



Makale / Research Paper

Zeolit ve Diatomit İkameli Betonların Sülfürik Asit Etkisine Karşı Davranışı

Yılmaz KOÇAK^{1*}, Muhsin SAVAŞ²

¹Düzce Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 81620 Düzce/TÜRKİYE
yilmazkocak@duzce.edu.tr

²Özsoy Mimarlık, Düzce/TÜRKİYE, muhsin_06@hotmail.com

Received/Geliş: 06.06.2018

Revised/Düzelme: 29.06.2018

Accepted/Kabul: 05.07.2018

Özet: Betonarme yapı tasarımında dayanımın yanında dayanıklılık da çağımızda giderek önem kazanmaktadır. Betonun hizmet ömrünü, zararlı su ve kimyasallar olumsuz yönde etkilemektedir. Betonun bu zararlı etkilere karşı dayanıklılığının araştırılmasında betonda kullanılan çelik üzerinde yoğunlaşılırken, betonun dayanıklılığı üzerinde yapılan çalışmalarda nihai sonuca ulaşamamıştır. Bu çalışma, zeolit ve diatomit ikameli betonların, sülfürik asit (H₂SO₄) etkisi altındaki ortamlardaki davranışını araştırmak için yapılmıştır. Bu amaçla zeolit ve diatomit sırasıyla, %5+5 ve %10+10 oranlarında Portland çimentosu yerine ikame edilerek 3 farklı çimento elde edilmiştir. Her beton grubu için bu çimentolarla üretilmiş toplam 54 adet 15x15x15 cm ebadında küp numune üretilmiştir. Numuneler hazırlanırken çökme miktarı 7 ile 10 cm arasında olacak şekilde beton karışım dizaynı yapılmıştır. Üretilen sertleşmiş beton numuneleri üzerinde birim ağırlık, su emme, görünür boşluk oranı, ultrases geçiş hızı, kapiler su emme, yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Sertleşmiş beton deneyleri, üç farklı beton türü üzerinde, 28 gün 23±2 °C suda, daha sonra H₂SO₄ ve beton yaşı faktörünün iki düzeyinde (56 ve 90 gün) kür edilen beton numuneleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak, sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, kapilerite katsayısı, ultrases geçiş hızı, görünür boşluk oranları, su emme oranları ve birim hacim ağırlıkları deneylerinin tümünün birbiri ile uyumlu olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çimento, zeolit, diatomit, kapiler su emme, basınç dayanımı.

The Behavior against the Effects of Sulfuric Acid of Concretes Substituted Zeolite and Diatomite

Abstract: Durability is becoming increasingly important in modern times as well as strength in reinforced concrete structures design. The service life of concrete is affected negatively by water and hazardous chemicals. While focusing on the steel used in concrete in the investigation of the resistance to the harmful effects of the concrete, the final result could not be reached in studies on the durability of concrete. This study was designed to investigate the behavior of diatomite under the effect of sulfuric acid (H₂SO₄). For this purpose, zeolite and diatomite were replaced with Portland cement in proportions of 5+5% and 10+10%, respectively, and three different cements were obtained. 15x15x15 cm cube samples have been made for each concrete group which was produced with these cements and this makes totally 54 units. While preparing the samples for the study, a mix design have been done (the amount of subsidence is between 7-10 cm). On samples of produced hardened concrete unit weight, water absorption, porosity, ultrasonic velocity, capillary water absorption, splitting tensile strength and compressive strength experiments have been done. Hardened concrete tests have been done on three different types of concrete, for 28 days, in 23±2 °C water, then on the concrete samples which are cured H₂SO₄ of the media factor and in the level 2 (56 and 90 days) of concrete age factor. As a result, it was determined that the compressive strength, splitting tensile strength, capillary water absorption, ultrasonic velocity, porosity, water absorption and unit weight of the cured concrete specimens were in coherent with each other.

Keywords: Cement, zeolite, diatomite, capillary water absorption, compressive strength.

Bu makaleye atıf yapmak için

Koçak Y, Savaş M, "Zeolit Ve Diatomit İkameli Betonların Sülfürik Asit Etkisine Karşı Davranışı" El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi 2018, 5(3); 845-855

How to cite this article

Koçak Y, Savaş M, "The Behavior against the Effects of Sulfuric Acid of Concretes Substituted Zeolite and Diatomite" El-Cezeri Journal of Science and Engineering, 2018, 5(3); 845-855.

1. Giriş

Beton, günümüzde inşaat sektöründe kendisine geniş kullanım alanları bulmuş ve yaygın olarak kullanılan önemli bir yapı malzemesidir. Ayrıca beton, teknolojinin her geçen gün daha da gelişmesiyle birlikte dayanım ve dayanıklılığı artan bir kompozit malzeme olarak inşaat sektöründe yerini almaktadır. Beton, gerek ekonomisi gerekse fiziksel ve kimyasal etkilere karşı avantajları nedeniyle üzerinde yoğun araştırmalar yapılan bir malzeme olarak dikkat çekmektedir. Yapılan bu araştırmalarda taze ve sertleşmiş beton özelliklerini iyileştirmek ve geliştirmek için tras, pomza, zeolit ve diatomit gibi doğal [1-7], ya da metakaolin, uçucu kül, silis dumanı, yüksek fırın cürufu gibi yapay puzolanlar [8-13] yoğun olarak kullanılmaktadır. Bu malzemelerden zeolit ve diatomit dikkat çeken bir malzeme olarak sektörde yerini almaktadır.

Zeolitler kristal yapıları, fiziksel özellikleri ve kimyasal özellikleri nedeni ile günümüz endüstrisinin önemli hammaddelerindedir. Bilinen 150 tür zeolit mineralinden 40'ı doğada büyük miktarlarda ve oldukça saf rezervler halinde bulunmaktadır [14]. Zeolitler alkali ve toprak alkali metallerin sulu alümina silikatları, kristal yapıları ve kimyasal özellikleri nedeni ile günümüz endüstrisinin önemli hammaddeleri arasında bulunan, çok küçük gözenekli yapıya sahip malzemelerdir. Zeolitleri diğer minerallerden ayıran, yapı içerisindeki kanallarda su moleküllerinin bulunmasıdır. Zeolitlerin 100-350 °C de ısıtılmasıyla bu moleküller, yapıda herhangi bir değişim olmadan yapıyı terk etmektedirler. Zeolitinin önemli özelliklerinden bir diğeri, yapısında bulunan halka şeklindeki kanallardır (oksijen pencereleri). Na^+ , K^+ , Ca^+ gibi tek ve iki değerlikli kanyonlarla dolu olan bu kanallar su molekülleri sarılı halde bulunmaktadır [15, 16]. Doğal zeolitler, bu fiziksel ve kimyasal özellikleri nedeniyle sektörde yoğun olarak kullanılmaktadır.

Diatomit (kizelgur), alglar sınıfından su canlıları olan diatomelerin silisli kabuklarının birikimiyle oluşmuş fosil karakterli sedimanter bir kayaç olarak tanımlanmaktadır [17]. Diatomit, doğada 15 bine yakın çeşidi olan en önemli silis kaynaklarından biri olarak değerlendirilmektedir. Diatomitin renkleri; beyaz, açık sarı, bej, gri olabileceği gibi organik malzemece zengin olanlar yeşil, kahverengi ve hatta siyaha yakın bir renkte olabilmektedirler. Diatomitin yapısı genellikle yuvarlak tepsili veya uzun balık şeklinde olup, boyutları 2-200 μm , kuru halde özgül ağırlığı 0,15-0,40 g/cm^3 arasındadır. Ayrıca diatomit, kimyasal olarak bünyesinde %70-90 arasında SiO_2 bulunduran yüksek su emme yüzdesine sahip gözenekli bir malzeme olarak tanımlanmaktadır [18].

Zeolit ve diatomit, olumlu fiziksel ve kimyasal özellikleri birlikte değerlendirildiğinde çimento ve beton sektörünün önemli malzemeleri olarak ifade edilebilir. Bu çalışma, sülfürik asit (H_2SO_4) ortamındaki beton örneklerinin performansını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla çimento ile ağırlıkça %0 (referans), %5+5 ve %10+10 oranlarında zeolit ve diatomit birlikte ikame edilerek hazırlanmış beton örneklerinin özellikleri; birim ağırlık, su emme, görünür boşluk oranı, ultrases geçiş hızı, kapiler su emme, yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı gibi deneylerle incelenmiştir.

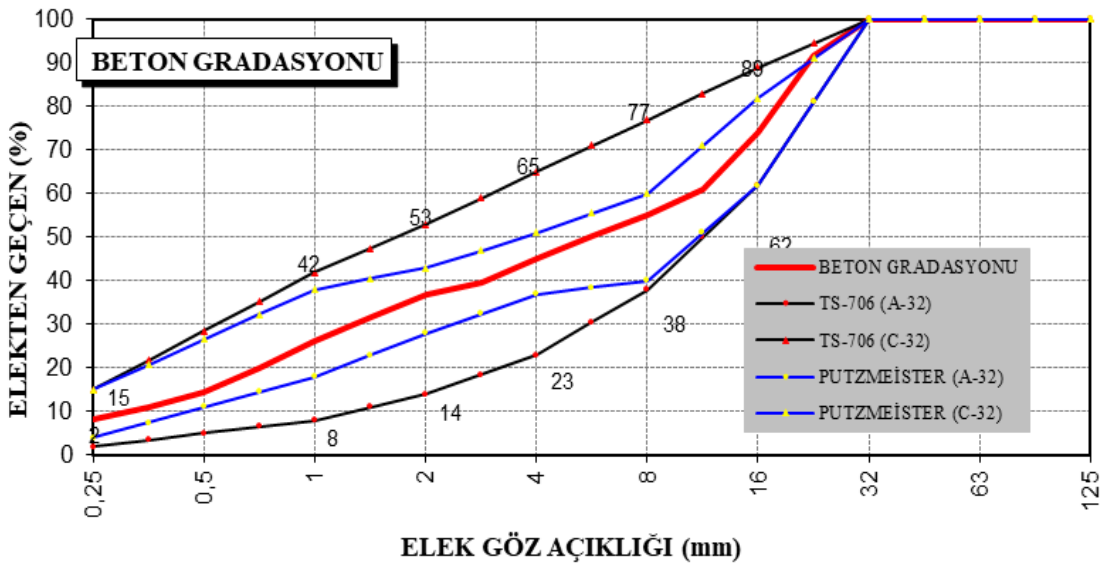
2. Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada bağlayıcı olarak Bolu Çimento Fabrikası tarafından üretilen CEM I 42,5 R tipi Portland çimento kullanılmıştır. Mineral katkı olarak kullanılan zeolit Türk Zeolit firmasından, Kütahya yöresine ait olan diatomit ise Asu Kimya madencilik firmasından temin edilmiştir. Malzemelere ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. PÇ, diatomit ve zeolit kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri.

Malzeme Kimyasal bileşenler	PÇ (%)	Diatomit (%)	Zeolit (%)	Malzeme Fiziksel ve mekanik özellikler	PÇ	Diatomit	Zeolit
SiO ₂ (S)	18,68	79,56	68,85	Blaine İnceliği, cm ² /g	4249	13640	5740
Al ₂ O ₃ (A)	4,67	6,54	11,71	Özgül Ağırlık	3,17	2,28	2,18
Fe ₂ O ₃ (F)	3,53	2,76	1,29	Priz, dakika	Başlangıç 118	-	-
CaO	64,56	2,45	3,97	Bitiş	-	-	-
MgO	0,98	0,79	1,06	Elek üstü	45 µm	4,08	9,80
SO ₃	3,00	0,48	0,18	bakiye, %	90 µm	-	28,60
Na ₂ O	0,14	2,63	0,29	Basınç	7 gün	29,6	-
K ₂ O	0,73	0,69	2,19	Dayanımı, MPa	28 gün	52,8	-
S+A+F	-	88,86	81,85				
Kızdırma Kaybı	3,92	3,88	10,00				
Çözünmeyen kalıntı	0,50	75,98	37,32				
Serbest CaO	1,74	-	-				

Beton numunelerinin hazırlanmasında 0-5 mm kırma kum (su emme oranı %0,615), 5-19 mm (su emme oranı %0,615) ve 19-30 mm (su emme oranı %0,666) olmak üzere üç tane sınıfta Düzce yöresinde bulunan Asar deresinden elde edilen agrega kullanılmıştır. Agreganın granülometri eğrisi Şeki 1’de verilmiştir.



Şeki 1. Agreganın granülometri eğrisi.

Numunelerin hazırlanmasında kullanılan su kuyu suyu olup, Düzce yöresi Doğanlı bölgesinden temin edilmektedir. Akışkanlaştırıcı katkı malzemesi, AYDOS yapı kimyasalları firmasına ait fluid 70 türü olup, katı madde içeriği 34,32, yoğunluğu (20°C) 1,184, pH değeri (20°C) 7,26 olan yeni nesil bir hiper akışkanlaştırıcı katkı malzemesidir.

Çalışmada bağlayıcı olarak CEM I 42,5 R tipi Portland çimento, %5+5 ve %10+10 oranlarında zeolit ve diatomitin birlikte Portland çimentosu yerine ikamesi ile toplam 3 farklı çimento kullanılmıştır. Bu üç grup çimento ile 3 grup beton tipi üretilmiş, referans ve katkı oranı ile kullanılan mineral katkı türünün baş harflerine göre sırasıyla R, 5D5Z ve 10D10Z şeklinde

kodlanmıştır. Beton karışım tasarımında TS 802 [19] standardında belirtilen yöntem dikkate alınarak karışıma girecek malzeme miktarları belirlenmiş, üretilen taze beton karışımları, kıvamı 7-10 cm arasında olacak şekilde tasarlanmıştır. Kullanılan beton numunelerine ait 1m^3 karışıma giren malzeme miktarları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Beton numuneleri için 1m^3 karışıma giren malzeme miktarı.

Malzeme adı		Özgül ağırlık	R, kg	5D5Z, kg	10D10Z, kg
Agrega, mm	0-5	2,66	822	849	855
	5-19	2,69	586	606	611
	19-30	2,70	428	442	445
Toplam agrega			1836	1897	1911
PÇ		3,17	400	360	320
Diatomit		2,28	-	20	40
Zeolit		2,18	-	20	40
HAK		1,184	4,800	4,320	3,84
Su		1	139,7	139,7	124,2

Üretilen beton örnekleri, $15 \times 15 \times 15$ cm’lik küp kalıplara yerleştirilmiş ve 1 gün süre ile (24 saat) kalıpta bekletilmiş; prizini alan betonlar, 23 ± 2 °C suda 28 gün kür edilmiştir. Bu günün sonunda sudan çıkarılan beton numuneleri, %5 H_2SO_4 çözeltisine koyularak deney tasarımında belirlenen esaslar çerçevesinde 56 ve 90 güne kadar sülfürik asit içerikli suda küre tabi tutulmuştur. Hazırlanan sertleşmiş beton numuneleri, 28, 56 ve 90 hidratasyon gün yaşında birim ağırlık, su emme, görünür boşluk oranı, ultrases geçiş hızı, kapiler su emme, yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneylerine tabi tutulmuştur.

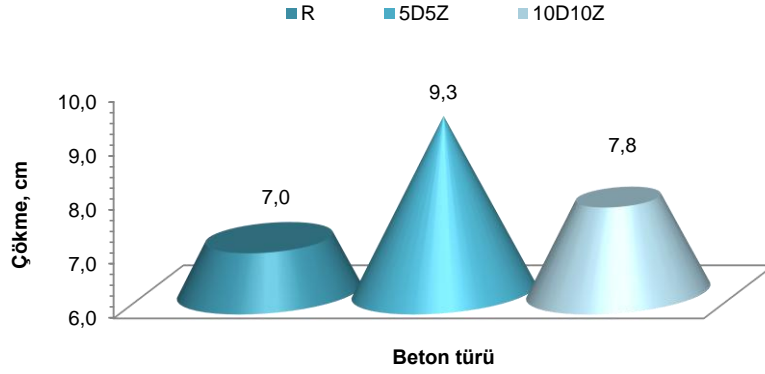
3. Bulgular ve Tartışma

H_2SO_4 ortamında kür edilen sertleşmiş beton numunelerinin özelliklerini belirlemek amacıyla birim ağırlık, su emme, görünür boşluk oranı, ultrases geçiş hızı, kapiler su emme, yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmış ve elde edilen veriler aşağıda sırası ile irdelenmiştir.

3.1. Çökme Deneyi

Beton örnekleri hazırlanırken çökme miktarı 7 ile 10 cm arasında olacak şekilde beton karışım dizaynı yapılmıştır. Beton örneklerine ait çökme değerleri Şekil 2’de verilmiştir.

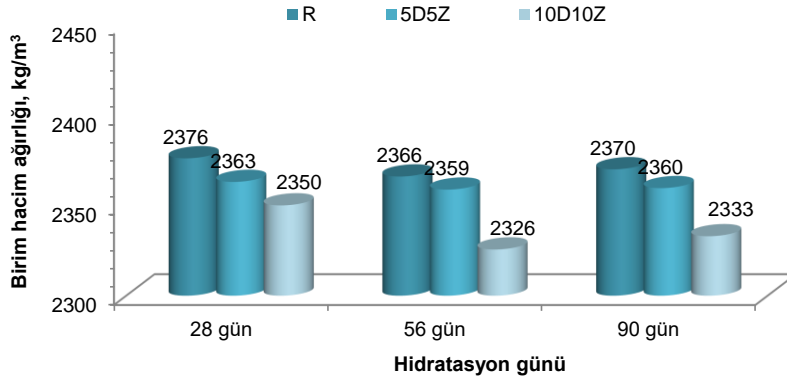
Elde edilen verilere göre çökme miktarları R, 5D5Z ve 10D10Z kodlu beton örneklerinde sırasıyla 7, 9,3 ve 7,8 cm olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar istenen aralıklarda gerçekleştiğinden, bu karışım dizaynı esas alınarak beton örnekleri hazırlanmıştır.



Şekil 2. Taze beton çökme miktarları.

3.2. Birim Hacim Ağırlığı

Beton örneklerinin birim hacim ağırlıkları TS EN 12390-7'ye [20] uygun olarak hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 3'de verilmiştir.



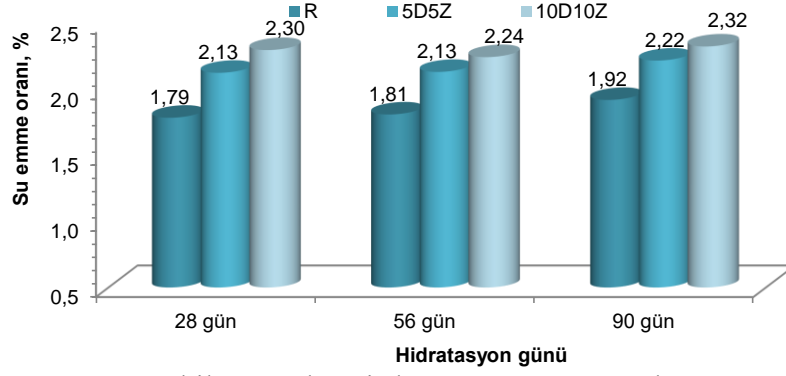
Şekil 3. Sertleşmiş beton birim hacim ağırlık değerleri.

Beton örneklerinin birim hacim ağırlıkları, 10D10Z kodlu beton örneğinin 28, 56 ve 90 hidrasyon gün yaşlarında en düşük, R kodlu beton örneğinin ise en büyük birim hacim ağırlık değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu beton numunelerinin birim hacim ağırlıkları referans beton numunelerine göre, 5D5Z ve 10D10Z kodlu beton örnekleri ve 28, 56 ile 90 hidrasyon gün yaşında sırasıyla %0,3-1,7, %1,1-1,1 ve %0,5-%1,6 oranlarında azalmaktadır (Şekil 3).

3.3. Su Emme Oranı

Beton örneklerinin su emme oranları TS EN 12390-7'ye [20] uygun olarak hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 4'de verilmiştir.

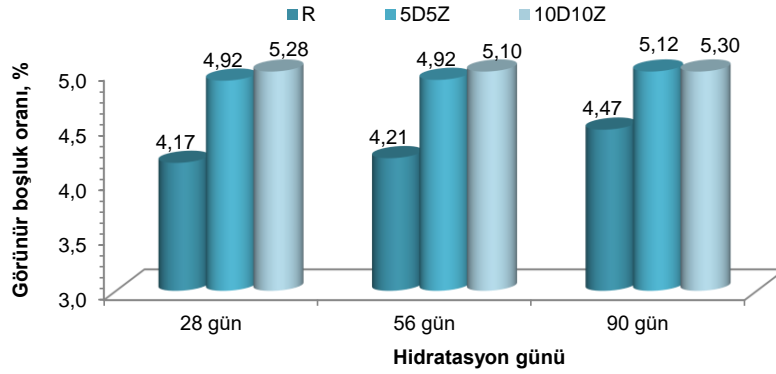
Beton örneklerinin su emme oranları tüm hidrasyon günleri esas alındığında %1,79 ile %2,32 arasında değişmektedir. 10D10Z kodlu beton örneğinin 28, 56 ve 90 hidrasyon gün yaşlarında en büyük, R kodlu beton örneğinin ise en küçük su emme oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Elde edilen sonuçlar sertleşmiş beton örneklerinin su emme oranının, birim hacim ağırlıkları ile uyumlu olduğunu göstermektedir.



Şekil 4. Sertleşmiş beton su emme oranları.

3.4. Görünür Boşluk Oranı

Beton örneklerinin görünür boşluk oranları TS EN 12390-7'ye [20] uygun olarak hesaplanmış ve sonuçlar Şekil 5'de verilmiştir.



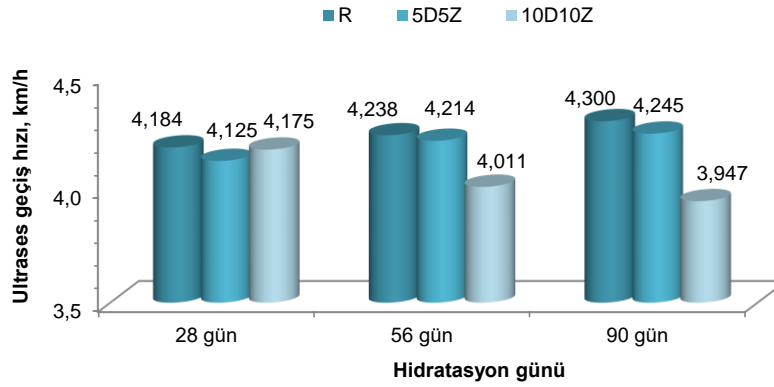
Şekil 5. Beton numunelerinin görünür boşluk oranları.

Sertleşmiş beton örneklerinin görünür boşluk oranları tüm hidratasyon günleri esas alındığında %4,17 ile %5,30 arasında değişmektedir. 10D10Z kodlu beton örneğinin 28, 56 ve 90 hidratasyon gün yaşlarında en büyük, R kodlu beton örneğinin ise en küçük görünür boşluk oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 5). Elde edilen sonuçlar sertleşmiş beton örneklerinin görünür boşluk oranlarının, su emme oranları ve birim hacim ağırlıkları ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

3.5. Ultrases Geçiş Hızı

Ultrases geçiş hızları, beton örneğinin bir yüzeyinden içeriye gönderilen sesüstü dalgasının, diğer yüzeye geçişiyle ölçülmüştür. Elde edilen sertleşmiş beton örneklerine ait ultrases geçiş hızı değerleri Şekil 6'da verilmiştir.

Sertleşmiş beton örneklerinin ultrases geçiş hızı değerleri tüm hidratasyon günleri esas alındığında 3,947 km/h ile 4,300 km/h arasında değişmektedir. 10D10Z kodlu beton örneğinin 28, 56 ve 90 hidratasyon gün yaşlarında en küçük, R kodlu beton örneğinin ise en büyük ultrases geçiş hızı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 6). Ultrases geçiş hızı değerlerine göre üretilen tüm beton numunelerinin kalitesinin whitehurst tarafından yapılan değerlendirmeye göre (3,5-4,5 km/h) iyi olarak tarif edilen beton sınıfında olduğu görülmektedir [21].

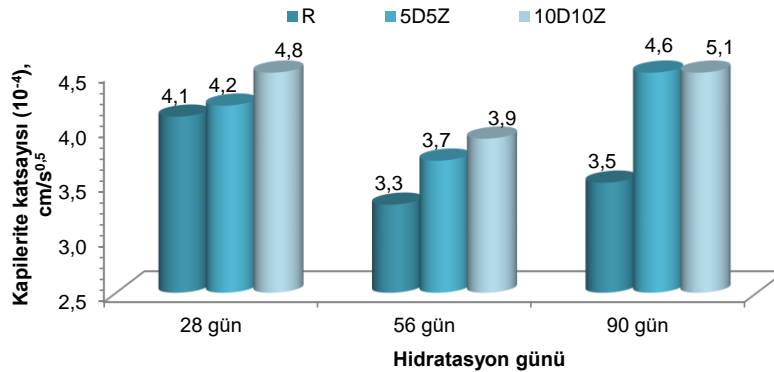


Şekil 6. Ultrases geçiş hızı değerleri.

Elde edilen sonuçlar sertleşmiş beton örneklerinin ultrases geçiş hızı değerlerinin, görünür boşluk oranları, su emme oranları ve birim hacim ağırlıkları ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

3.6. Kapilerite Katsayısı

Kapilerite katsayıları, birim alanda emilen su miktarlarının (Q/A) ortalamaları ile kapiler su emme sürelerinin karekökü ($t^{0.5}$) arasında çizilen grafiklerin eğimlerinden elde edilmiştir. 28, 56 ve 90 hidratasyon gün yaşındaki beton örneklerinin ortalama kapilerite katsayıları Şekil 7’de verilmiştir.

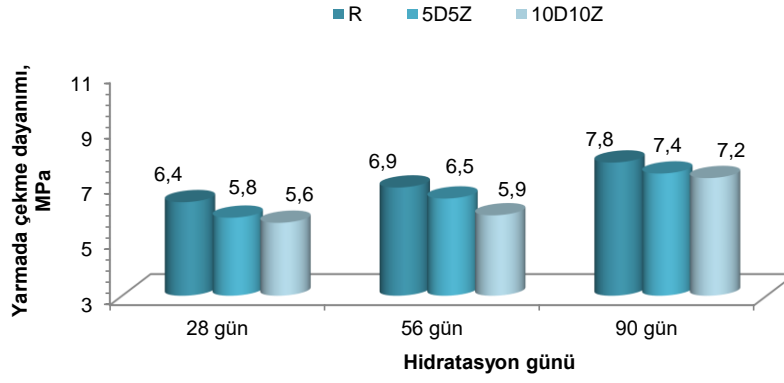


Şekil 7. Beton örneklerinin kapilerite kat sayıları.

Sertleşmiş beton örneklerinin kapilerite kat sayı değerleri tüm hidratasyon günleri esas alındığında $3,3 \times 10^{-4} \text{ cm/s}^{0.5}$ ile $5,1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}^{0.5}$ arasında değişmektedir. 10D10Z kodlu beton örneğinin 28, 56 ve 90 hidratasyon gün yaşlarında en büyük, R kodlu beton örneğinin ise en küçük kapilerite kat sayı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 7). Yapılan araştırmalara göre üretilen betonların kapiler boşluklarının az ve dolayısıyla beton kalitesinin iyi olduğu düşünülmektedir [22-24]. Elde edilen sonuçlar sertleşmiş beton örneklerinin kapilerite kat sayı değerlerinin; ultrases geçiş hızı, görünür boşluk oranları, su emme oranları ve birim hacim ağırlıkları ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

3.7. Yarmada Çekme Dayanımı

Beton örnekleri üzerinde TS EN 12390-6’ya [25] göre yapılan yarmada çekme dayanımı deney sonuçları Şekil 8’de verilmiştir.

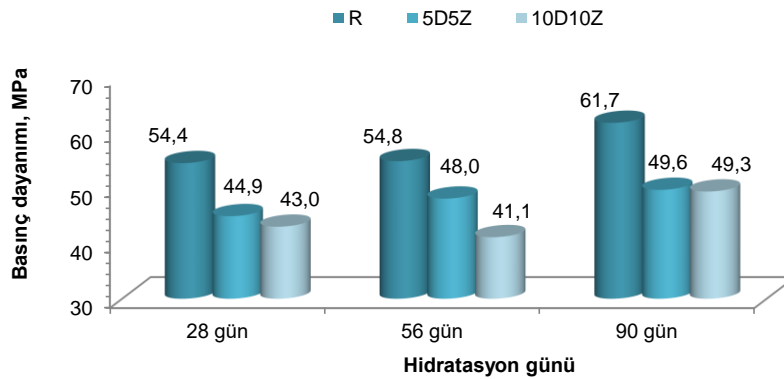


Şekil 8. Yarmada çekme dayanımı değerleri.

Sonuçlar incelendiğinde Beton numunelerinin yarmada çekme dayanımlarının farklı değerler aldığı görülmektedir. Beton örneklerinin yarmada çekme dayanımı değerleri, tüm hidratasyon günleri esas alındığında 5,6 MPa ile 7,8 MPa değerleri arasında değişmektedir. 10D10Z kodlu beton örneğinin 28, 56 ve 90 hidratasyon gün yaşlarında en küçük, R kodlu beton örneğinin ise en büyük yarmada çekme dayanımı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 8). Bu beton numunelerinin yarmada çekme dayanımı değerleri referans beton numunelerine göre, 5D5Z ve 10D10Z kodlu beton örnekleri ve 28, 56 ile 90 hidratasyon gün yaşındaki beton örnekleri sırasıyla %5,6-7,7, %5,6-14,4 ve %5,6-7,7 oranlarında azalmaktadır (Şekil 8). Elde edilen sonuçlar sertleşmiş beton örneklerinin yarmada çekme dayanımı değerlerinin; kapilerite katsayısı, ultrases geçiş hızı, görünür boşluk oranları, su emme oranları ve birim hacim ağırlıkları ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

3.8. Basınç Dayanımı

Betonun taşıyıcılığının en belirgin ölçütü basınç dayanımı olarak ifade edilmekte ve genellikle betonun kalitesi de basınç dayanımıyla temsil edilmektedir. Maksimum kırılma yüklerine göre beton küp numunelerin TS EN 12390-3' [26] göre yapılan basınç dayanımı deney sonuçları Şekil 9'da verilmiştir.



Şekil 9. Basınç dayanımı değerleri.

Sonuçlar incelendiğinde Beton numunelerinin basınç dayanımlarının farklı değerler aldığı görülmektedir. Sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı değerleri, tüm hidratasyon günleri esas alındığında 41,1 MPa ile 61,7 MPa değerleri arasında değişmektedir. 10D10Z kodlu beton örneğinin 28, 56 ve 90 hidratasyon gün yaşlarında en küçük, R kodlu beton örneğinin ise en büyük basınç dayanımı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir (Şekil 9). Bu beton numunelerinin basınç dayanımı değerleri referans beton numunelerine göre, 5D5Z ve 10D10Z kodlu beton örnekleri ve 28, 56 ile 90 hidratasyon gün yaşındaki beton örnekleri sırasıyla %17,6-21,1, %12,4-25 ve %19,6-

20 oranlarında azalmaktadır (Şekil 9). Elde edilen sonuçlar sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı değerlerinin; yarmada çekme dayanımı, kapilerite katsayısı, ultrases geçiş hızı, görünür boşluk oranları, su emme oranları ve birim hacim ağırlıkları ile uyumlu olduğunu göstermektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Çalışmada kullanılan hammaddeler ve bu hammaddeler ile hazırlanan betonların kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek için yapılan analiz ve deneylerin sonuçlarına göre;

- Kimyasal analiz sonucunda zeolit ve diatomitin puzolanik özellikler açısından olumlu olduğu ($S+A+F \geq \%70$),
- Özgül ağırlıklarına göre PÇ'nin 3,17, zeolitın 2,18 ve diatomitin 2,28 olduğu; dolayısıyla zeolit ve diatomit ikameli çimentoların, ikame oranlarına bağlı olarak özgül ağırlıklarının düşük olduğu,
- Elek üstü tane boyut aralıkları (45 μm , 90 μm) ile özgül yüzey alanı değerlerine bakıldığında; referans çimentonun daha küçük tane boyutuna sahip olduğu, ancak zeolit ve diatomitin çok daha yüksek özgül yüzey alanına sahip olduğu,
- Taze beton örneklerinin çökme değerlerinin 7 ile 10 cm arasında olduğu,
- Ultrases geçiş hızı değerlerinin beton türü ve beton yaşı faktörüne bağlı olarak değiştiği, beton örneklerinin tümünün whitehurst tarafından yapılan değerlendirmeye göre iyi olarak tarif edilen beton sınıfında olduğu,
- Elde edilen sonuçlara göre sertleşmiş beton örneklerinin basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı, kapilerite katsayısı, ultrases geçiş hızı, görünür boşluk oranları, su emme oranları ve birim hacim ağırlıkları deneylerinin tümünün birbiri ile uyumlu olduğu,
- Beton örneklerinin eğilme ve basınç dayanımı değerlerinin çimento türüne, ikame oranına ve beton yaşı faktörüne bağlı olarak değiştiği; zeolit ve diatomit ikameli beton örneklerinin dayanım kazanma hızlarının, referans betona göre daha yavaş olduğu; üretilen betonlarda basınç dayanımı değerlerinin, ultrases geçiş hızı değerleriyle uyumlu olarak geliştiği belirlenmiştir.

Genel olarak tüm deney verileri birlikte değerlendirildiğinde, sülfürik asit ortamında küre tabi tutulan zeolit ve diatomit ikameli çimentolar ile hazırlanmış beton örneklerinin, referans beton örneklerine göre olumsuz davranış gösterdiği tespit edilmiştir. Dolayısı ile sülfürik asit ortamına maruz ortamlarda zeolit ve diatomitin birlikte kullanılmasının beklenen olumlu sonucu vermediği tespit edilmiştir. Ancak buna rağmen özellikle basınç dayanımları dikkate alındığında üretilen betonların, zeolit ve diatomitin çimento yerine ikame edildiği düşünüldüğünde beton dayanımlarının iyi olduğu kanaati oluşmuştur.

Sonuç olarak ülkemizin zengin doğal kaynaklarından olan zeolit ve diatomitin, beton sektöründe ayrı ayrı kullanmasının daha uygun uygun olabileceği, çimento ve beton sektöründe geniş kullanım alanına sahip yapay puzolan sınıfındaki silis dumanı, gronüle yüksek fırın cürüfu, uçucu kül gibi malzemelere de alternatif olacağı düşünülmektedir. Ayrıca üretilen beton tipleri için agrega tipi, kimyasal katkı tipi, kür ortamı, çimento dozajı gibi özellikler farklı şekillerde oluşturulup, elde edilen veriler kıyaslanabilir. Bunun yanı sıra H_2SO_4 ortamında meydana gelen basınç dayanımlardaki artışların 1 yıl ya da daha ileriki yaşlardaki dayanımlarının ve donma çözülme gibi deneylerin yapılmasıyla meydana gelecek olan değişikliklerin izlenmesi faydalı olacaktır.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmamızı 2011.03.HD.09 proje kod numarasıyla maddi olarak destekleyen Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi Komisyon Başkanlığına ve Düzce Yiğitler Beton'a teşekkür ederler.

Kaynaklar

- [1] Koçak Y., Dorum A., Yılmaz B., Uçar A., “Trasın Çimento Yüzey Özelliğine, Hidratasyona Ve Basınç Dayanımına Etkisi”, E-Journal Of New World Sciences Academy Technological Applied Sciences, 2010, 5 (1): 1–14.
- [2] Subaşı A., Emiroğlu M., “Effect Of Metakaolin Substitution On Physical, Mechanical And Hydration Process Of White Portland Cement”, Construction And Building Materials, 2015, 95: 257–268.
- [3] Keleştemur O., Demirel B., “Effect Of Metakaolin On The Corrosion Resistance Of Structural Lightweight Concrete”, Construction And Building Materials, 2015, 81: 172–178.
- [4] Yıldız K., Dorum A., Koçak Y., “Pomza Zeolit Ve Cem I Çimentosunun Minerolojik Moleküler Elektrokinetik Ve Termal Uyumunun Yüksek Dayanımlı Betona Etkisinin Araştırılması”, Journal Of The Faculty Of Engineering And Architecture Of Gazi University, 2010, 25 (4): 867–879.
- [5] Gerengi H., Kocak Y., Jażdżewska A., Kurtay M., Durgun H., “Electrochemical Investigations On The Corrosion Behaviour Of Reinforcing Steel In Diatomite– And Zeolite–Containing Concrete Exposed To Sulphuric Acid”, Construction And Building Materials, 2013, 49: 471–477.
- [6] Yılmaz B., Ediz N., “The Use Of Raw And Calcined Diatomite In Cement Production”, Cement & Concrete Composites, 2008, 30: 202–211.
- [7] Kocak Y., Tascı E., Kaya, U., “The Effect Of Using Natural Zeolite On The Properties And Hydration Characteristics Of Blended Cements”, Construction And Building Materials, 2013, 47: 720–727.
- [8] Kocak Y., Nas S., “The Effect Of Using Fly Ash On The Strength And Hydration Characteristics Of Blended Cements”, Construction And Building Materials, 2014, 73: 25–32.
- [9] Zhengqi L., “Drying Shrinkage Prediction Of Paste Containing Meta–Kaolin And Ultrafine Fly Ash For Developing Ultra–High Performance Concrete”, Materials Today Communications, 2016, 6: 74–80.
- [10] Kocak Y., “A Study On The Effect Of Fly Ash And Silica Fume Substituted Cement Paste And Mortars”, Scientific Research And Essays, 2010, 5 (9): 990–998.
- [11] Okoye F.N., Durgaprasad J., Singh N.B., “Effect Of Silica Fume On The Mechanical Properties Of Fly Ash Based–Geopolymer Concrete”, Ceramics International, 2016, 42: 3000–3006.
- [12] Dorum A., Koçak Y., Yılmaz B., Uçar A., “Yüksek Fırın Cürufunun Çimento Yüzey Özelliklerine Ve Hidratasyona Etkileri”, Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 2009, 19: 47–58.
- [13] Zhao H., Sun W., Wu X., Gao Bo., “The Properties Of The Self–Compacting Concrete With Fly Ash And Ground Granulated Blast Furnace Slag Mineral Admixtures”, Journal Of Cleaner Production, 2015, 95: 66–74.
- [14] Köktürk U., “Zeolit Madenciliği Ve Çevre Sağlığına Etkileri”, Hammaddeler Sempozyumu, İzmir, 293-300, (1995).
- [15] Canpolat F., “Çimento Performansının Geliştirilmesinde Doğal Zeolitın Endüstriyel Atıklarla Birlikte Çimento Üretiminde Kullanılması”, Doktora Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2002).
- [16] Serbest D., “Doğal Zeolitlerin Hafif Yapı Endüstrisinde Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1999).
- [17] Yılmaz B., Ediz N., Bentli İ., “Kütahya-Alayunt Bölgesi Killi Diatomitlerin Çimento Üretiminde Kullanılabilirliğinin Araştırılması” Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006, 12: 313-317.
- [18] Aruntaş H.Y., “Diatomitlerin Çimentolu Sistemlerde Puzolanik Malzeme Olarak Kullanılabilirliği”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (1996).

- [19] TS 802, “Beton Karışımı Hesap Esasları”, (2009).
- [20] TS EN 12390–7, “Beton–Sertleşmiş Beton Deneyleri, Bölüm 7: Sertleşmiş Betonun Yoğunluğunun Tayini”, (2010).
- [21] Erdoğan T. Y. “Beton”, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık Ve İletişim Aş., Isbn / Issn: 975-7064-67-X, Ankara, Türkiye (2007).
- [22] Ghrici M., Kenai S., Said-Mansour M., “Mechanical Properties And Durability Of Mortar And Concrete Containing Natural Pozzolana And Limestone Blended Cement”, *Cement & Concrete Composites*, 2007, 29 (7): 542–549.
- [23] Topçu İ.B., Bilir T., Uygunoğlu T., “Effect Of Waste Marble Dust Content As Filler On Properties Of Self-Compacting Concrete”, *Construction And Building Materials*, 2009, 23: 1947–1953.
- [24] Siddique R., Kadri E-H., “Effect Of Metakaolin And Foundry Sand On The Near Surface Characteristics Of Concrete”, *Construction And Building Materials*, 2011, 25: 3257–3266.
- [25] TS EN 12390–6, “Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 6: Deney Numunelerinin Yarmada Çekme Dayanımının Tayini”, (2010).
- [26] TS EN 12390–3, “Beton–Sertleşmiş Beton Deneyleri–Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini”, (2010).