



Arduvaz ve Andezit'in Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Oktar SOYKAN*¹, Cengiz ÖZEL², Cenk ÖCAL³

¹Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, İnşaat Bölümü, İnşaat Teknolojileri Programı, Burdur. osoykan@mehmetakif.edu.tr

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta. cengizozel@sdu.edu.tr

³Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği Bölümü, Burdur
cenkocal@mehmetakif.edu.tr

(Alınış Tarihi: 16.02.2015, Kabul Tarihi: 30.03.2015)

Anahtar Kelimeler

Beton
Arduvaz
Andezit
Mekanik Özellikler

Özet: Bu çalışmada; yapılarda iç ve dış kaplamalarda, dekorasyon ve restorasyon işlerinde kullanılan arduvaz ve andezit atıklarının beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması amaçlanmıştır. İki farklı çimento tipinde (CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N ve CEM I 42.5 R) agregaların %25, %50, %75 ve %100 olarak değiştirilmesi sonucu incelenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre arduvaz ve andezit mineral atıklarının kullanımı ile betonların mekanik ve fiziksel özelliklerinin şahit betona göre yükseltilebilmektedir (basınç dayanımını arduvazlı numunelerde %17.8 andezitli numunelerde %12.3, yarmada çekme dayanımını arduvazlı numunelerde %16.7 andezitli numunelerde %8.6 ve eğilme dayanımı arduvazlı numunelerde %22.9 andezitli numunelerde %8.6 arttırılabilmektedir). Üretilen numunelerin ilgili standartta belirtilen şartları sağladığı ve arduvaz ve andezit mineral atıklarının beton üretiminde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Investigation of the Usability as Concrete Aggregate of Slates and Andesite

Keywords

Concrete
Slate
Andesite
Mechanical properties

Abstract: In this study, usability of andesite and slate that are employed generally at decoration and restoration of interior and exterior coverings of structures, as concrete aggregate. Two different cement types (CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N and CEM I 42.5 R) are used with %25, %50, %75 and %100 replacement of aggregate.

According to results acquired, mechanical and physical properties of concrete prepared with waste minerals of andesite and slate can be improved as compared to witness sample (can improve compressive strength %17.8 at samples of slate, %12.3 at samples of andesite, splitting tensile strength %16.7 at samples of slate, %8.6 at samples of andesite and bending strength %22.9 at samples of slate, %8.6 at samples of andesite). It is come to the conclusion that produced samples meet requirements of relevant standard and waste minerals of andesite and slate can be used at concrete mixtures.

1. Giriş

Beton her zaman yapı malzemesi dünyasında geçerliliğini devam ettirmiş ve en çok kullanılan yapı malzemesidir. Dayanıklılığı, kolay şekil verilebilirliği, istenilen fiziksel özellikler hem şantiyede hem de şantiye dışı alanlarda (beton tesislerinde) ileri teknoloji gerektirmeden ekonomik olarak üretilebilmesi nedeniyle yapı malzemesi dünyasında vazgeçilmez bir öge haline gelmiştir (Polat ve Özel,

2012). Beton; çimento, su, agrega ve gerektiğinde katkı maddelerinin (mineral, kimyasal, fiber vb.) belirli şartlar ve oranlarda karıştırılmasıyla elde edilen, başlangıçta şekil verilebilen plastik formda olup, zamanla çimento ve su arasındaki kimyasal reaksiyonun gelişmesiyle (hidratasyon) sertleşerek mukavemet kazanan, harç fazı ve agregadan oluşan kompozit bir yapı malzemesidir (Polat, 2012).

* İlgili yazar: osoykan@mehmetakif.edu.tr

Betonun özellikleri kullanılan malzemeler tarafından belirlenir. Beton hacminin yaklaşık %75'ini oluşturan agregaların kalitesi ve türü betonun performansını ve durabilitesini büyük ölçüde etkilemektedir. İyi beton elde edebilmek için uygun agrega kullanılması gerektiği bilinen bir gerçektir (Şengül vd., 2003).

Agregalar çok çeşitli kullanım alanlarına sahip olmakla birlikte, özellikle inşaat sektöründe zorunlu olarak kullanılan bir malzemedir. Ülkemizde özellikle son 25-30 yıl içinde köyden kente hızlı bir nüfus göçünün meydana gelmiş olması, bu nüfus hareketinin doğal sonucu olarak inşaat sektöründeki büyüme ve gelişme, yol yapımının hızlanması ve benzeri nedenlerle agrega gereksiniminde büyük artışlara neden olmuştur (Yıldırım vd., 2002).

Beton agregası; beton veya harç yapımında çimento ve su karışımından oluşan bağlayıcı malzeme ile birlikte bir araya getirilen, organik olmayan doğal veya yapay malzemenin genellikle 100 mm'yi aşmayan (yapı betonlarında çoğu zaman 63 mm'yi geçmeyen) büyüklüklerdeki kırılmış veya kırılmamış tanelerin oluşturduğu bir yığındır (Köken vd., 2008).

Genel olarak beton agregalarından beklenen bazı özellikler,

- ✓ Harçtan en ekonomik şekilde yararlanılacak granülometriye sahip olmalı,
- ✓ Suyun etkisi altında yumuşamamalı, dağılmamalı,
- ✓ Çimentonun bileşenleri ile zararlı bileşikler meydana getirmemeli,
- ✓ Sert ve sağlam olmalı, su ile zararlı kimyasal bileşikler oluşturmamalı,
- ✓ Kimyasal olarak zararlı maddelerle ve kille sarılı bulunmamalı
- ✓ Çimentonun yapışma etkisine zarar vermemeli,
- ✓ Donatının korozyona karşı korunmasını tehlikeye düşürmemelidir (Köken vd., 2008).

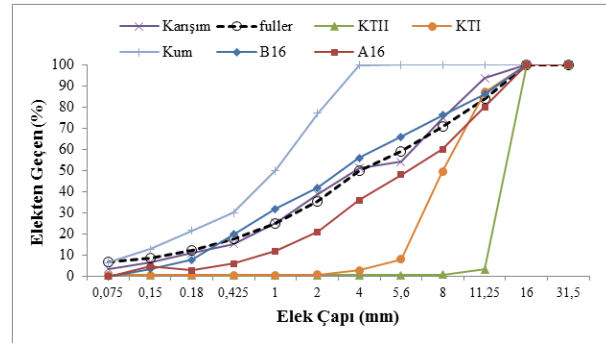
Arduvaz, kil yataklarının diajenez sonucu şistleşmesinden oluşan ince tabakalı kayalardır. Şistleşme, genellikle tabakalaşmaya paralel olup kayacın ince tabakalar halinde dilimlenmesini sağlar. Metamorfik bir kayacın kayağan taşı, çamurtaşları, silt taşları, şeyller ve volkanik küllerin farklı kompozisyonlarını içerir. Çok farklı mineral ve kompozisyonları nedeniyle, değişik renkler ve desenler verebilmektedir. Genellikle koyu gri renkli olan arduvaz mika, kuvars ve klorit gibi mineraller ihtiva eder. Bu mineraller az çok silisleşmiş killi ve marnlı bir hamurla bağlanmıştır. Kuvars (SiO₂) oranı %50-68 arasındadır. Oldukça sert olan arduvaz su geçirmez ve atmosferik hava koşullarına dayanıklıdır. Andezit ise diyoritlerin yüzey taşıdır. %52-63 oranında kuvars içerir. Andezitik magma çok güçlü patlamalar oluşturur. Bileşiminde plajjoklas, kuvars, piroksen ve az oranda da hornblend içerir. Volkanik kökenli olan andezit kayaçları renk, doku ve sertlik açısından uygun olan bazı türlerinden parke taşı, döşeme taşı, kaplama taşı ve yapılarda değişik amaçlı

olarak mimari tasarımlarda ve tarihi yapılarda kullanılmaktadır. Su emmeyen, suda dağılmayan özelliği, sıkı dokulu, koyu renkli olması ve disk kesicilerle kesildiğinde düzgün bir yüzey verirler (Öcal ve Dal, 2012).

Bu çalışmada arduvaz ve andezit mineral atıklarının %25, %50, %75 ve %100 oranında normal agrega ile yer değiştirilerek beton numuneler üretilmiştir. Üretilen beton numunelerin 28 günlük kür süresi sonunda basınç dayanımı, yarma dayanımı, eğilme dayanımı, ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği özellikleri incelenmiştir.

2. Deneysel Çalışma ve Beton Üretimi

Bu çalışmada beton tasarımı TS EN 206 -1 (2002)'e göre yapılmış olup s/ç oranı 0.45 ve çimento dozajı 350 kg/cm³ olarak sabit tutulmuştur. Beton üretiminde kullanılan agregalar 0-3 mm kırma kum (Kum), 0-7 mm kırma taş (KT1) ve 7-14 mm kırma taş (KT2) olmak üzere 3 tip kalker kökenli agrega kullanılmıştır. Arduvaz ve andezit mineral atık agregalarla yer değiştirmek için 0-3 mm, 0-7 mm ve 7-14 mm olmak üzere üç farklı gruba ayrılmıştır. Arduvaz agregaları AR1 (0-3 mm), AR2 (0-7 mm) ve AR3 (7-14 mm), andezit agregaları AN1 (0-3 mm), AN2 (0-7 mm) ve AN3 (7-14 mm) olarak ayrılmıştır. Çalışmada TS EN 933-1 (2012)'e göre kullanılan agregaların tane boyut dağılımları Şekil 1'de, ASTM C 127 (2001) ve ASTM C 128 (1997)'e göre belirlenen agregaların tane yoğunlukları ise Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Agregaların ve karışımın gradasyon eğrileri

Tablo 1. Agregaların tane yoğunlukları (Doğru Kuru Yüzey, gr/cm³)

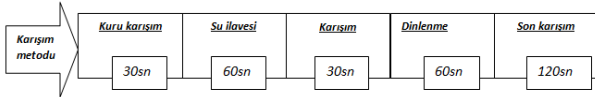
Agrega türü	Kalker	Arduvaz	Andezit
0-3 mm	2.732	2.928	2.603
0-7 mm	2.713	2.940	2.592
7-14 mm	2.736	2.909	2.578

Üretilen betonlar üzerinde tahribatsız deneylerden taze beton deneyi TS EN 12350-6 (2010), ASTM C 597 (1997)'e göre ultrases geçiş hızı tayini deneyi, TS 3260 (1978)'e göre schmidt yüzey sertliğinin

belirlenmesi, TS EN 12390-4 (2002) ve 12390-3 (2003)'e göre tahribatlı deneylerden basınç mukavemeti tayini, TS EN 12390-6 (2010)'e göre yarmada çekme dayanımının tayini "YD", TS EN 12390-5 (2012)'a göre eğilme dayanımı tayini yapılmıştır. Betonların bakımı ve kürü; TS 3323 (2012) ve TS EN 12390-2 (2010)'a göre yapılmıştır.

Beton üretiminde AR ve AN agregası normal agregası ile hacimce %25, %50, %75 ve %100 oranlarında yer değiştirmek suretiyle kullanılmıştır. Yer değiştirme oranları her 3 agregası aralığı içinde eşit olacak şekilde yer değiştirme işlemi yapılmıştır.

Yapılan çalışmada beton karılma işlemi Özel (2007) tarafından belirtildiği gibi 30sn saniye kuru (iri agregası, ince agregası, bağlayıcı madde), 90sn (ilk bir dakika su ilavesi), 60n dinlenme ve 120sn karışım olmak üzere toplam 300 sn'de (5 dk) yapılmıştır (Şekil 2).

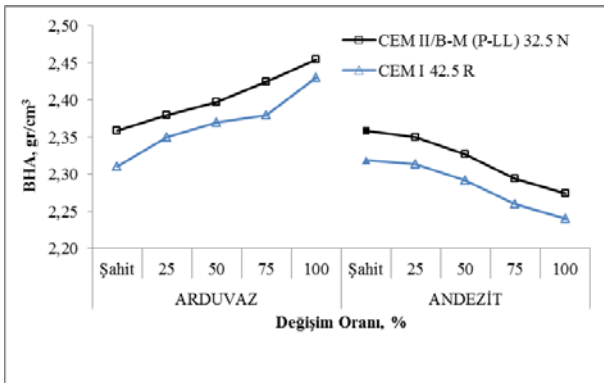


Şekil 2. Karışım süreci (Özel, 2007)

3. Deneysel Sonuçların Değerlendirilmesi

3.1. Birim Hacim Ağırlığı Deney Sonuçları

Üretilen beton karışımlar üzerinde taze beton özellikleri olarak birim hacim ağırlık deneyleri yapılmış ve sonuçlar Şekil 3'te verilmiştir. Tablo 1'de agreganın fiziksel özelliklerinden agregalarının tane yoğunluklarının dağılımına göre bu sonucu desteklemektedir.



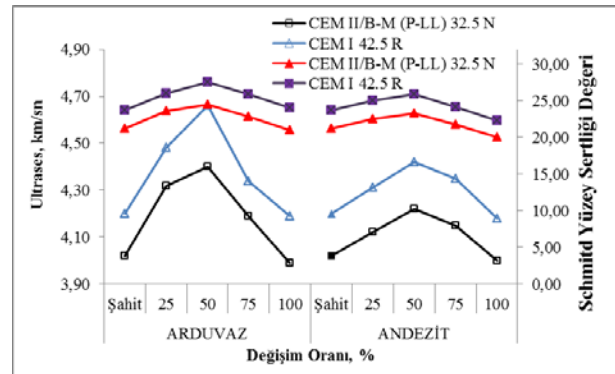
Şekil 3. Taze birim hacim ağırlık değerleri

Taze betonun birim hacim ağırlık değerleri göz ününe alındığında, şahit betona göre arduvazlı serilerde CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimentolu numunelerde en yüksek artış % 4.1, CEM I 42.5 R çimentolu numunelerde en yüksek artış % 5.2 ve andezitli serilerde ise CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimentolu numunelerde % 3.6 azalma, CEM I 42.5 R çimentolu numunelerde % 1.8 azalma meydana gelmiştir.

Normal agregası ile kıyaslandığında Arduvaz agregasının yoğunluk değerlerinin daha yüksek ve Andezit agregasının yoğunluk değerlerinin daha düşük olması, betonun taze birim hacim ağırlığındaki orantılı artış ya da azalma beklenen bir durum olarak gerçekleşmiştir.

3.2. Ultrases Geçiş Hızı ve Schmidt Sertliği Deney Sonuçları

Üretilen beton numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş beton deneylerinden ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği deney sonuçları Şekil 4'de verilmiştir. Elde edilen değerlere göre Arduvaz ve Andezitli serilerde benzer davranış olmuştur. Her iki çimento tipi ve her iki mineral serilerinde %50 yer değiştirmede ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği değerlerinde en fazla artış elde edilmiştir.

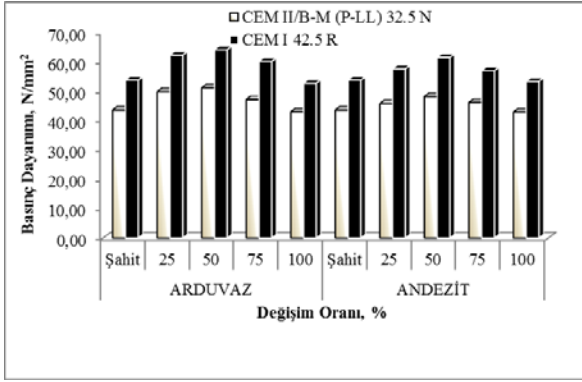


Şekil 4. Ultrases geçiş hızı ve Schmidt yüzey sertliği değerleri

Sertleşmiş beton deneylerinden ultrases geçiş hızı deneyinde şahit betona göre şahit betona göre arduvazlı serilerde CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimentolu %50 yer değiştirmeli numunelerde en yüksek artış % 8.3, CEM I 42.5 R çimentolu %50 yer değiştirmeli numunelerde en yüksek artış % 9.8, andezitli serilerde ise CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimentolu %50 yer değiştirmeli numunelerde % 4.4 artış, CEM I 42.5 R çimentolu %50 yer değiştirmeli numunelerde % 4.7 artış meydana gelmiştir. Schmidt yüzey sertliği değerlerinde ise şahit betona göre arduvazlı serilerde CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimentolu %50 yer değiştirmeli numunelerde en yüksek artış % 15.6, CEM I 42.5 R çimentolu %50 yer değiştirmeli numunelerde en yüksek artış % 15.7, andezitli serilerde ise CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimentolu %50 yer değiştirmeli numunelerde % 9.9 artış, CEM I 42.5 R çimentolu %50 yer değiştirmeli numunelerde % 12.3 artış meydana gelmiştir.

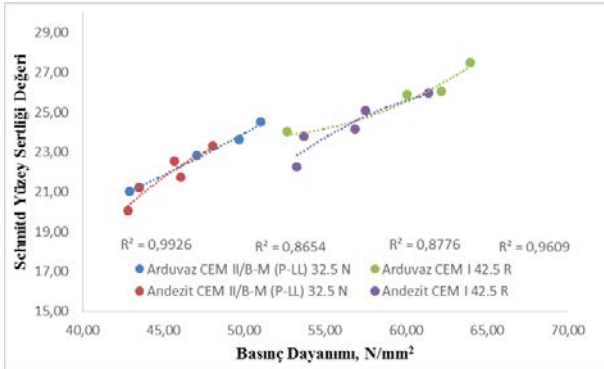
3.3. Basınç Dayanımı Deney Sonuçları

Üretilen beton numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş deneylerden basınç dayanımı değerleri Şekil 5'de gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en yüksek artış arduvaz %50 ve andezit %50 mineral oranının olduğu serilerde elde edilmiştir.



Şekil 5. Basınç dayanımı değerleri

Şekil 5’de görüldüğü gibi her iki çimento tipi ve her iki mineral tipinde ki basınç dayanımı sonuçları birbirine benzer davranış göstermiştir. Arduvazlı ve Andezitli serilerde şahit betona göre %25, %50 ve % 75 yer değiştirmeli serilerde artış, %100 yer değiştirmeli serilerde ise azalma tespit edilmiştir. En yüksek artış CEM I 42.5 R çimento tipi ve %50 arduvaz serisinde % 19.2 olarak, en yüksek düşüş ise CEM I 42.5 R çimento tipi ve %100 andezitli seride % 2.6 olarak saptanmıştır. Basınç dayanımı ile schmidt yüzey sertliği arasındaki ilişkiler Şekil 6’da gösterilmiştir.

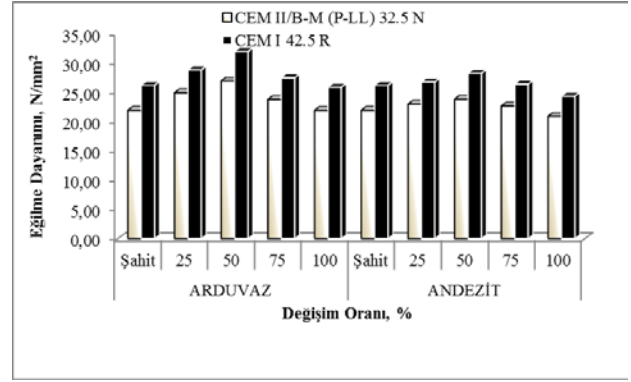


Şekil 6. Basınç dayanımı ve schmidt yüzey sertliği değerleri arasındaki ilişkiler

Şekil 6’da görüldüğü gibi basınç dayanımı ve schmidt yüzey sertliği arasında yüksek belirleyicilik katsayısı; CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N’li arduvaz içeren betonlarda $R^2= 0.9926$, CEM I 42.5 R’li arduvaz içeren betonlarda $R^2= 0.8654$ ve CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N’li andezit içeren betonlarda $R^2= 0.8776$, CEM I 42.5 R’li andezit içeren betonlarda $R^2= 0.9609$ olarak elde edilmiştir.

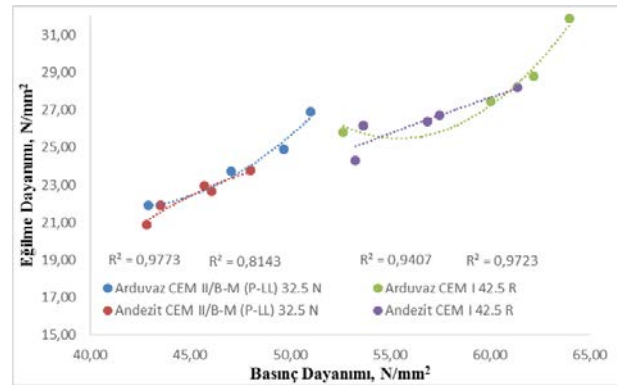
3.4. Eğilme Dayanımı Deneyi Sonuçları

Üretilen beton numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş deneylerden eğilme dayanımı değerleri Şekil 7’de gösterilmiştir. Basınç dayanımı verilerine benzer olarak en yüksek artış arduvaz %50 ve andezit %50 mineral oranının olduğu serilerde elde edilmiştir.



Şekil 7. Eğilme dayanımı değerleri

Şekil 7’de görüldüğü gibi her iki çimento tipi ve her iki mineral tipindeki eğilme dayanımı sonuçları birbirine benzer davranış göstermiştir. Arduvazlı ve Andezitli serilerde şahit betona göre %25, %50 ve % 75 yer değiştirmeli serilerde artış, %100 yer değiştirmeli serilerde ise azalma tespit edilmiştir. En yüksek artış CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimento tipi ve %50 arduvaz serisinde % 22.9 olarak, en yüksek düşüş ise CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimento tipi ve %100 andezitli seride % 7.1 olarak saptanmıştır. Basınç dayanımı ile eğilme dayanımı arasındaki ilişkiler Şekil 8’de gösterilmiştir.

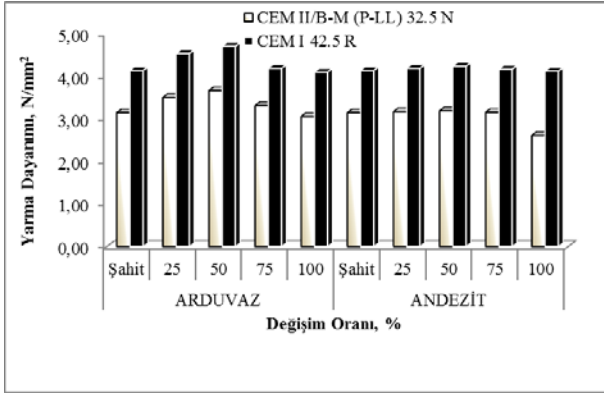


Şekil 8. Basınç dayanımı ve eğilme dayanımı arasındaki ilişkiler

Şekil 8’de görüldüğü gibi basınç dayanımı ve eğilme dayanımı arasında yüksek belirleyicilik katsayısı CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N’li arduvaz içeren betonlarda $R^2= 0.9773$, CEM I 42.5 R’li arduvaz içeren betonlarda $R^2= 0.8143$ ve CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N’li andezit içeren betonlarda $R^2= 0.9407$, CEM I 42.5 R’li andezit içeren betonlardan $R^2= 0.9723$ olarak elde edilmiştir.

3.5. Yarma Dayanımı Deneyi Sonuçları

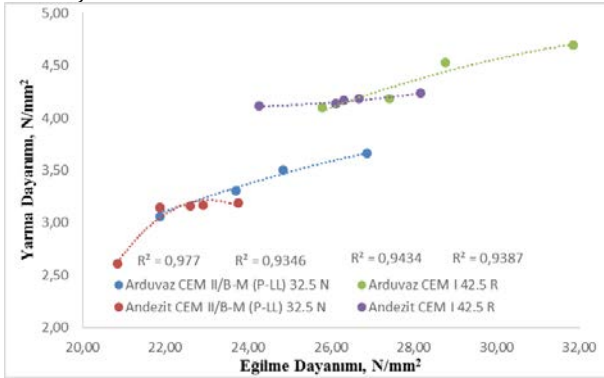
Üretilen beton numuneler üzerinde yapılan sertleşmiş deneylerden yarma dayanımı değerleri Şekil 9’da gösterilmiştir. Basınç dayanımı ve eğilme dayanımı verilerine benzer olarak en yüksek artış arduvaz %50 ve andezit %50 mineral oranının olduğu serilerde elde edilmiştir.



Şekil 9. Yarma dayanımı değerleri

Şekil 9'da görüldüğü gibi her iki çimento tipi ve her iki mineral tipinde ki basınç dayanımı sonuçları birbirine benzer davranış göstermiştir. Arduvazlı ve Andezitli serilerde şahit betona göre %25, %50 ve %75 yer değiştirmeli serilerde artış, %100 yer değiştirmeli serilerde ise azalma tespit edilmiştir. En yüksek artış CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimento tipi ve %50 arduvaz serisinde % 16.7 olarak, en yüksek düşüş ise CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N çimento tipi ve %100 andezitli seride % 17.1 olarak saptanmıştır.

Eğilme dayanımı ile yarma dayanımı arasındaki ilişkiler Şekil 10'da gösterilmiştir. Basınç dayanımı ve schmidt yüzey sertliği arasında yüksek belirleyicilik katsayısı CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N'li arduvaz içeren betonlarda $R^2 = 0.9770$, CEM I 42.5 R'li arduvaz içeren betonlarda $R^2 = 0.9346$ ve CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N'li andezit içeren betonlarda $R^2 = 0.9434$, CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N'li andezit içeren betonlarda $R^2 = 0.9387$ elde edilmiştir.



Şekil 10. Eğilme dayanımı ve yarma dayanımı değerleri arasındaki ilişkiler

4. Sonuçlar

Arduvaz ve andezit mineral atıklarından elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada, elde edilen sonuçlar konularına göre aşağıda sıralanmıştır.

Kullanılan Arduvaz agregasının özgül ağırlığı, kullanılan kalker agregasına göre daha yüksek, andezit atık agregasının ise düşüktür. İçindeki makro ve mikro boşlukların arduvazda azlığından, andezitte ise çokluğundan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Sabit s/ç ve çimento dozajında arduvaz atık agregası oranının artmasıyla taze betonun birim hacim ağırlığı arttığı, andezit agregası oranının artmasıyla taze betonun birim hacim ağırlığı azaldığını göstermiştir.

Sertleşmiş beton deneyleri incelendiğinde betonun bütün mekanik özelliklerinde artışlar elde edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucu ultrases geçiş hızı ve schmidt yüzey sertliği değerleri, basınç dayanımı, eğilme dayanımı ve yarma dayanımı özellikleri arduvaz ve andezit agregasının %50 kullanımında en yüksek seviyeye ulaşmıştır. %75 yer değiştirmede dayanımların şahit betona yaklaştığı, %100 kullanımda ise şahit betona göre dayanımların düştüğü gözlemlenmiştir.

Çimento tiplerine bakıldığında basınç dayanımında CEM I 42.5 R tipli çimento ile kullanıldıklarında en yüksek dayanımı, eğilme ve yarma dayanımında CEM II/B-M (P-LL) 32.5 N tipli çimento ile kullanıldıklarında en yüksek dayanımlara ulaşılmıştır.

Bu değişimde arduvaz ve andezitin %75 yer değiştirmeye kadar normal agregası ile çimento arasındaki bağı kuvvetlendirdiği yer değiştirme oranı %75 üstüne çıktığında ise tek başlarına çimento ile normal agregasının kurduğu bağı sağlayamadıkları düşünülmektedir.

Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen değerler incelendiğinde, sonuç olarak arduvaz ve andezit atıklarından elde edilen agregaların beton agregası olarak kullanılabilir olduğu, en uygun yer değiştirmenin ise %50 olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

ASTM C 127, 2001. Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate. Annual Book of ASTM Standards, 5p.USA.

ASTM C 128, 1997. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 49p. USA.

ASTM C 597, 1997. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Annual Book of ASTM Standards, 4p USA.

Köken, A, Köroğlu, M.A., Yonar, F., 2008. Atık Betonların Beton Agregası Olarak Kullanılabilirliği. Selçuk Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Teknik-Online Dergi Cilt 7. Konya.

Öcal, A.D., Dal, M., 2012. Doğal Taşlardaki Bozunmalar. Mimarlık Vakfı İktisadi İşletmesi, 15-23s, İstanbul.

Özel, C., 2007. Katkılı Betonların Reolojik Özelliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi.

Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği, Doktora Tezi, 249s, Isparta.

Polat, H., 2012. Kolemanit'li Betonların Bazı Durabilite Özelliklerinin İncelenmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 125s, Isparta.

Polat, H., Özel, C., 2012. TS EN 206-1'e göre Tasarlanan ve Zararlı Kimyasal Ortamlara Maruz Kalacak Betonların Basınç Dayanımının Bulanık Mantık Yöntemiyle Tahmini, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, 8(1) 26-35.

Şengül, Ö., Taşdemir, C., Koruç, Ş., Sönmez, R., 2003. Agregata Türünün Betonun Donma - Çözülme Dayanıklılığına Etkisi. 3. Ulusal Kırmata Sempozyumu. TS 3260, 1978. Beton Yüzey Sertliği Yolu ile Yaklaşık Beton Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS 3323, 2012. Beton - Basınç deney numunelerinin hazırlanması, hızlandırılmış küre tabii tutulması ve deneyleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 933-1, 2012. Agregaların geometrik özellikleri için deneyler bölüm 1: Tane büyüklüğü dağılımı tayini- Eleme metodu. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12350-2, 2002. Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 2: Çökme (Slamp) Deneyi. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12350-6, 2002. Beton- Taze Beton Deneyleri- Bölüm 6: Yoğunluk. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-2, 2002. Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri, Dayanım Deneylerinde Kullanılacak Deney Numunelerinin Hazırlanması ve Kürlenmesi, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-3, 2003. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 3: Deney numunelerinin basınç dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-4, 2002. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 4: Basınç dayanımı - Deney makinelerinin özellikleri. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-5, 2012. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 5: Deney numunelerinin eğilme dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

TS EN 12390-6, 2010. Beton - Sertleşmiş beton deneyleri - Bölüm 6: Deney numunelerinin yarmada çekme dayanımının tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Yıldırım, M., Yılmaz, I., 2002. Yıldırım ırmağı çökellerinin beton agregası olarak kullanılabilirliklerinin incelenmesi. Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yer Bilimleri C.19, S.2, s. 181 - 192. Sivas.