



POMZA AGREGALI HAFİF BETON ÖZELLİKLERİNE KALSİYUM ALÜMİNAT ÇİMENTOSUNUN ETKİSİ

Hakan YILMAZ¹, Özlem SALLI BİDECİ^{*2}, Alper BİDECİ²

¹İstanbul Aydın Üniversitesi, Uygulama Araştırma Merkezleri Koordinatörlüğü, İstanbul, Türkiye

²Düzce Üniversitesi, Sanat, Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Düzce, Türkiye

Anahtar Kelimeler	Öz
<i>Beton, Kalsiyum Alüminat Çimentosu, Basınç Dayanımı, Yarmada Çekme Dayanımı.</i>	Teknolojinin ilerlemesiyle beraber özel betonların üretimi hız kazanmıştır. Bu çalışmada, %100 kırmataş agregalı betonun iri agregasına (elek çapı 4/8 - 8/16 mm) farklı oranlarda (%25 ve %100) pomza agregası ikame edilerek üretilen CEM I 42,5R ve Kalsiyum Alüminat Çimentolu (CAC) betonların fiziksel ve mekanik özelliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla üretilen taze beton numuneleri üzerinde birim ağırlık ve yayılma deneyi; sertleşmiş beton numuneleri üzerinde kuru birim ağırlık, basınç dayanımı, yarmada çekme ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, tüm beton numuneleri içerisinde en yüksek basınç dayanımı %100 kırmataş agregalı CEM I 42,5 R (100-CSEM) beton numunelerinden elde edilmiştir.

EFFECT OF CALSIUM ALUMINATE CEMENT ON LIGHTWEIGHT PUMICE AGGREGATE CONCRETE PROPERTIES

Keywords	Abstract
<i>Concrete, Calcium Aluminate Cement, Compressive Strength, Splitting Tensile Strength,</i>	The production of special concrete has accelerated together with the advancement of technology. In this study, it is aimed to compare the physical and mechanical properties of concrete which were made 500 doses of CEM I 42,5R and Calcium Aluminate Cement (CAC) and prepared by replacing the pumice in different proportions (25% and 100%) to the coarse aggregate (screen diameter 4/8 - 8/16 mm) of 100%. Unit weight and spread test on fresh concrete specimens produced for this purpose; dry unit weight, compressive strength, bending strength and tensile strength were tested on hardened concrete specimens. As a result of this study, in all concrete samples the highest compressive strength was obtained from concrete samples of CEM I 42.5 R (100-CSEM) with 100% crushed stone aggregate.

Alıntı / Cite

Yılmaz, H., Sallı Bideci, Ö., Bideci, A., (2018). Pomza Agregalı Hafif Beton Özelliklerine Kalsiyum Alüminat Çimentosunun Etkisi, *Journal of Engineering Sciences and Design*, 6(1), 154-160.

Yazar Kimliği / Author ID (ORCID Number)

H.Yılmaz, 0000-0003-3841-4420

Ö. Sallı Bideci, 0000-0002-9699-6003

A. Bideci, 0000-0003-2385-7552

Başvuru Tarihi / Submission Date	02.03.2018
Revizyon Tarihi / Revision Date	18.03.2018
Kabul Tarihi / Accepted Date	29.03.2018
Yayın Tarihi / Published Date	30.03.2018

1. Giriş

Teknolojinin ilerlemesiyle kullanım yerlerine göre farklı beklentileri karşılamak amacıyla özel betonların

üretilmesi hız kazanmıştır. Betona farklı özellikler kazandırmak elbette ki betonun geleneksel bileşenlerinin haricinde farklı nitelikteki yapı malzemelerinin karışıma ilave edilmesiyle olmaktadır (Çağlayan ve Kahrıman, 2003).

* İlgili yazar / Corresponding author: ozlembideci@duzce.edu.tr, +90-380-542-1264

Betonun yoğunlukları, genellikle betonda kullanılan agreganın çeşidine, orijinine, granülometrik yapısına bağlı olarak değişebilmektedir. Maliyetinin ucuzluğu, yüksek dayanımı, kolay işlenebilme özelliklerden dolayı diğer yapı malzemelerine göre daha fazla kullanılan betonla inşa edilen yapı elemanlarının birim ağırlıklarının fazla olması da istenmeyen bir durumdur (Şimşek, 2016). Beton yapımında hafif agregalar kullanılması durumunda betonun birim hacim ağırlığı azaltılabilmektedir. Günümüzde, betonarme yapıyı oluşturan taşıyıcı, yarı taşıyıcı ve daha sıklıkla taşıyıcı olmayan elemanların kendi öz ağırlıkları azaltılma yoluna gidilmekte ve hafif agregalı betonların kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Şapçı, 2008).

Yer kabuğunda çok sayıda ekonomik değeri olan maden türü vardır. Volkanik faaliyetler sonucu oluşan madenlerin başında gelen pomza, kızgın haldeki magmanın içerdiği gazların ani soğuma esnasında kütleden ayrılmasıyla oluşan çok gözenekli camı yapıda volkanik kökenli bir madendir (Ünal vd., 2005). Pomza inşaat sektöründe düşük birim hacim kütlesi, yangına karşı direnç, enerji sarfiyatının azaltılması, ısı kaybı ve gürültü kirliliğinin azalması amacıyla da ısı ve ses yalıtımında kullanılmaktadır (Sallı Bideci, 2013).

Betonun bileşenlerinden çimento; havada ve suda sertleşebilen, sertleştikten sonrada suda çözünmeyen hidrolik bağlayıcı bir maddedir (Kırıkoğlu ve Yavuz, 2017). Çimentoda yüksek performans, genellikle yüksek mukavemetle ilişkilendirilen bir kavram olmasına rağmen betonda dayanıklılık kavramı, yapı güvenliğinin sürdürülebilirliği açısından gün geçtikçe daha fazla önemsenmeye başlanmıştır. Türkiye’de üretilen çimentonun neredeyse %98’i TS EN 197-1 standardında yer alan genel çimento tipleridir. TS EN 197-1 standardı dışındaki çimentolardan Kalsiyum Alüminat Çimentosu (TS EN 14647), kimyasal ve fiziksel özellikleri ile dayanım kazanma, nihai dayanım ve dayanıklılık parametrelerinde Portland çimentolardan çok daha üstün sonuçlar veren özel çimentolardandır (Sucu ve Delibaş, 2015). Kalsiyum Alüminat Çimento esaslı betonlar, kullanım amaçlarına ve çimento sebebi ile kazandıkları özelliklere göre havaalanı pistleri, köprüler, baraj savakları, otoyollar ve döşeme yollar, madencilik, boru ve atık su mühendislik uygulamaları gibi saha uygulamalarında tercih edilmektedir (URL 1, 2017).

Bu çalışmada, CEM-I 42,5R ve Kalsiyum Alüminat Çimentosu (CAC) (500 doz) kullanılarak 6 farklı seride beton numunesi üretilmiştir. %100 kırmataş agregalı betonun iri agregasına (elek çapı 4/8 - 8/16 mm) farklı oranlarda (%25 ve %100) pomza ikame edilerek üretilen betonların fiziksel ve mekanik özellikleri karşılaştırılmıştır. Taze beton numuneleri üzerinde birim ağırlık ve yayılma deneyi; sertleşmiş beton numuneleri üzerinde kuru birim hacim kütle, basınç

dayanımı, yarmada çekme ve eğilme dayanımı deneyleri yapılmıştır.

2. Bilimsel Yayın Taraması

Hafif ve normal agrega ile Portland çimentosu ve Kalsiyum Alüminat Çimentosu ile ilgili yapılan çalışmalar çeşitli araştırmacılar tarafından incelenmiştir.

Şatır (2000), taşıyıcı hafif betonlarda, çelik lif ilavesiyle betonun basınç ve çekme dayanımlarında önemli ölçüde artış kaydedildiğini, dolayısıyla çelik lifli hafif beton ile normal betonun mukavemetine yaklaşıldığını belirtmiştir.

Chen ve Liu (2005), yüksek dayanımlı hafif betonlarda, liflerin taze betonun işlenebilirliğini arttırdığını, kıvam ve segragasyonu azalttığını ve bu etkilerin ise lifin cinsine ve miktarına göre değiştiğini belirtmişlerdir. Ayrıca sertleşmiş betonda dayanımı arttırdığını tespit etmişlerdir.

Okuyucu (2005), hafif agregalı betona katılan çengelli ve dalgalı çelik liflerin betonun basınç mukavemetine düşük katkı sağladığı, yarmada çekme ve eğilme mukavemeti ile ısı iletkenliğini önemli ölçüde arttırdığını ifade etmiştir. Ayrıca kullanılan hibrid lifler, çelik liflerle hemen hemen aynı iyileştirmeler yapsa da betonun basınç mukavemetini düşürdüğünü gözlemlemiştir. Polipropilen lifin, hafif agregalı betonun basınç ve eğilme mukavemeti ile ısı iletkenliğini düşürürken, belli bir orana kadar betonun yarmada çekme mukavemetini artırdığını ifade etmişlerdir.

Zengin ve Özel (2013), CEM I 42.5 R ve Alüminat çimentosu kullanılarak üretilen hematit ve kalker agregalı kendiliğinden yerleşen betonlarda en düşük basınç dayanımını kalker-300 kg/m³ dozlu alüminatlı betonlardan elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Ann ve Cho (2014), Portland Çimentosuna %5, %10, %15 oranında ikame ettiği Kalsiyum Alüminat Çimentolarla üretilen betonlarda basınç dayanımının erken yaşlarda hızla arttığını, 28 gün sonrasında basınç dayanımında azalma görülmesine rağmen betonun her yaşta en yüksek mukavemeti verdiğini belirtmişlerdir.

3. Materyal ve Yöntem

3.1. Materyal

Çimentoların fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo1’de verilmiştir.

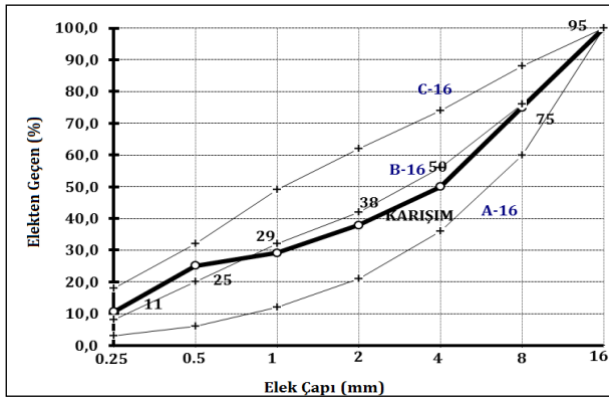
Tablo1. CEM-I 42,5 R ve CAC çimentosu fiziksel ve mekanik özellikleri

Fiziksel ve Mekanik Özellikleri	
CEM	CAC

Özkütle	3.14		3.25	
Özgül Yüze (cm ² /g)	3780		3000	
Basınç Dayanımı (MPa)	2gün	26.0	6 Saat	47.0
	7gün	43.5		
	28gün	55.8	24 Saat	70.0

Araştırmada, agregalar olarak; 4/8 mm ve 8/16 mm elek aralıklarında pomza ve kırma taş, ince agregalar olarak 0/4 mm elek aralığında doğal kum ve kırma kum kullanılmıştır. Agregalar TS EN 933-1 standardına uygun olarak elek analizine tabi tutulmuştur. Agregalar karışımlarının granülometri eğrisi Şekil 1’de verilmiştir.

Agregaların tane yoğunluğu ve su emme oranı TS EN 1097-6 standardına göre yapılmıştır. Pomzanın su emme oranı 8/16 mm’de %31.3, 4/8 mm’de %28, doygun-yüzeyi kurutulmuş tane yoğunluğu değerleri ise sırasıyla 0.96 g/cm³ ve 1.05 g/cm³tür. Kırma taşın doygun-yüzeyi kurutulmuş tane yoğunluğu 2.69 g/cm³ ve su emme oranı %1.2’dir. Doğal ve kırma kumun doygun-yüzeyi kurutulmuş tane yoğunluğu ise ortalama 2.66 g/cm³ ve su emme oranları %1.3’tür.



Şekil 1. Agregalar karışımlarının granülometri eğrisi

Karışımda; silis dumanı (SD) kırma kumun ağırlıkça %10’nu ile yer değiştirilerek kullanılmıştır. 12 mm uzunluğundaki polipropilen lif çimento ağırlığının %0,15 oranında, RC 50/35 BN tipi kancalı tel ise çimento ağırlığının %5 oranında ilave edilmiştir. Akışkanlaştırıcı olarak TS EN-934- 2: T 3.1/3.2/7 standardında üretilen polikarboksilik eter esaslı kimyasal katkı karışım içerisine çimento ağırlığının %2 oranında ilave edilerek kullanılmıştır.

2. Yöntem

Betonun karılmasında 25 dm³ hacime sahip düşey eksensel laboratuvar tipi pan mikser kullanılmıştır. Beton karışımında, çimento dozajı (500 doz), Su/Bağlayıcı oranı (0.36), çimentonun ağırlıkça %2’si oranında süper akışkanlaştırıcı kimyasal katkı maddesi ve mekanik özelliklerini iyileştirmek için %0,15 polipropilen lif, %5 çelik lif ve kırma kumun ağırlıkça %10’nu ile yer değiştirilerek ilave edilen silis dumanı miktarı sabit tutulmuştur. Karışımlarda %100 kırmataş agregalı betonun iri agregasına (elek çapı

4/8 - 8/16 mm) farklı oranlarda (%25 ve %100) pomza ikame edilmiştir. İkame oranına bağlı olarak numune kodları Tablo 2’de ve 1 m³ beton karışım dizaynı Tablo 3’te verilmiştir. Beton numuneler CEM I 42.5R ve Kalsiyum Alüminat Çimentosu (CAC) olmak üzere 6 farklı seride üretilmiştir. Prizini tamamlaması için üzeri nemli bez ile örtülen numuneler 24 saat sonra su sıcaklığı 20±2 °C olan kür havuzunda deneylerin gerçekleştirileceği 28 ve 56 güne kadar bekletilmiştir.

Tablo 2. Beton numune kodları

%25 Pomza Agregalı Kalsiyum Alüminat Çimentosu Karışım	25-PCAC
%25 Pomza CEM-I 42.5 R Çimentosu Karışım	25-PCEM
%100 Pomza Kalsiyum Alüminat Çimentosu Karışım	100-PCAC
%100 Pomza CEM-I 42.5 R Çimentosu Karışım	100-PCEM
%100 Kırma Taş Kalsiyum Alüminat Çimentosu Karışım	100-CSCAC
%100 Kırma Taş CEM-I 42.5 R Çimentosu Karışım	100-CSEM

Tablo 3. Karışım dizaynı (1 m³ beton için)

Malzeme	%100 Pomza	%25 Pomza	%100 Kırma Taş
Çimento (kg)	500	500	500
Su (l)	180	180	180
Agrega (kg)	8-16 Pomza	154	-
	4-8 Pomza	168	-
	8-16 Kırma Taş	-	435
	4-8 Kırma Taş	-	435
	Doğal Kum	338	338
	Kırma Kum	518	518
Silis Dumanı (kg)	52	52	52
Çelik Lif (kg)	25	25	25
Polipropilen Lif (g)	750	750	750
Akışkanlaştırıcı (kg)	10	10	10

Taze beton deneylerinden yayılma tablası deneyi TS EN 12350-5, birim ağırlık deneyi TS EN 12350-6 standartlarına göre yapılmıştır. Sertleşmiş beton deneyleri Ø100×200 mm boyutlarında elde edilen silindir numunelere uygulanmıştır. Kuru birim hacim kütle deneyi TS EN 12390-7 standardına göre, basınç dayanımı deneyi, doygun yüzeyi kuru numuneler üzerinde, TS EN 12390-3 göre ve preste 0.6±0.2 MPa/s sabit yükleme hızında yüklenerek gerçekleştirilmiştir. Yarımada çekme deneyi TS EN 12390-6 standardında uygun olarak yapılmıştır. Çalışmada ayrıca 100×100×500 mm boyutlarında prizma numuneler üzerinde TS EN 12390-5 standardına uygun eğilme deneyi uygulanmıştır.

4. Araştırma Bulguları

4.1. Deneysel Sonuçlar

4.1.1. Taze beton deneyleri

-Yayılma deneyi

Taze beton yayılma deneyi, deney sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Numuneler kullanılan süper akışkanlaştırıcı katkının özelliği ile kıvam koruma süresine yüksek akışkanlık, düşük su/bağlayıcı oranında kendiliğinden yerleşen beton özelliği göstermiştir.

Tablo 4. Taze beton yayılma değerleri

Numuneler	Yayılma (mm)
100-PCAC	500
100-PCEM	550
25-PCAC	700
25-PCEM	750
100-CSCAC	600
100-CSECM	650

-Birim Ağırlık Deneyi

Taze betonda birim ağırlık deney sonuçları Tablo 5'te verilmiştir. Üretilen taze betonların birim ağırlıklarının 1752-2456 kg/m³ arasında değiştiği görülmüştür. Numunelerin pomza oranının azalmasıyla agrega tane yoğunluğuna bağlı olarak birim ağırlıklarının arttığı belirlenmiştir.

Tablo 5. Taze beton birim ağırlık değerleri

Numuneler	Birim Ağırlık (kg/m ³)
100-PCAC	1752
100-PCEM	1826
25-PCAC	2128
25-PCEM	2202
100-CSCAC	2430
100-CSECM	2456

4.1.2.Sertleşmiş Beton Deneyleri

-Kuru Birim Hacim Kütle

Beton numunelerinin kuru birim hacim kütle deney sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Tablo 6'ya göre numunelerin kuru birim hacim kütlelerinin TS EN 206-1 standardında normal (2000-2600 kg/m³) ve hafif (800-2000 kg/m³) betonun etüv kurusu durumundaki birim hacim kütlelerine uygun olduğu görülmüştür. Düzgün (2001), betona hacimce %0,5-%1,5 oranlarında çelik lif ilave etmekle kuru birim hacim ağırlığın %2,8-%8,5 oranlarında arttığını belirlemiştir. Aynı çalışma da normal agreganın hacimce %25, %50, %75 ve %100 oranlarında pomza agregası ilave edilerek her bir lif grubu için beton birim ağırlığını %9-%28 oranında azalttığını ifade etmiştir. Ceylan (2005), Nevşehir-Göre ve Kayseri-Talas pomzasından üretilen hafif beton numunelerine

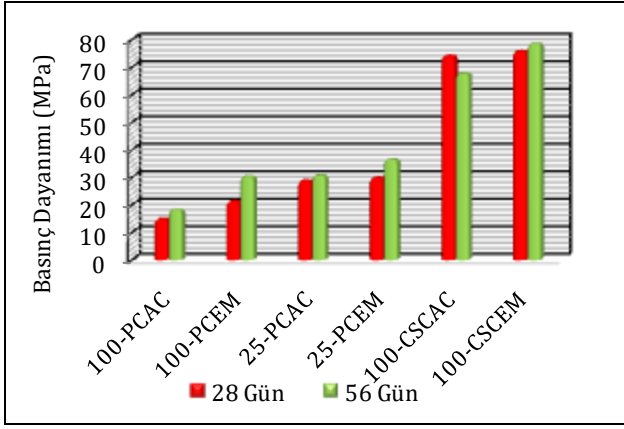
ait kuru birim hacim kütle değerlerin 659 ile 978 kg/cm³ arasında olduğunu belirtmiştir.

Tablo 6. Kuru birim hacim kütle deney sonuçları

Numuneler	Birim Ağırlık (kg/m ³)
100-PCAC	1745
100-PCEM	1656
25-PCAC	2060
25-PCEM	2123
100-CSCAC	2368
100-CSECM	2376

-Basınç Dayanımı Deneyi

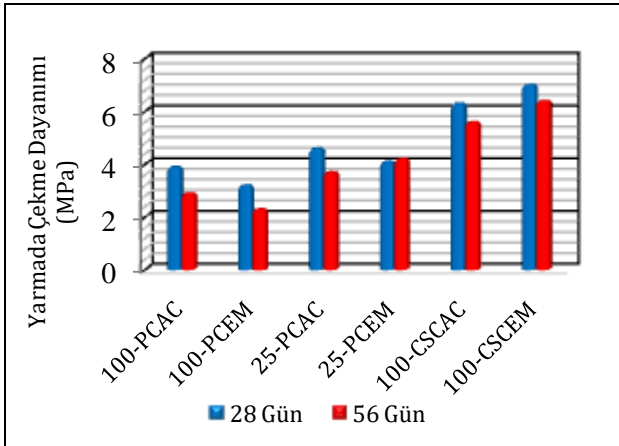
Basınç dayanım deney sonuçları grafiği Şekil 2'de verilmiştir. Çalışmada 25-PCAC ve 100-PCAC numunelerin 28 ve 56 günlük basınç dayanımları incelendiğinde; 25-PCAC numunelerinin 100-PCAC numunelerine göre sırasıyla %93 ve %69 oranında arttığı, 25-PCEM numunelerinin 100-PCEM numunelerine göre ise sırasıyla %39 ve %20 oranında arttığı görülmüştür. Beton karışımlarında pomza oranının azalmasıyla basınç dayanımında artış sağlanmıştır. Kalsiyum Alüminat Çimentosu ile ilgili literatürde yapılan araştırmalarda su/bağlayıcı oranının 0.40'ı geçmemesine dikkat edilerek oluşturulan karışımların basınç dayanımlarında artış olduğu ifade edilmiştir (Sucu ve Delibaş, 2015, Fishwick, 1982). Kalsiyum Alüminat Çimentosu (CAC) ile CEM-I 42.5R çimentosunun 28 ve 56 günlük numunelerin basınç dayanımlarına etkisi incelendiğinde, 100-PCAC numunelerinin 100-PCEM numunelerine göre sırasıyla %30 ve %40 azaldığı; 25-PCAC numunelerinin 25-PCEM numunelerine göre sırasıyla %4 ve %16 azaldığı; 100-CSCAC numunelerinin 100-CSECM numunelerine göre ise sırasıyla %2 ve %15 azaldığı tespit edilmiştir. 56 günlük kırmataş agregalı beton numunelerinde, basınç dayanımının azaldığı görülmüştür. Ann ve Cho, (2014), Kalsiyum Alüminat Çimentolarla üretilen betonlarda basınç dayanımının erken yaşlarda hızla artarak, 28 gün sonrası basınç dayanımında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada %100 kırma taş agregası ile üretilen silindir beton numunelerin yüksek dayanımlı beton sınıfına girdiği (C70/85) görülmektedir (TS EN 206-1, 2002).



Şekil 2. Basınç dayanım sonuçları grafiği

- Yarmada Çekme Dayanımı

Yarmada çekme deneyi sonuçları Şekil 3'te verilmiştir. 28 günlük numunelerin yarmada çekme değerleri 56 günlük numunelere göre karşılaştırıldığında, 100-PCAC numunesinin %26, 100-PCEM numunesinin %28, 25-PCAC numunesinin %20, 100-CSCAC numunesinin %11 ve 100-CSECM numunesinin %9 azaldığı; 25-PCEM numunesinin ise %2 arttığı gözlenmiştir. Çalışmada tüm seriler içerisinde 28 günlük en yüksek yarmada çekme dayanımı 100-CSECM (7 MPa), en düşük yarmada çekme dayanımı 100-PCEM (3.2 MPa) numunelerinden ve 56 günlük en yüksek yarmada çekme dayanımı 100-CSECM (6.4MPa) ile en düşük yarmada çekme dayanımı 100-PCEM (2.3MPa) numunelerinden elde edilmiştir. Dikici (2010), üretmiş olduğu taşıyıcı hafif betonun 28 ve 56 günlük yarmada çekme dayanım sonuçlarını sırasıyla 2.3 MPa ve 2.4 MPa olarak tespit etmiştir.



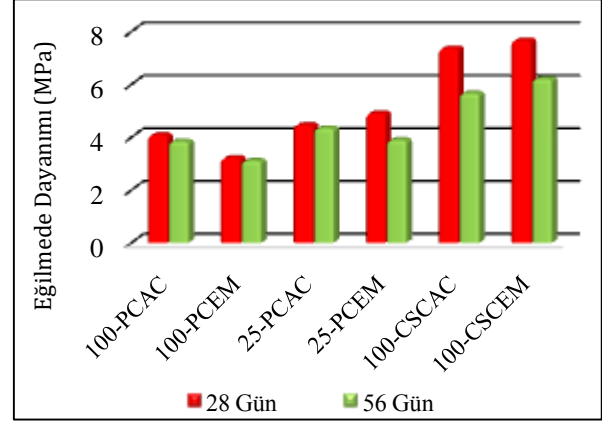
Şekil 3. Yarmada çekme dayanım sonuçları

- Eğilme Dayanımı

Eğilme dayanımı deney sonuçları Şekil 4'te verilmiştir. Deney sonuçları incelendiğinde, pomza agregasının azalmasıyla eğilme dayanımlarının arttığı, 56 günlük eğilme dayanımı sonuçlarında ise azalma meydana geldiği gözlenmiştir. En yüksek eğilme dayanımı değeri 100-CSECM (7.6 MPa) beton numunelerinden elde edilirken, en düşük değer 100-

PCEM (3.1 MPa) beton numunelerinden elde edilmiştir.

Kaldı (2011), pomza agregası ile üretilen taşıyıcı hafif beton numunelerin 28 günlük eğilme dayanımı sonuçlarının, 4.3 MPa ve 90 günlük 4.4 MPa olduğunu, Bilgiç (2009), üretilen yüksek performanslı betonların 28 günlük eğilme dayanımlarının 4.2 MPa ve hafif betonun 3.3 MPa olduğunu deneysel çalışmalar sonucunda gözlemlemiştir.



Şekil 4. Eğilme dayanım sonuçları

Sümer (2012) ise, %10 silis dumanı ve %1 polipropilen lif katkılı betonlarda eğilme dayanımında azalma olduğunu ve %1 oranında polipropilen lif kullanımının beton eğilme dayanımını azalttığını tespit etmiştir.

5. Sonuç ve Tartışma

Kırmetaş agregalı betonun iri agregasına (elek çapı 4/8 - 8/16 mm) farklı oranlarda (%25 ve %100) pomza ikame edilerek üretilen 500 dozlu, CEM I 42,5R ve Kalsiyum Alüminat Çimentosu (CAC) betonlardan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

- Beton numunelerin yayılma çapları 500-750 mm arasında değişmektedir.
- %100 pomza ile yapılan karışımlarda taze beton birim ağırlığı 1750 kg/m³-1850 kg/m³, %25 pomza ile üretilen karışımlarda 2100 kg/m³-2200 kg/m³, %100 kırma taş agregası ile üretilen betonların ise 2400 kg/m³-2450 kg/m³ arasındadır.
- Numunelerin TS EN 206-1 standardında normal (2000-2600 kg/m³) ve hafif (800-2000 kg/m³) betonun etüv kurusu durumundaki birim hacim kütesine uygun olduğu görülmüştür.
- TS EN 206-1'e göre, %100 pomza ile üretilen beton numunelerin LC 16/18, %25 pomza ile üretilen beton numunelerin LC 25/28 ve %100 kırma taş agregası ile üretilen betonların numunelerin C70/85 dayanım sınıfında olduğu görülmüştür.
- Liflerin basınç dayanımına önemli bir katkısı olmadığı gözlenmiştir.
- Kalsiyum Alüminat Çimentosu (CAC) ile üretilen pomza agregası ikameli serilerde; artan yaşla beraber

basınç dayanımında artış gözlenirken kırmataş agregalı serilerde 56 günlük basınç dayanımında azalma gözlenmiştir.

Çalışmanın sonucunda, tüm beton numuneleri içerisinde en yüksek basınç dayanımı %100 kırma taş agregalı CEM I 42.5 R (100-CSCEM) beton numunelerinden elde edilmiştir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar tarafından herhangi bir çıkar çatışması beyan edilmemiştir.

Kaynaklar

Ann, K.Y., Cho, C.G., 2014. Corrosion Resistance of Calcium Aluminate Cement Concrete Exposed to a Chloride Environment. *Materials (Basel)*, Feb, 7(2): 887–898.

Bilgiç, M., 2009. Yüksek Performanslı Prefabrikte Hafif Betonların Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek lisans tezi. Yapı Eğitimi Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

Bideci, Ö., 2013. Bor Katkılı Hafif Agregalı Betonların Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Araştırılması. Doktora Tezi, Mimarlık Bölümü, Trakya Üniversitesi, Edirne, Türkiye.

Ceylan, H., 2005. Farklı Pomza Agregası Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık Etkisindeki Karakteristiği,” Doktora Tezi, Maden Mühendisliği ve Madencilik Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

Chen, B., Liu, J., 2005. Contribution of Hybrid Fibers on the Properties of High Strength Lightweight Concrete Having Good Workability. *Cement and Concrete Research*, vol. 35, no. 5, pp. 913-917.

Çağlayan, M., Kahriman, A., 2003. Alternatif Beton Agregası Olarak Pomza ve Kent Mobilyalarında Kullanılabilirliği. III Ulusal Kırma Taş Sempozyumu, İstanbul, Türkiye, 285-291.

Dikici, T., 2010. Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İnşaat Mühendisliği Bölümü, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

Düzgün, O. A., 2001. Çelik Liflerin Hafif Betonların Dayanımları Üzerindeki Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.

Kaldı,C., 2011. Taşıyıcı Hafif Beton Tasarımı ve Çok Katlı Binalarda Kullanımı. Yüksek Lisans tezi.

İnşaat Mühendisliği Bölümü, Ege Üniversitesi, İzmir, Türkiye.

Kırıkoğlu, S., Yavuz, F., 2017. Endüstriyel Ham Maddeler, Çimento Hammaddeleri Ders Notları. Teknik İstanbul Üniversitesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü.

Okuyucu, E., 2005. Farklı Lif Katkılı Hafif Betonların Bazı Özelliklerinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.

Sucu, M., Delibaş, T., 2015. Kalsiyum Alüminat Çimentosu Bazlı Tamir Betonları. *Hazır Beton*, ss: 88-94.

Sümer, B., 2012. Silis Dumanı Katkılı Betonlarda Polipropilen Lif Kullanımının Beton Özelliklerine Etkilerinin Araştırılması, Yüksek lisans tezi, Yapı Eğitimi Bölümü, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye.

Şapcı, T., 2008. Aksaray Bölgesi Volkanik Hafif Agregası Oluşumlarının İncelenmesi ve Endüstriyel Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta, Türkiye.

Şatır, Y., 2000. Taşıyıcı Hafif Betonlarda Çelik Lif Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Fırat Üniversitesi, Elâziğ, Türkiye.

Şimşek, O., 2016. Beton ve Beton Teknolojisi. 5. Baskı, Ankara, Türkiye, Seçkin Yayıncılık.

Türk Standartları Enstitüsü. 2002. TS EN 206-1. Beton- Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk.

Türk Standartları Enstitüsü. 2002. TS EN 197-1. Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri.

Türk Standartları Enstitüsü. 2010. TS EN 12350-5. Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 5: Yayılma Tablası Deneyi.

Türk Standartları Enstitüsü. 2010. TS EN 12350-6. Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk.

Türk Standartları Enstitüsü. 2010. TS EN 12390-7. Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 7: Sertleşmiş Beton Yoğunluğu Tayini

Türk Standartları Enstitüsü. 2010. TS EN 12390-3. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinin Basınç Dayanımının Tayini.

Türk Standartları Enstitüsü. 2010. TS EN 12390-6. Beton- Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini.

Türk Standartları Enstitüsü. 2012. TS EN 933-1. Agregaların Geometrik Özellikleri İçin Deneyler - Bölüm 1: Tane Büyüklüğü Dağılımının Tayini - Eleme Yöntemi

Türk Standartları Enstitüsü. 2013. TS EN 1097-6. Agregaların Mekanik Ve Fiziksel Özellikleri İçin Deneyler Bölüm 6: Tane Yoğunluğu ve Su Emme Oranının Tayini

URL1, 2017, <http://www.concrete construction.net>.

Ünal, O., Uygunoğlu, T., Yıldız, A., 2005. Pomza ve Diatomitle Üretilen Hafif Betonların Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi, ss:211-217, Isparta, Türkiye.

Zengin, B., Özel, C., 2013. Kendiliğinden Yerleşen Hematit Agregalı Betonun Bazı Fiziksel ve Mekanik Özelliklerinin Araştırılması. SDU International Technologic Science, 5 (2), ss:95-102, Isparta, Türkiye.