

ATIK MERMER TOZU VE CAM LİF KATKILI HARÇ NUMUNELERİNİN YÜKSEK SICAKLIK ALTINDAKİ DAVRANIŞLARI

Bihter GÖKÇER*, Servet YILDIZ, Oğuzhan KELEŞTEMUR

Özet

Bu çalışmada, farklı miktarlarda cam lif ile takviye edilmiş harç numunelerine, filler malzeme ile ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave edildi. Elde edilen numunelerin, mekanik ve fiziksel özellikleri üzerine yüksek sıcaklığın etkisi incelendi. Bu amaçla, hazırlanan numuneler üzerinde porozite, kılcal su emme, ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı ve eğilmede çekme dayanımı deneyleri yapılarak yüksek sıcaklık sonrası numunelerde meydana gelen değişimler belirlendi.

Anahtar Kelimeler: Harç, Cam Lif, Atık Mermer Tozu, Yüksek Sıcaklık.

BEHAVIORS OF MORTAR SAMPLES WITH WASTE MARBLE POWDER AND GLASS FIBER UNDER ELEVATED TEMPERATURE

Abstract

In this study, waste marble dust by substituting with filler material at levels of 10%, 20% and 30% by weight was added to mortar samples which reinforced with various ratio of glass fibre. The effect of elevated temperature on the mechanical and physical properties of obtained samples was investigated. For this purpose, porosity, sorptivity, ultrasonic pulse velocity, tensile bending strength experiments were conducted on the prepared mortar samples and changes occurred on the samples after the elevated temperature were determined.

Keywords: Mortar, Glass Fiber, Waste Marble Powder, High Temperature

1. Giriş

Beton, sertleşmiş çimento hamuru ve agregalardan meydana gelen heterojen yapıdaki bir malzemedir (Hossain, K.M.A., 2006.). Betonun yangına karşı dayanıklı bir malzeme olduğuna inanılmasına rağmen, yapılan çalışmalar betonun yüksek sıcaklıkta önemli hasarlara uğradığını göstermiştir (Phan, L.T., 1996). Beton bir bütün olarak düşünüldüğünde, içindeki sertleşmiş çimento hamuru ve agrega gibi bileşenlerin termal genleşmelerinin birbirinden farklı olduğu bilinir. Bu nedenle, betondaki sıcaklık değişimleri, içerisindeki bileşenlerde

* Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, ELAZIĞ
E-posta: bihtergokcer@gmail.com

birbirinden farklı hacim değişmelerine, çatlak oluşumuna ve betonun dayanımının azalmasına neden olur. Bu olay “betondaki bileşenlerin termal uyumsuzluğu” olarak bilinmektedir (Sancak, E., Şimşek, O., 2006). Sertleşmiş çimento hamuru oda sıcaklığından yaklaşık 150 °C ye ısıtıldığında maksimum % 0.2 oranında genişir (Cruz, C.R., Gilen, M.,1980). Sıcaklık 150 °C den 300 °C’ ye arttırıldığı zaman sertleşmiş çimento hamuru büzölmeye başlar. Sıcaklık 800 °C’ ye arttırıldığında ise çimento hamurundaki büzölme % 2,2 ye kadar çıkabilir. Genellikle, 150 °C’nin üzerindeki yüksek sıcaklıklarda agregalar genişip dağılmaya başlarken, hidratasyon ürünlerinin dehidratasyonu sonucu çimento pastası büzölür. Bu nedenle, yüksek sıcaklık şartları altında termal genişmeler ve çatlamlar gelişir (Hossain, K.M.A., 2006).

Çimento hamuru, ısınma esnasında önemli fiziksel ve kimyasal değişimlere uğradığından en kararsız beton bileşenidir. Çimento hamurunun davranışında, 100–200 °C civarındaki düşük sıcaklıklarda 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, G.A., 1992). Betona yeni özellikler kazandırmak ve bazı özelliklerini de belirgin olarak arttırmak için, beton içerisine lifler katılmaktadır (Arslan, A. ve Ulucan, Z. Ç.,1997). Günümüzde betonda yaygın olarak kullanılan lifler; çelik, polimer (polipropilen, PVA), cam ve karbon esaslıdır. Betona lif katmak; betonun çekme ve eğilme dayanımını, düktilitesini, enerji tüketme kapasitesini ve çatlak gelişim karakteristiklerini geliştirmek için kullanılan en etkin yöntemlerden biridir (Şimşek, O., 2004).

Beton üretiminde betonun dayanımı ve dayanıklılığı üzerine yapılan çalışmalarda değişik malzeme ve metotlar kullanılmaktadır. Kullanılan bu malzemelerden biride mermer tozudur. Mermerlerin düzgün geometrik şekil alabilmesi için kesilmesi gerekmektedir. Kesme işlemi sonunda mermer tozu ortaya çıkmaktadır. Mermer tozları sedimantasyon yöntemi ile çökeltilmekte veya doğrudan araziye bırakılmaktadır. Dolayısıyla çevre kirliliğinin azaltılması için mermer tozlarının farklı endüstri alanlarında değerlendirilmesi faydalı olacaktır (Terzi, S., Kardeşin M., 2003).

Literatürde cam lif ve atık mermer tozunun bir arada kullanılmasıyla oluşturulan harç numunelerinin yüksek sıcaklık altındaki mekanik ve fiziksel özelliklerini inceleyen bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada, farklı oranlarda cam lif ve atık mermer tozu katkılı harç numunelerinin 400°C, 600°C ve 800°C sıcaklıklara maruz kaldıktan sonraki fiziksel ve mekanik özelliklerinde meydana gelen değişimler incelendi.

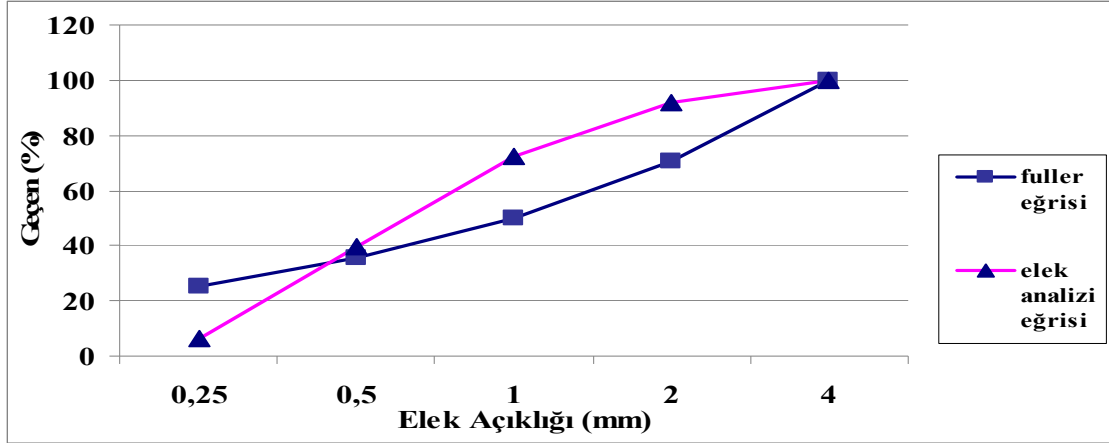
2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Harç numunelerinin hazırlanması amacıyla, agrega olarak Elazığ Palu yöresine ait yıkanmış, 4mm’lik dere agregası kullanılmıştır. Kullanılan agreganın fuller parabolüne göre ayrılışı ve granülometri eğrisi sırasıyla Tablo 1 ve Şekil 1’de verilmiştir.

Tablo1. Fuller parabolüne göre 5000 gr agreganın ayrılışı

Elek Numarası	Fuller oranı	Fullere Göre Agrega Miktarı
4 mm'lik	%29	1450gr
2mm 'lik	%21	1050gr
1mm'lik	%15	750gr
0,5µm'lik	%10	500gr
0,25µm'lik	%25	1250gr

**Şekil 1.** Kullanılan agreganın granülometri eğrisi

Çalışmada çimento olarak, Çimentoş Elazığ çimento fabrikasında üretilen CEM I tipi PÇ 42,5 N Portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan çimentonun özellikleri

Kimyasal Kompozisyon (%)		Fiziksel Özellikler	
SO ₃	2,69	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	3,12
MgO	2,1	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3749
Cl	0,005	Priz Başlangıcı (Dakika)	161
Serbest Kireç	0,5	Priz Sonu (Saat)	04,20
Çözünmeyen Kalıntı	0,26	Su İhtiyacı (Vicat Suyu) (%)	29,6
Kızdırma Kaybı	1,58	Hacim Sabitliği (mm)	0,4
Eşdeğer Alkali (Na ₂ O+0,658K ₂ O)	-	2Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	22,4
		7 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	39,4
		28 Günlük Basınç Dayanımı (MPa)	51

Beton numunelerde lif katkısı olarak, Camelsan Sanayi A.Ş. tarafından üretilen kırılmış 6 mm'lik cam lif kullanılmıştır. Kullanılan cam life ait özellikler Tablo 3' de verilmiştir.

Tablo 3. Kullanılan cam life ait özellikler

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (µm)	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti(MPa)
Cam	6	13	2,68	72000	1700

Çalışmada atık mermer tozu katkısı olarak, Elazığ Alacakaya Mermer ve Maden İşletmesi San. ve Tic. A.Ş. tarafından üretilen iki ayrı mermer türünün (Elazığ vişne, Hazar bej) üretimleri sırasında açığa çıkan sulu atıklar kurutulup öğütülerek kullanılmıştır. Atık mermer

tozu olarak kullanılacak ürünün elde edildiği mermer malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Mermerin fiziksel ve mekanik özellikleri

Elazığ Vişne Mermeri		Hazar Bej Mermeri	
Mohs Sertliği	3,5-4	Mohs Sertliği	3-4
Shore Sertliği	53	Shore Sertliği	55
Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	2,69	Birim Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	2,69
Ağırlıkça Su Emme (%)	0,7	Ağırlıkça Su Emme (%)	0,14
Görünür Gözeneklilik (%)	1,86	Görünür Gözeneklilik (%)	0,36
Tek Eksenli Basınç Day. (MPa)	94,5	Tek Eksenli Basınç Day. (MPa)	61,4
Çekme Dayanımı (MPa)	8,54	Çekme Dayanımı (MPa)	5,65
Eğilme Dayanımı (MPa)	13,50	Eğilme Dayanımı (MPa)	14
Darbe Dayanımı (MPa)	1,2	Darbe Dayanımı (MPa)	2,0

Harç numunelerin üretimi esnasında, artan su ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla, Sika Yapı Kimyasalları A.Ş. tarafından üretilen, Sika ViscoCrete Hi-Tech 30 ürün kodlu akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi kullanılmıştır. Akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi deneylerde, üretici firma talimatlarına uygun olarak çimento ağırlığının %1 oranında kullanılmıştır.

Deneylerde karışım suyu olarak Elazığ şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

2.2. Metot

Deneylerde kullanılan 40mm x 40mm x 160mm' lik prizmatik ve 50mm x 50mm x 50mm'lik küp harç numuneleri, TS EN 196-1 'de belirtilen harç karışım esaslarına göre hazırlanmıştır. Mermer tozu bulunan numuneler (MT) ,Cam lif bulunan harç numuneleri (CE) olarak kodlanmıştır. Karışıma giren kum uygun eleklerde yıkanıp, etüvde 105±5 °C kurutulup, fuller parabolüne göre ayrılmıştır. Karışım hesabında kullanılmak üzere su/çimento oranı olarak tüm seriler için 0.50 olarak belirlenmiştir. Hazırlanan harç numunelerinin üretimi sırasında, karışıma 10, 20 kg/m³ oranlarında kırılmış 6 mm boyunda cam lif ilave edilmiştir. Ayrıca harç karışımlarına filler malzeme ile ağırlıkça %10, %20 ve %30 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave edilmiştir. Her seri için 5 adet numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin karışım oranları Tablo 5' de verilmiştir.

Kalıplardan çıkarılan harç numuneleri 28 gün boyunca 22±3 °C kirece doymun suda kür edilmiştir. Kür süresini tamamlayan numuneler üzerinde sıcaklık deneyi öncesinde ve sonrasında olmak üzere porozite tayini, ultrases geçiş hızı, kapiler su emme tayini, eğilmede çekme dayanımı deneyi ve basınç dayanımı tayini deneyleri gerçekleştirilmiştir. Yüksek sıcaklık deneyleri TS EN 1363-2'ye uygun olarak yapılmıştır.

Tablo.5 Deney için hazırlanan numunelere ait karışım oranları (kg/m³)

SERİLER	SERİNİN ADI	CAM ELYAF	MERMER TOZU	AGREGA (0-0,25)	AKIŞKANLAŞTIRICI	SU	ÇİMENTO	AGREGA 0,25-4
1	CE0-MT0	0	0	372,79	5,86	293	586	1757,81
2	CE0-MT10		43,95	395,55	5,86	293	586	1757,81
3	CE0-MT20		87,9	351,6	5,86	293	586	1757,81
4	CE0-MT30		131,85	307,65	5,86	293	586	1757,81
5	CE10-MT10	10	43,95	395,55	5,86	293	586	1757,81
6	CE10-MT20		87,9	351,6	5,86	293	586	1757,81
7	CE10-MT30		131,85	307,65	5,86	293	586	1757,81
8	CE20-MT10	20	43,95	395,55	5,86	293	586	1757,81
9	CE20-MT20		87,9	351,6	5,86	293	586	1757,81
10	CE20-MT30		131,85	307,65	5,86	293	586	1757,81

Numuneler üzerinde ultrases geçiş hızı tayini deneyi ASTM C597-02'ye uygun olarak yapılmıştır. Ultrases geçiş hızı (1) numaralı denklem kullanılarak hesaplanmıştır.

$$V = \frac{S}{t} \times 10^3 \quad (1)$$

Burada;

V= Ses üstü dalga hızı (km/sn),

S= ses üstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzey arasındaki mesafe(m),

t= ses üstü dalganın numune üzerinden geçme süresi (µs).

Kür süresini tamamlayan numuneler, kür havuzundan çıkarılarak TS EN 772-4' e uygun olarak porozite tayini deneyine tabi tutulmuştur. Bu amaçla, numunelerin doygun yüzey kuru ağırlığı (W_{dyk}), sualtındaki ağırlığı (W_{su}) ve etüv kurusu ağırlığı (W_{kuru}) belirlenmiştir. (2) numaralı denklem kullanılarak numunelerin porozite değerleri elde edilmiştir.

$$P = \frac{(W_{dyk} - W_{kuru})}{(W_{dyk} - W_{su})} 100 \quad (2)$$

Burada;

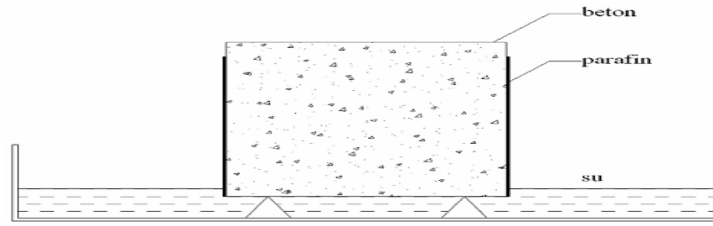
P = Porozite (%),

W_{dyk} = Numunelerin doymun yüzey kuru ağırlığı (gr),

W_{kuru} = Numunelerin etüv kurusu ağırlığı (gr),

W_{su} = Numunelerin su altındaki ağırlığı (gr).

Numuneler üzerinde kapiler su emme tayini deneyi TS 4045'e uygun olarak yapılmıştır. İlk olarak etüvde kurutulan numunelerin yan yüzeyleri parafin ile kaplanarak sadece alt yüzeyinden su emmesi sağlanmıştır. Suyu yerleştirilen numuneler şematik olarak Şekil 2' de gösterilmiştir. Harç numunelerinin tabanından itibaren suyun yüksekliği deney süresince 5mm olarak sabit tutulmuştur. Numuneler belirli zamanlarda (0, 5, 10, 20, 30, 60, 180, 360, 1440 dk.) tartılarak kapiler su emme katsayıları (3) numaralı denklem kullanılarak hesaplanmıştır.



Şekil 2. Kapiler su emme deney düzeneği

$$\frac{Q}{A} = k\sqrt{t} \quad (3)$$

Burada;

Q= Numunenin absorbe ettiği su miktarı (cm^3),

A= suya temas eden yüzeyin alanı (cm^2),

k= kapiler su emme katsayısı ($cm/s^{1/2}$),

t= zaman (sn).

40mm x 40mm x 160mm boyutunda hazırlanan prizmatik numuneler üzerinde, TS EN 196-1' e uygun olarak eğilmede çekme dayanımı tayini deneyi yapılmıştır. ELE Autotest test cihazında yapılan deney esnasında uygulanan yükleme hızı 0,05 kN/sn olacak şekilde sabit tutulmuştur.

50mm x 50mm x 50mm'lik küp numuneler üzerinde, TS EN 196-1' e uygun olarak basınç dayanımı tayini deneyi yapılmıştır. ELE Autotest test cihazında yapılan deney esnasında uygulanan yükleme hızı 2,4 kN/sn olacak şekilde sabit tutulmuştur.

TS EN 1363-2' ye uygun olarak numuneler üzerinde yüksek sıcaklık deneyi yapılmıştır. Yüksek sıcaklık deneyi için Fırat Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Yapı laboratuvarında bulunan ısınma hızı 6°C/dk olan 1200 °C kapasiteli Protherm HLF 150 laboratuvar tipi fırın kullanılmıştır. Numuneler 400°C, 600°C ve 800°C, sıcaklıklarda 1 saat süre ile bekletilmiştir. Numuneler fırın içerisinde yaklaşık 2 °C/dk' lık soğuma hızı ile oda sıcaklığına kadar soğutuldu. Çalışmada kullanılan fırına ait bir fotoğraf Şekil 3'de gösterilmiştir.

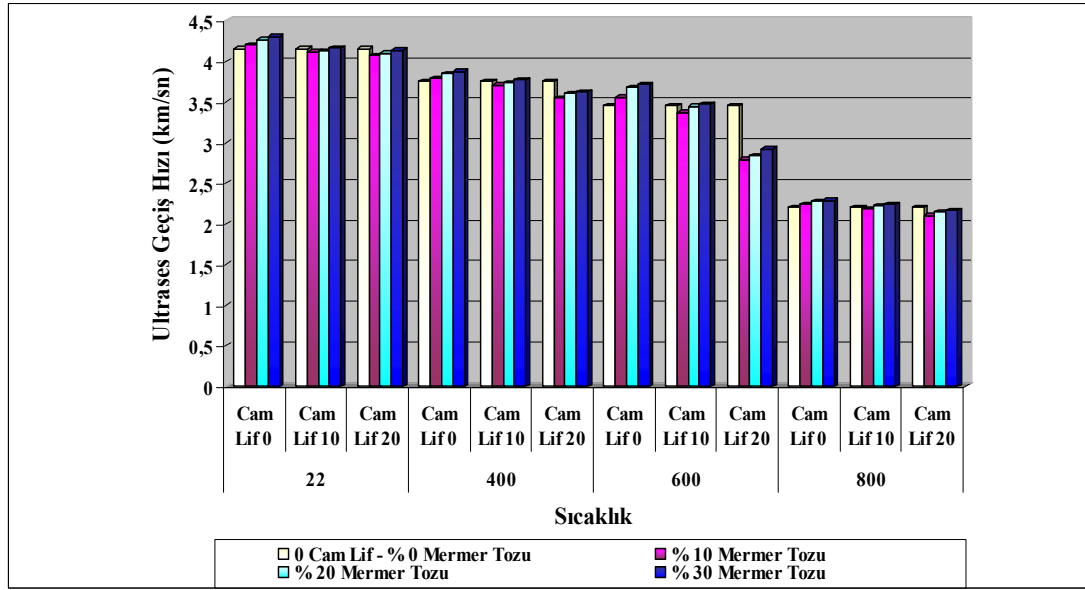


Şekil 3. Yüksek sıcaklık deneyi fırını

3. Bulgular ve Tartışmalar

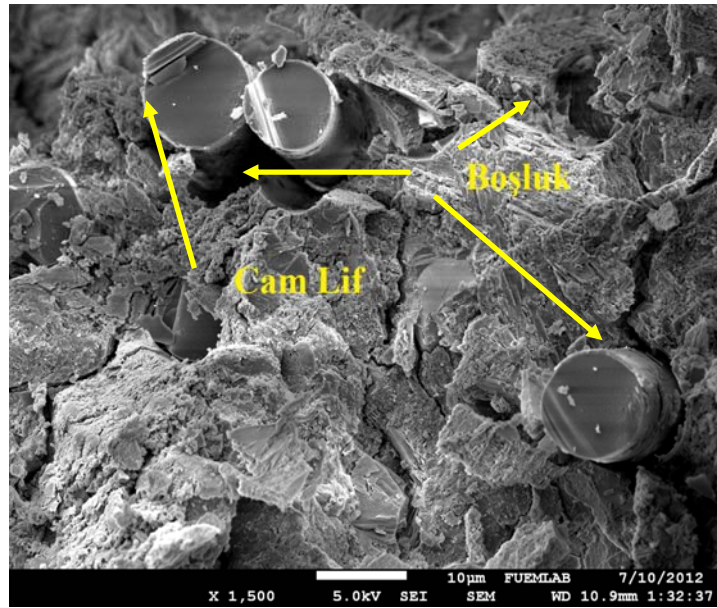
3.1 Ultrases Geçiş Hızı Tayini

Elde edilen harç numunelerine ait ultrases geçiş hızı tayini deney sonuçları Şekil 1’ de grafik olarak gösterilmiştir.



Şekil 1. Yüksek sıcaklık sonrası ultrases geçiş hızı

Şekil.1’den görüleceği üzere, yüksek sıcaklık etkisinde kalan harç numunelerinin ultrases değerleri, cam lif oranındaki artışa bağlı olarak azalmıştır. Atık mermer tozu oranındaki artışa bağlı olarak ise ultrases geçiş hızı değerleri yükselmiştir.

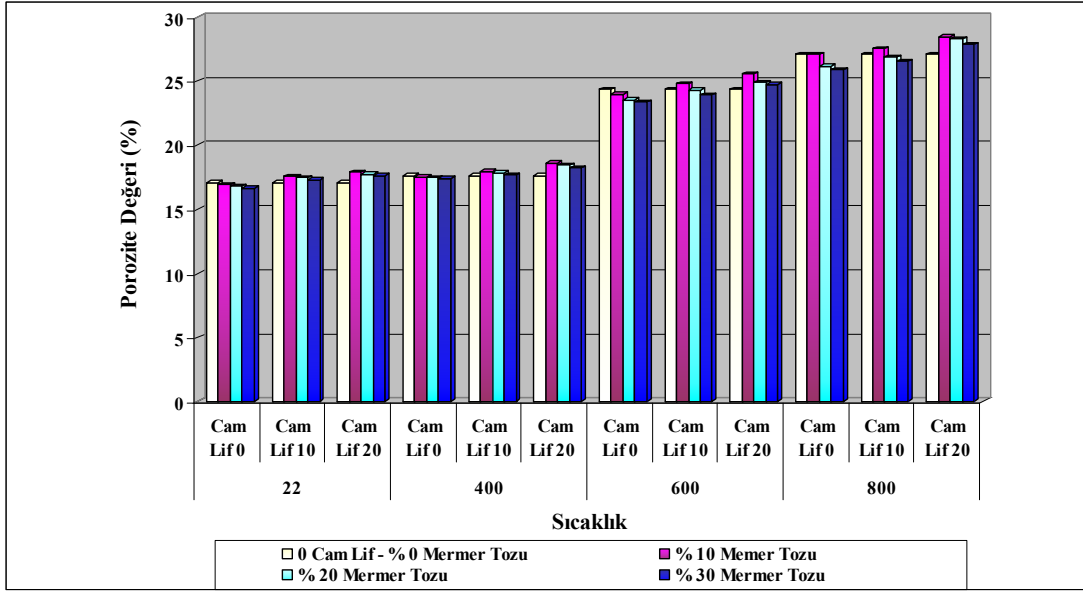


Şekil 2. Cam lif ve mermer tozu katkılı harç numunelerinin SEM görüntüsü

Şekil 2’deki SEM fotoğrafından görüleceği üzere, cam lif, harç ile yeterli aderansı sağlayamadığı için harç ile cam lif ara yüzeyinde boşluklar oluşmuştur. Bu durum, ultrases geçiş hızının azalmasına neden olmuştur. Mermer tozu, tane boyutunun 250 µm’den küçük olması nedeniyle boşlukları doldurarak daha yoğun bir yapı oluşturmuştur. Mermer tozunun bu etkisi ile ultrases geçiş hızı değerleri artmaktadır. 400°C sıcaklığa maruz kalmış harç numunelerinin ultrases değerleri, kontrol numunelerine göre %9,35 - %12,78 değerleri arasında azaldığı görülmüştür. 600°C sıcaklığa maruz kalmış numunelerde bu değişim %13,69 - %31,45 oranları arasında meydana gelmiştir. 800°C sıcaklığa maruz kalmış numunelerde ise bu değerler, kontrol numunelerine göre %46,25 - %48,40 yüzdeleri arasında olacak şekilde büyük bir azalma göstermiştir. Benzer şekilde, Demirel B, Yazıcıoğlu S, yaptıkları çalışmada, beton numunelere ilave edilen mermer tozu miktarındaki artışa bağlı olarak ultrases değerinin arttığını belirtmişlerdir (Demirel B, Yazıcıoğlu S, 2010). Yıldız S, Bölükbaş Y, Keleştemur O, yaptıkları çalışmada, beton numunelere ilave edilen cam lif miktarının artışına bağlı olarak ultrases geçiş hızında azalma meydana geldiğini belirtmişlerdir. (Yıldız S, Bölükbaş Y, Keleştemur O, 2010).

3.2. Porozite Tayini

Porozite deneyi sonucu elde edilen veriler Şekil 3’de grafik olarak gösterilmiştir. Şekil 3’deki grafik incelendiğinde sıcaklık artışına bağlı olarak harç numunelerinin porozite değerlerinde artış meydana gelmiştir. Çimento hamurundaki jel yapıyı oluşturan kalsiyum silikat hidrate’nin (CSH) katı ögeleri adsorpsiyon suyu yardımıyla birbirine bağlanmakta ve belirli bir sıcaklıktan itibaren buharlaşmaya başlamaktadır. Buharlaşan su, harcın büzülerek çatlamasına neden olmaktadır. (Durmuş G., Arslan M., 2009). Harcın yapısında oluşan çatlaklar ve boşluklar da porozite değerini arttırmaktadır.

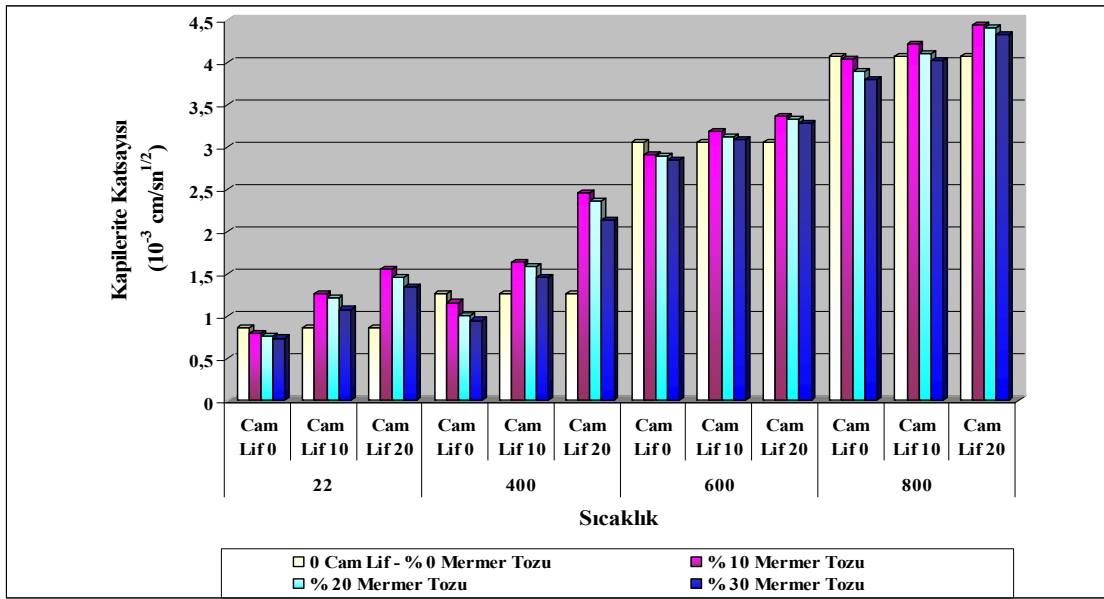


Şekil 3. Yüksek sıcaklık sonrası porozite değeri

400°C sıcaklığa maruz kalmış harç numunelerinin porozite değerlerinde, kontrol numunelerine göre %2,02 - %3,87 oranları arasında artış görülmüştür. 600°C sıcaklığa maruz kalan harç numunelerinin porozite değerlerinde, %27,78 - %30 değerleri arasında artış meydana gelirken, 800°C sıcaklığa maruz kalan harç numunelerinin porozite değerlerinde ise %34,88 - %37,51 oranları arasında artış meydana gelmiştir. Şekil.3 'deki grafikte görüldüğü gibi porozite değerlerindeki artışın 600°C ve 800°C sıcaklık değerlerinde büyük değişim gösterdiği görülmüştür. Demirel B., Gönen T., yaptıkları çalışmada, sıcaklık artışının beton numunelerin porozite değerlerini artırdığını belirtmişlerdir (Demirel B., Gönen T., 2008). Durmuş G., Arslan M., 'de yüksek sıcaklığın betonun boşluk yapısına etkisini araştırdıkları çalışmalarında, sıcaklığın artışına bağlı olarak porozite değerinde artış olduğunu bildirmişlerdir (Durmuş G., Arslan M., 2009). Yapmış olduğumuz çalışmadan elde edilen sonuçlar literatür ile benzerlik göstermiştir.

3.3. Kapiler Su Emme Tayini

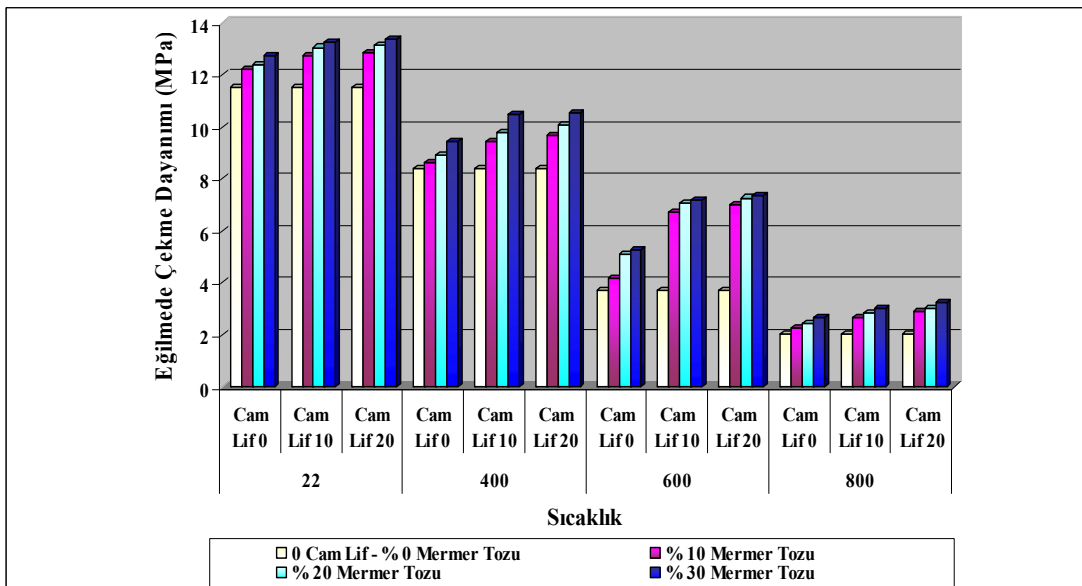
Kapiler su emme deneyi sonucu elde edilen veriler Şekil 4' de grafik olarak gösterilmiştir. Şekil.4'den görüleceği üzere, yüksek sıcaklık sonrası harç numunelerinin kapiler su emme değerleri artmıştır. 400°C 'den sonra harç numunelerinin kapiler su emme değerlerinde büyük bir oranda artış meydana gelmiştir. 400°C sıcaklığa maruz kalan harç numunelerinin kapilerite değerlerinde, kontrol numunelerine göre %22,11 - %38,14 değerleri arasında artış görülmüştür. 600°C sıcaklıkta, %53,71 - %74,04 oranları arasında artış meydana gelirken, 800°C sıcaklığa maruz kalmış harç numunelerinde ise artış değeri %64,86 - %80,53 oranları arasında meydana gelmiştir. Yüksek sıcaklık nedeniyle buharlaşan suyun harç numunesinde rötreye (büzölmeye) neden olmasının yanı sıra harcın yapısındaki cam lifin, harçla yeteri kadar aderans sağlayamaması nedeniyle sıcaklık ve cam lif miktarındaki artışa bağlı olarak harç numunelerinin kapilerite değerinde artış meydana gelmiştir.



Şekil 4. Yüksek sıcaklık numunelerinin kılcal su emme değeri

3.4. Eğilmede Çekme Dayanımı

Hazırlanan harç numuneleri üzerinde yapılan eğilmede-çekme dayanımı deneyi neticesinde elde edilen veriler grafik olarak Şekil 5’ de gösterilmiştir.



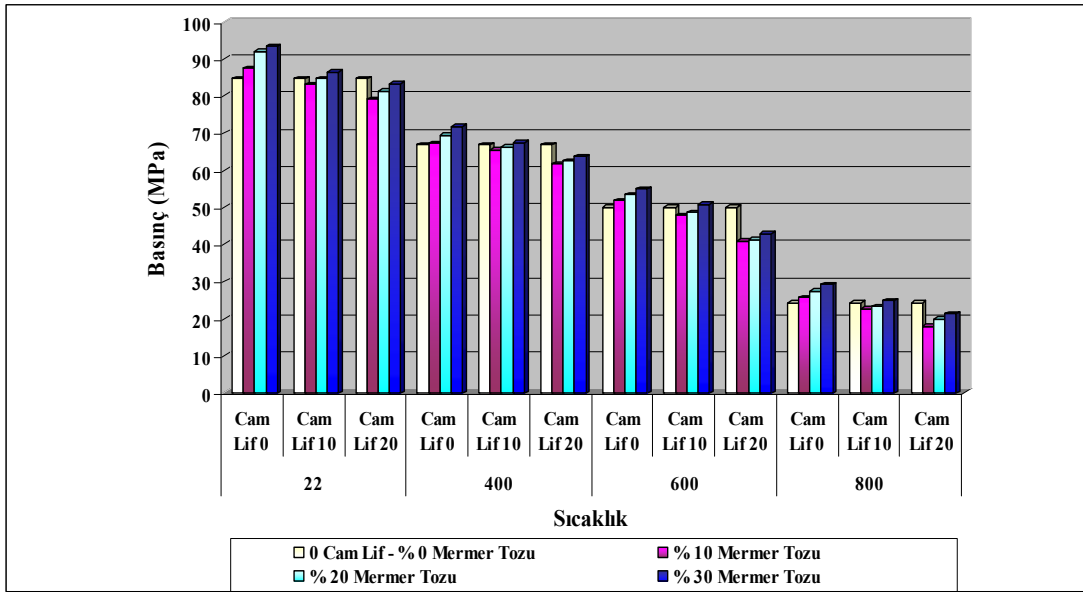
Şekil 5. Yüksek sıcaklık sonrası eğilmede çekme dayanımı değeri

Şekil.5 incelendiğinde, harç numunelerindeki lif ve mermer tozu oranlarının artışına bağlı olarak, numunelerin eğilmede çekme dayanımlarında artış meydana geldiği görülmektedir. Şekil.5’den anlaşılacağı üzere, en yüksek eğilmede çekme dayanımı değeri mermer tozu ve cam lifin en yoğun olduğu seride meydana gelmiştir. Bu durum, mermer tozunun boşlukları doldurması ve kullanılan cam liflerin harcın tokluğunu artırmasının bir sonucudur. Şekil.5’deki grafik incelendiğinde, sıcaklığın artışına bağlı olarak harç numunelerinin eğilmede çekme dayanımlarında azalma meydana geldiği görülmektedir. 400°C sıcaklığa maruz kalan harç numunelerinin eğilmede çekme dayanımı değerleri, kontrol numunelerine

göre % 21,15 - %29,51 yüzdeleri arasında azalmıştır. 600°C'de eğilmeye çekme dayanımlarında kontrol numunelerine göre %44,66 - %67,94 değerleri arasında azalma meydana gelirken, 800°C'de ise eğilme dayanımlarının %75,86 - %82,54 gibi büyük oranlar arasında değer kaybettiği görülmüştür. Deney sonuçlarına göre cam lif katkısının eğilmeye çekme dayanımını arttırdığı görülmüştür. Benzer şekilde Bahadır yaptığı çalışmada, cam lif oranının artması ile beton numunelerin tokluk değerinin arttığını belirtmiştir. (Bahadır, B., 2007)

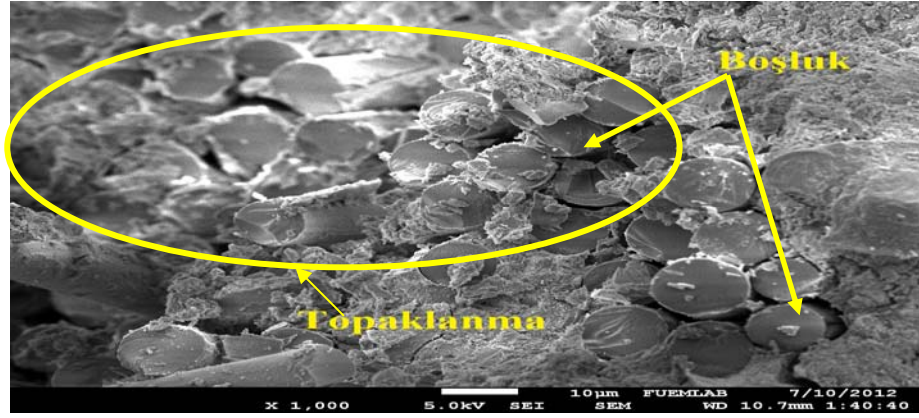
3.5. Basınç Dayanımı

Cam lif ve atık mermer tozu katkılı harç numunelerine ait basınç dayanımı deney sonuçları grafik olarak Şekil 6' da gösterilmiştir.



Şekil 6. Yüksek sıcaklık sonrası basınç dayanımı değeri

Şekil.6'da ki grafik incelendiğinde, yüksek sıcaklık sonrası cam lif ve mermer tozu katkılı harç numunelerinin tümünde sıcaklık artışına bağlı olarak basınç dayanımlarında azalma meydana gelmiştir. Cam lif miktarının artmasıyla basınç dayanımı azalırken, atık mermer tozu miktarındaki artışta bağlı olarak basınç dayanımı yükselmiştir. Harç numunelerinin en düşük basınç dayanımı değerleri 800°C sıcaklık sonrası elde edilmiştir. 400°C sıcaklığa maruz kalmış harç numunelerinin basınç dayanımlarında %21,09-%24,51 oranları arasında azalma oluşmuştur. 600°C'de basınç dayanımı kaybı %40,77-%49,14 değerleri arasında meydana gelirken, 800°C 'de ise % 68,84 - %77,44 değerleri arasında yüksek oranlarda dayanım kaybı meydana gelmiştir. Yapılan deneyler sonucunda cam lif katkısının harç numunelerinin basınç dayanımını azalttığı, mermer tozunun basınç dayanımını arttırdığı görülmüştür. Yıldız,T., Yıldız,S. ve Keleştemur, O. yaptığı çalışmalarında, atık mermer tozu ilavesinin betonun basınç dayanımını arttırdığını belirtmişlerdir (Yıldız,T., Yıldız,S. ve Keleştemur, O.2011). Cam liflerin harç ile yeterli aderans gösterememesi ve yüksek cam lif oranlarında homojen bir dağılım elde edilememesinden kaynaklanan topaklanmalar basınç dayanımının düşmesine neden olmuştur. Şekil 7 Yüksek lif oranlarındaki topaklanmaları göstermektedir.



Şekil.7 Cam lif ve mermer tozu katkıli harç numunelerinde topaklanma oluşumunun sem görüntüsü

4. Sonuç

- Cam lif ve mermer tozu katkıli harç numunelerinde, cam lif oranının artışına bağlı olarak porozite, kapilarite ve eğilmede çekme dayanımı değerlerinde artış, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı değerlerinde ise azalma olduğu belirlenmiştir.
- Harç numunelerindeki mermer tozu miktarının artışına bağlı olarak porozite değeri, ultrases geçiş hızı, basınç dayanımı ve çekme dayanımı değeri artmıştır. Bu durum, mermer tozunun harç numunelerindeki boşluk miktarını azaltmasının bir sonucudur.
- Yapılan bu çalışma neticesinde, yüksek sıcaklığa maruz kalan cam lif ve mermer tozu katkıli harç numunelerinin, porozite ve kılcal su emme değerlerinin arttığı, ultrases geçiş hızı, eğilmede çekme dayanımı ve basınç dayanımı değerlerinin ise azalttığı görülmüştür.
- Cam lif katkıli harç numunelerinde atık mermer tozu kullanımı daha yoğun bir yapı oluşmasına neden olmuştur. Bu sayede, yüksek sıcaklık sonrası harç numunelerinde daha az dayanım kaybı meydana gelmiştir.

Teşekkür

Bu çalışmaya TEF.11.11 nolu proje kapsamında maddi destek sağlayan FÜBAP (Fırat Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri) birimine teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- ASTM C597-02, 2009. Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete, American Society for Testing And Materials, Philadelphia.
- Arslan, A. ve Ulucan, Z. Ç. (1997). Çelik liflerin erken yaştaki betonarme kirişlerin göçmesine etkisi. İMO Teknik Dergi 8, 507-1515.
- Aruntaş, H.Y. (2006). Uçucu küllerin inşaat sektöründe kullanım potansiyeli. Gazi Üniv., Müh. Mim. Fak. Der., 21, 193-203.
- Bahadır, B., "Liflerin Beton Kırılma Tokluğuna Etkileri" Yüksek lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Sakarya, Türkiye, (2007) (Danışman: M. Sarıbıyık).
- Bölükbaş Y., Yıldız S. ve Keleştemur O. "Cam Elyaf Katkısının Betonun Mekanik Dayanımı Üzerindeki Etkisi", International Sustainable Buildings Symposium-ISBS, May 26-28, 2010, Accepted for oral presentation, Ankara/Turkey.

- Chan Y.N., Lou X. ve Sun W., (2000), “Compressive Strength and Pore Structure of High-Performance Concrete after Exposure to High Temperature up to 800°C”, *Cement and Concrete Research*, sayı 30, sayfa 247-251.
- Cruz, C.R., Gilen, M., “Thermal Expansion of Portland Cement Paste, Mortar and Concrete at High Temperatures”, *Fire and Materials*, 4 (2), 66-70, 1980.
- Corinaldesi V, Moriconi G, Naik T. R. “ Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete” *Construction and Building Materials* 24 (2010) 113–117
- Demirel B. "The effect of the using waste marble dust as fine sand on the mechanical properties of the concrete", *International Journal of the Physical Sciences* Vol. 5(9), pp. 1372-1380, 18 August, 2010 (SCI).
- Demirel, B., Yazıcıoğlu, S., “ İnce Malzeme Olarak Kullanılan Atık Mermer Tozunun Betonun Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi ” *International Sustainable Buildings Symposium-ISBS*, May 26-28, 2010, 172-175, Ankara/Turkey.
- Demirel,B., Keleştemur,O., “ Yüksek Sıcaklığa Maruz Pomza Ve Silis Dumanı Katkılı Betonların Mekanik Ve Fiziksel Özelliklerine Kür Yaşımın Etkisi” *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* 2011,7(1)1-13.
- Durmuş G., ve Arslan M.,“Yüksek Sıcaklığın Beton Boşluk Yapısına Etkileri”5. Uluslar arası İleri Teknolojiler Sempozyumu(IATS’09) 2009,Karabük, Türkiye
- Durmuş G., ve Arslan M.,”Yüksek Sıcaklık Uygulanan Çimento Harçlarının Farklı Soğutma Koşullarındaki Bazı Fiziksel Özellikleri” *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der. J. Fac. Eng. Arch. Gazi Univ.* Cilt 25, No 3, 541-548, 2010.
- Filiz M, Özel C, Soykan O, Ekiz Yunus “Atık Mermer Tozunun Parke Taslarında Kullanılması” *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi* Cilt: 6, No: 2, 2010 (57-72).
- Güneyisi E., Gesoğlu M. ve Özbay E., (2009). “Effects of marble powder and slag on the properties of self compacting mortars”. *Materials and Structures*. 42: 813-826.
- Hebhoub H. , Aoun H. , Belachia M. , Houari H. , Ghorbel E. “Use of waste marble aggregates in concrete” *Construction and Building Materials* 25 (2011) 1167–1171.
- Hossain, K.M.A., “Macro- and Microstructural Investigations on Strength and Durability of Pumice Concrete at High Temperature” *Journal of Materials in Civil Engineering ASCE*, 18 (4), 527-536, 2006.
- Khoury, G.A., “Compressive Strength of Concrete at High Temperatures: A Reassessment”, *Magazine of Concrete Research*, 44 (161), 291-309, 1992.
- Phan, L.T., “Fire Performance of High Strength Concrete: A report of the State-of-the Art”, *Building and Fire Research Laboratory, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Md.*,1996.
- Sancak, E., Şimşek, O.,“Yüksek Sıcaklığın Silis Dumanı ve Süperakışkanlaştırıcı Katkılı Hafif Betona Etkileri”,*Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak.Dergisi*,Cilt 21, 2006.
- Simsek O.,(2004).*Beton ve beton teknolojisi*. 242s.Seçkin Yay. San. ve Tic.A.S,Ankara.
- Terzi, S., Karaşahin M., (2003). “Mermer Toz Atıklarının Asfalt Betonu Karışımında Filler Malzemesi Olarak Kullanımı”, *İMO Teknik Dergi*, 193: 2903-2922.
- Topçu I. B. , Bilir T. , Uygunoğlu T.,“Effect of waste marble dust content as filler on properties of self-compacting concrete” *Construction and Building Materials* 23 (2009) TS 4045, 1985. *Yapı Malzemelerinde Kapiler Su Emme Tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 772-4, 2000. *Tabii Taş Kagir Birimlerin Toplam ve Görünen Porozitesi ile Türk Standartları Enstitüsü: TSE*, (2002).
- TS EN 1363-2: *Yangına Dayanıklık Deneyleri-Bölüm 2:Alternatif ve ilave işlemler* Ankara. Türk Standartları Enstitüsü:TSE, (2002). TS EN 196-1: *Çimento Deney Metotları-Bölüm 1: Dayanım*.Ankara.

Yıldız T., Yıldız S., Keleştemur O. “Cam Lif Katkılı Betonda Filler Malzemesi Olarak Atık Mermer Tozunun Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, International Participated Construction Congress-IPCC2011, September 28-30, Elazig/Turkey.

Yıldız S., Bölükbaş Y., Keleştemur O., “Cam Elyaf Katkısının Betonun Basınç ve Çekme Dayanımı Üzerindeki Etkisi” Politeknik Dergisi Cilt:13 Sayı:3 s.239-243,2010.

Yüzer,N.; Aköz, F.; Öztürk, L.D., (2004), “Compressive Strength–Color Change Relation in Mortars at High Temperature”, Cement and Concrete Research, 34, 1803- 1807.