvan pomzasında ise 420-470 kg düştüğü belirlenmiştir. Gözenekli kalkerde hakiki yoğunluk 2,5 kg/lt iken kaba yoğunluk 1,68 kg/lt ve gözenek %27 olmuştur. Cüruflar camsı eriyik ferro alüminyum silikat doku ve 2-3 mikron boyutlu metal oksit ve 1-2mm boyutlu alkali oksit taneleri içermiştir. Pomzada ise iğnemsiz 20-100 mikron kalınlığında 10-30 mm uzunluğunda alümina silikat tabakaların içerisinde 50-250 mikron boyutlu metal oksitleri ve serbest silikati alkali karbonatları plajyoklas dan killerden oluşan heterojen bir kaya dokusu sunmaktadır.

Kazanda yüksek kil içerikli kömürler genellikle yakıldığından iri kömürler cürufa dönüşmekte ince tanelerde bağlayıcı kül olarak çıkmaktadır. Mikroskop altındaki incelemelerinde mikroskobik olarak homojen gözükten camsı mikro yapısında ve mineralojisinde değişimler belirlenmiştir. Şırnak kazan cüruflarında da görüldüğü üzere kahverengi, koyu kahverengi ve siyah olan bölgeler genellikle silikat matris ve içerisinde şıkça saçılmış olarak metal oksit yumruları içermektedir. Daha gri tonlarında

görülen alanlar ise ince daneli camlar içerisinde ince daneli kil ve oksitler eriyik silikatça zengin fazı oluşturmaktadır. Kesitlerde genel olarak cam eriyik ve gözenek dağılımı değişim göstermektedir. Bunun yanında farklı makro ve mikro taneler aynı kesit içerisinde bulunabilmektedir.



Şekil 9. Çimento ilave miktarının hafif beton basma dayanımına etkisi



Şekil 10. Agregada Darbe Dayanımının Hafif Beton Bloğun Basma Dayanımına Etkisi.

Şekil 2 de testlerde kullanılan agregaların tane boyut dağılımları Gaudin Schumann yaklaşımına göre irdelenmiştir. Dağılım oranı teğet doğrunun eğimi olarak %100 eğim 1 dağılım faktörünü temsil ederken ve ideal gradasyon 0,9-1 eş dağılımı belirten dağılım faktöründe temin edilmektedir. Tane boyut dağılımının gözenekli olan cüruflarda aşırı tozlanmadan ötürü iri agregada fraksiyonlarında ağırlık kaybı olmuş, iri agregada miktarının % dağılımı azalmış ve ince agregada yığılma olduğu gözlenmiştir. Böylelikle cüruflardaki tane boyut dağılım faktörünün %59-66 olduğu belirlenmiştir. Bu değer gözenekli kalkerde 0,88 iken pomzada %76 olarak belirlenmiştir. Yüksek gözenekli dayanımı düşük bu tür kayaların gradasyon sorunu oluşturmaması için 0,1-5 mm, 5-15 mm ve 15-40 mm fraksiyonlarına ayrılarak eş ağırlıkta hafif beton blok üretimi tercih edilmiştir. Şekil 3 de görüldüğü gibi

cürufların dağılım faktörü daha az belirgin haldedir. Bu iri fraksiyonlarda daha değişken eğim değerleri olarak belirlenmiştir. RRS yaklaşımı agrega gradasyonu için gözenekli kayalarda orta boyutlu yüksek tane oranı daha düşük dağılım faktörü sunmuştur. Hatalı olabileceği düşünülerek en ideal gradasyon için Gaudin Schumann yaklaşımı geçerli olduğu belirlenmiştir.

Modifiye Darbe Shatter dayanım testlerinde en yüksek dayanım değerlerinin cüruflarda olduğu görülmüştür (Şekil 5). Şırnak kazan cürufunda ortalama %74 darbe dayanımı ve volkanik cürufta %61 dayanım değeri elde edilmiştir. Aşınma direnci ise Şırnak cürufunda %4 volkanik cürufta ise %5 değerinde kalmıştır. Bu dayanımlar erimiş faz oranına ve silikat bileşimlerine bağlı olarak değişmiştir. Darbe altındaki aşınma miktarları ile yoğunluk arasındaki ilişki darbe dayanımında da değerlendirilmiştir. Tatvan pomzasında yüksek gözenekten ötürü düşük darbe dayanımına sahip olduğu ve aşınma direncinin %13 olarak belirlenmiştir. Bu değerlendirmelerde darbe dayanımı testinde elde edilen değerler benzerlik göstermiştir ve %37 gibi düşük bir değerde kalmıştır. Serbest camısı fazın miktarı %11-15 aralığında olduğu belirlenmiştir.

Cüruf içersindeki heterojen yapı dayanımı daha da arttırmış özellikle Şırnak kazandibi cüruflarındaki heterojen erimiş camısı silikat bileşen darbe dayanımını yüksek oranda tutarken pomzada serbest camısı silika darbe ve aşınma dayanımını düşürmüştür.

Şekil 6 da gösterildiği gibi Tatvan pomzasının tek eksenli basınç dayanımı değerleri ignemsi matrisine ve gözenek miktarına bağlı olarak değiştiği, dayanımın özellikle yoğunluğu yüksek %61 gözenekli matriste 4,3 MPa iken %64 gözenekli pomza matriste 4,1 MPa düştüğü belirlenmiştir.

Düşük tek eksenli basınç dayanımı değerine sahip cüruflarda gözenek oranı % 55'in üzerine çıkmaktadır. Büyük dayanım değerlerinin elde edildiği Şırnak kazandibi cüruflarında ise %44'ten ergimiş camısı silikat fazları gözlenmiştir. Bu cürufların basınç dayanımı homojen camısı bir yapı görülmektedir. Aşınma dayanımının artan serbest silikat fazı cürufun aşınma dayanımını arttırmıştır. Eriyik camısı içeriğinin %24'den daha fazla olduğu durumlarda darbe dayanımı yüksek ve aşınma çok düşük oranda kalmıştır. Bunun tersi durumda ise gözenek dağılımı yüksek olmasına rağmen eriyik içeriğin %10-15 aralığından düşük olması pomzada darbe

dayanımı %38 ve aşınma dayanımı %14 tutmuştur.

Şekil 7 camısı faz ve kayaç gözenek yapısına ve miktarına göre nokta basma dayanımının değişimi çeşitli agregaların dayanım şablonu üzerine çıkarılmıştır. Camısı faz miktarına ve gözenek miktarına göre kolay indentasyon ve çok düşük nokta dayanımları gözlenmiştir. Tatvan pomzasında bu değerler 0,2 ve 0,3 MPa değerine düşmüştür.

Cürufların gözenek dağılımları değişken karakter gösterse de nokta yük dayanımları gözenek dokudan ötürü farklı dayanımlı agregalar için yanıltıcı benzer değerlerde elde edilebilmektedir.

Şekil 8 hafif beton dayanım testlerinde, gözenek değerlerinin ve kaba yoğunluk değerlerinin dayanımı değiştirdiği gözlenmiştir. Çimento miktarı ve mikro yapısal özellikleri gözeneğe bağlı olarak etkili olmuştur. Cürufu hafif beton bloklarında gözenek miktarına bağlı olarak basınç dayanımı belirgin olarak azalma göstermiştir. Farklı gözeneklerde ve kaba yoğunluktaki pomza ile üretilen blokların darbe dayanımları incelendiğinde benzer değişim gözlenmiştir.

Hafif betonun üretiminde kullanılan çimentonun bağlayıcı özelliğini geliştirmesi, dayanımı arttırdığı Şekil 9 da görüldüğü gibi olmuştur. Tek eksenli basınç dayanımı testlerinde hafif agreganın düşük dayanım sergilediği bunun da yüksek miktardaki gözenek miktarından kaynaklandığı görülmektedir. Çimento da bu dayanımı hafif beton blokta arttırmaktadır (Gündüz, a b 2008, Gündüz ve Uğur, 2005, Gündüz vd., 2007, Gündüz vd., 1998, Erdoğan, 2003, Chen ve Liu, 2008, Demirboğa vd., 2001).

Betonda boşluksuz yapının oluşmasında en büyük etken, agregalar arasındaki düzenli yüzey teması ve kenetlenmedir. Bunun içinde iri agregalar arasındaki boşluğu doldurmak amacıyla değişik oranlarda (ince agreganın özelliklerine bağlı olarak) ince agregalar kullanılır. İnce agrega miktarının betonda optimum seviyelerde kullanılması son derece önemlidir. Gereğinden yüksek miktarlarda ince agrega kullanımı agrega toplam yüzey alanının ve beton su ihtiyacının artmasına neden olur.

Beton basınç dayanımı değerleri hafif agrega darbe dayanım değerlerine göre Şekil 10 da görüldüğü gibi irdelenmiş özellikle darbe dayanımı ile ilişkisi belirlenmiştir. Agregada shatter darbe dayanım yöntemi ile hafif beton basınç dayanımı arasında lineer

bir artış gözlenmiştir. Sonuçlar Şekil 10 de gösterilmiştir.

4 SONUÇ

Hafif beton ürünlerin basınç dayanımı sonuçları incelendiğinde çimento miktarı arttıkça basınç dayanımı değerlerinin arttığı istenilen dayanımın % 50 agregası üstündeki karışımlarda sağlanamadığı daha fazla agreganın dayanım kazandırmadığı görülmüştür. Bu sınır değerinin üzerinde ise artan tek eksenli basınç dayanımı eriyik camsı faz bileşenine ve kaba yoğunluk ile ilişkilidir. Yüksek oranda dayanımlı cürüfları içeren hafif agregalı hafif beton bloklar yüksek dayanım değerleri gösterebilirler de darbe dayanım değerleri düşük olabilmektedir.

Bu bağlamda, düşük darbe dayanımlı hafif agregalarda hafif beton bloklarında gradasyona bağlı olarak yüksek dayanım gösterebilmektedir.

Hafif agregası numunelerinin dayanımları 7,2 den 18,4 MPa çıkmıştır. Darbe shatter dayanım değerleri %38 ile %74 arasında değişmiştir. Hafif beton yapı blokları %50 oranlarında volkanik cürüf, pomza ve taban cürüfları ile ayrıca harmanlanmış, ürün betonun dayanımı 28 günlük kür sonunda %30 hacim çimento oranında 17,4MPa ulaşmıştır.

En yüksek dayanım değerleri ise agreganın genel dokusu ve mikro yapısal özellikleri tarafından kontrol edilmektedir.

Bu çalışmada, yapılan testlerde pomza numuneleri ile cürüfların birlikte hafif beton üretiminde başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Darbe dayanım değerlerinin hafif beton blok dayanımı ile doğrudan ilişkili olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKLAR

- ASTM C 330, 2013. Standart Specifications For Lightweight Aggregates for Structural Concrete, ASTM, Philadelphia.
- ASTM C 618, 2013. Standart Specifications For Fly Ash And Raw Or Calcined Natural Pozzolan For Use As Mineral Admixture in Portland Cement Concrete, ASTM, Philadelphia,.

- ASTM C 136, 2013. Standard test method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates, Pennsylvania.
- ASTM D6024-07, 2007. Standard test method for Ball Drop on Controlled Low Strength Materials, ASTM, Pennsylvania.
- Anagnostopoulos, I. M.; Stivanakis, V. E., 2009. Utilization of lignite power generation residues for the production of lightweight aggregates, *Journal of Hazardous Materials*, 163,1, s 329-336.
- Bhatty, J. I; Reid, K. J. ,1989. Lightweight Aggregates From Incinerated Sludge Ash, *Waste Management & Research*, 7, 1 s.363-376.
- Bieniawski, Z.T. 1967. Mechanism of brittle failure of rock Part I - Theory of fracture process. *I. J. of Rock Mech. and Min. Sc. and Geomech. Abstr.* 4: 4, s. 395-406
- Campione G, La Mendola L , 2004. Behavior in compression of lightweight fiber reinforced concrete confined with transverse steel reinforcement. *Cem Concr Compos* 26:645–656
- Cavaleri L, Miraglia N, Papia M., 2003. Pumice concrete for structural wall panels. *Engineering Structures*, 25:s.115–125
- Chen, B., Liu, J., 2008. Experimental Application Of Mineral Admixtures in Lightweight Concrete With High Strength And Workability, *Construction and Building Materials* 22, s. 655–659)
- Chiou, I. J.; Chen, CH., 2011. Properties of artificial lightweight aggregates made from waste sludge, *Computers & Concrete*, 8,6, s 617-629.
- Demirboğa, R., Orung, I., Gül, R., 2001, Effects of expanded perlite aggregate and mineral admixtures on the compressive strength of low-density concretes. *Cement and Concrete Research*, 31: s.1627–32
- Demirdag S, Gündüz L , 2008. Strength properties of volcanic slag aggregate lightweight concrete for high performance masonry units. *Construction Building Materials*, 22:s.135–142
- Doel, A., 2007. Lightweight aggregates for use in concrete, *Concrete*, 41, 7, s.36-37.
- Erdoğan, T.Y., 2003. *Beton*. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık Ve İletişim A.Ş. Ankara
- Huang, C. H.; Ho, C. H., 2013. The Feasibility Research on Producing Lightweight Aggregates Made from the Waste Stone Sludge, *Applied Mechanics and Materials* ,343, 3.
- Gündüz L ,2008. Use of quartet blends containing fly ash, scoria, perlitic pumice and cement to produce cellular hollow lightweight masonry blocks for non-load bearing walls. *Construction Building Materials*, 22, s. 747–754
- Gündüz, L., 2008. The effects of pumice aggregate/cement ratios on the low-strength concrete properties, *Construction and Building Materials*, 22,5, s721-728

- Gündüz L, Bekar M, Şapcı N , 2007. Influence of a new type of additive on the performance of polymer-lightweight mortar composites. *Cem Concr Compos* 29:s. 594–602
- Gündüz, L., Uğur, İ., 2005. The effects of different fine and coarse pumice aggregate/cement ratios on the structural concrete properties without using any admixtures, *Cement and Concrete Research*, 35, 9, s. 1859-1864
- Gündüz L, Sariisik A, Tozaçan B, Davraz M, Uğur İ, Çankıran O (1998) Pumice technology, vol 1. Süleyman Demirel University, Isparta. pp 275–285
- Moulia, M., Khelafib H., 2008. Performance Characteristics Of Lightweight Aggregate Concrete Containing Natural Pozzolan, *Building and Environment* , 43, s. 31–36
- Park, C. K. Noh, M. H. Park, T. H. , 2005. Rheological Properties Of Cementitious Materials Containing Mineral Admixtures, *Cement And Concrete Research*. s 842-849
- Piora LS, Piora IL , 2004. Production of expanded-clay aggregate for lightweight concrete from non-selfbloating clays. *Cem Concr Compos* 26:s.639–643
- Sarı, D., Pasamehmetoglu, A. G., The effects of gradation and admixture on the pumice lightweight aggregate concrete, *Cement and Concrete Research* , 35, 5, s. 936-942
- Simsek, O. 2004. *Beton ve Beton Teknolojisi*. Seçkin Yayıncılık, I. Baskı, Ankara
- Szilagyı, H. Terec L., 2013. Bricks recycled aggregates for structural green lightweight concrete, *13th SGEM GeoConference on Nano, Bio And Green Technologies For A Sustainable Future*, www.sgem.org, SGEM2013 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-06-3 / ISSN 1314-2704, s. 375 - 380 doi:10.5593 /sgem 2013/bf6/s26.004
- TS EN 12390-3,-4 2003. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 12s.
- TS 802. 1985. Beton Karışımı Hesap Esasları. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara