

**YÜKSEK SICAKLIĞIN DİYATOMİT KATKILI HARÇLAR ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Ebru DİNLER

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
YAPI EĞİTİMİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MAYIS 2012
ANKARA**

Ebru DİNLER tarafından hazırlanan “YÜKSEK SICAKLIĞIN DİYATOMİT KATKILI HARÇLAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI” adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Yrd. Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ
Tez Danışmanı, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Yapı Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İlhami DEMİR
Yapı Anabilim Dalı, Kırıkkale Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Osman ŞİMŞEK
Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Tarih: 28/05/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Bilal TOKLU
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ebru DİNLER

**YÜKSEK SICAKLIĞIN DİYATOMİT KATKILI HARÇLAR ÜZERİNDEKİ
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)**

Ebru DİNLER

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
Mayıs 2012**

ÖZET

Bu çalışmada, Ankara Kızılcahamam yöresi diyatomitinin CEM I (PÇ 42,5 R) çimentoya %0, %5, %10, %15 oranlarında, 90 µm boyutundaki diyatomit ikamesi ile elde edilen, diyatomit ikameli harç numunelerinin yüksek sıcaklığa karşı dayanımı ölçülmüştür. Diyatomit ikameli harç numuneleri, 28 ve 90 gün boyunca kür edilmiş; 20, 150, 300, 500 ve 700 °C 'ye tabi tutulmuştur; havada soğutma ve suda soğutma yöntemiyle soğutulmuştur. Diyatomit ikameli harç numunelerin ultrases geçiş hızı, eğilmede-çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır, 28 ve 90. gündeki değerleri istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. 90 günlük ultrases geçiş hızı değerlerine göre, Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C 'de ve 700 °C 'de %5 diyatomit ikamesinin ultrases geçiş hızı değerini %20,82 arttırdığı, 300 °C 'de, %10 diyatomit ikamesinin ultrases geçiş hızı değerini değiştirmedeği, 150 °C 'de ve 500 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin ultrases geçiş hızı değerini %2,48 düşürdüğü, tespit edilmiştir. Soğutma yöntemlerine göre bakıldığında, suda soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerin ultrases geçiş hızı, artış yüzdelerinin havada soğutulan numunelere oranla daha iyi olduğu saptanmıştır. 90 günlük eğilmede-çekme dayanımı değerlerine göre Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C, 150 °C ve 300 °C 'de %10

diyatomit ikamesinin, eğilmede-çekme dayanımını %2,32 düşürdüğü, 500 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin eğilmede-çekme dayanımını %7,43 düşürdüğü, 700 °C 'de %5 diyatomit ikamesinin eğilmede-çekme dayanımı değerlerini %79,99 arttırdığı tespit edilmiştir. Soğutma yöntemlerine göre, havada soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerinin eğilmede-çekme dayanımındaki artış yüzdelerinin, suda soğutulan harç numunelere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır. 90 günlük basınç dayanımı değerlerine göre, Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C 'de, 150 °C 'de, 300 °C 'de, 700 °C 'de %10 diyatomit ikamesinin %20,18 oranında basınç dayanımını arttırdığı, 500 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin basınç dayanımını %17,37 arttırdığı tespit edilmiştir. Soğutma yöntemlerine göre, havada soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerinin basınç dayanımı artış yüzdelerinin, suda soğutulan harç numunelere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır.

Bilim Kodu : 714.1.143
Anahtar Kelimeler : Yüksek Sıcaklık, Harç, Çimento, Diyatomit
Sayfa Adedi : 90
Tez Yöneticisi : Yrd. Doç. Dr. Gökhan DURMUŞ

**THE EVALUATION OF THE EFFECTS OF HIGH TEMPERATURE ON
DIATOMITE ADDED MORTAR**

(M.Sc. Thesis)

Ebru DİNLER

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY
May 2012**

ABSTRACT

In this study, the high temperature endurance of diatomite substituted mortars which were made by adding Ankara Kızılcahamam region diatomite (90 μm) into CEM I (Portland Cement 42, 5 R) with the rate of 0, 5, 10, 15%. Diatomite substituted mortars samples were cured for 28 and 90 days; they were heated to 20, 150, 300, 500 and 700 °C and cooled with air and water. The experimental of ultrasonic pulse velocity, flexural strength and pressure resistance of diatomite substituted mortar samples were performed, 28th and 90th day values of them were statistically evaluated. According to 90 days long ultrasonic pulse velocity values; CEM I (Portland Cement 42,5 R) enhanced the ultrasonic pulse velocity values of diatomite substituted cement 20.82% at 20 °C and 700 °C, CEM I (Portland Cement 42,5 R) has no changing effect on 10% diatomite substitute at 300 °C, it decreased the ultrasonic pulse velocity values for 2.48% at 150 °C and 500 °C. Considering the cooling methods, the ultrasonic pulse velocity values of mortar samples which were cooled in water were better than the ultrasonic pulse velocity values of mortar samples which were cooled with air. According to 90 days long flexural strength values; CEM I (Portland Cement 42,5 R) effects on cement were to decrease the strength of 10%

diatomite substitute at 20 °C, 150 °C and 300 °C by 2.32%, 7.43% at 500 °C for 15% diatomite substitute and to enhance by 79.99 at 700 °C for 5% diatomite substitute. According to cooling methods; the development rates of air cooled mortar samples were higher than those of water cooled samples. According to 90 days long pressure resistance values; CEM I (Portland Cement 42,5 R) enhanced the values of cement by 20.18% at 20 °C, 150 °C, 300 °C and 700 °C for 10% diatomite substitute and by 17.37% at 500 °C for 15% diatomite substitute. According to cooling methods; the flexural resistance enhancement rates of samples cooled in air were higher than those of samples cooled with water.

Science Code : 714.1.143

Key Words : High temperature, Mortar, Cement, Diatomite

Page Number : 90

Adviser : Assist. Prof. Dr. Gökhan DURMUŞ

TEŞEKKÜR

Çalışmalarım boyunca beni yönlendiren Yrd. Doç. Dr. Gökhan Durmuş'a; bilgi ve tecrübelerinden faydalandığım kıymetli hocalarım Prof. Dr. Recep Kanıt'a ve Prof. Dr. Mehmet Emin Tuna'ya; tezimde kullandığım malzememi temin eden hocam Prof. Dr. Hüseyin Yılmaz Aruntaş'a; Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Bölümü laboratuvarını kullanmama izin veren Yrd. Doç. Dr. Osman Şimşek'e; inşaat mühendisi Semir Avcı'ya; değerli büyüğüm Mesut Özdemir'e; çimento ve ekipman yardımıyla çalışmalarına destek veren Limak Ankara Çimento A.Ş.'ye ve çalışanlarına; kıymetli dostlarım Elif Yücel'e ve Zeynep Adıgüzel'e; destekleriyle her zaman yanımda olan tüm aileme ve anneme teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez, düşünceleri ve fikirleriyle her zaman kendime örnek aldığım değerli bilim adamı, manevi babam **“İHSAN AKBAŞ'A”** ithaf edilmiştir.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xii
ŞEKİLLERİN LİSTESİ	xiv
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xvi
SİMGELER VE KISALTMALAR	xvii
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR TARAMASI	2
2.1. Portland Çimentoları ve Puzolanlar.....	2
2.2. Diyatomit.....	5
2.2.1. Diyatomitin oluşumu ve özellikleri	5
2.2.2. Diyatomitin dünyadaki ve Türkiye'deki rezerv durumu.....	9
2.2.3. Diyatomit ile ilgili yapılmış olan çalışmalar	11
2.3. Yüksek Sıcaklık	15
2.3.1. Yüksek sıcaklığın çimento hamuru üzerindeki etkileri	16
2.3.2. Yüksek sıcaklık ve harçlarla ilgili yapılmış olan çalışmalar.....	23
3. MALZEMELER VE YÖNTEMLER.....	25
3.1. Malzemeler	25
3.1.1. Çimento.....	25

	Sayfa
3.1.2. Diyatomit	25
3.1.3. Standart Kum	25
3.1.4. Su.....	25
3.2. Yöntemler.....	25
3.2.1. Standart kıvam suyu tayini deneyi.....	26
3.2.2. Priz başlangıcı ve priz sonu deneyi.....	26
3.2.3. Hacim genişmesi deneyi	26
3.2.4. Harç numunelerinin üretimi	27
3.2.5. Harç numunelere yüksek sıcaklık uygulanması	27
3.2.6. Soğutma işlemi	28
3.2.7. Ultrases geçiş hızı deneyi	28
3.2.8. Eğilmede-çekme dayanımı deneyi	29
3.2.9. Basınç dayanımı deneyi.....	29
3.2.10. İstatistiki değerlendirme	29
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	30
4.1. Diyatomitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri.....	30
4.2. Çimentoların Fiziksel, Kimyasal, Mekanik Özellikleri	31
4.3. Standart Kıvam Suyu Tayini Deneyi Bulguları	32
4.4. Priz Başlangıcı ve Priz Sonu Deneyi Bulguları.....	33
4.5. Genleşme Tayini Deneyi Bulguları	33
4.6. Ultrases Geçiş Hızı Bulguları	34
4.7. Eğilmede-Çekme Dayanımı Bulguları	44
4.8. Basınç Dayanımı Bulguları.....	53

	Sayfa
5. SONUÇLAR.....	67
KAYNAKLAR.....	77
EKLER.....	83
EK-1.....	84
EK-2.....	85
EK-3.....	86
EK-4.....	87
EK-5.....	88
EK-6.....	89
ÖZGEÇMİŞ.....	90

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Çimento dayanım sınıfları	3
Çizelge 2.2. Diyatomit cevherinin genel özellikleri	6
Çizelge 2.3. Türkiye diyatomitlerinin kimyasal bileşenleri	7
Çizelge 3.1. Diyatomit ikameli harç numunelerin malzeme oranı.....	27
Çizelge 4.1. Ankara kızılcahamam yöresi diyatomitlerinin fiziksel özellikleri	30
Çizelge 4.2. Ankara kızılcahamam diyatomitinin kimyasal özellikleri	30
Çizelge 4.3. Cem I çimentosunun fiziksel ve mekanik özellikleri.....	31
Çizelge 4.4. Cem I çimentosunun kimyasal özellikleri.....	31
Çizelge 4.5. Diyatomit ikameli çimentoların kimyasal analizleri	32
Çizelge 4.6. 28 ve 90 günlük ultrases geçiş hızı değerine ait açıklayıcı istatistikler	34
Çizelge 4.7. Ultrases geçiş hızı verilerine ait varyans çözümleme tablosu	36
Çizelge 4.8. Zaman faktörü*ikame miktarı*soğutma faktöründeki duncan test sonuçları	37
Çizelge 4.9. Zaman faktörü*soğutma*sıcaklık faktöründeki duncan test sonuçları	38
Çizelge 4.10. 28 ve 90 günlük eğilmede-çekme dayanımı değerine ait açıklayıcı istatistikler	44
Çizelge 4.11. Eğilmede-çekme dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu	46
Çizelge 4.12. Eğilmede-çekme dayanımı verilerine ait zaman faktöründeki duncan test sonuçları.....	47

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.13. 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerine ait açıklayıcı istatistikler	54
Çizelge 4.14. Basınç dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu	55
Çizelge 4.15. Zaman faktörü*ikame miktarı*soğutma faktöründeki duncan test sonuçları	56
Çizelge 4.16. Zaman faktörü*soğutma*sıcaklık faktöründeki duncan test sonuçları	58
Çizelge 4.17. İkame miktarı*soğutma faktörü*sıcaklık faktöründeki duncan test sonuçları	59

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1. Ankara kızılcahamam yöresi diyatomit numunesinden alınan x-ışını kırınım profilinin görünüşü s:smektit (dioktahedral) p: plajioklas	8
Şekil 2.2. Dünya 2010 yılı diyatomit mine üretimi.....	9
Şekil 2.3. Çimento hamurunda dayanım ve sıcaklık ilişkisi	17
Şekil 2.4. Çimento hamurunda ağırlık kaybı ve ilişkisi	17
Şekil 2.5. Çimento hamurunda elastisite modülü ve sıcaklık ilişkisi	18
Şekil 2.6. Silis esaslı agrega ile üretilen betonda basınç dayanımı renk ilişkisi.....	20
Şekil 2.7. Betonda sıcaklığa bağlı dayanım kaybı renk değişimi.....	20
Şekil 2.8. Basınç dayanımının soğutma şekline göre sıcaklıkla değişimi.....	21
Şekil 2.9. Basınç dayanımının sıcaklıkla değişimi.....	22
Şekil 2.10. Eğilme dayanımının sıcaklıkla değişimi.....	22
Şekil 4.1. Çimento kıvam suyu.....	32
Şekil 4.2. Çimento priz süresi.....	33
Şekil 4.3. Genleşme tayini.....	34
Şekil 4.4. Deneyden elde edilen 28 günlük ortalama ultrases geçiş hızı değerleri (km/s)	39
Şekil 4.5. Deneyden elde edilen 90 günlük ortalama ultrases geçiş hızı değerleri (km/s)	42
Şekil 4.6. Deneyden elde edilen 28 günlük ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerleri (Mpa)	49
Şekil 4.7. Deneyden elde edilen 90 günlük ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerleri (Mpa)	51

Şekil	Sayfa
Şekil 4.8. Deneyden elde edilen 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri (Mpa)	61
Şekil 4.9. Deneyden elde edilen 90 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri (Mpa)	64

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. Ankara Kızılcahamam yöresi diatomiti	5
Resim 2.2. Ankara Kızılcahamam yöresi diatomiti sem görüntüsü.....	8
Resim 2.3. Türkiye diatomit yatakları	10

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar	Açıklama
ASTM	Amerikan Standardı
PÇ	Portland Çimentosu
SEM	Tarayıcı Elektron Mikroskop
TS	Türk Standardı
TS EN	Türk Standartları Enstitüsü
XRD	X ışınları difraksiyonu

1. GİRİŞ

Diyatomit, rezervleri Türkiye’de yeterince olmasına rağmen kullanımı yaygınlaşmamış bir puzolandır. Diyatomitin en önemli özellikleri düşük yoğunluğa ve yüksek poroziteye sahip olması, ısı-ses-elektrik izolasyon kabiliyetinin yüksek olmasıdır. Hafif ve dayanıklı bir malzeme olması, yüksek emicilik özelliklerinin bulunması, %82-92 oranında silisyum mineralinden oluşması ve 1430 °C civarındaki ergime sıcaklığı malzemenin yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklılığını artırır [DPT, 2001]. İlk yararlanılan diğer alanlardan bazıları, ısı yalıtım tuğlası, ateşe dayanıklı tuğlalar ile ateşe dayanıklı paneller ve yalıtımlı inşaat panellerinde bileşen olarak kullanımıdır [Kogel ve ark., 2006]. Betona %3 oranında diyatomit ilavesinin betonun basınç dayanımı direncini %20, çekme dayanımı direncini ise %10 oranında artırdığı gözlenmiştir [DPT, 2001].

Bu tezin amacı, diyatomitin yüksek sıcaklıklara dayanıklı bir malzeme olması ve iyi bir puzolan olması sebebiyle, diyatomit ikameli çimentoların yüksek sıcaklıklara karşı dayanıklılığının araştırılması ve soğutma faktörlerinin etkisinin incelenmesidir. Bunun için çimentoya %0 (kontrol), %5, %10, %15 oranlarında diyatomit ikame oranları belirlenmiş, harç numuneler oluşturulmuştur. Harç numuneleri 28. ve 90. günlere kadar su küründe bekletilmiştir. Kür sürelerini tamamlayan numunelere 20 °C (referans), 150 °C, 300 °C, 500 °C ve 700 °C yüksek sıcaklık uygulanmıştır. Yüksek sıcaklık uygulanan numuneler şoklama tekniği ile su dolu bir tanka aniden bırakılarak ve havada soğutularak diyatomitin harç numunelerde soğutma üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar tekrarlanan varyans ölçüm tekniği ile hem birbirleriyle hem de kontrol değerler ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER VE LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Portland Çimentoları ve Puzolanlar

Çimento, su ile karıştırıldığında hidrasyon reaksiyonları ve prosesler nedeniyle priz alan, sertleşen bir hamur (pasta) oluşturan ve sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımını ve kararlılığını koruyan, inorganik ve ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcıdır [TS-EN 197-1, 2002]. Çimento, toz halinde su ile reaksiyona girerek sertleşen hidrolik bir bağlayıcıdır. Gün geçtikçe türleri artan çimentoların ilki, portland çimentosudur. Değişik tip çimentoların farklı kullanım alanları vardır. Çimentonun ilkel maddeleri kalker (kireçtaşı) ve kildir. Kalkerli malzemeler olarak; kireçtaşı ve marn, killi malzemeler olarak bol silisli kil, şeyl, şist gibi hammadde kaynakları kullanılır. Çimento yapımında kullanılan bu maddeler belirli oranlarda karıştırılır ve döner fırınlarda yüksek sıcaklıklarda pişirilir. Yüksek sıcaklıkta kalkerin ayrışması sonunda CaO , kilin ayrışması sonunda silis (SiO_2), alüminyum oksit (Al_2O_3) ve demir oksit (Fe_2O_3) oluşur. Bu maddeler yüksek sıcaklıkta yine aralarında birleşerek çimentonun esas bileşenleri olan ve çimentoya bağlayıcı özelliğini kazandıran silikat ve alüminatları oluşturur [Yalçın ve Gürü, 2000].

Çimentonun üretimi sırasında, asit ve bazik ögeler birbirleriyle birleşerek portland çimentosunun dört ana bileşenini oluştururlar. Bunlar;

- 2 $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ Dikalsiyum silikat (C_2S)
- 3 $\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$ Trikalsiyum silikat (C_3S)
- 3 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ Trikalsiyum alüminat (C_3A)
- 4 $\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ Tetrakalsiyum alümino-ferrit (C_4AF) [Özden,1978; Karaduman, 2008].

TS EN 197-1 “Çimento Bölüm 1:Genel Çimentolar-Bileşim, Özellik ve Uygunluk Kriterleri” standardı kapsamında 27 farklı genel çimento beş ana tipte olmak üzere gruplandırılmıştır:

- CEM I Portland Çimentosu
- CEM II Portland-Kompoze Çimento
- CEM III Curufllu Çimento
- CEM IV Puzolanlı Çimento
- CEM V Kompoze Çimento’dur.

Çimento dayanım sınıfları, 32.5, 32.5R, 42.5, 42.5R, 52.5 ve 52.5R olmak üzere altıya ayrılmıştır. Bu sınıflandırmada, 28 günlük minimum basınç dayanımı değerinin yanında belirtilmiş olan “R” harfi, erken dayanım koşulu getirmektedir. Çizelge 2.1’de TS EN 197-1 “Çimento Bölüm 1:Genel Çimentolar-Bileşim, Özellik ve Uygunluk Kriterleri” standardındaki dayanım sınıfları ve basınç dayanımı sınırları verilmiştir.

Çizelge 2.1. Çimento dayanım sınıfları

Dayanım Sınıfı	Basınç Dayanım Sınırları (Mpa)			Priz başlama süresi (dakika)	Genleşme (mm)
	Erken Dayanım		Standart Dayanım		
	2 Günlük	7 Günlük	28 Günlük		
32.5	-	≥16	≥32.5,	≤52.5	≥75
32.5R	≥10	-			
42.5	≥10	-	≥42.5	≤62.5	≥60
42.5R	≥20	-			
52.5	≥20	-	≥52.5	-	≥45
52.5R	≥30	-			

Puzolanlar, kendi başlarına bağlayıcı özelliğine sahip olmayan, ancak ince öğütülmüş halde normal sıcaklıkta ve nemli ortamlarda kalsiyum hidroksitle reaksiyona girerek bağlayıcı özelliğe sahip bileşikler oluşturan, silisli veya silisli ve alüminli malzemeler olarak tanımlanmaktadır [ASTM,1991; Gani,1997]. Puzolanlar, su geçirimsizliğinin artması, hidratasyon ısısının

düşmesi ile termal çatlakların azalması, alkali-agrega reaksiyonu ile oluşan çatlamlara karşı dayanımın artması, işlenebilirliğin artması ve sülfat ve asit ortamlarında durabilitenin artması gibi amaçlara yönelik olarak kullanılmaktadır. Puzolanların içinde fazla miktarda koloidal halde silis ve alümin bulunmaktadır. Bu maddeler kireç ile yapmış olduğu reaksiyon sonunda puzolan bağlayıcılık özelliği kazanmaktadır. Puzolanlar; taze betonun işlenebilme ve su ihtiyacı ile reolojik özelliklerine, terleme, ayrışma, hava sürüklenme, hidrasyon ısı ve plastik rötre gibi özelliklerine etki ederler [Özturan, 1993]. Beton teknolojisinde puzolanik malzemelerin yaygın olarak kullanılma yöntemi, bu malzemelerin beton üretiminde ince taneli mineral katkı maddesi olarak kullanılmaları şeklindedir [Topçu, 2006]. Mineral katkı malzemesi sınıflandırılması aşağıdaki gibi gerçekleşmektedir:

Doğal puzolanlar;

- Volkanik camlar
- Volkanik tüfler
- Kalsine kil ve şeyl
- Diyatomit

Yapay puzolanlar;

- Uçucu küller
- Pirinç kapçığı külü
- Silis dumanı
- Yüksek fırın cürufu
- Demirli olmayan cüruflar [Ramachandran, 1984; Özturan, 1991].

Deney esnasında diyatomitin tercih edilmesinin sebebi betona %3 oranında diyatomit ilavesinin betonun basınç dayanımı direncini %20, çekme dayanımı direncini ise %10 oranında artırmasıdır [DPT, 2001].

2.2. Diyatomit

2.2.1. Diyatomitin oluşumu ve özellikleri

Diyatomit, su yosunları sınıfından tek hücreli mikroskopik yosunların fosilleşmiş silisli tanelerinden meydana gelmiş bir çökeldir [Özbey ve Atamer 1987; Aruntaş ve ark. 1998]. Diyatomlar, binlerce türdeki mikroskobik su yosunu ailesini içerir ve tipiksel olarak 50-100 µm boyutlarındadır. İskeletler silika ihtiva ederler ve geniş çapta değişik şekillerde bulunurlar. Bu şekiller, silindirik, çubuk, yıldız formundadırlar ve tipiksel olarak içleri boş ve delikli bir yüzeye sahiptirler. Diyatom iskeletlerinin açık yapılarından dolayı diyatomlar bir hafif kayaçlardır [Bruvel, 1999]. Diyatomit şekli Resim 2.1’de verilmektedir.



Resim 2.1. Ankara kızılcahamam yöresi diyatomiti

Diyatomit cevherinin genel özellikleri Çizelge 2.2’de gösterilmiştir [Bentli, 2009; Bentli, 2010].

Çizelge 2.2. Diyatomit cevherinin genel özellikleri

Diyatomitin fiziksel ve kimyasal özellikleri	
Kimyasal bileşimi	Amorf yapıda $\text{SiO}_2 \times n\text{H}_2\text{O}$ bileşimindedir.
Özgül ağırlığı	Tanelerin yoğunluğu 1900-2400 kg/m ³ arasında olmasına rağmen, kurutulmuş diyatomit 400 kg/m ³ 'e kadar azalabilmektedir. Çok hafiftir. Blok yoğunluğu kalitesini belirleyen en önemli etkenlerden biridir.
Görünüşü	Tebeşire benzer, elde un gibi dağılır, öğütüldüğünde pudra kıvamı kazanır. Rengi Saf olanlar beyaz, safsızlığına bağlı olarak sarı, kahverengi ve yeşil renklerdedir.
Yan kayacı	Tüfler, karbonatlı kayalar, kum, kil, feldspat, mika, amfiboller, ağır minerallerle beraber bulunur.
Tane boyutu	Diyatome türüne ve safsızlığa bağlı olarak 2-200 mikron arasında değişir
Sertlik	Tanelerin sertliği 4-6,5 arasında iken kayacın sertliği 1,5 civarındadır.
Porozitesi	Porozitesi %90'a kadar çıkabilir. Porozitesine bağlı olarak, ham diyatomit ağırlığının 3-4 katı, kalsine diyatomit ise 5-10 katı su emebilir.
Puzolan	Volkanik orijinli olmayan tek doğal puzolandır.
Kimyasal özelliği	HF (Hidroflorik asit) hariç diğer asitlerde çözünmez, yüksek sıcaklıklarda kuvvetli bazlardan etkilenir. Kimyasal reaksiyonların büyük çoğunluğuna karşı ilgisizdirler.
Ekonomiklik	%82-92 SiO_2 , %4-10 Al_2O_3 , %0,8-2 Fe_2O_3 , %0,5-2 CaO , %0,1-2 MgO , %0,2-1,5 $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, %5-8 ateş kaybı olmalıdır. Tane büyüklüğü, mikro yapısı, kuru ve yaş yoğunluğu, sıvı absorplama kapasitesi, filtreleme oranı, rengi, parlaklığı, aşındırıcılığı, pH'ı, ısı iletkenliği ve iz element içeriği bilinmesi gereklidir.
Süzme	Kimyasal olarak inert ve steril özelliği nedeniyle filtrasyonda rakipsizdir. Yalıtım Elektrik, ısı ve ses izolasyonu çok iyidir.
Ergime sıcaklığı	Ergime sıcaklığı 1000-1600 °C arasındadır.
Ekolojik önemi	Ekolojik çevre faktörü değişimine karşı çok duyarlı organizmalardır ve sulu sistemlerde primer produktiviteyi belirlemektedirler. Ortam koşulları hakkında bilgi veren en önemli belirteçlerden birisidir.
Adsorbant özelliği	Sıvılardaki ağır metallerin, boyar maddelerin giderilmesinde ve toprak verimliliğini artırma, kondisyonlama ve nemli tutmak için diyatomitten faydalanılmaktadır.
Dolgu özelliği	Hafifliğine karşılık bileşime verdiği sağlamlık ve yalıtım sayesinde iyi bir yapı malzemesidir.
Tanınması	Diyatomitin kesin tanısı karakteristik mikroskobik (SEM) görünüşü ile mümkündür.
Standartları	TS 9773, TS 11439, TS 11930, TS EN ISO 3262-22, TS EN 12913

Diyatomitin rengi; beyaz, sarı, esmerimsi ve yeşilimsi olup, organik madde içeriği diyatomite renk vermesi bakımından önemli bir etkindir. Az organik madde içeren diyatomitlerde renk beyaz, açık-toz gri iken bu oranın %30'a kadar çıktığı yerlerde, koyu yeşil, gri, hatta siyah renklerde de görülmesi mümkündür. [Kadey, 1975; Çelik ve Uygun, 1979]. Kuru halde özgül ağırlığı 0,14-0,40 gr/cm³ arasında değişir. Opal sertliği 4,5-6 olmakla birlikte, kayacın

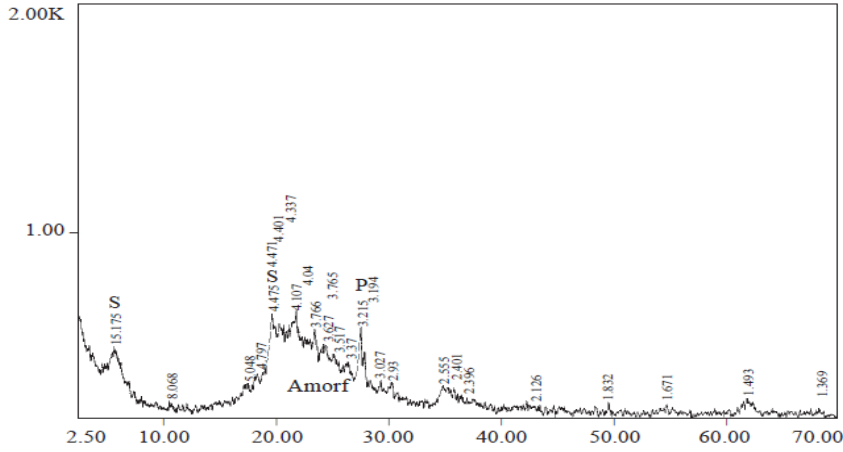
kendi sertliği 1,5 den fazla değildir. Tane boyu dağılımı, kayacı oluşturan diatomların türüne ve iriliğine bağlı değişir. Kimyasal maddelere karşı dayanıklıdır. Hidroflorik asit dışındaki asitlerin çoğundan etkilenmez. Elektriği, ısıyı ve sesi iyi geçirmez. Diyatomitin geniş ölçüde kullanılışı, strüktür, porozite, düşük yoğunluk, sağlamlık, elastikiyet, kimyasal maddelere mukavemeti ve izolasyon özelliklerinden ileri gelmektedir [Kadey, 1975; Topluoğlu 1982]. Isı iletkenliği 100-300 °C 'de 0,08 KCal/m².°C.h., 800 °C ve yukarısında ise 0,11 Kcal/m².°C.h mertebesinde. Ergime noktası ihtiva ettiği safsızlıklara bağlı olarak 1000-1590 °C arasında değişir. Türkiye'de bulunan 13 farklı diyatomit yatakları üzerinde yapılan araştırma sonucuna göre kimyasal özellikleri bakımından ana bileşenlerinin en yüksek ve en düşük oranları Çizelge 2.3'de verilmiştir [Borat,1992].

Çizelge 2.3. Türkiye diyatomitlerinin kimyasal bileşenleri

Kimyasal bileşen	En küçük, %	En yüksek, %
SiO ₂	65,42	87,48
Al ₂ O ₃	0,81	3,42
Fe ₂ O ₃	0,64	2,48
CaO	0,71	9,37
MgO	0,39	7,20
A.K. 900 °C	3,54	13,42

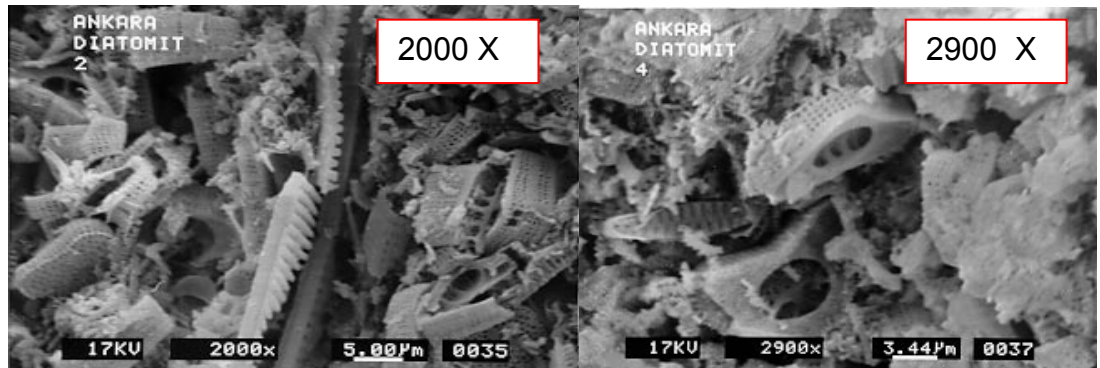
Diyatomitin, mikroskop incelemesi sırasında diatomelerin büyüklüğü, şekli, kavkılarının tam veya kırıklı oluşu, kırıntılı minerallerin varlığı gerek ortam, gerekse kullanım alanı açısından önemli ön bilgiler sağlamaktadır. Şekil 2.1'de Ankara Kızılcahamam yöresi diyatomitlerinin mineralojik birleşimleri XRD analizi yapılarak belirlenmiştir. Diyatomit numunelerinin içinde bulunan mineraller, XRD analizinde elde edilen pikler değerlendirilerek elde edilmiştir [Aruntaş ve ark., 1998].

Diatomyt üzerine yapılan çalışmada Ankara Kızılcahamam yöresinde elde edilen diatomytin yapısında hakim olan faz amorf silika olduğu tespit edilmiştir ayrıca yaklaşık %10-%15 smektit, %5-%10 plajiolklas bulunduğu tespit edilmiştir. İçindeki kil minerali, iyi kristallenmiş yapıda olup karışık tabakalı kil minerali içermediği belirlenmiştir [Aruntaş ve ark., 1998].



Şekil 2.1. Ankara kızılcahamam yöresi diatomyt x-ışını kırınım profilinin görünüşü s:smektit (dioktahedral), p: plajiolklas

Yapılan tarayıcı elektron mikroskop analizinde (SEM) ise Kızılcahamam yöresi diatomytinin tane iriliklerinin 5-50 μm arasında ve genellikle 10 μm 'den daha küçük olduğu söylenmektedir. Diatomyt şekillerinde; boru, uzun balık, süzgeç, tarak (diş fırçası) ve yuvarlak şekiller tespit edilmiştir [Aruntaş ve ark., 1998].

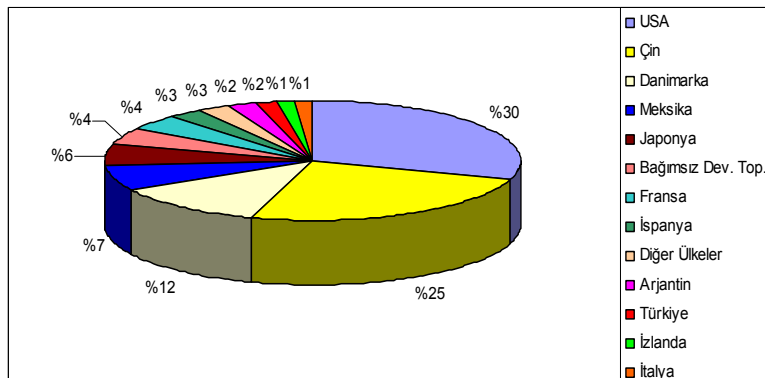


Resim 2.2. Ankara kızılcahamam yöresi diatomyti sem görüntüsü

Diyatomit TS 1114 EN 13055-1 “Hafif Agregalar-Bölüm 1: Beton, Harç ve Şerbette Kullanım için” , ASTM C 330 “Lightweigt Aggregates for Structural Concrete” , ASTM C 331, “Lightweigt Aggregates for Concrete Masonry Unites” ve ASTM C 332, “Lightweigt Aggregates for Insulating Concrete” ’de “doğal hafif agregalar” grubunda gösterilmektedir.

2.2.2. Diyatomitin dünyadaki ve Türkiye’deki rezerv durumu

Her kıtada, hemen her ülkede diyatomit yatakları bulunmaktadır. Amerika’daki eyaletlerin yarısından çoğunda diyatomit yatakları rapor edilmiştir. Bazı durumlarda, deniz ve tatlı su kaynaklı yataklar ya da değişik yaşlardaki rezervler yan yana bulunabilmektedir [Othmer, 2010]. Dünya piyasalarında diatomitin tüketim ve talep hareketleri genellikle düzenli ve kararlı kalmaktadır. Dünyada en büyük tüketim A.B.D.’de olmaktadır. Avrupa ülkelerinde ise onu Almanya, Hollanda ve İngiltere izlemektedir. Kanada ve Avustralya da önemli tüketim miktarları olan ülkeler arasındadır. Orta Doğu ve Arap ülkelerinde son yıllarda artan taleplerden tüketimin artmakta olduğu anlaşılmaktadır. Özellikle Suriye, Mısır, Ürdün ve İran’da talebin artmakta olduğu gözlenmektedir [DPT, 2001]. Amerika Jeolojik Araştırma Kurumunun 2011 yılında yaptığı çalışmada, dünya 2010 yılı diyatomit mine üretimi verileri kullanılarak, yüzde oranları Şekil 2.2’de gösterilmiştir [U.S. Geological Survey, 2011].



Şekil 2.2. Dünya 2010 yılı diyatomit mine üretimi

Amerika %30, Çin %25, Danimarka %12, Meksika %7, Japonya %6, Bağımsız Devletler Topluluğu %4, Fransa %4, İspanya %3, Türkiye %2, Arjantin %2, İzlanda %1, İtalya %1 ve diğer ülkeler %3 oranında diyatomit üretimi yapmaktadır. Ankara (Kızılcahamam ve Ayaş), Afyon, Aydın (Karacasu), Balıkesir (Gönen), Bingöl, Bursa (Orhaneli), Çanakkale, Çankırı (Şabanözü, Çerkeş ve Orta), Denizli (Tırkaz), Eskişehir, Erzurum (Tortum), Kayseri (Hırka), Konya, Kütahya (Alayurt), Nevşehir, Niğde, Sivas, Uşak (Kayağıl), Van ve yörelerinde önemli diyatomit oluşumlarının varlığı bilinmektedir. Toplam işlenebilir rezervin 100 milyon ton civarında olduğu rapor edilmiştir [DPT 2001]. Türkiye diyatomit yatakları Resim 2.3'de gösterilmiştir.



Resim 2.3. Türkiye diyatomit yatakları

Dünya diyatomit üretimine ait, İngiliz Jeolojik Araştırmaları Doğal Çevre Araştırma Konseyinin araştırmalarına göre Türkiye’de en son 1999 yılında 5926 ton diyatomit üretimi yapılmıştır daha sonraki yıllarda Türkiye’de diyatomit üretimi durmuştur [British Geological Survey, 2009].

Diyatomit ürünlerinin kullanım alanlarından birisi fonksiyonel dolgu işlemleridir. Burada kullanılan dolgu malzemesi nihai mamülün özelliklerini geliştirerek performansını artırmaktadır. Bu amaç için diyatomitin hafiflik, dayanıklılık, kimyasal inörtlük, ısı-ses-elektrik izolasyon kabiliyeti, yüksek

gözeneklilik ve emicilik özelliklerinden yararlanılmaktadır [DPT, 2001]. Diyatomitin kendi ağırlığının 2,5-3 katına kadar ulaşan su emme kabiliyeti, hayvanların altına sergi malzemesi olarak kullanılmasını, halı temizlemede sıvı taşıyıcı olmasını, kağıt üretiminde mikroskobik kılcal kanalların kontrolünde uygulanmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca çimento üretiminde puzolan olarak çimentonun özelliklerini geliştirmek; betonda, harçlarda su muhtevası fazlalığını gidermek ve homojenliği ıslah etmek, plastik özelliklerini geliştirmek amacıyla kullanılabilir [Kogel ve ark.,2006; Gökçe, 2010].

2.2.3. Diyatomit ile ilgili yapılmış olan çalışmalar

Diyatomit ile ilgili, geçmişten günümüze kadar birçok çalışma yapılmıştır. M.S. 532 yılında, İstanbul'da inşa edilen Ayasofya'nın 32,50 metre çapındaki kubbesinin yapımında diyatomit üretilen tuğlalar kullanılmıştır [Othmer, 2010].

Tuğla kırığı, diyatomit toprağı ve uçucu külün, betonun donma çözülme dayanıklılığı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. California orijinli ve toplam porozitesi %77 olan bir diyatomit toprağının, çimento hamuru ile betonun donma çözünme dayanıklılığını önemli oranda iyileştirdiği sonucuna varılmıştır [Litvan ve Serada, 1978; Gökçe, 2010].

Diyatomit atıkları, farklı oranlarda portland çimentosu klinkerine katılarak elde edilen çimentolarda %10 diyatomit katkısı ile dayanımın yaklaşık %33 oranında arttığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra katkının, öğütme süresini %33 oranında kısalttığı, dolayısıyla enerji tasarrufu ile yaklaşık %50 üretim artışı olduğu sağlandığı belirtilmektedir [Tonak ve ark., 1991].

Afyon-Seydiler ilçesinde bulunan diyatomit rezervlerinin kil ve pres yardımıyla bağlanıp yüksek ısıda pişirilmesi ile yalıtım tuğlası yapımında kullanılabilirliği araştırılmış; kil oranının, pres basıncının ve pişirme sıcaklığındaki artışın numunelerde mukavemet artışına ve su emme oranının azalmasına neden

olduğu tespit edilmiştir. %20 kil katkısı ile hazırlanan, 10 N/mm² pres basıncında şekillendirilen ve 800 °C 'de pişirilen numunelerin, diğer numunelere göre izolasyon tuğlası olarak kullanım için daha uygun özelliklere sahip olduğu belirlenmiştir [Yıldız, 1997; Gökçe, 2010].

Afyon-Tınaztepe diatomit yataklarından elde edilen diatomit mineralinin hafif beton üretiminde kullanımı araştırılmıştır. Ayrıca agrega olarak pomza; pomza ve diatomit; pomza, kum ve kırmakum karışımlarını da aynı amaçla denenmiştir. Üretilen numuneler üzerinde gerçekleştirilen deney sonuçlarına göre, pomza ve diatomitin hafif beton blok üretiminde değerlendirilerek tuğla gibi bölücü hafif yapı elemanı olarak kullanılabileceği belirtilmektedir [Ünal ve ark., 2003].

Yunanistan'da çıkarılan, killi diatomit kayaçları 100 °C 'de kurutulup, 1100 °C 'de pişirilmiş, hafif agrega olarak kullanılabilirliği laboratuvar ortamında test edilmiştir. Agregaların kabuklarındaki gözenekliliğin, iç kısımlarındakinden daha az olduğu; ancak düzensiz ya da çapları 2 µm'den 500 µm'ye varan çaplarda küresel gözeneklerin yeterli bollukta olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ham ve fırınlanmış numuneler üzerinde yapılan kimyasal, fiziksel ve mineralojik deneyler sonucunda, bu kayaçların endüstriyel ölçekte hafif agrega üretiminde kullanılabileceği sonucu çıkarılmıştır [Fragoulisa ve ark. 2004; Gökçe 2010].

Diyatomitin agrega olarak, çimentoda bağlayıcı olarak kullanılması ile hafif beton yapılmış ve 0,95~1,20 g/cm³ birim ağırlığında beton numuneleri imal edilmiştir. Numunelerin 28 günlük basınç dayanımları 2,5~6,0 N/mm² arasında elde edilmiştir [Uygunoğlu ve Ünal, 2005].

Değişik agrega oranları ve çimento miktarlarıyla, Afyon bölgesinden çıkarılan diatomitten üretilen blokların değişen parametrelere göre fiziksel ve mekanik özelliklerini araştırılmıştır. Karışımlarda su/çimento oranı %15 olarak sabit tutulmuştur. Numunelerin basınç dayanımı, ısı iletimi, ultra-ses iletim hızı,

birim ağırlığı ve gözenekliliği ölçülmüştür. Numunelerin birim ağırlığı 0,90~1,19 g/cm³ aralığında, 7~56 günlük basınç dayanım değerleri ise 2,5~8,0 N/mm² aralığında elde edilmiştir. Yapılan deneylerde basınç dayanımı ve ısı iletiminde en iyi sonuçları %30 ince, %40 orta ve %30 iri agreganın kullanıldığı numuneler vermiştir. Ancak elde ettikleri SEM görüntülerinde çimento ile diyatomit agregaları arasındaki bağ ara yüzünün çok zayıf olduğunu tespit edilmiştir [Ünal ve ark., 2005].

Hafif beton üretmek için hafif agrega olarak 0-4 mm maksimum irilikte diyatomit ve pomza kullanılmış ve üretilen numuneler üzerinde basınçlı buhar kürünün etkisi gözlemlenmiştir. Çimento dozajı ve su/çimento oranı sırasıyla 300 kg/m³ ve %20 olarak sabit tutulmuş; numunelerin çapı 50 mm, yüksekliği ise 100 mm olarak seçilmiştir. Numuneleri 2, 4, 6, 8 ve 10 saat basınçlı küre tabi tutarken, diğer yandan bir de kontrol örneği olarak +20 °C sıcaklıktaki su içinde ve açık havada kür uygulanmıştır. 8 ve 10 saat basınçlı kür uygulanan numunelerin basınç dayanımlarının, 28 günlük su kürüne tabi tutulan kontrol örneğinin dayanımından %75 daha fazla olarak geliştiğini bulunmuştur. Ayrıca üretilen numunelerin SEM görüntülerini elde edilmiş ve diyatomit ile çimento arasında oluşan ara yüz bölgesinin çok zayıf kaldığı belirlenmiştir [Topçu ve Uygunoğlu, 2006].

Diyatomitin çimento hamuruna ve çimentonun hidrasyonuna etkisi araştırılmıştır. İyon Denizi'nde bulunan Zakyntos adasından çıkarılan kalkerli diyatomiti, çimento yerine %0, %10, %20 ve %35 oranlarında kullanarak dayanım, su ihtiyacı ve priz süresi gözlemlenmiştir. %10 a kadar diyatomit eklenen numunelerde su ihtiyacı artarken, basınç dayanımı kontrol numuneleri ile aynı sonucu vermiştir. Diyatomitin pozolanik doğasının, özellikle 28. günde, yüksek miktarlarda hidrate olmuş ürünlerin oluşumuna neden olduğunu tespit edilmiştir [Kastis ve ark. 2006; Gökçe, 2010].

Kile %10, 20 ve 30 oranlarında diyatomit ilave ederek 800, 900 ve 1000 °C pişirme sıcaklıklarında dolu tuğla numuneler üretilmiş ve %20 oranında

diyatomit ihtiva eden numunelerin gerekli mekanik özellikleri sağlayan sonuçlar verdiği gözlemlenmiştir [Bideci ve ark. 2009].

Diyatomit, çimento harcı yapımında, su ve kum oranları sabit tutularak ağırlıkça %0, %5, %10, %15 oranlarında çimento yerine katkı maddesi olarak kullanılmış ve sonuçları gözlemlenmiştir. Numunelerin basınç ve eğilme dayanımları, artan diyatomit oranında bütün kür süreleri için azalmış, ancak %5 oranında diyatomit kullanılan örneğin ilgili dayanımları standartlara uygun çıkmıştır. Diyatomit katkısının, 25 kez yapılan donma ve çözülme deneylerinde basınç ve eğilme dayanımlarını yükselttiği; %15 oranındaki diyatomit katkısı hariç, katkı oranı arttıkça harçların su emme değerinin de azaldığı belirlenmiştir. Yine diyatomitin gözenekli yapısından dolayı, harçların birim ağırlıklarının diyatomit katkısı arttıkça azaldığı; ayrıca %5'lik sodyum sülfat çözeltisinde yapılan testlerde numunelerin genleşmesinin azaldığı, dolayısı ile sülfat dayanımının arttığı tespit edilmiştir [Değirmenci ve Yılmaz 2009].

2.3. Yüksek Sıcaklık

Betonun yüksek sıcaklığa karşı dayanıklılığını etkileyen faktörler, malzemeyle ilgili faktörler ve çevresel faktörler olarak iki gruba ayrılır. Malzemeyle ilgili faktörler agrega özellikleri, agrega çimento hamuru arasındaki bağ, bileşenlerin ısı uyumu ve çimento hamurunun özellikleri olarak sayılır. Çevresel faktörler; ısıtma derecesi, betonun en yüksek sıcaklıkta karşı karşıya kaldığı süre, soğuma derecesi, soğutma şekli, yükleme koşulları ve nem durumudur. Beton yapıların yüksek sıcaklıklarla karşı karşıya kalma sürecinde ve bu sürecin ardından göstereceği tepkileri öngörebilmek için, betonun dayanım ve şekil değiştirme özelliklerinin iyice bilinmesi gerekir [Peng ve ark., 2006]. Betonun, diğer yapı malzemelerine göre en önemli avantajları istenilen şekil ve boyutlarda üretilebilmesi, yüksek basınç dayanımına sahip olması, çelik donatı ile iyi aderansa sahip olması, diğer taşıyıcı malzemelere kıyasla yüksek sıcaklık ve yangın etkisine daha dayanıklı bir malzeme olması gibi özellikleri söylenebilir [Erdoğan, 2003].

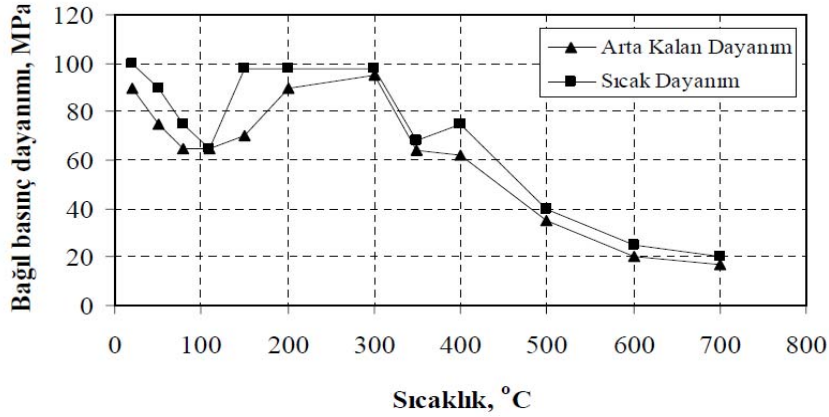
Türkiye’de kullanılan Binaların Yangından Korunması Hakkındaki Yönetmelik’e göre, beton malzemenin yangınlık sınıfı A1 olarak tanımlanmıştır. A1 sınıfı malzemeler, tam gelişmiş yangını da kapsayan yanmanın herhangi bir kademesinde yanmaya katkıda bulunmazlar [BYKHY, 2009]. Beton, yanmayan madde oluşu, belirli bir süre için önemli bir zarar görmemesi ve zehirli duman çıkarmaması ile yangın direnci yüksek bir malzemedir [Neville, 2000]. Betonun yangına karşı dayanıklılığı sınırlı süre ve belirli sıcaklıklar için geçerlidir [Baradan ve ark., 2002]. Bir binada çıkan yangının en yüksek sıcaklığı ve süresi, yangı miktarı ve özelliklerine, hava sirkülasyonuna, yangının bulunduğu hacmin kaplama özelliklerine ve hava koşullarını içeren kriterlere bağlıdır. Konutta veya ofiste, tamamen yayılmış bir yangın 815 °C ’yi geçmez, zirve sıcaklığı ise 1093 °C ’ye ulaşabilir. Yanan hacimdeki en yüksek sıcaklık zirve sırasında 10 ile 20 dakikayı tipik olarak aşmaz [Gewain ve ark., 2003]. Yüksek sıcaklığın betona etkisi, betonun maruz kaldığı sıcaklık ve sürenin yanı sıra çimento hamuru fazı ve agrega

türüne bağlı olarak da değişir ve bu etki betonun basınç dayanımının belirgin bir şekilde azalması ile sonuçlanır [Riley, 1991; Akman, 2000].

2.3.1. Yüksek sıcaklığın çimento hamuru üzerindeki etkileri

Çimento hamuru, ısınma esnasında önemli fiziksel ve kimyasal değişimlere uğradığından en kararsız beton bileşenidir. Çimento hamurunun, 100-200 °C civarındaki düşük sıcaklıklardaki davranışında buharlaşabilen su etkin rol oynamaktadır. Kimyasal ayrışma ve suyunun kaybı 100 °C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda, termal etkiler ise 600 °C 'nin üzerindeki sıcaklıklarda daha önemli olmaktadır. Kimyasal ayrışma ve bağ suyunun kaybı çimento hamurunun mikro yapısında değişikliklere neden olur. Çimento hamurundaki kimyasal bağlar, kohezif kuvvetler (Van der Waals), porozite ve gözenek boyut dağılımı değişikliğe uğrar [Khoury, 1992; Demirel ve Keleştemur, 2011].

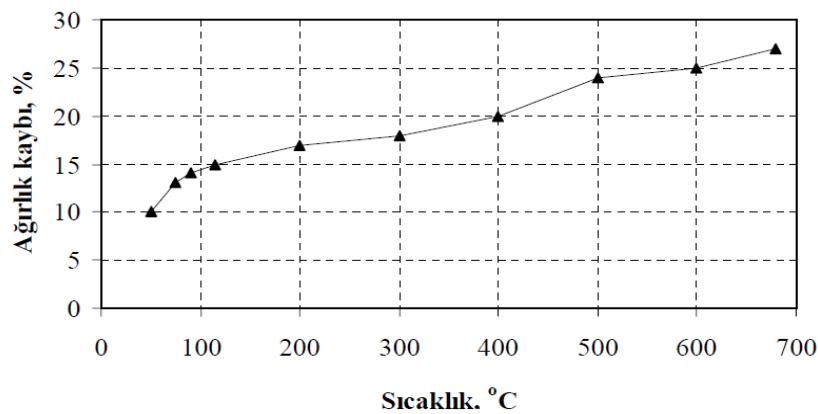
Yüksek sıcaklık etkisi altında kalmış sertleşmiş çimento hamurunun mekanik özelliklerine ilişkin bir araştırma da Dias ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Şekil 2.3'te görüldüğü gibi, sıcaklığın 120 °C 'ye kadar artmasıyla dayanım azalmaktadır. Dayanımın 50-120 °C aralığında en küçük düzeyde olmasının nedeni bünyesindeki suyun buharlaşma eğilimi ile hamurun şişerek aderans kaybına yol açtığı düşünülmektedir. Bundan sonra çimento hamurunun 300 °C 'ye kadar olan sıcaklığa kadar dayanımın iyileştiği görülmektedir [Dias ve ark., 1990; Özbey, 2009].



Şekil 2.3. Çimento hamurunda dayanım ve sıcaklık ilişkisi

400 ile 600 °C arasındaki sıcaklıklar, sertleşmiş çimento hamurunda bir dizi reaksiyonları harekete geçirebilir. Bu reaksiyonlar boşluk sisteminin tamamen kuruması ile başlar, bunu hidrasyon ürünlerinin ayrışması ve C-S-H jellerinin parçalanması izler [Lin ve ark., 1996; Karaduman, 2008].

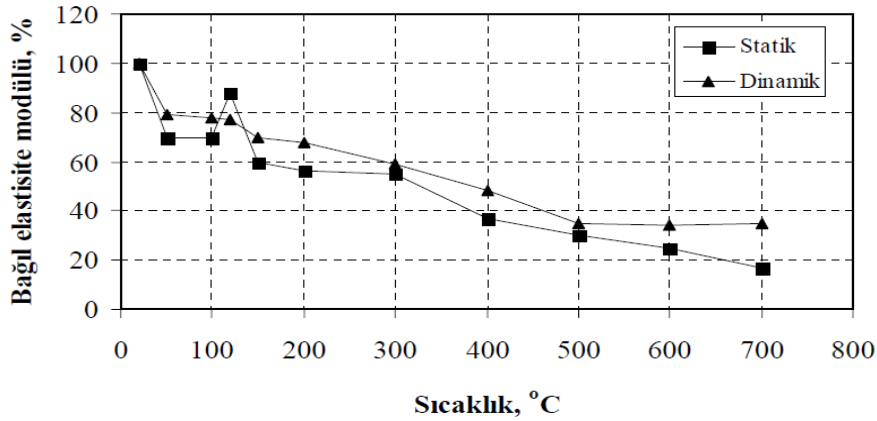
Dias ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, artan sıcaklıkla beraber sertleşmiş çimento hamurunda ağırlık kaybının arttığı Şekil 2.4'de görülmektedir [Dias ve ark., 1990; Özbey, 2009].



Şekil 2.4. Çimento hamurunda ağırlık kaybı ve ilişkisi

Yapılan bir diğer çalışma da ise, su yalıtımsız sertleşmiş çimento hamurunun 300 °C 'ye yükseltilmiş sıcaklıktaki davranışı konusunda sonuçlar elde

edilmiştir. Su yalıtımsız sertleşmiş çimento hamurunun basınç dayanımında sıcaklığın 200 °C 'ye ulaşması ile bir düşüş ve ardından sıcaklık 300 °C 'ye ulaştığında dayanımın arttığı Şekil 2.5'deki gibi gözlemlenmiştir. Basınç dayanımında 22-200 °C aralığında gözlenen ilk düşüş, hamur içindeki su katmanlarının şişmesine ve aderans kaybına yol açmasına bağlanmıştır. Sıcaklıkla beraber artan basınç dayanımı ise suyu alınmış çimento tanelerinin içsel otoklav denen faktörün eklenmesi ile ortaya çıkan buhar etkisi ile hidrasyonundan kaynaklanmaktadır [Morsy ve ark., 1998; Cülfik, 2001; Özbey, 2009].



Şekil 2.5. Çimento hamurunda elastisite modülü ve sıcaklık ilişkisi

Yüksek sıcaklık, betonun birim hacim ağırlık, boşluk oranı, renk gibi özelliklerinde farklılıklara yol açar. Isıl değişimler esnasında soğutma koşulları betonun mekanik özelliklerinde de bazı önemli değişiklikler meydana getirir.

Birim hacim ağırlığı

Sıcaklığın artması ile boşluklardaki suyun buharlaşması sonucu ağırlık azalır, genleşme nedeniyle hacim artar [Aköz ve ark., 1995]. Porozite ve su içeriği betonun yangından sonraki hasar kontrol parametreleridir [Andrade ve ark., 2003]. Isıtma sırasında betondaki ağırlık kaybı genellikle porozitenin artmasıyla sonuçlanır. Bu artış normal ve yüksek dayanımlı betonlar için yaklaşık lineer bir artıştır. Buna karşın ultra yüksek dayanımlı betonlar için bu

geçerli değildir. Anhidrit çimento tanelerinin çokluğu ve kılcal boşlukların neredeyse olmaması buharın salıverilmesini zorlaştıran nedenlerdir, fakat ağırlık kaybının derecesi arttıkça porozite etkili bir şekilde artar [Alonso ve ark., 2003]. Ağırlık ve hacimdeki bu değişimler sonucu birim hacim ağırlığı azalır. Ancak bu azalma ihmal edilebilir düzeydedir [Aköz ve ark., 1995].

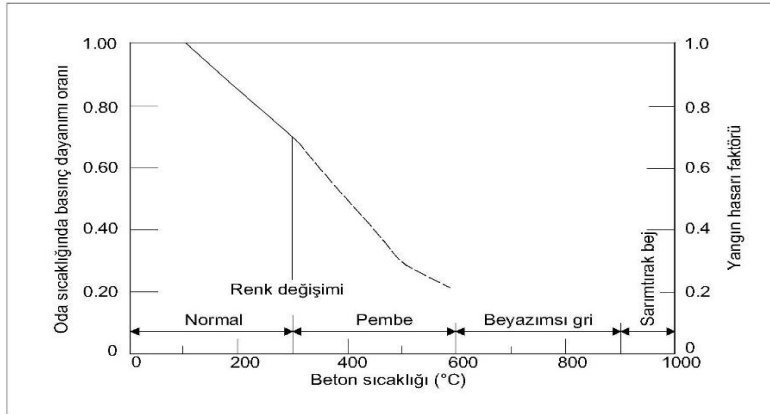
Boşluk oranı

Gözeneklilik ölçümleri 120 °C 'nin altındaki sıcaklıklarda beton boşluk oranının çok az değişiklik gösterdiğini sergilemektedir. Toplam boşluklar, 25 ile 120 °C arasında boşluklu beton yapısının (normal ve yüksek dayanımlı) kayda değer ölçüde değişime uğramadığını göstermektedir. Yüksek dayanımlı betonların 25, 70 ve 120 °C sıcaklıklarda sabit bir mevcut toplam boşluk oranına sahiptir. Katı mikro yapısı çok fazla değişime uğramamıştır [Cülfik, 2001]. Hem yüksek dayanımlı hem de normal dayanımlı betonlar için boşluk dağılımları artan sıcaklıkla birlikte daha büyük boşluk boyutlarına ulaşarak artmaktadır. Betonun sertleşmiş çimento hamurundaki toplam boşluk oranı 300 °C 'den 600 °C 'ye kadar normal beton için yaklaşık %148 ve yüksek dayanımlı beton için %86 oranında önemli bir şekilde artmaktadır [Cülfik, 2001].

Renk

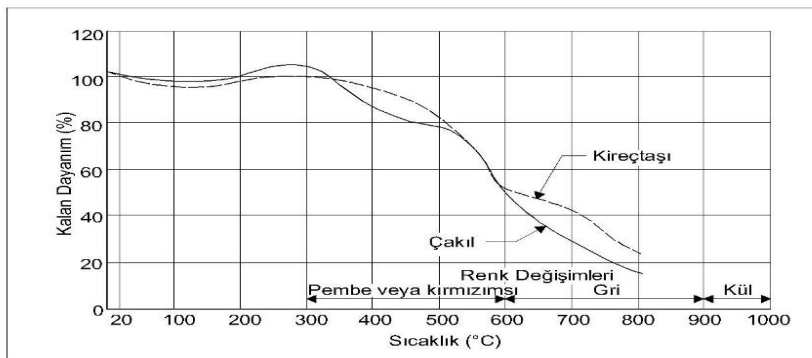
Bazı deneysel çalışmalarda yüksek sıcaklığın etkisinde kalan betonun renginde önemli değişiklikler meydana geldiği, bu değişikliğin özellikle silisli nehir agregaları ile üretilen betonlarda belirgin olarak görüldüğü, örneğin renk, pembe veya kırmızı ise sıcaklığın 300-600 °C 'ye, gri ise 600-900 °C 'ye yükselmiş olduğu önceki çalışmalarda ifade edilmiştir [Neville, 2000; Cioni ve ark., 2001; Mahsanlar, 2006]. Silis esaslı agrega ile üretilen betonlarda Şekil 2.6'da görüldüğü gibi 300 °C civarında oluşan pembe renk betonun dayanımının önemli şekilde azaldığını gösterir. Beyazımsı gri veya sarımsı bej renkli beton zayıf ve gevrektrir. Renkteki değişimin nedeni metal içeren

bileşenlerdir ve betonun ulaştığı maksimum sıcaklığın ve denk yangın ömrünün belirlenmesinde kullanılabilir [Andrade ve ark., 2003; Mahsanlar, 2006].



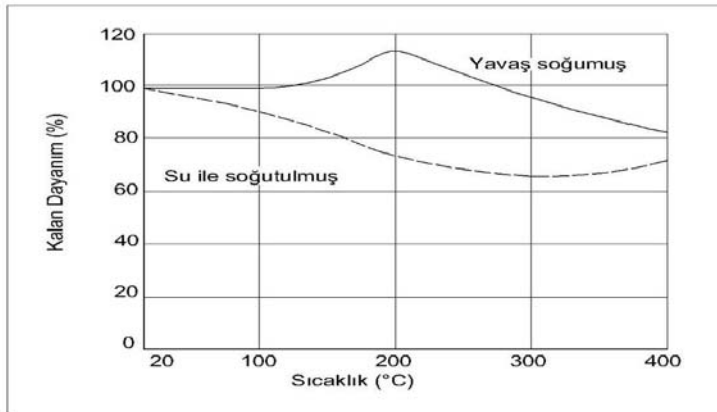
Şekil 2.6. Silis esaslı agregası ile üretilen betonda basınç dayanımı renk ilişkisi

Şekil 2.7'de görüldüğü üzere, sıcaklık 600 °C 'ye ulaştığında beton, dayanımının %50'sini, 800 °C 'ye ulaştığında ise yaklaşık %80'ini kaybettiği göz önüne alınırsa, Baradan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada renk incelemesi ile betonun hangi sıcaklığa maruz kaldığı, dolayısı ile basınç dayanımındaki değişim hakkında fikir edinilebilir. Buradan yüksek sıcaklık etkisinde kalan betondaki renk değişiminin önemli bir parametre olduğu anlaşılmaktadır [Yüzer ve ark., 2003; Yüzer ve ark., 2004].



Şekil 2.7. Betonda sıcaklığa bağlı dayanım kaybı renk değişimi

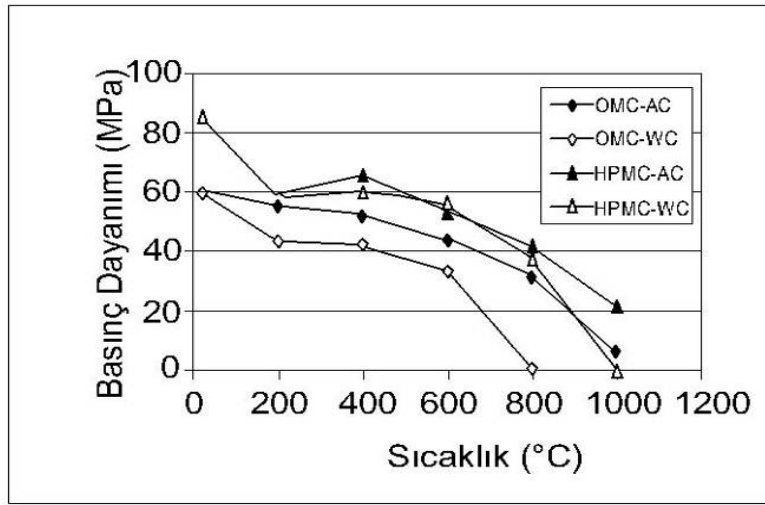
Yüksek sıcaklık etkisinde kalan betonların arta kalan dayanımların araştırıldığı birçok veri doğal soğutma koşulları altında elde edilmiştir. Ancak su sıkılması, suya daldırma veya su ile söndürme gibi işlemlerin kullanıldığı soğutma şekillerinde bu dayanım kayıpları farklılık göstermektedir. Betonun mekanik özelliklerine soğutma şeklinin etkisi büyüktür. Suyla soğutmayla havada soğutma karşılaştırıldığında, suyla soğutulan beton numunelerin dayanımlarında havada soğutulan numunelerin dayanımlarına göre çok ciddi dayanım azalmaları meydana gelmektedir [Demir, 2008]. Şekil 2.8'de su ile soğutulan numunelerin basınç dayanımlarındaki azalma havada soğutulan numunelere nazaran daha fazla olduğu gösterilmiştir [Neville, 2000 ; Yüzer ve ark., 2004; Özbey, 2009].



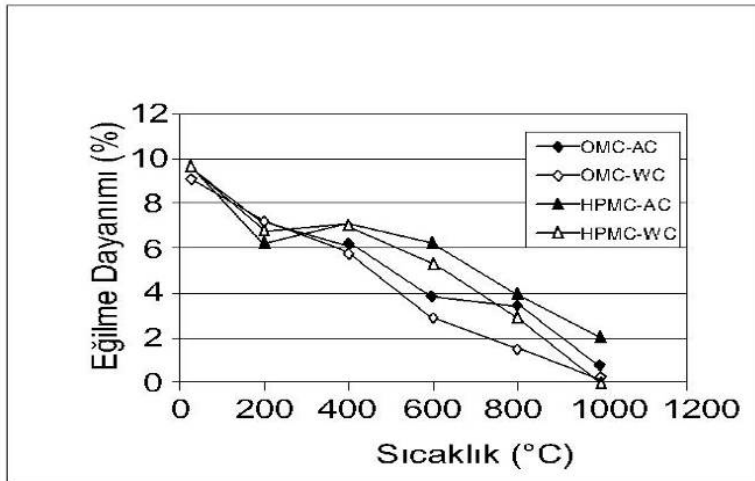
Şekil 2.8. Basınç dayanımının soğutma şekline göre sıcaklıkla değişimi

Husem tarafından yapılan araştırmada, normal (PÇ 32.5- OMC) ve yüksek dayanımlı (PÇ 42.5-HPMC) betonlar, 200, 400, 600, 800 ve 1000 °C 'ye kadar yüksek sıcaklıklara maruz bırakıldıktan sonra suda ve havada soğutulmuştur. Şekil 2.9 ve Şekil 2.10'de görüldüğü gibi suda soğutulmuş normal dayanım betonun hem basınç hem de eğilme dayanımı havada soğutulmuş betona göre daha fazla düşüş göstermiştir. Aynı sonuç yüksek dayanım betonlarda da elde edilmiş, fakat burada 200 ile 400 °C arasında hem eğilme hem de basınç dayanımında bir miktar artış görülmüş bu artış

havada soğutulmuş numunelerde daha fazla olmuştur. Bu artış serbest suyun ve kristalize suyun çimento hamurundan buharlaşmasına bağlanmıştır. Havada soğutulmuş numunelerin daha fazla dayanım kazanması ise suda soğutulmuş numunelerin sudayken bir miktar su kazanmasına bağlanmıştır [Husem, 2005; Karaduman, 2008].



Şekil 2.9. Basınç dayanımının sıcaklıkla değişimi



Şekil 2.10. Eğilme dayanımının sıcaklıkla değişimi

2.3.2. Yüksek sıcaklık ve harçlarla ilgili yapılmış olan çalışmalar

Yüksek sıcaklıkların harcın basınç dayanımına olan etkisini inceleyen bir araştırma yapılmıştır. Çalışmada normal portland çimentosu ve silis dumanı kullanılmış ve düşük termal genleşmesi ve yüksek termal kondüktivitesi sayesinde yüksek sıcaklıklara daha fazla dayanabilen grafit tozu, %0 (G0) ve %5 (G5) oranında ince kumun yerine ikame edilmiştir. Numuneler 300, 600 ve 900 °C sıcaklıklara değişen ısıtma hızlarında (2 ve 8°C/dk) ve değişen sürelerde (1 ve 10 saat) maruz bırakılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre, hem grafit tozu içeren hem de içermeyen yüksek performans harçlarda, basınç dayanımlarındaki düşüş 300 °C 'de başlamakta ve 900 °C 'de neredeyse tüm başlangıç değerlerini kaybetmektedir. Hızlı ısıtılan numuneler (2 °C/dk) yavaş ısıtılan numunelerden (8 °C/dk) daha yüksek basınç dayanımı vermiştir. Ayrıca yüksek sıcaklığa daha kısa süre (1 saat) maruz kalan numuneler uzun süre (10 saat) maruz kalan numunelerden daha yüksek basınç dayanımı sergilemiştir. Grafit ikamesi numunelerin kalan basınç dayanım değerlerini olumlu yönde etkilemiş, bu davranış kum ve çimento hamurundan daha düşük termal genleşme katsayısına sahip grafitin, farklı genleşmelerden kaynaklanan mikro çatlakları azaltmasıyla açıklanmıştır [Cülfik ve Özturan, 2001].

Betonun ve harcın ısı özelliklerini etkileyen faktörler üzerinde çalışmalar yapılmıştır. 4 çeşit kayanın kuru ve doymuş halde ısı iletkenliği ölçülmüştür. Ayrıca harç ve betonun çeşitli nem durumlarına ait ısı iletkenliği incelenmiştir. Betonun iletkenliği ile kullanılan agreganın iletkenliği arasında ilişkiler geliştirilmiştir. Yapılan çalışmalar sonucunda kayaların ve harçların ısı iletkenliğinin nemle doğru orantılı olarak arttığı belirtilmiştir. Harç ve betonun ısı iletkenliğinde agrega tipinin etkisinin büyük olduğu vurgulanmıştır. Betonun kuru durumundan %50 nemli durumuna gelmesinin ısı iletkenliğini önemli ölçüde arttırdığı sonucuna varılmıştır [Khan, 2002; Fındık 2007].

Aydın ve Bardan normal portland çimentosuna ağırlıkça %0, %20, %40 ve %60 oranında uçucu kül ikame etmiş ve ayrıca pomza/bağlayıcı (çimento+uçucu kül) oranını 3 alarak bütün harç karışımlarında agrega olarak pomza kullanmışlardır. Hazırlanan karışımları 300 °C, 600 °C ve 900 °C sıcaklıklara kadar maruz bıraktıktan sonra, numuneleri havada ve suda olmak üzere iki şekilde soğutmuşlardır. Havada soğutulmuş numunelerde uçucu kül ikamesi, 300 °C 'de önemli bir etki sağlamazken, 600 ve 900° C 'de bu etki belirgindir. Suda soğutulmuş numunelerde ise, 300 ve 600 °C 'de uçucu kül ikamesi harçların kalan basınç dayanımını düşürmüştür. 900 °C 'de ise, uçucu kül kalan basınç dayanımını oldukça büyük oranda arttırmıştır [Aydın ve Bardan, 2006].

Yüzer ve arkadaşları Munsell renk dizgesi kullanılarak yapılan deneysel çalışmalarında yüksek sıcaklığın silis dumanı katkılı ve katkısız harçlara olan etkilerini araştırmış, harçların maruz bırakıldığı her sıcaklık için yüzey rengi ve basınç dayanımları belirlemiş, rengin tür bileşeni ile basınç dayanımı arasında bir ilişki kurulabileceği sonucunu ortaya koymuşlardır [Yüzer ve ark., 2004; Topçu ve Demir, 2007].

3. MALZEMELER VE YÖNTEMLER

3.1. Malzemeler

3.1.1. Çimento

Deney çalışmalarında, Limak Ankara Çimento Fabrikası'nda üretilmekte olan CEM I (PÇ 42,5 R) Portland çimentosu kullanılmıştır.

3.1.2. Diyatomit

Ankara Kızılcahamam yöresi diyatomiti, açık işletme yöntemi ile çıkarılan ocaklardan alınmıştır.

3.1.3. Standart kum

Diyatomit ikameli harç numunelerinin hazırlanmasında, Limak Ankara Çimento Fabrikası üretimi olan TS EN 196-1 Rilem-Cembureau Pınarhisar Standart kumu kullanılmıştır.

3.1.4. Su

Çimento ve harç karışımlarında çimentoya zararlı olabilecek organik madde ve madensel tuzları ihtiva etmeyen Ankara şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

3.2. Yöntemler

Bu çalışmada, CEM I (PÇ 42,5 R) çimentoya, çimento yerine %0 (kontrol), %5, %10, %15 oranlarında, 90 µm boyutunda diyatomit katılarak, diyatomit ikameli çimentolar hazırlanmıştır. Diyatomit ikameli çimentolara standart kıvam suyu tayini, priz başlangıcı ve priz sonu deneyi, hacim genleşmesi deneyi uygulanmıştır. Diyatomit ikameli harç numuneleri, zaman faktörünün

iki seviyesi olan 28 ve 90 gün boyunca kür edilmiş ve sıcaklık faktörünün beş farklı seviyesine 20 °C, 150 °C, 300 °C, 500 °C ve 700 °C yüksek sıcaklığa tabi tutulmuştur. Yüksek sıcaklık uygulanan, diyatomit ikameli harç numuneler havada soğutma ve suda soğutma yöntemi olmak üzere iki şekilde soğutulmuştur. Diyatomit ikameli harç numunelerin ultrases geçiş hızı, eğilmede-çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. CEM I (PÇ 42,5 R) çimento ve %5, %10 ve %15 oranlarında hazırlanan diyatomit ikameli çimentoların kimyasal analizi Limak Ankara Çimento Fabrikası'nda; diyatomitin değirmende öğütülmesi ve elenmesi, harç numune dökümü ve deneyleri, çimento deneyleri Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı Eğitimi Bölümü Beton Laboratuvarı'nda yapılmıştır.

3.2.1. Standart kıvam suyu tayini deneyi

%0, %5, %10, %15 oranlarında hazırlanan diyatomit ikameli çimentoların standart kıvam suyu tayini deneyi, TS EN 196-3 "Çimento Deney Metotları- Bölüm 3: Priz süresi ve genleşme tayini" standardına uygun olarak yapılmıştır.

3.2.2. Priz başlangıcı ve priz sonu deneyi

%0, %5, %10, %15 oranlarında hazırlanan diyatomit ikameli çimentoların priz başlangıcı ve priz sonu deneyi, TS EN 196-3 + A1 "Çimento Deney Metotları - Bölüm 3: Priz süresi ve genleşme tayini" standardına göre yapılmıştır.

3.2.3. Hacim genleşmesi deneyi

%0, %5, %10, %15 oranlarında hazırlanan diyatomit ikameli çimentoların hacim genleşmesi deneyleri, TS EN 196-3 + A1 "Çimento Deney Metotları - Bölüm 3: Priz süresi ve genleşme tayini" standardına göre yapılmıştır.

3.2.4. Harç numunelerinin üretimi

Açık işletme yöntemi ile alınan diyatomitler bir gün boyunca 100 °C etüvde bekletilmiş, nemden arındırılmış ve bilyalı değirmende 3 saat boyunca öğütülmüştür. 90 µm elekten elenerek hazır hale getirilmiştir. Öğütülüp, 90 µm elekten elenen diyatomitin görüntüsü EK-1’de gösterilmiştir.

Harç numunelerinin üretimi, TS EN 196-1 “Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: Dayanım” standardına uygun olarak 40x40x160 mm boyutlarında üçlü çelik harç kalıpları kullanılarak yapılmıştır. Mikserde karıştırılan ve sarsma tablasında 25 vuruş yapan harç karışımı harç kalıbına dökülmüş ve diyatomit ikameli harç numuneler üretilmiştir. Diyatomit ikameli harç numunelerde kullanılan çimento, diyatomit, kum ve su oranları Çizelge 3.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 3.1. Diyatomit ikameli harç numunelerin malzeme oranı

İçerik	Çimento	Diyatomit	Kum	Su
%0’lık karışım (kontrol)	450 g	-	1350 g	225 g
%5’lik karışım	427,5 g	22,5 g	1350 g	225 g
%10’luk karışım	405 g	45 g	1350 g	225 g
%15’lik karışım	382,5 g	67,5 g	1350 g	225 g

Harç numuneleri, içinde %90’dan fazla nispi nem bulunan kür dolabı içerisinde 20 ± 2 °C ’de 28 ve 90. deney günlerine kadar kür edilmiştir.

3.2.5. Harç numunelere yüksek sıcaklık uygulanması

%0, %5, %10, %15 oranlarında diyatomit ikameli harç numuneler, yüksek sıcaklık fırınına konmadan önce 24 saat boyunca etüvde 80 °C sıcaklıkta bekletilmiştir. Yüksek sıcaklığın etkilerini belirlenmesi amacıyla ısınma hızı 10 °C/dk. olan 1600 °C kapasiteli yüksek sıcaklık fırına yerleştirilen %0, %5, %10 ve %15 oranlarında olan diyatomit ikameli numuneler, altışarlı gruplar

halinde 20 °C (referans), 150 °C, 300 °C, 500 °C ve 700 °C sıcaklık değerlerinde 3 saat süre ile sırasıyla ısıtılmıştır. EK-2’de gösterilmiştir.

3.2.6. Soğutma işlemi

20, 150, 300, 500 ve 700 °C sıcaklığa tabi tutulan harç numuneler için iki farklı soğutma türü kullanılmıştır. Üç numune havada soğutulmuş, üç numune suda soğutulmuştur. Numuneler fırın dışına çıkartıldıktan hemen sonra su dolu havuzda, şoklama yöntemiyle ani olarak soğutulmuştur, numunelerin diğer kısmı havada soğutulmak üzere bekletilmiştir. Soğutma süreleri sıcaklık derecesine bağlı olarak 5 ile 30 dakika arasındadır. Havada ve suda soğutulan numuneler sırasıyla EK-3’de ve EK-4’de verilmiştir.

3.2.7. Ultrases geçiş hızı deneyi

Harç numunelerin ultrases geçiş hızı ölçümü 160 mm boyutuna paralel olarak yapılmıştır. Her sıcaklıkta üç adeti kullanılmıştır. Ultrases geçiş hızı ölçümü ASTM C597-83 “Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete”, standardında belirtilen esaslara uygun olarak yapılmıştır. Her sıcaklıktaki harç numunelerin 3 adeti üzerinde ortalama ultrases geçiş hızı değerleri ölçülmüştür. Ultrases geçiş hızı değerleri formül 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır. (V) hesaplanmasında;

$$V = L/t * 10^6 \quad (3.1)$$

Formülde;

V=ses hızı, (m/s)

t= ses geçiş süresi, (s)

L=ölçü boyu, (m); olarak verilmektedir [Topçu, 2006]. Birim olarak km/s kullanılmıştır.

3.2.8. Eğilmede-çekme dayanımı deneyi

Eğilmede çekme dayanımı deneyi, eğilmede-çekme ve basınç deney cihazı kullanılarak TS EN 196-1’de “Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: dayanım” standartında belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Yükleme hızı 0,05 KN/sn olarak uygulanmıştır. 28 ve 90. gününde dayanım değerleri kırıldıktan sonra aritmetik ortalamaları alınmıştır.

3.2.9. Basınç dayanımı deneyi

Basınç dayanımı deneyi, eğilmede-çekme ve basınç deney cihazı kullanılarak 0,5 KN/sn yükleme hızı ile TS EN 196-1’de “Çimento Deney Metotları- Bölüm 1: dayanım” standartında belirtilen esaslara göre gerçekleştirilmiştir. Deney, eğilmede-çekme dayanımı deneyi uygulanarak ortadan ikiye bölünen harç prizmaları üzerinde gerçekleştirilmiştir. Deney numunelerinin 28 ve 90. gününde altı adet dayanım değerleri kırıldıktan sonra aritmetik ortalamaları alınmıştır.

3.2.10. İstatistiki değerlendirme

Sonuçlar, üç faktörlü tekrarlanan ölçümlü varyans analiz tekniği ile değerlendirilmiştir. Gerçekleştirilen varyans analizi tekniğinde katkı miktarlarının (%0, %5, %10, %15) dört seviyesi, zaman faktörünün iki seviyesi (28 ve 90. gün), soğuma faktörünün iki seviyesi (havada ve suda) sıcaklık faktörünün ise (20 °C, 150 °C, 300 °C, 500 °C, 700 °C) beş seviyesi bulunmaktadır. Ultrases geçiş hızı değerleri, eğilmede-çekme dayanımı ve basınç dayanımı sonuçları katkı oranları, zaman, gün ve sıcaklık ortalamaları arasındaki farkın belirlenmesinde çoklu karşılaştırma testlerinden Duncan testi kullanılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Diyatomitin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Ankara Kızılcahamam yöresi diyatomitinin fiziksel özellikleri Çizelge 4.1’de, kimyasal özellikleri Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.1. Ankara kızılcahamam yöresi diyatomitlerinin fiziksel özellikleri

Fiziksel özellikler	Ankara kızılcahamam diyatomiti	TS 9773 sınırları
Nem, % (lab. getirildiğinde)	120	En çok 15
Nem,%(çim. üretmeden önce)	7,6	-
Su emme, %	140	en az 280 (1.sınıf) en az 180 (2.sınıf)
Özgül ağırlık, g/cm ³	1,95	-
Gevşek ağırlık, kg/m ³	225	en çok 500 (1.sınıf)
pH	7,87	-
200µm elek üstü, %	40,2	-
90 µm elek üstü, %	53,3	-
Doğal durum	İrili ufak kütle	-
Renk	Beyaz	Beyaz
Yabancı madde	Yok	-
Diğer	Yumuşak-Hafif	Yumuşak-Hafif

Çizelge 4.2. Ankara kızılcahamam diyatomitinin kimyasal özellikleri

Kimyasal kompozisyon (%)	Ankara kızılcahamam diyatomiti		Ticari Ham Diyatomit Sınırları [Özbey ve Atamer, 1987]
	1. Analiz	2. Analiz	
SiO ₂	88,32	88,62	en az 85,0
Al ₂ O ₃	3,47	3,30	en çok 5,0
Fe ₂ O ₃	0,48	0,57	en çok 1,5
CaO	0,42	0,74	en çok 1,0
MgO	0,26	0,80	en çok 0,5
Na ₂ O	0,17	0,77	en çok 1,0
K ₂ O	0,28	0,71	en çok 1,0
TiO ₂	0,18	-	-
P ₂ O ₅	0,10	-	-
Kızdırma kaybı	5,84	4,24	en çok 6,0
Toplam	99,52	99,75	-

4.2. Çimentoların Fiziksel, Kimyasal, Mekanik Özellikleri

CEM I (PÇ 42,5 R) çimentonun fiziksel ve mekanik özellikleri Çizelge 4.3’de ve kimyasal özellikleri Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Cem I çimentosunun fiziksel ve mekanik özellikleri

Fiziksel Özellikleri			
Özgül yüzey (cm ² /g)		3350	
Genleşme (mm)		1,2	
Su ihtiyacı (%)		27,2	
Priz başlangıcı (dk.)		150	
Priz sonu (dk.)		190	
Yoğunluk (g/cm ³)		3,1	
Mekanik Özellikleri (MPa)	Gün	Basınç	Eğilme
	7	39,8	7,3
	28	51,9	10,1

Çizelge 4.4. Cem I çimentosunun kimyasal özellikleri

Kimyasal kompozisyon (%)	CEM I (PÇ 42,5 R)
CaO	62,64
SiO ₂	20,22
Al ₂ O ₃	5,38
Fe ₂ O ₃	3,07
MgO	1,64
SO ₃	2,99
K ₂ O	0,82
Na ₂ O	0,01
KK	0,2

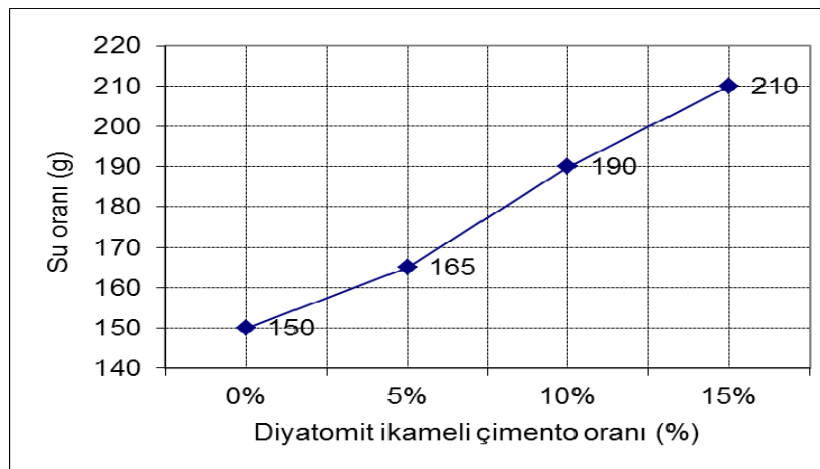
%5, %10, %15 oranlarında çimento yerine katılarak hazırlanan diyatomit ikameli çimentoların kimyasal analiz değerleri Çizelge 4.5’deki gibi bulunmuştur.

Çizelge 4.5. Diyatomit ikameli çimentoların kimyasal analizleri

Kimyasal kompozisyon (%)	%5 Diyatomit ikameli çimento	%10 Diyatomit ikameli çimento	%15 Diyatomit ikameli çimento
CaO	61,26	57,66	53,76
SiO ₂	21,70	24,72	28,27
Al ₂ O ₃	5,23	5,30	5,48
Fe ₂ O ₃	3,09	2,98	2,88
MgO	1,56	1,46	1,37
SO ₃	2,55	2,34	2,24
K ₂ O	0,81	0,80	0,80
Na ₂ O	0,02	0,03	0,04

4.3. Standart Kıvam Suyu Tayini Deneyi Bulguları

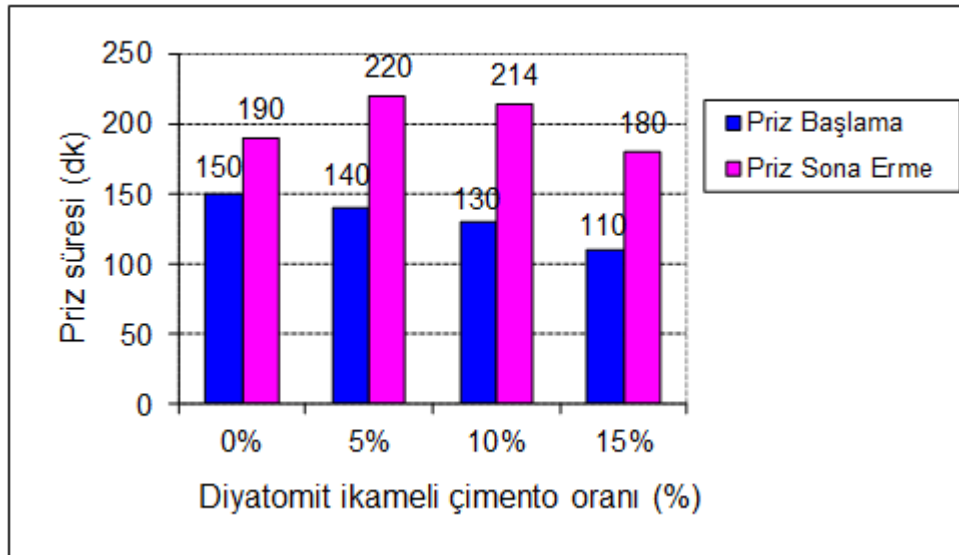
Standart kıvam suyu deneyi bulguları Şekil 4.1’de gösterilmiştir. Karışımların kıvam suyu miktarlarına bakıldığında, karışımlardaki diyatomit miktarları arttıkça, kıvam suyu miktarı artışı görülmektedir. Bunun sebebi diyatomitin gözenekli ve boşluklu bir malzeme olması, %120 oranında su emmesi, diyatomit miktarı artışıyla su miktarının artmasıdır. %5 diyatomit ikameli çimentoda %10, %10 diyatomit ikameli çimentoda %26.6, %15 diyatomit ikameli çimentoda %40 oranında su miktarı artmaktadır.



Şekil 4.1. Çimento kıvam suyu

4.4. Priz Başlangıcı ve Priz Sonu Deneyi Bulguları

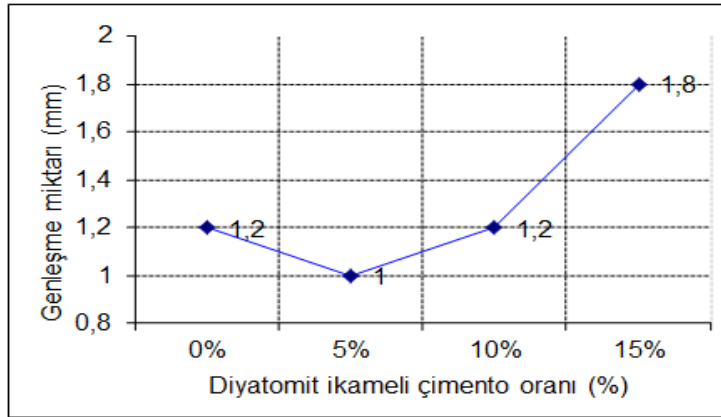
Diyatomit ikameli çimentoların priz başlangıç ve sona erme süreleri Şekil 4.2.'de gösterilmiştir. Diyatomit ikame yüzdesi arttıkça priz sona erme süresi artmakta, priz başlangıç süreside azalmaktadır. İkame oranı yükseldikçe normal kıvam suyu ihtiyacı artarken, priz kontrol çimentoya göre daha geç tamamlanmaktadır. Priz süresini etkileyen en önemli etken CaO ve SiO₂ miktarlarıdır. Diyatomit ikameli çimentolarda CaO miktarının düşük, SiO₂ miktarının yüksek olması priz sürelerinin uzamasına neden olmaktadır.



Şekil 4.2. Çimento priz süresi

4.5. Genleşme Tayini Deneyi Bulguları

Genleşme tayini CEM I çimentoda 1,2 mm çıkarken %5 ikameli çimentoda genleşme miktarı düşmüştür ve 1 mm olarak bulunmuştur; fakat ikame oranı artırıldığında, %10 ikameli çimentoda 1,2 mm, %15 ikameli çimentoda ise 1,8 mm genleşme olduğu Şekil 4.3'de gösterildiği gibi tespit edilmiştir. Çimentoların hacim genleşmesi sınır değerleri TS EN 197-1'e göre ≤ 10 mm olmasından dolayı bütün ikame değeri TS EN 197-1'e göre uygun sonuçlar vermiştir.



Şekil 4.3. Genleşme tayini

4.6. Ultrases Geçiş Hızı Bulguları

Ultrases geçiş hızı deneyi sonuçlarına ait 28 ve 90. gündeki istatistikleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Zaman faktörünün iki seviyesi (28 ve 90. gün), soğutma faktörünün iki seviyesi (havada ve suda), ikame miktarının beş seviyesi (%0, %5, %10 ve %15) ve sıcaklık faktörünün de beş seviyesi (20, 150, 300, 500 ve 700 °C) üzerinde tekrarlanan ölçümlü varyans analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.6. 28 ve 90 günlük ultrases geçiş hızı değerine ait açıklayıcı istatistikler

Zaman Fak.	Katkı Fak., %	Soğutma Fak.	Sıcaklık Fak., °C	N	Ortalama, km/s	Standart hata
28	0	hs	20	3	3,8459	0,0153
28	0	hs	150	3	3,7620	0,0105
28	0	hs	300	3	3,0772	0,0154
28	0	hs	500	3	2,4138	0,0302
28	0	hs	700	3	1,1551	0,0593
28	0	ss	20	3	3,8459	0,0153
28	0	ss	150	3	3,6711	0,0189
28	0	ss	300	3	3,0064	0,0132
28	0	ss	500	3	2,7507	0,0466
28	0	ss	700	3	1,6767	0,0064
28	5	hs	20	3	3,6204	0,0126
28	5	hs	150	3	3,5490	0,0527
28	5	hs	300	3	3,1813	0,1014
28	5	hs	500	3	2,1001	0,0694
28	5	hs	700	3	1,3028	0,0431

Çizelge 4.6. (Devam) 28 ve 90 günlük ultrases geçiş hızı değerine ait açıklayıcı istatistikler

28	5	ss	20	3	3,6204	0,0126
28	5	ss	150	3	3,6748	0,0066
28	5	ss	300	3	3,0016	0,0471
28	5	ss	500	3	2,3904	0,0576
28	5	ss	700	3	2,0044	0,0715
28	10	hs	20	3	3,9450	0,0162
28	10	hs	150	3	3,7751	0,0115
28	10	hs	300	3	3,1642	0,0289
28	10	hs	500	3	2,5106	0,0091
28	10	hs	700	3	1,1463	0,1553
28	10	ss	20	3	3,9450	0,0162
28	10	ss	150	3	3,7779	0,0123
28	10	ss	300	3	3,0789	0,0381
28	10	ss	500	3	2,6597	0,0311
28	10	ss	700	3	2,2317	0,0333
28	15	hs	20	3	3,7163	0,0607
28	15	hs	150	3	3,6964	0,0057
28	15	hs	300	3	3,2630	0,0243
28	15	hs	500	3	2,4171	0,0329
28	15	hs	700	3	1,2416	0,0163
28	15	ss	20	3	3,7163	0,0607
28	15	ss	150	3	3,8255	0,0418
28	15	ss	300	3	3,0789	0,0162
28	15	ss	500	3	2,4167	0,2776
28	15	ss	700	3	1,8924	0,0191
90	0	hs	20	3	3,8270	0,0159
90	0	hs	150	3	3,7752	0,0048
90	0	hs	300	3	3,2209	0,0084
90	0	hs	500	3	2,5850	0,0287
90	0	hs	700	3	1,4358	0,0468
90	0	ss	20	3	3,8270	0,0159
90	0	ss	150	3	3,7124	0,0201
90	0	ss	300	3	2,8994	0,0075
90	0	ss	500	3	2,7711	0,0207
90	0	ss	700	3	1,7051	0,0212
90	5	hs	20	3	3,9932	0,0911
90	5	hs	150	3	3,7029	0,0341
90	5	hs	300	3	2,9250	0,0138
90	5	hs	500	3	2,0136	0,0099
90	5	hs	700	3	1,2808	0,0097
90	5	ss	20	3	3,9932	0,0911
90	5	ss	150	3	3,6863	0,0160
90	5	ss	300	3	2,7142	0,1775
90	5	ss	500	3	2,3708	0,0241
90	5	ss	700	3	2,3416	0,0199
90	10	hs	20	3	3,7751	0,0243
90	10	hs	150	3	3,6337	0,0457
90	10	hs	300	3	2,9656	0,0484
90	10	hs	500	3	2,1287	0,0117
90	10	hs	700	3	1,2863	0,0142

Çizelge 4.6. (Devam) 28 ve 90 günlük ultrases geçiş hızı değerine ait açıklayıcı istatistikler

90	10	ss	20	3	3,7751	0,0243
90	10	ss	150	3	3,7435	0,0871
90	10	ss	300	3	2,8868	0,0134
90	10	ss	500	3	2,4570	0,0250
90	10	ss	700	3	2,0005	0,0664
90	15	hs	20	3	3,7701	0,0170
90	15	hs	150	3	3,4023	0,1284
90	15	hs	300	3	2,8889	0,0248
90	15	hs	500	3	2,1551	0,0559
90	15	hs	700	3	1,1014	0,0138
90	15	ss	20	3	3,7701	0,0170
90	15	ss	150	3	3,7461	0,0158
90	15	ss	300	3	2,7055	0,0670
90	15	ss	500	3	2,6334	0,0267
90	15	ss	700	3	1,9516	0,0438

Ultrases geçiş hızı verilerine ait varyans çözümleme tablosu Çizelge 4.7’de verilmiştir. İkame miktarı*zaman*soğutma*sıcaklık faktörleri interaksyonunun ise ultrases geçiş hızı değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ($\alpha < 0.05$).

Çizelge 4.7. Ultrases geçiş hızı verilerine ait varyans çözümleme tablosu

	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	α
{1}Zaman Fak.	0,095	1	0,095	9,7	0,00
{2}%, oran	0,337	3	0,112	11,5	0,00
{3}Soğuma Fak.	1,947	1	1,947	199,8	0,00
{4}Sıcaklık Fak.	161,62	4	40,405	4146,5	0,00
Zaman Fak.*%, oran	0,571	3	0,190	19,5	0,00
Zaman Fak.*Soğuma Fak.	0,007	1	0,007	0,8	0,38
%, oran*Soğuma Fak.	0,215	3	0,072	7,4	0,00
Zaman Fak.*Sıcaklık Fak.	0,569	4	0,142	14,6	0,00
%, oran*Sıcaklık Fak.	1,332	12	0,111	11,4	0,00
Soğuma Fak.*Sıcaklık Fak.	5,704	4	1,426	146,3	0,00
Zaman Fak.*%, oran*Soğuma Fak.	0,182	3	0,061	6,2	0,00
Zaman Fak.*%, oran*Sıcaklık Fak.	0,636	12	0,053	5,4	0,00
Zaman Fak.*Soğuma Fak.*Sıcaklık Fak.	0,077	4	0,019	2,0	0,09
%, oran*Soğuma Fak.*Sıcaklık Fak.	0,468	12	0,039	4,0	0,00
1*2*3*4	0,334	12	0,028	2,9	0,00

Ultrases geçiş hızı değerlerinin zaman, oran, soğutma ve sıcaklık faktörleri üzerinde hem ayrı ayrı hem de birbirileri üzerinde 0,05 güven aralığında etkileri vardır.

Faktörler arasındaki ilişki daha iyi anlaşılması için Duncan testi kullanılmıştır. Duncan testine göre zaman faktörü*ikame miktarı*soğutma faktörleri arasındaki ilişki Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Zaman faktörü*ikame miktarı*soğutma faktöründeki duncan test sonuçları

Zaman Fak.	İkame oranı, %	Soğutma Fak.	Farklı olan gruplar, km/s							
			1	2	3	4	5	6	7	8
90	15	hs	S*							
28	5	hs		S*						
90	10	hs		S*						
90	5	hs		S*	S*					
28	0	hs			S*	S*				
28	15	hs				S*	S*			
28	10	hs				S*	S*	S*		
28	5	ss					S*	S*		
90	15	ss						S*	S*	
90	0	hs						S*	S*	
90	10	ss						S*	S*	
90	0	ss						S*	S*	
28	15	ss						S*	S*	
28	0	ss						S*	S*	
90	5	ss							S*	
28	10	ss								S*

S* : $\alpha < 0.05$ göre farklı olan gruplar

Çizelge 4.8’e göre zaman faktörü*ikame miktarı*soğutma faktörleri arasında gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma testleri sonuçlarına göre, 28 günlük havada soğutulmuş numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerlerine bakıldığında, %0 katkısız (kontrol) numune, %10 ve %15 numuneler arasında anlamlı bir fark yoktur; fakat %5 numune ile aralarında anlamlı bir fark vardır. 28 günlük suda soğutulmuş numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerlerine bakıldığında, kontrol numune, %5 ve %15 numuneler

arasında anlamlı bir fark yoktur; fakat %10 oranında numune ile aralarında anlamlı bir fark vardır. 90 günlük havada soğutulmuş numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerlerine bakıldığında, %5 ve %10 numuneler arasında anlamlı bir fark yoktur; fakat kontrol numune ve %15 numune ile aralarında anlamlı bir fark vardır. 90 günlük suda soğutulmuş numunelere bakıldığında, kontrol numune, %5, %10, %15 numuneler arasında anlamlı bir fark yoktur.

Duncan testine göre zaman faktörü*soğutma*sıcaklık faktörleri arasındaki ilişki Çizelge 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.9. Zaman faktörü*soğutma*sıcaklık faktöründeki duncan test sonuçları

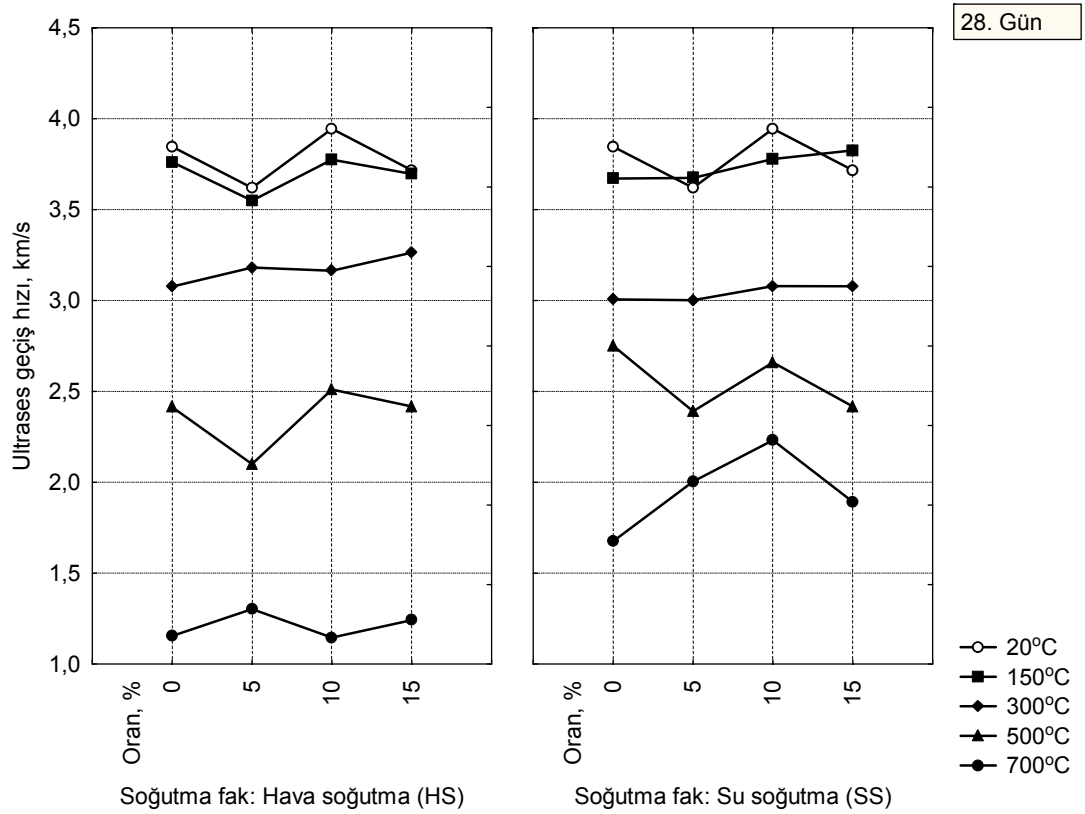
Zaman Fak.	Soğuma Fak.	Sıcaklık Fak.	Farklı olan gruplar, km/s											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
28	hs	700	S*											
90	hs	700	S*											
28	ss	700		S*										
90	ss	700		S*										
90	hs	500			S*									
28	hs	500				S*								
28	ss	500					S*							
90	ss	500					S*							
90	ss	300						S*						
90	hs	300							S*					
28	ss	300							S*					
28	hs	300								S*				
90	hs	150									S*			
28	hs	150									S*	S*		
90	ss	150										S*	S*	
28	ss	150											S*	S*
28	ss	20											S*	S*
28	hs	20										S*	S*	S*
90	hs	20												S*
90	ss	20												S*

S* : $\alpha < 0.05$ göre farklı olan gruplar

28 ve 90 günlük 700 °C 'de havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 28 ve 90 günlük 500 °C 'de havada soğutulan numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerleri arasında anlamlı bir fark varken, suda soğutulan numunelerin ortalama ultra geçiş hızı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 28 ve 90 günlük 300 °C 'de havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama ultrases

geçiş hızı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 28 ve 90 günlük 150 °C 'de havada soğutulan numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 28 ve 90 günlük 20 °C 'de havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur.

Deneyden elde edilen ortalama ultrases geçiş hızı değerleri 28. güne ait grafik Şekil 4.4'de gösterilmiştir.



Şekil 4.4. Deneyden elde edilen 28 günlük ortalama ultrases geçiş hızı değerleri (km/s)

28 Günlük değerlere bakıldığında, 20 °C 'de, %0 katkısız (kontrol) numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde %5,8 düşme olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %10 diatomit ikameli numune

karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde %2,6 artış meydana gelmiştir. 20 °C 'de kontrol numune ve %15 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde %3,4 düşme olmuştur.

150 °C 'de kontrol numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %5,66 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde değişme olmamıştır. 150 °C 'de kontrol numune ve %10 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numunelerin ortalama ultrases geçiş hızı değerinde değişme olmamıştır, suda soğutulan numunelerin ortalama ultra geçiş hızı değerinde %2,9 artış olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %15 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %1,74 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %4,2 artış meydana gelmiştir.

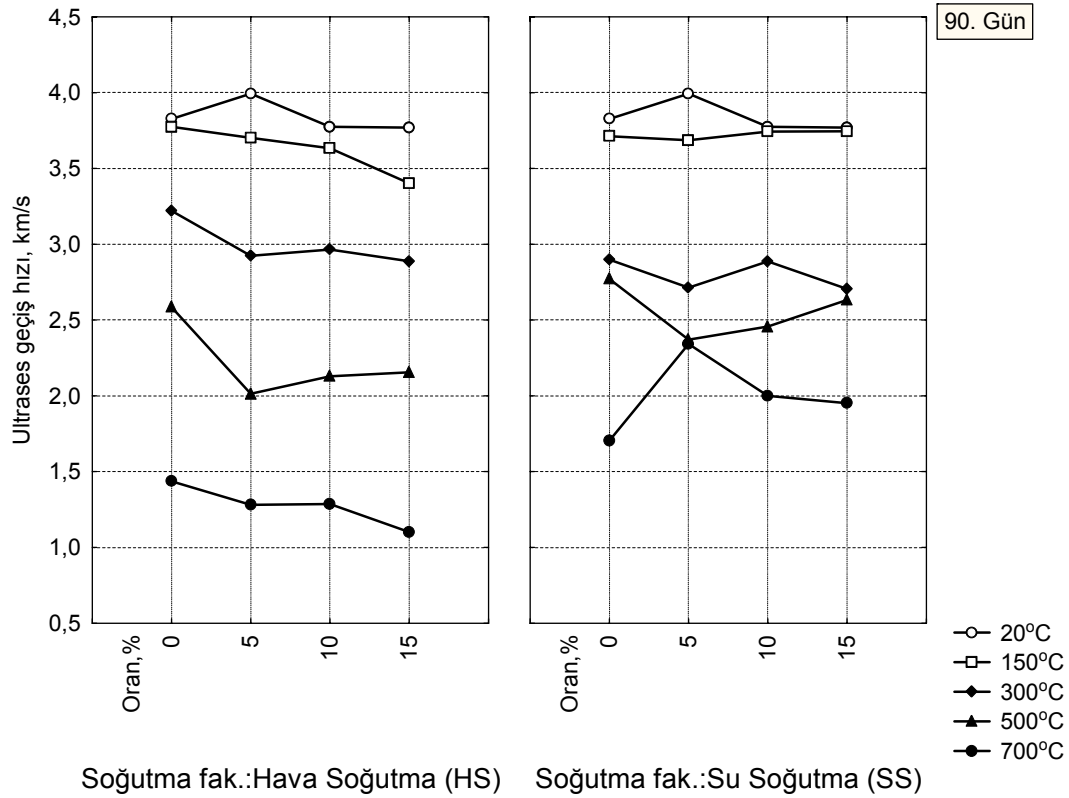
300 °C 'de kontrol numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %3,38 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde değişme olmamıştır. 300 °C 'de kontrol numune ve %10 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %2,82 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %2,41 artış olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %15 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %6,03 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %2,40 artış olmuştur.

500 °C 'de kontrol numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı

değerinde %12,99 düşme olmuştur, suda soğutulan ortalama numune ultrases geçiş hızı değerinde %13 düşme olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan ortalama numune ultrases geçiş hızı değerinde %4,01 artış, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %3,30 düşme meydana gelmiştir. 500 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde değişme olmamıştır, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %12,14 düşme meydana gelmiştir.

700 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde %12,8 artış meydana gelmiştir, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde %19,54 artış meydana gelmiştir. 700 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde değişme olmamış; fakat suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %33,1 artış meydana gelmiştir. 700 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde %7,48 artış meydana gelmiştir, suda soğutulan numune ultrases geçiş hızı değerlerinde %12,8 artış meydana gelmiştir.

Deneyden elde edilen ortalama ultrases geçiş hızı değerlerine ait 90. gündeki grafik Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Deneyden elde edilen 90 günlük ortalama ultrases ge çiş hızı de ğerleri (km/s)

90 Günlük de ğerlere bakıldığında, 20 °C 'de, %0 katkısız (kontrol) numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama ultrases ge çiş hızı de ğerinde %4,34 artış olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numune ortalama ultrases ge çiş hızı de ğerinde %1,35 düşme olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin her ikisinde de ortalama ultrases ge çiş hızı de ğerinde %1,48 düşme olmuştur.

150 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases ge çiş hızı de ğerinde %1,91 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases ge çiş hızı de ğerinde de ğişme olmamıştır. 150 °C 'de kontrol numune ve %10

diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %3,74 düşme meydana gelmiştir, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde değişme meydana gelmemiştir. 150 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %9,87 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %0,90 artış olmuştur.

300 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde %9,18 düşme olmuştur, suda soğutulan ortalama numune ultrases geçiş hızı değerinde %6,38 düşme olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %7,92 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde değişme olmamıştır. 300 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerlerinde %10,3 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %6,68 düşme olmuştur.

500 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %22,10 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %14,44 düşme olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %17,65 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %11,33 düşme olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %16,6 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %4,96 düşme olmuştur.

700 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %10,79 düşme, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %37,32 artış meydana gelmiştir. 700 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %10,41 düşme, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %17,32 artış meydana gelmiştir. 700 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %23,29 düşme, suda soğutulan numune ortalama ultrases geçiş hızı değerinde %14,45 artış meydana gelmiştir.

4.7. Eğilmede-Çekme Dayanımı Bulguları

Eğilmede-çekme dayanımı deneyi sonuçlarının 28 ve 90. gündeki istatistikleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Zaman faktörünün iki seviyesi (28 ve 90. gün), soğutma faktörünün iki seviyesi (havada ve suda), ikame miktarının beş seviyesi (%0, %5, %10 ve %15) ve sıcaklık faktörünün de beş seviyesi (20, 150, 300, 500 ve 700 °C) üzerinde tekrarlanan ölçümlü varyans analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.10. 28 ve 90 günlük eğilmede-çekme dayanımı değerine ait açıklayıcı istatistikler

Zaman Fak.	Katkı Fak., %	Soğutma Fak.	Sıcaklık Fak., °C	N	Ortalama, Mpa	Standart hata
28	0	hs	20	3	11,189	0,638
28	0	hs	150	3	11,578	0,197
28	0	hs	300	3	6,096	0,119
28	0	hs	500	3	5,167	0,324
28	0	hs	700	3	1,201	0,186
28	0	ss	20	3	11,189	0,638
28	0	ss	150	3	8,872	0,389
28	0	ss	300	3	6,528	0,367
28	0	ss	500	3	3,841	0,151
28	0	ss	700	3	1,880	0,062
28	5	hs	20	3	12,288	0,197
28	5	hs	150	3	11,236	0,261
28	5	hs	300	3	8,860	0,348

Çizelge 4.10. (Devam) 28 ve 90 günlük eğilmede-çekme dayanımı değerine ait açıklayıcı istatistikler

28	5	hs	500	3	4,996	0,363
28	5	hs	700	3	2,011	0,036
28	5	ss	20	3	12,288	0,197
28	5	ss	150	3	10,768	0,125
28	5	ss	300	3	5,965	0,209
28	5	ss	500	3	4,502	0,192
28	5	ss	700	3	2,194	0,030
28	10	hs	20	3	13,291	0,248
28	10	hs	150	3	12,613	0,184
28	10	hs	300	3	9,820	0,067
28	10	hs	500	3	7,261	0,709
28	10	hs	700	3	2,516	0,070
28	10	ss	20	3	13,291	0,248
28	10	ss	150	3	12,838	0,072
28	10	ss	300	3	7,645	0,476
28	10	ss	500	3	4,303	0,164
28	10	ss	700	3	1,997	0,200
28	15	hs	20	3	11,013	0,666
28	15	hs	150	3	11,659	0,484
28	15	hs	300	3	10,755	0,506
28	15	hs	500	3	6,570	0,177
28	15	hs	700	3	2,394	0,128
28	15	ss	20	3	11,013	0,666
28	15	ss	150	3	12,057	0,481
28	15	ss	300	3	9,034	0,389
28	15	ss	500	3	4,241	0,253
28	15	ss	700	3	1,804	0,024
90	0	hs	20	3	12,850	0,156
90	0	hs	150	3	10,991	0,583
90	0	hs	300	3	6,923	0,340
90	0	hs	500	3	6,429	0,513
90	0	hs	700	3	1,488	0,109
90	0	ss	20	3	12,850	0,156
90	0	ss	150	3	9,917	0,291
90	0	ss	300	3	6,841	0,664
90	0	ss	500	3	3,876	0,270
90	0	ss	700	3	1,992	0,296
90	5	hs	20	3	9,883	0,070
90	5	hs	150	3	10,530	0,770
90	5	hs	300	3	6,975	0,159
90	5	hs	500	3	4,899	0,109
90	5	hs	700	3	2,589	0,129
90	5	ss	20	3	9,883	0,070
90	5	ss	150	3	10,134	0,266
90	5	ss	300	3	4,900	0,295
90	5	ss	500	3	3,487	0,180
90	5	ss	700	3	1,903	0,031
90	10	hs	20	3	10,343	0,489
90	10	hs	150	3	9,957	0,532
90	10	hs	300	3	7,232	0,630
90	10	hs	500	3	4,984	0,095
90	10	hs	700	3	1,727	0,145

Çizelge 4.10. (Devam) 28 ve 90 günlük eğilmede-çekme dayanımı değerine ait açıklayıcı istatistikler

90	10	ss	20	3	10,343	0,489
90	10	ss	150	3	10,719	0,908
90	10	ss	300	3	5,317	0,249
90	10	ss	500	3	2,695	0,182
90	10	ss	700	3	1,858	0,122
90	15	hs	20	3	10,078	0,497
90	15	hs	150	3	11,268	0,236
90	15	hs	300	3	6,813	0,234
90	15	hs	500	3	5,699	0,018
90	15	hs	700	3	2,031	0,071
90	15	ss	20	3	10,078	0,497
90	15	ss	150	3	9,615	0,178
90	15	ss	300	3	5,858	0,397
90	15	ss	500	3	3,588	0,034
90	15	ss	700	3	1,902	0,159

Eğilmede-çekme dayanımına ait varyans çözümleme tablosu Çizelge 4.11’de verilmiştir. İkame miktarı*zaman*soğutma*sıcaklık faktörleri interaksiyonunun ise ultrases geçiş hızı değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ($\alpha < 0.05$).

Çizelge 4.11. Eğilmede-çekme dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu

	Kareler Toplamı	Serbestlik dereceleri	Kareler ort.	F- testi	α
{1}Zaman Fak.	52,22	1	52,22	140,41	0,00
{2}%, oran	10,83	3	3,61	9,71	0,00
{3}Soğuma Fak.	38,89	1	38,89	104,55	0,00
{4}Sıcaklık Fak.	3092,00	4	773,00	2078,31	0,00
Zaman Fak.*%, oran	59,33	3	19,78	53,17	0,00
Zaman Fak.*Soğuma Fak.	0,00	1	0,00	0,01	0,91
%, oran*Soğuma Fak.	0,79	3	0,26	0,71	0,54
Zaman Fak.*Sıcaklık Fak.	18,45	4	4,61	12,40	0,00
%, oran*Sıcaklık Fak.	38,27	12	3,19	8,57	0,00
Soğuma Fak.*Sıcaklık Fak.	34,88	4	8,72	23,44	0,00
Zaman Fak.*%, oran*Soğuma Fak.	0,86	3	0,29	0,77	0,51
Zaman Fak.*%, oran*Sıcaklık Fak.	28,69	12	2,39	6,43	0,00
Zaman Fak.*Soğuma Fak.*Sıcaklık Fak.	0,63	4	0,16	0,43	0,79
%, oran*Soğuma Fak.*Sıcaklık Fak.	26,36	12	2,20	5,91	0,00
1*2*3*4	8,27	12	0,69	1,85	0,04

700 °C 'de 28 ve 90. günlerde; %0, %5, %10, %15 ikame miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.

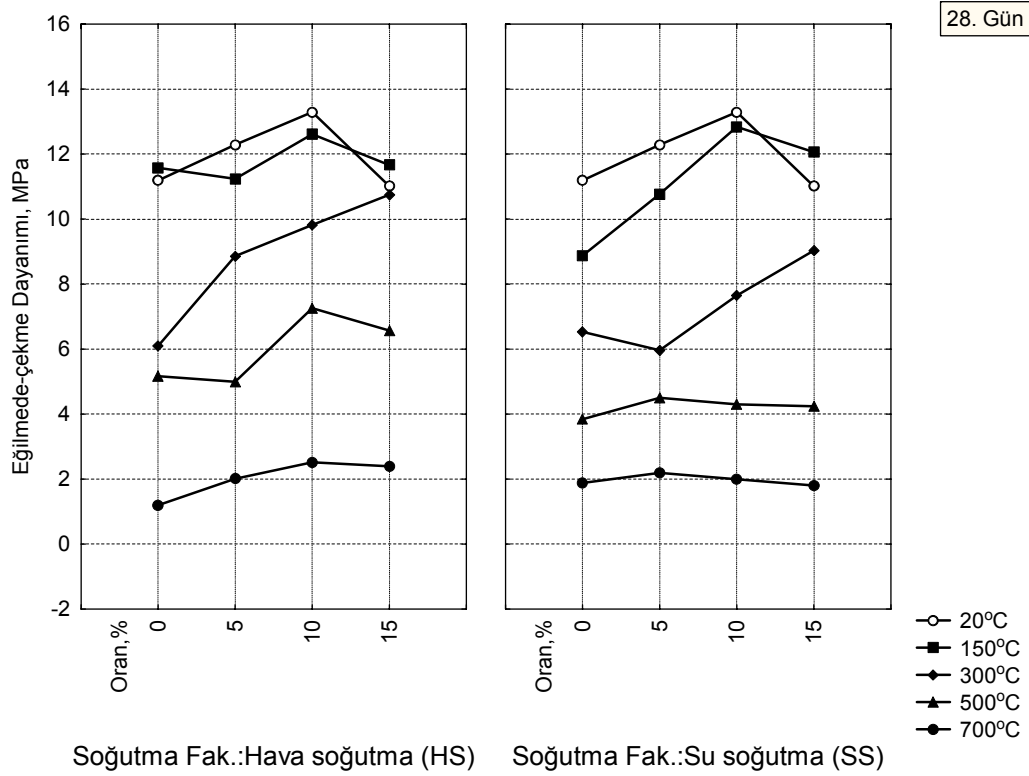
500 °C 'de 28. günde; %0-%5 ikame miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur, %10-%15 ikame miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur, %0-%5 ikame oranı ve %10-%15 ikame oranı arasında anlamlı bir fark vardır. 500 °C 'de 90. günde; %5-%10 ikame miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur, %0-%15 ikame miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur, %5-%10 ikame oranı ve %0-%15 ikame oranı arasında anlamlı bir fark vardır.

300 °C 'de 28. günde; %0-%5 ikame miktarı arasında anlamlı bir fark yoktur; fakat %10 ve %15 ikame oranlarıyla aralarında anlamlı bir fark vardır. 300 °C 'de 90. günde; %0-%5-%10-%15 ikame miktarları arasında anlamlı bir fark yoktur.

150 °C 'de 28. günde; %0-%5 ikame miktarı arasında anlamlı bir fark yoktur, %10-%15 ikame miktarı arasında anlamlı bir fark yoktur. %0-%5 ikame oranı %10 ve %15 ikame oranı arasında anlamlı bir fark vardır. 150 °C 'de 90. günde; %0-%5-%10-%15 ikame miktarı arasında anlamlı bir fark yoktur.

20 °C 'de 28. günde; %0-%15 ikame miktarı arasında anlamlı bir fark yoktur; %0-%5 ikame miktarı arasında anlamlı bir fark vardır. %10 ikame miktarı %0-%5-%10-%15 ikame miktarı arasında anlamlı bir fark vardır. 20 °C 'de 90. günde; %10-%15 ikame miktarı arasında anlamlı bir fark yoktur, %10-%15 ikame miktarı %5 ve %10 ikame oranları arasında anlamlı bir fark vardır.

Deneyden elde edilen ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerine ait 28 gündeki grafik Şekil 4.6'da gösterilmiştir.



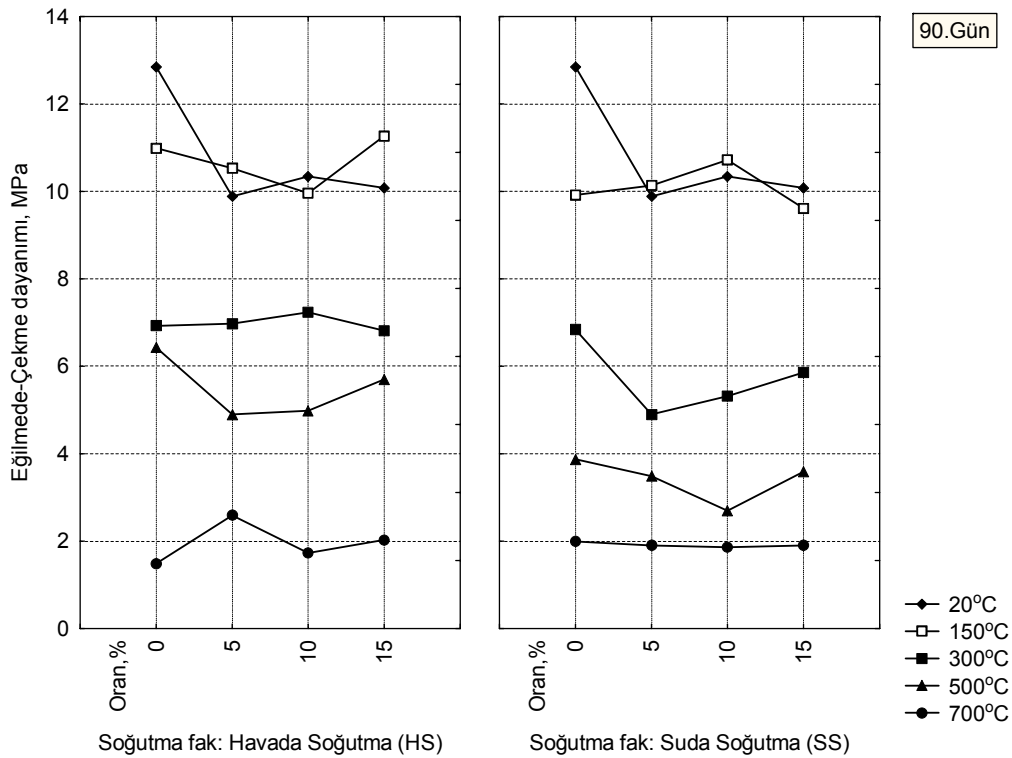
Şekil 4.6. Deneyden elde edilen 28 günlük ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerleri (MPa)

28 Günlük değerlere bakıldığında, 20 °C 'de, %0 katkısız (kontrol) numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %9,82 artış olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %10 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %18,78 artış olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %15 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %1,57 düşme olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %2,95 düşme olmuştur; fakat suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %21,37 artış olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %10 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numunelerin ortalama

eğilmede-çekme dayanımı değerinde %8,93 artış meydana gelmiştir, suda soğutulan numunelerin ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %44,70 artış olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı hızı değerinde değişme olmamıştır; suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %35,89 artış olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %45,34 artış olmuştur; fakat suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %8,62 düşme olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %61,08 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %17,11 artış olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %76,42 yükselme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %38,38 artış olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %3,30 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %17,20 artış olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %40,57 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %12,02 artış olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %27,15 artış olmuştur; suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %10,41 artış olmuştur. 700 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %67,44 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde

%16,70 artış olmuştur. 700 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %109,49 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %6,22 artış olmuştur. 700 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %99,33 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %4,04 düşme olmuştur.

Deneyden elde edilen ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerine ait 90 gündeki grafik Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Deneyden elde edilen 90 günlük ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerleri (MPa)

90 Günlük değerlere bakıldığında, 20 °C 'de, %0 katkısız (kontrol) numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda

soğutulan numunelerin ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %23,08 düşme olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %19,50 düşme olmuştur. 20°C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %21,57 düşme olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %4,19 düşme olmuştur; fakat suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %2,18 artış olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %9,40 düşme olmuştur; fakat suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımında %8,08 artış olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı hızı değerinde %2,52 artış olmuştur; fakat suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %3,04 düşme olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde değişme olmamıştır; suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %28,37 düşme olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %4,46 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %22,27 düşme olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %1,58 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %14,36 düşme olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %23,79 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme

dayanımı değerinde %10,03 düşme olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %22,47 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %30,46 düşme olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %11,35 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %7,43 düşme olmuştur. 700 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %79,99 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerlerinde %4,46 düşme olmuştur. 700 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %16,06 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %6,72 düşme olmuştur. 700 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %36,49 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama eğilmede-çekme dayanımı değerinde %4,51 düşme olmuştur.

4.8. Basınç Dayanımı Bulguları

Basınç dayanımı deneyi sonuçlarının 28 ve 90. gündeki istatistikleri Çizelge 4.13'de, verilmiştir. Zaman faktörünün iki seviyesi (28 ve 90. gün), soğutma faktörünün iki seviyesi (havada ve suda), ikame miktarının beş seviyesi (%0, %5, %10 ve %15) ve sıcaklık faktörünün de beş seviyesi (20, 150, 300, 500 ve 700 °C) üzerinde tekrarlanan ölçümlü varyans analizi gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 4.13. 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerine ait açıklayıcı istatistikler

Zaman Fak.	Katkı Fak., %	Soğutma Fak.	Sıcaklık Fak., °C	N	Ortalama, Mpa	Standart hata
28	0	hs	20	5	56,86	1,009
28	0	hs	150	5	55,31	1,272
28	0	hs	300	5	43,36	0,706
28	0	hs	500	5	37,34	1,121
28	0	hs	700	5	16,40	0,523
28	0	ss	20	5	56,86	1,009
28	0	ss	150	5	48,39	0,694
28	0	ss	300	5	47,31	0,789
28	0	ss	500	5	26,44	0,863
28	0	ss	700	5	17,30	0,843
28	5	hs	20	5	59,91	1,249
28	5	hs	150	5	54,16	1,089
28	5	hs	300	5	58,63	0,192
28	5	hs	500	5	41,44	0,919
28	5	hs	700	5	24,18	1,000
28	5	ss	20	5	59,91	1,249
28	5	ss	150	5	46,45	0,860
28	5	ss	300	5	44,20	1,174
28	5	ss	500	5	30,87	0,591
28	5	ss	700	5	20,22	0,319
28	10	hs	20	5	55,79	1,466
28	10	hs	150	5	62,49	2,859
28	10	hs	300	5	63,82	1,452
28	10	hs	500	5	56,46	0,901
28	10	hs	700	5	29,17	0,693
28	10	ss	20	5	58,94	2,036
28	10	ss	150	5	55,79	1,466
28	10	ss	300	5	51,41	1,646
28	10	ss	500	5	33,46	0,756
28	10	ss	700	5	23,83	0,266
28	15	hs	20	5	52,28	1,334
28	15	hs	150	5	61,51	1,896
28	15	hs	300	5	67,48	0,788
28	15	hs	500	5	52,36	1,041
28	15	hs	700	5	29,95	0,763
28	15	ss	20	5	59,53	0,595
28	15	ss	150	5	59,53	0,595
28	15	ss	300	5	53,77	1,170
28	15	ss	500	5	33,93	0,710
28	15	ss	700	5	20,33	0,269
90	0	hs	20	5	65,78	0,899
90	0	hs	150	5	66,12	2,060
90	0	hs	300	5	49,11	0,996
90	0	hs	500	5	48,94	0,505
90	0	hs	700	5	21,85	1,858
90	0	ss	20	5	65,78	0,899
90	0	ss	150	5	53,28	1,931
90	0	ss	300	5	51,78	0,499
90	0	ss	500	5	27,40	0,861
90	0	ss	700	5	24,99	2,861

Çizelge 4.13. (Devam) 28 ve 90 günlük basınç dayanımı değerine ait açıklayıcı istatistikler

90	5	hs	20	5	57,39	1,032
90	5	hs	150	5	61,36	2,316
90	5	hs	300	5	56,58	1,613
90	5	hs	500	5	42,89	1,109
90	5	hs	700	5	26,45	0,708
90	5	ss	20	5	57,39	1,032
90	5	ss	150	5	51,79	1,084
90	5	ss	300	5	50,16	1,963
90	5	ss	500	5	27,86	0,908
90	5	ss	700	5	17,70	0,389
90	10	hs	20	5	60,87	1,942
90	10	hs	150	5	68,41	1,464
90	10	hs	300	5	60,06	1,447
90	10	hs	500	5	46,20	0,482
90	10	hs	700	5	30,15	1,211
90	10	ss	20	5	60,87	1,942
90	10	ss	150	5	60,22	2,970
90	10	ss	300	5	47,55	1,193
90	10	ss	500	5	27,09	0,301
90	10	ss	700	5	21,13	0,344
90	15	hs	20	5	57,46	1,243
90	15	hs	150	5	61,35	3,021
90	15	hs	300	5	50,20	0,910
90	15	hs	500	5	46,43	0,783
90	15	hs	700	5	26,18	0,458
90	15	ss	20	5	57,46	1,243
90	15	ss	150	5	57,37	2,275
90	15	ss	300	5	48,07	1,390
90	15	ss	500	5	32,16	0,912
90	15	ss	700	5	19,60	0,677

Basınç dayanımına ait varyans çözümleme tablosu Çizelge 4.14'de verilmiştir. İkame miktarı*zaman*soğutma*sıcaklık faktörleri interaksyonunun ise basınç dayanımı değerleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür ($\alpha < 0.05$).

Çizelge 4.14. Basınç dayanımı verilerine ait varyans çözümleme tablosu

	Kareler Toplamı	Serbes. derece.	Kareler ort.	F- testi	α
{1}Zaman Fak.	81,1	1	81,1	9,38	0,00
{2}%, oran	1515,4	3	505,1	58,49	0,00
{3}Soğuma Fak.	4712,1	1	4712,1	545,62	0,00
{4}Sıcaklık Fak.	74839,8	4	18709,9	2166,44	0,00
Zaman Fak.*%, oran	1462,0	3	487,3	56,43	0,00

28 Günlük %0 ikameli havada soğutulan ve 90 günlük %0 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark vardır. 28 Günlük %0 ikameli suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı ve 90 günlük %0 ikameli suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark vardır. 28 günlük %0 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında ve 90 günlük %0 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark vardır ve birbirinden farklıdır.

%5 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı ve 90 günlük %5 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark yoktur. 28 Günlük %5 ikameli suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı ve 90 günlük %5 ikameli suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark yoktur; fakat 28 ve 90 günlük %5 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark vardır ve birbirinden farklıdır.

%10 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı ve 90 günlük %10 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark yoktur. 28 Günlük %10 ikameli suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı ve 90 günlük %10 ikameli suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark yoktur; fakat 28 ve 90 günlük %10 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı ile arasında anlamlı bir fark vardır.

%15 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı ve 90 günlük %15 ikameli havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark vardır. 28 Günlük %15 ikameli suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı ve 90 günlük %15 ikameli suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark vardır. 28 günlük %15 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında ve 90 günlük %15 ikameli havada ve

suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı arasında anlamlı bir fark vardır ve birbirinden farklıdır.

Duncan testine göre zaman faktörü*soğutma*sıcaklık faktöründeki ilişki Çizelge 4.16'da gösterilmiştir.

Çizelge 4.16. Zaman faktörü *soğutma faktörü*sıcaklık faktöründeki duncan test sonuçları

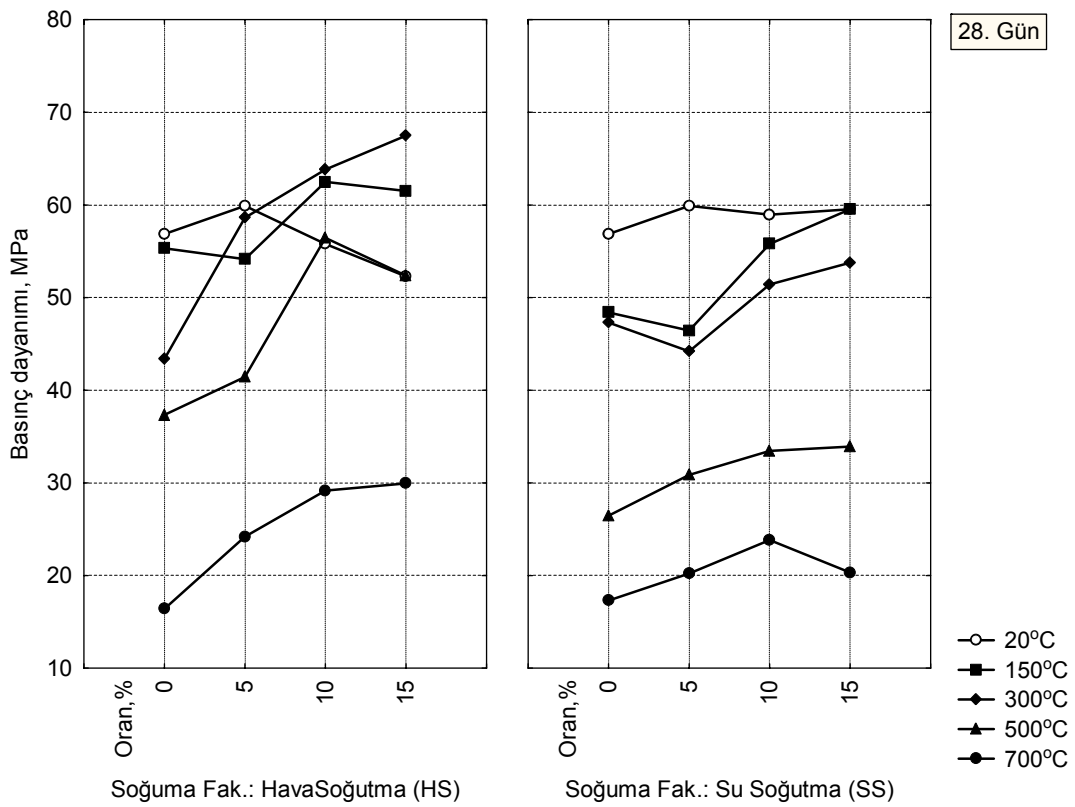
Zaman Fak.	Soğ. Fak.	Sıc. Fak.	Farklı olan gruplar, Mpa											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
28	ss	700	S*											
90	ss	700	S*											
28	hs	700		S*										
90	hs	700		S*										
90	ss	500			S*									
28	ss	500				S*								
90	hs	500					S*							
28	hs	500					S*							
28	ss	300						S*						
90	ss	300						S*						
28	ss	150							S*					
90	hs	300							S*	S*				
90	ss	150								S*	S*			
28	hs	20									S*			
28	hs	300										S*		
28	hs	150										S*		
28	ss	20										S*	S*	
90	ss	20											S*	
90	hs	20											S*	
90	hs	150												S*

28 ve 90 günlük 700 °C 'de havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 28 ve 90 günlük 500 °C 'de havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur, suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 28 ve 90 günlük 300 °C 'de havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır, suda soğutulan

700 °C 'de %0 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 700 °C 'de %5 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 700 °C 'de %10 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 700 °C 'de %15 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 500 °C 'de %0 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 500 °C 'de %5 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 500 °C 'de %10 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 500 °C 'de %15 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 300 °C 'de %0 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 300 °C 'de %5 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 300 °C 'de %10 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 300 °C 'de %15 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 150 °C 'de %0 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 150 °C 'de %5 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 150 °C 'de %10 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır. 150 °C 'de %15 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 20 °C 'de %0 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 20 °C 'de %5 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 20 °C 'de %10 ikameli

havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur. 20 °C 'de %15 ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerleri arasında anlamlı bir fark vardır.

Deneyden elde edilen ortalama basınç dayanımı değerlerine ait 28 gündeki grafik Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



Şekil 4.8. Deneyden elde edilen 28 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri (Mpa)

28 Günlük değerlere bakıldığında, 20 °C 'de, %0 katkısız (kontrol) numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerinde %5,36 artış olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %10 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %1,88 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç

dayanımı değeriinde %3,65 artış olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değeriinde %8,05 düşme olmuştur, suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değeriinde %4,69 artış olmuştur.

150 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %2,07 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı %4 düşme olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %12,98 artış olmuştur; suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %15,29 artış olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %11,20 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %23,02 artış olmuştur.

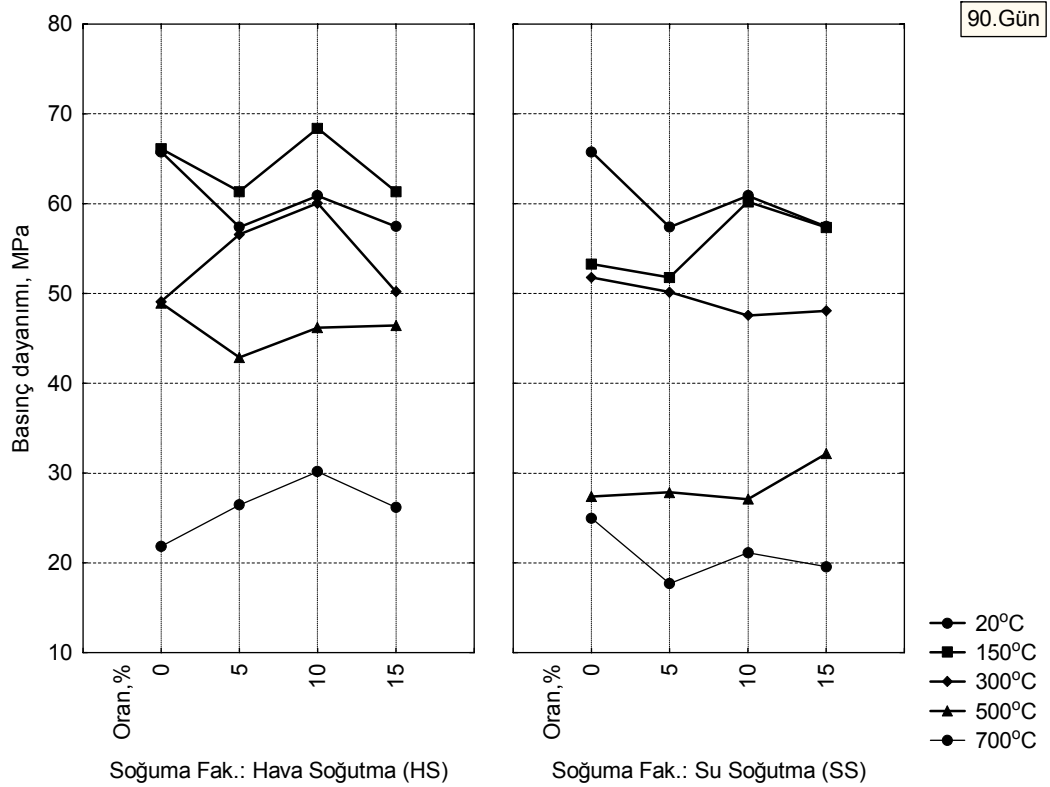
300 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %35,21 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %6,57 düşme olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %47,18 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %8,66 artış olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %55,62 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %13,65 artış olmuştur.

500 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değeriinde %10,98 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç

dayanımı değerinde %16,75 artış olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %51,20 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %26,55 artış olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %40,22 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %28,32 artış olmuştur.

700 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerlerinde %47,43 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %16,87 artış meydana gelmiştir. 700 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %77,86 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %37,74 artış meydana gelmiştir. 700 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerlerinde %82,62 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %17,51 artış meydana gelmiştir.

Deneyden elde edilen ortalama basınç dayanımı değerlerine ait 90 gündeki grafik Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Deneyden elde edilen 90 günlük ortalama basınç dayanımı değerleri (Mpa)

90 Günlük değerlere bakıldığında, 20 °C 'de, %0 katkısız (kontrol) numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin değerleri ortalama basınç dayanımı değerlerinde %12,75 düşme olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %10 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerlerinde %7,46 düşme olmuştur. 20 °C 'de kontrol numune ve %15 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında havada ve suda soğutulan numunelerin ortalama basınç dayanımı değerlerinde %12,64 düşme olmuştur.

150 °C 'de kontrol numune ve %5 diatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %7,19 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %2,79 düşme olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve

%10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %3,46 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımında %13,02 artış olmuştur. 150 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %7,21 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %7,67 artış olmuştur.

300 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %15,21 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %3,12 düşme olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %22,29 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %8,16 düşme olmuştur. 300 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %2,21 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %7,16 düşme olmuştur.

500 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %12,36 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %1,67 artış olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %5,59 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %1,13 düşme olmuştur. 500 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %5,12 düşme olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %17,37 artış olmuştur.

700 °C 'de kontrol numune ve %5 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %21,05 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %29,17 düşme olmuştur. 700 °C 'de kontrol numune ve %10 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %37,98 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %15,44 düşme olmuştur. 700 °C 'de kontrol numune ve %15 diyatomit ikameli numune karşılaştırıldığında, havada soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %19,81 artış olmuştur, suda soğutulan numune ortalama basınç dayanımı değerinde %21,56 düşme olmuştur.

5. SONUÇLAR

CEM I (PÇ 42,5 R) çimentoya, çimento yerine %0, %5, %10, % 15 oranlarında diyatomit katılarak, diyatomit ikameli harçlar hazırlanmıştır. Zaman faktörünün iki seviyesi olan 28 ve 90 gün boyunca kür edilen numuneler sıcaklık faktörünün beş farklı seviyesi (20, 150, 300, 500 ve 700 °C) etkisinde kalmıştır. Fırından çıkartılan numuneler havada soğutma ve suda soğutma yöntemiyle soğutulmuştur. Numuneler fırın dışına çıkartıldıktan sonra 3 numune su dolu havuzda, şoklama yöntemiyle ani olarak soğutulmuş, 3 numune havada soğutulmak üzere bekletilmiştir. Soğutma süreleri sıcaklık derecesine bağlı olarak 5 ile 30 dakika arasında değişmektedir. Diyatomit ikameli çimentolara kıvam suyu deneyi, priz başlangıcı ve priz sonu deneyi ve genleşme miktarı deneyi yapılmıştır. Diyatomit ikameli harçlara ise ultrases geçiş hızı, eğilmede-çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır.

Karışımların kıvam suyu miktarlarına bakıldığında, karışımlardaki diyatomit miktarları arttıkça, kıvam suyu miktarı artışı görülmektedir. Bunun sebebi diyatomitin gözenekli ve boşluklu bir malzeme olması, %120 oranında su emmesi, diyatomit miktarı artışıyla su miktarının artmasıdır. %5 diyatomit ikameli çimentoda %10, %10 diyatomit ikameli çimentoda %26.6, %15 diyatomit ikameli çimentoda %40 oranında su miktarı artmaktadır.

Priz süresini etkileyen en önemli etken ise CaO ve SiO₂ miktarlarıdır. Diyatomit ikameli çimentolarda CaO miktarının düşük, SiO₂ miktarının yüksek olması priz sürelerinin uzamasına neden olmaktadır.

Genleşme tayini CEM I çimentoda 1,2 mm çıkarken %5 ikameli çimentoda genleşme miktarı düşmüştür ve 1 mm olarak bulunmuştur; fakat ikame oranı arttırıldığında, %10 ikameli çimentoda 1,2 mm, %15 ikameli çimentoda ise 1,8 mm genleşme olduğu tespit edilmiştir. Çimentoların hacim genleşmesi

sınır değerleri TS EN 197-1'e göre ≤ 10 mm olmasından dolayı bütün ikame değeri TS EN 197-1'e göre uygun sonuçlar vermiştir.

28 Günlük diyatomit ikameli harç numunelerin ultrases geçiş hızı değerlendirildiğinde;

- Ultrases geçiş hızı değerlerindeki artışın, sıcaklık değerleri artışıyla ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.
- Ultrases geçiş hızı ortalama değerleri değerlendirildiğinde zaman faktörü, ikame faktörü, soğutma ve sıcaklık faktörleri arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.
- 20 °C 'de %2,6 artış gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 3,945 km/s olarak, %10 diyatomit ikameli numunelerde meydana gelmiştir.
- 150 °C 'de %4,2 artış gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 3,8255 km/s olarak, %15 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 300 °C 'de %6,03 artış gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 3,263 km/s olarak, %15 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 500 °C 'de %4,01 artış gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 2,5106 km/s olarak, %10 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 700 °C 'de %33,1 artış gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 2,2317 km/s olarak, %10 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- Harç numunelerin 28 günlük ultrases geçiş hızı değerlerine bakıldığında, Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C 'de, 500 °C 'de, 700 °C 'de %10 diyatomit ikamesinin ultrases geçiş hızı değerini %13,23 arttırdığı, 150 °C 'de ve 300 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin, ultrases geçiş hızı değerini %5,11 arttırdığı tespit edilmiştir.

- Soğutma yöntemlerine göre bakıldığında, suda soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerin ultrases geçiş hızı artış yüzdelerinin, havada soğutulan numunelere oranla daha iyi olduğu saptanmıştır.
- 150 °C 'de ve 700 °C 'de en yüksek ultrases geçiş hızı değeri, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir; 300 °C 'de, 500 °C 'de en yüksek ultrases geçiş hızı değeri, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.

90 Günlük diyatomit ikameli harç numunelerin ultrases geçiş hızı değerlendirildiğinde;

- Ultrases geçiş hızı değerlerindeki artışın, sıcaklık değerleri artışıyla ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.
- Ultrases geçiş hızı ortalama değerleri değerlendirildiğinde zaman faktörü, ikame faktörü, soğutma ve sıcaklık faktörleri arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.
- 20 °C 'de %4,34 artış gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 3,9932 km/s olarak, %5 diyatomit ikameli numunede meydana gelmiştir.
- 150 °C 'de %0,90 artış gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 3,7461 km/s olarak, %15 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 300 °C 'de değişme olmamıştır, ultrases geçiş hızı değeri 2,8868 km/s olarak, %10 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 500 °C 'de %4,96 düşme gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 2,6334 km/s olarak, %15 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 700 °C 'de %37,32 artış gösteren, ultrases geçiş hızı değeri 2,3416 km/s olarak, %5 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.

- Harç numunelerinin 90 günlük ultrases geçiş hızı değerlerine bakıldığında, Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C 'de ve 700 °C 'de %5 diyatomit ikamesinin ultrases geçiş hızı değerini %20,82 arttırdığı, 300 °C 'de, %10 diyatomit ikamesinin ultrases geçiş hızı değerini değiştirmedeği, 150 °C 'de ve 500 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin ultrases geçiş hızı değerini %2,48 düşürdüğü, tespit edilmiştir.
- Soğutma yöntemlerine göre bakıldığında, 150 °C 'de, 300 °C 'de, 500 °C 'de, 700 °C 'de suda soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerin ultrases geçiş hızı, artış yüzdelerinin havada soğutulan numunelere oranla daha iyi olduğu saptanmıştır.

28 Günlük diyatomit ikameli harç numunelerin eğilmede-çekme dayanımı değerlendirildiğinde;

- Sıcaklık artışıyla eğilmede-çekme dayanımının artışının ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.
- Eğilmede-çekme dayanımı değerleri değerlendirildiğinde, zaman faktörü, ikame faktörü, soğutma ve sıcaklık faktörleri arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.
- Sıcaklık artıka, eğilmede-çekme dayanımı artış yüzdesi genel olarak doğru orantılı artmaktadır. Böylelikle diyatomitin etkisinin yüksek sıcaklıklarda daha fazla olduğu görülmektedir.
- 20 °C 'de %18,78 artış gösteren, eğilmede-çekme dayanımı değeri 13,291 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli numunelerde meydana gelmiştir.
- 150 °C 'de %44,70 artış gösteren, eğilmede-çekme dayanımı değeri 12,838 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 300 °C 'de %76,42 artış gösteren, eğilmede-çekme dayanımı değeri 10,755 Mpa olarak, %15 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.

- 500 °C 'de %40,57 artış gösteren, eğilmede-çekme dayanımı değeri 7,261 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 700 °C 'de %109,49 artış gösteren, eğilmede-çekme dayanımı değeri 2,516 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- Harç numunelerinin 28 günlük eğilmede-çekme dayanımı değerlerine bakıldığında Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C 'de, 150 °C 'de, 500 °C 'de, 700 °C 'de %10 diyatomit ikamesinin eğilmede-çekme dayanımını %53,38 arttırdığı, 300 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin eğilmede-çekme dayanımı değerlerini %76,42 arttırdığı tespit edilmiştir.
- Soğutma yöntemlerine göre bakıldığında, havada soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerinin eğilmede-çekme dayanımı artış yüzdelerinin, suda soğutulan harç numunelere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır.
- 150 °C 'de en yüksek eğilmede-çekme dayanımı, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir; 300 °C 'de, 500 °C 'de ve 700 °C 'de en yüksek eğilme dayanımı, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.

90 Günlük diyatomit ikameli harç numunelerin eğilmede-çekme dayanımı değerlendirildiğinde;

- Sıcaklık artışıyla eğilmede-çekme dayanımının artışının ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.
- Eğilmede-çekme dayanımı değerleri değerlendirildiğinde, zaman faktörü, ikame faktörü, soğutma ve sıcaklık faktörleri arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.
- Sıcaklık artıktıkça, eğilmede-çekme dayanımı artış yüzdesi genel olarak doğru orantılı artmaktadır. Böylelikle diyatomitin etkisinin yüksek sıcaklıklarda daha fazla olduğu görülmektedir.

- 20 °C 'de %19,50 düşme, eğilmede-çekme dayanımı değeri 10,343 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli numunelerde meydana gelmiştir.
- 150 °C 'de %8,08 artış gösteren eğilme dayanımı değeri 10,719 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 300 °C 'de %4,46 artış gösteren, eğilmede-çekme dayanımı değeri 7,232 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 500 °C 'de %7,43 düşme gösteren, eğilmede çekme dayanımı değeri 3,588 Mpa olarak, %15 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 700 °C 'de %79,99 artış gösteren, eğilmede çekme dayanımı değeri 2,589 Mpa olarak, %5 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- Harç numunelerinin 90 günlük eğilmede-çekme dayanımı değerlerine bakıldığında Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C, 150 °C ve 300 °C 'de %10 diyatomit ikamesinin, eğilmede-çekme dayanımını %2,32 düşürdüğü, 500 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin eğilmede-çekme dayanımını %7,43 düşürdüğü, 700 °C 'de %5 diyatomit ikamesinin eğilmede-çekme dayanımı değerlerini %79,99 arttırdığı tespit edilmiştir.
- Soğutma yöntemlerine göre bakıldığında, havada soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerinin eğilmede-çekme dayanımı artış yüzdelerinin, suda soğutulan harç numunelere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır.
- 150 °C 'de ve 500 °C 'de en yüksek eğilmede-çekme dayanımı, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir; 300 °C 'de ve 700 °C 'de en yüksek eğilmede-çekme dayanımı, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.

28 Günlük diyatomit ikameli harç numunelerin basınç dayanımı değerlendirildiğinde;

- Harç numunelerinin 28 günlük basınç dayanımı değerlerine bakıldığında sıcaklık artışıyla basınç dayanımı artışının ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.
- Basınç dayanımı değerleri değerlendirildiğinde, zaman faktörü, ikame faktörü, soğutma ve sıcaklık faktörleri arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.
- Sıcaklık artışıyla, basınç dayanımı artış yüzdeleri kontrol numuneyle karşılaştırıldığında doğru orantılı artmaktadır. Diyatomitin etkisi sıcaklık artıkça daha fazla artmakta ve basınç dayanımını arttırmaktadır.
- 20 °C 'de %5,36 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 59,91 Mpa olarak, %5 diyatomit ikameli numunede meydana gelmiştir.
- 150 °C 'de %23,02 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 59,53 Mpa olarak, %15 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 300 °C 'de %55,62 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 67,48 Mpa olarak, %15 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 500 °C 'de %51,20 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 56,46 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 700 °C 'de %82,62 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 29,95 Mpa olarak, %15 diyatomit ikameli, numunelerde havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- Harç numunelerin 28 günlük basınç dayanımı değerlerine bakıldığında, Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C 'de %5 diyatomit ikamesinin basınç dayanımını %5,36 arttırdığı, 150 °C 'de, 300 °C 'de ve 700 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin basınç dayanımını %53,75 arttırdığı, 500 °C 'de %10 diyatomit ikamesinin basınç dayanımını %51,20 arttırdığı tespit edilmiştir.
- Soğutma yöntemlerine göre bakıldığında, havada soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerinin artış yüzdelerinin, suda soğutulan harç numunelere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır.

- 150 °C 'de en yüksek basınç dayanımı, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir; fakat 300 °C 'de, 500 °C 'de ve 700 °C 'de en yüksek basınç dayanımı, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.

90 Günlük diyatomit ikameli harç numunelerin basınç dayanımı değerlendirildiğinde;

- Sıcaklık artışıyla basınç dayanımı artışının ters orantılı olduğu tespit edilmiştir.
- Basınç dayanımı değerleri değerlendirildiğinde, zaman faktörü, ikame faktörü, soğutma ve sıcaklık faktörleri arasında anlamlı bir fark olduğu tespit edilmiştir.
- Sıcaklık artışıyla, basınç dayanımı artış yüzdeleri kontrol numuneyle karşılaştırıldığında genel olarak doğru orantılı artmaktadır. Diyatomitin etkisi sıcaklık artıka daha fazla artmakta ve basınç dayanımını arttırmaktadır.
- 20 °C 'de %7,46 düşme gösteren, basınç dayanımı değeri 60,87 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli numunelerde meydana gelmiştir.
- 150 °C 'de %13,02 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 60,22 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 300 °C 'de %22,29 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 60,06 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 500 °C 'de %17,37 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 32,16 Mpa olarak, %15 diyatomit ikameli, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.
- 700 °C 'de %37,98 artış gösteren, basınç dayanımı değeri 30,15 Mpa olarak, %10 diyatomit ikameli, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.

- Harç numunelerin 90 günlük basınç dayanımı değerlerine bakıldığında, Cem I (PÇ 42,5 R) çimentoya, 20 °C 'de, 150 °C 'de, 300 °C 'de, 700 °C 'de %10 diyatomit ikamesinin %20,18 oranında basınç dayanımını arttırdığı, 500 °C 'de %15 diyatomit ikamesinin basınç dayanımını %17,37 arttırdığı tespit edilmiştir. EK-5'de %10 diyatomit ikameli, havada ve suda soğutulan numunelerin karot örnekleri verilmiştir.
- Soğutma yöntemlerine göre bakıldığında, havada soğutma yöntemiyle soğutulan harç numunelerinin basınç dayanımı artış yüzdelerinin, suda soğutulan harç numunelere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır.
- 150 °C 'de ve 500 °C 'de en yüksek basınç dayanımı, suda soğutulan numunelerde meydana gelmiştir, 300 °C 'de ve 700 °C 'de en yüksek basınç dayanımı, havada soğutulan numunelerde meydana gelmiştir.

150 °C 'de numune ultrases geçiş hızı, eğilmede-çekme ve basınç dayanımlarında yüksek sıcaklığın etkisiyle düşme gözlemlenmiştir ancak kontrol numuneye göre diyatomit ikameli numuneler daha yüksek değerler vermiştir. 300 °C 'den sonra renk değişimlerinin olduğu ve harç numunelerinin renginin pembeleştiği, 700 °C 'de ise grileşmenin olduğu gözlemlenmiştir. 500 °C 'de porozitenin ve mikro çatlakların arttığı gözlemlenmiştir. Isınma sırasında harçta ağırlık kaybı olması nedeniyle porozite artmaktadır. 700 °C 'de kimyasal bağ suyu buharlaşarak, çimentonun yapısı bozulmaktadır. Bunun sonucu olarak ultrases geçiş hızı, eğilmede-çekme dayanımı ve basınç dayanımında deney esnasında ani düşmeler gözlemlenmiştir. Deney esnasında harç numunelerinde 300 °C 'de çatlamlar ve gerilmeler, 500 °C 'de dökülmeler, 700 °C 'de ise kopmalar ve patlamalar meydana geldiği tespit edilmiştir. EK-6'da 700 °C 'de % 5 diyatomit ikameli havada soğutulan numune karot örneği gösterilmiştir.

Yapılan tüm deneylerde diyatomitin yüksek sıcaklığa karşı olan dayanımı kontrol numunelerden daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda, en iyi sonuç %10 diyatomit ikamesinde gözlemlenmiştir. %10

diyatomit ikamesinin CEM I (PÇ 42,5 R) çimentonun yüksek sıcaklığa karşı olan dayanımını %20,18 arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Genel olarak suyla soğutmayla havada soğutma yöntemi karşılaştırıldığında, suyla soğutulan beton numunelerin dayanımlarında havada soğutulan numunelerin dayanımlarına göre çok ciddi dayanım azalmaları gözlemlenmektedir. Deneyde bulunan sonuçlarda bu duruma paraleldir. Havada soğutma yönteminin suda soğutma yönteminden daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

KAYNAKLAR

ASTM C 330, "Lightweight Aggregates for Structural Concrete", **Annual Book of ASTM Standards**, USA, (1989).

ASTM C 331, "Lightweight Aggregates for Concrete Masonry Unites", **Annual Book of ASTM Standards**, USA, (1989).

ASTM C 332, "Lightweight Aggregates for Insulating Concrete", **Annual Book of ASTM Standards**, USA, (1987).

ASTM C 618, "Fly ash and raw or calcined natural pozzolan for Use as a mineral admixture In portland cement concrete", **Annual Book of ASTM Standards**, USA, (1991).

Akman M.S., "Betona gömülü çeliğin korozyonu, riskin saptanması, önlemler ve onarım", **Sika Teknik Bülten**, 3 (4): 3-10 (2000).

Aköz F., Yüzer N., Koral S., "Portland çimentolu ve silis dumanı katkılı harçların fiziksel ve mekanik özelliklerine yüksek sıcaklığın etkileri", **IMO Teknik Dergi**, 1 (1995).

Alonso C., Andrade C., Khoury G.A., "Porosityµcracking international centre for mechanical sciences", **Course on Effect of Heat on Concrete**, Udine/Italy, (2003).

Andrade C., Alonso C., Khoury G.A., "Relating microstructure to properties", international centre for mechanical sciences", **Course on Effect of Heat on Concrete**, Udine/Italy, (2003).

Aruntaş H.Y., Albayrak M., Saka H.A., Tokyay M., "Ankara-Kızılcahamam ve Çankırı-Çerkeş yöresi diatomitlerinin özelliklerinin araştırılması", **Turkey Journal of Engineering and Environmental Science**, 22 : 337-343 (1998).

Aydın S., Bardan B., "Effect of pumice and fly ash incorporation on high temperature resistance of cement based mortars", **Cement and Concrete Research**, (2006).

Baradan B., Yazıcı H., Ün H., "Betonarme yapılarda kalıcılık (durabilite)", **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Yayınları**, İzmir, 298 (2002).

Bentli İ., "Diatomitin endüstride kullanımı ve çevresel önemi", **3.Madencilik ve Çevre Sempozyumu**, Ankara, 191-199 (2009).

Bentli İ., “Kütahya-Alayunt diyatomit cevherindeki safsızlıkların hidrosiklon ve kalsinasyonla giderilmesi”, **Madencilik**, 49:(3) 13-21, (2010).

Bideci A., Sallı B.Ö., Sever Ü., “Farklı hammaddelerin tuğla üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması”, **Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu-IATS’009**, Karabük, Türkiye, (2009).

Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, **Resmi Gazete**, 26735, Ankara, (2009).

Borat M., “Türkiye Diyatomitlerinin Özellikleri ve Filtrasyon Karakteristikleri”, **İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi**, (1992).

British Geological Survey, **World Mineral Production 2005-2009**, 33 (2011).

Bruvel F., “Diatomite”, Department of miner and energy, **Mineral Information Leaflet**, 30: 3235-3239 (1999).

Cioni P., Croce P., Salvatore W., “Assessing fire damage to R.C. elements”, **Fire Safety Journal**, 36: 181-199 (2001).

Cülfik M.S., Özturan T., “Effect of elevated temperatures on the residual mechanical properties of high performance mortar”, **Cement and Concrete Research**, 32: 809-816 (2001).

Cülfik M.S., “Deterioration of bond between cement paste and aggregate at high temperatures”, PhD. Thesis, **Boğaziçi University**, 175 (2001).

Çelik E., Uygun A., “Endüstriyel hammaddeler diyatomit”, **T.J.K.**, 3(2): 46-53 (1979).

Değirmenci N., Yılmaz A., “Use of diatomite as partial replacement for portland cement in cement mortars”, **Science Direct Construction and Building Materials**, 23: 284-288 (2009).

Demir A., “Kiremit kırığı agregalı betonlarda yüksek sıcaklık etkisinin incelenmesi”, Doktora Tezi, **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, (2008).

Demirel B., Keleştemur O., “Yüksek sıcaklığa maruz pomza ve silis dumanı katkılı betonların mekanik ve fiziksel özelliklerine kür yaşının etkisi”, **Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi**, 7 (1): 1-13 (2011).

Dias W.P.S., Khoury G.A., Sullivan P.J.E., “Mechanical properties of hardened cement paste exposed to temperature up to 700°C”, **ACI Materials Journal**, 87 (2):160-166 (1990).

DPT., “Genel endüstri mineralleri IV (bentonit-barit-diatomit-aşındırıcılar”, **Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu**, Ankara, 2621: 632 (2001).

Erdoğan T.Y., “Beton”, **ODTÜ Geliştirme Vakfı ve Yayıncılık A.Ş.**, Ankara, 741 (2003).

Fındık S.B., “Yüksek sıcaklık etkisinde kalan mineral katkılı ve genleştirilmiş perlit agregalı harçların bazı özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, **Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Erzurum, 10 (2007).

Fragoulisa D., Stamatakis M.G., Chaniotakis E., Columbus G., “Characterization of lightweight aggregates produced with clayey diatomite rocks originating from Greece”, **Science Direct Cement and Concrete Research Materials Characterization**, 53: 307-316 (2004).

Gani M.S.J., “Cement and concrete”, **Faculty of Engineering Monash University Clayton**, Australia, 83-90 (1997).

Gewain R.G., Iwankiw N.R., Alfawakhiri F., “Facts for steel buildings fire”, **AISC**, Chicago, (2003).

Gökçe M.V., “Diyatomit esaslı hafif yapı elemanı üretiminde üre-formaldehitin bağlayıcı olarak kullanılması”, Doktora Tezi, **Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Konya, 17, 20-21-22 (2010).

Husem M., “The effects of high temperature on compressive and flexural strengths of ordinary and high performance concrete”, **Fire Safety Journal**, 41: 155-163 (2005).

Kadey L.F., “Diatomite”, **Industrial Rocks and Minerals**, Newyork, (1975).

Karaduman N., “Farklı tip çimentoların yüksek sıcaklıklara direnci”, Yüksek Lisans Tezi, **Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İzmir, 4, 13-14, 43-44 (2008).

Kastis, D., Kakali G., Stamatakis M.G., “Properties of hydration of blended cements with calcareous diatomite”, **Science Direct Cement and Concrete Research**, 10: 1821-1826 (2006).

Khan M.I., “Factors effecting the thermal properties of concrete and applicability of its prediction models”, **Building and Environment**, 37: 607-14 (2002).

Khoury G.A., “Compressive strength of concrete at high temperatures”, **Magazine of Concrete Research**, 44 (161): 291-309 (1992).

Kogel J.E., Trivedi N.C., Marker J.M., Krukowski S.T., "Industrial minerals and rocks", *Commodities Markets And Uses*, **Society for Mining, Metallurgy, and Exploration**, US, ASIN: B001XRL5PI, (2006).

Lin W.M., Lin T.D., Powers-Couche L.J., "Microstructures of fire-damaged concrete", **ACI Materials Journal**, 93 (3): 199-205 (1996).

Litvan G.G, Serada P.J., "Particulate admixture for enhanced freeze thaw resistance of concrete", **Cement and Concrete Research**, 8: 53-60 (1978).

Mahsanlar N., "Yüksek sıcaklık etkisinde beton davranışı", **Yüksek Lisans Tezi**, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 19 (2006).

Morsy M.S., Galal A.F., Abo-El-enein S.A., "Effect of temperature on phase composition and microstructure of artificial pozzolona-cement pastes containing burnt kaolinite clay", **Cement and Concrete Research**, 28 (8): 1157-1163 (1998).

Neville A.M., "Properties of concrete", **Longman Scientific and Technical**, New York/USA, (2000).

Othmer K., "Encyclopedia of chemical technology", **John Wiley & Sons Inc.**, (2010).

Özbey G., Atamer N., "Kizengur (Diyatomit) hakkında bazı bilgiler", **10. Türkiye Madencilik Bilimsel Teknik Kongresi**, Ankara, 493-502 (1987).

Özbey S., "Farklı çimento tipleriyle üretilen betonların yüksek sıcaklık ve değişik soğutma koşulları altındaki fiziksel mekanik özellikleri", Yüksek Lisans Tezi, **Eskişehir Osman Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Eskişehir, 2,11-12, 26 (2009).

Özden K., "Betonarme I. betonarmenin malzemesi ve kesit hesapları", **İ.T.Ü.**, İstanbul, 110: 14-22 (1978).

Özturan T., "Yüksek mukavemetli beton üretiminde mineral katkı maddelerinin etkinliği", **2. Ulusal Beton Kongresi**, İstanbul, 280-282 (1991).

Özturan T., "Uluslararası IV. CANMET-ACI betonda uçucu kül, silis dumanı, cüruf ve doğal puzolanların kullanımı konferansının değerlendirilmesi", **Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu**, Ankara, (1993).

Peng G.F., Chan S.Y.N, Song Q.M., Yi Q.X., "Effect of high temperature on concrete", **Engineering Materials**, 302-303, 138-149 (2006).

Ramachandran V.S., "Concreate admixtures handbook", **Noyes Publication**, New Jersey, (1984).

Riley M.A., "Possible new method for the assessment of fire damaged concrete", **Magazine of Concrete Research**, 43: 87-92 (1991).

Tonak T., Atay Y., Ertürk F., "Diyatomit atıklarının çimento endüstrisinde kullanılabilirliği ve sağladığı tasarruflar", **T.Ç.M.B. Bülteni**, 28: 1-10 (1991).

Topçu İ.B., "Yapı malzemeleri ve Beton", **Eskişehir Osmangazi Üniversitesi**, Eskişehir, (2006).

Topçu İ.B., Demir A., "Yüksek sıcaklık uygulama süresinin harç özelliklerine etkisi", **7. Ulusal Beton Kongresi**, (2007).

Topçu İ.B., Uygunoğlu T., "Properties of autoclaved lightweight concrete", **Science Direct Building and Environment**, 10: 1016 (2006).

Topluoğlu S., "Diyatomit hakkında genel bilgiler", **M.T.A. Dergisi**, 1185, Ankara, (1982).

TS 9773, "Diyatomit – ısı yalıtımında kullanılan", **TSE**, Ankara, (1992).

TS 11439 "Diyatomit-aşındırıcı olarak kullanılan", **TSE**, Ankara, (1994).

TS EN ISO 3262-22 "Boyalar için dolgu maddeleri-özellikler ve deney yöntemleri-bölüm 22:eritilmiş kalsine diyatomit (kizelgur)", **TSE**, Ankara, (2003).

TS 11930 "Diyatomit-dolgu maddesi olarak kullanılan", **TSE**, Ankara, (1996).

TS EN 197-1, "Çimento bölüm 1:genel çimentolar-bileşim, özellik ve uygunluk kriterleri", **TSE**, Ankara, 3 (2002).

TS 1114 EN 13055-1 "Hafif agregalar-bölüm 1: beton, harç ve şerbette kullanım için", **TSE**, Ankara, (2004).

TS EN 12913 "Toz diyatome toprağı - içme ve kullanma sularının arıtımında kullanılan", **TSE**, Ankara, (2006).

U.S. Geological Survey, **Mineral Commodity Summaries**, Virginia, 52 (2011).

Uygunoğlu T., Ünal O., "Yapılarda diyatomitle üretilen hafif blok elemanların kullanılması", **Antalya Yöresinin İnşaat Mühendisliği Sorunları Kongresi**, 332-340 (2005).

Ünal O., Demir İ., Uygunoğlu T., “Pomza ve diyatomitin hafif blok eleman üretiminde kullanımının araştırılması”, **III. Ulusal Kırmataş Sempozyumu**, İstanbul, (2003).

Ünal O., Uygunoğlu T., Yıldız A., “Investigation of properties of low-strength lightweight concrete for thermal insulation”, **Science Direct Building and Environment**, 42: 584-590 (2005).

Yalçın H., Gürü M., “Çimento ve beton” ,**Palme yayıncılık**, Ankara, (2000).

Yıldız A., “Seydiler Afyon diyatomit cevherinin jeolojisi ve izolasyon tuğlası olarak kullanılabilirliğinin araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, **Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Afyon, (1997).

Yüzer N., Aköz F., Öztürk L.D., Kızıllanat A.B., “Yüksek sıcaklık etkisinde kalan çimento harcında hasar oranının renk ölçümü ile araştırılması”, **TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 5. Ulusal Beton Kongresi**, İstanbul, 461-470 (2003).

Yüzer N., Aköz F., Öztürk L.D., “Compressive strength-color change relation in mortars at high temperature”, **Cement and Concrete Research**, 34 (10): 1803-1807 (2004).

EKLER

EK-1. Öğütölmüş ve elenmiş diatomit



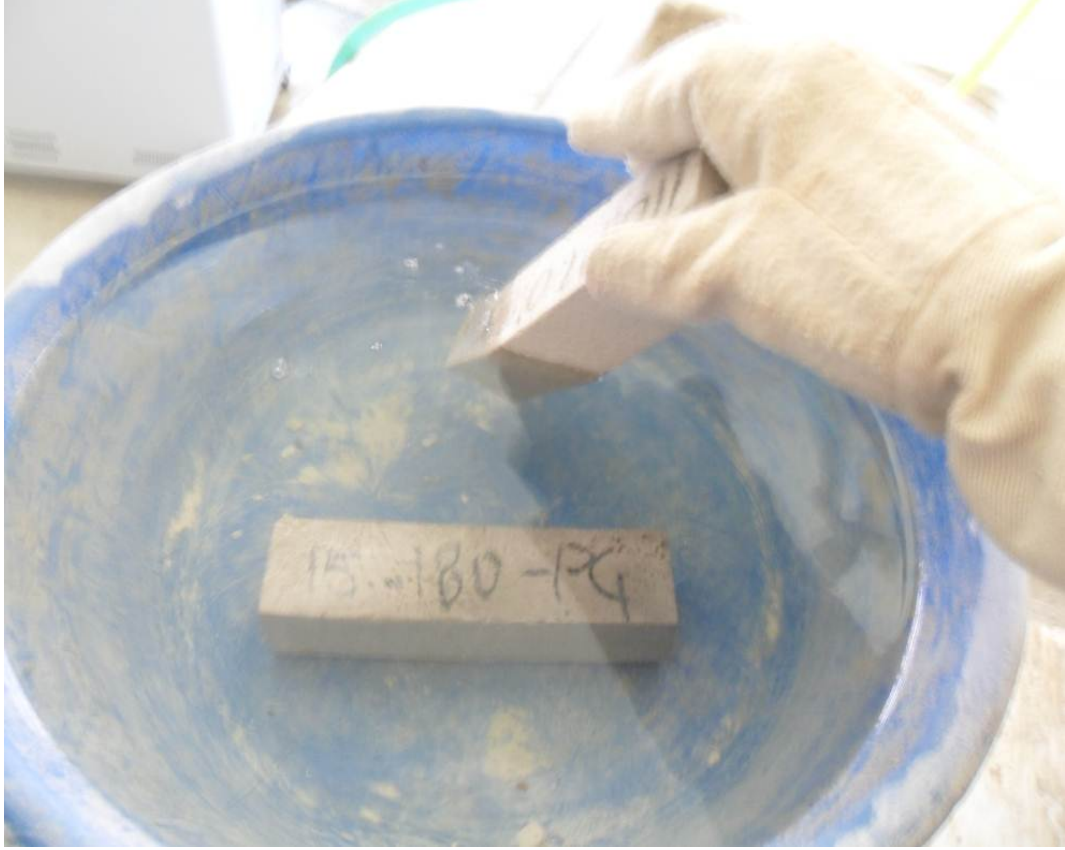
EK-2. Diatomit ikameli numunelerde yüksek sıcaklık uygulanması



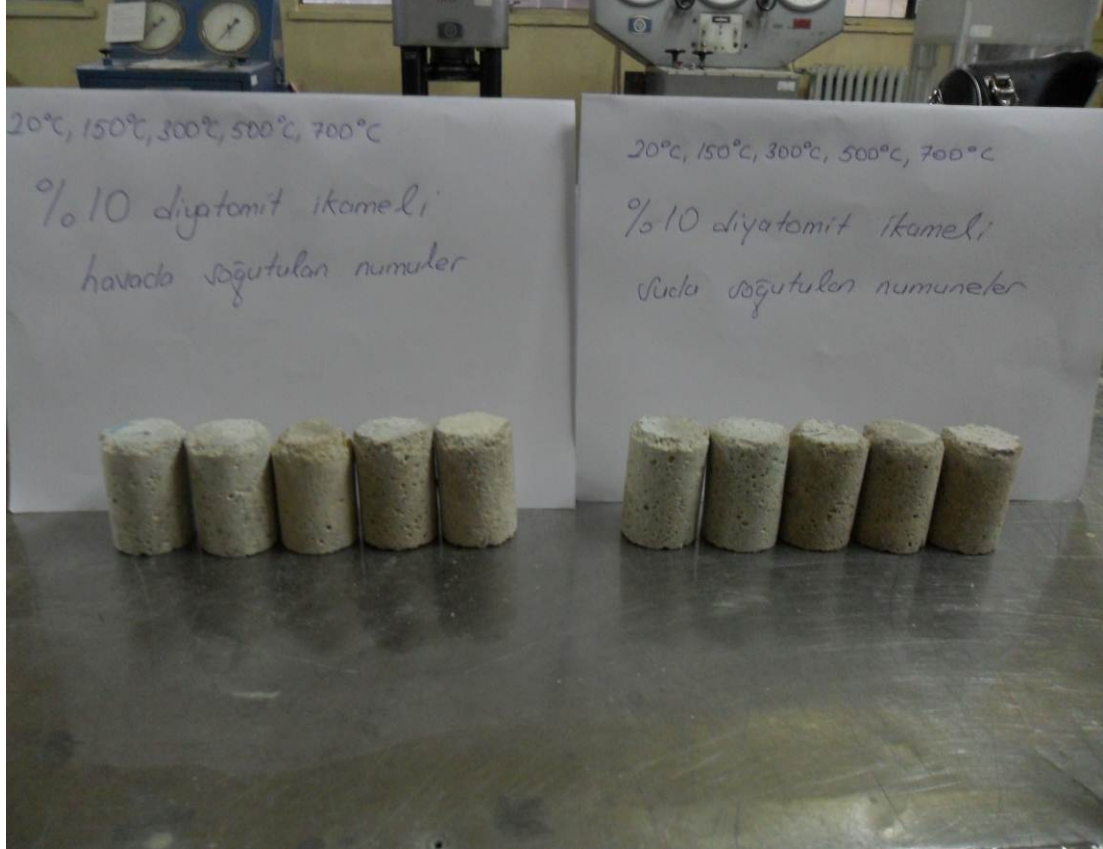
EK-3. Havada soğutulan numuneler



EK-4. Suda soğutulan numuneler



EK-5. %10 diyatomit ikameli havada ve suda soğutulan numunelerin karot örnekleri



EK-6. 700 °C 'de % 5 diyatomit ikameli havada soğutulan numune karot örneği



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı,adı : DİNLER, Ebru
Uyruğu : T.C.
Doğum tarihi ve yeri : 06.08.1986 Altındağ
Medeni hali : Bekar
Telefon : 0 (505) 4811486
e-mail : ebrudinler@hotmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Gazi Üniversitesi/ Yapı Öğretmenliği (Diploma Derecesi: Onur Derecesi)	2009
Lise	Ankara Ayrancı Yabancı Dil Ağırlıklı Lise	2004

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009	İKSA İnş. San. Ve Tic. Ltd. Şti	Teknik Eleman

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Dağcılık, Yüzme, Ata binme, Fotoğrafçılık.