



ISSN:1306-3111

e-Journal of New World Sciences Academy
2011, Volume: 6, Number: 4, Article Number: 1A0239

ENGINEERING SCIENCES

Received: May 2011

Accepted: October 2011

Series : 1A

ISSN : 1308-7231

© 2010 www.newwsa.com

Turan Yıldız

Servet Yıldız

Oğuzhan Keleştemur

University

turan.yildiz@mynet.com

Elazığ-Turkey

CAM LİF KATKILI BETONDA FİLLER MALZEMESİ OLARAK ATIK MERMER TOZUNUN KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

ÖZET

Bu çalışmada, farklı oranlarda cam lif içeren betonlara filler malzeme olarak atık mermer tozunun ilave edilmesi sonucu elde edilen numunelerin mekanik ve fiziksel özellikleri incelendi. Bu amaçla, 300 ve 350 dozlu olarak hazırlanan beton numunelerin üretimi sırasında karışıma 5, 10, 15 ve 20 kg/m³ oranlarında kırılmış cam lif ilave edilerek elde edilen bu serilere filler malzeme ile hacimce %25, 50, 75 ve 100 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave edildi. Elde edilen numuneler üzerinde porozite, sorptivite, ultrases geçiş hızı, yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirildi. Çalışma neticesinde, cam lif katkılı betonlara atık mermer tozu ilavesi ile elde edilen numunelerin basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve ultrases geçiş hızı artmış, porozite ve sorptivite değerleri de azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Cam Lif, Atık Mermer Tozu, Beton

RESEARCH OF WASTE MARBLE DUST USABILITY AS A FILLER MATERIAL IN CONCRETE WITH GLASS FIBRE

ABSTRACT

During this study, mechanical and physical properties of the obtained sample are examined as a conclusion of waste marble dust addition as a filler material into the glass fibre included concrete. For this purpose, during the production of the concrete sample which was 300 and 350 dosages prepared, 5, 10, 15 and 20 kg/m³ ratio clipped glass fibre added to the mixture besides filler material and %25, 50, 75 and 100 volume ratio waste marble dust which can be used in place of filler material. Porosity, sorptivity, ultrasonic pulse velocity, splitting tensile strength and compressive strength experiments are performed on the obtained samples. As a result of this study, compressive strength, splitting tensile strength and ultrasonic pulse velocity of obtained samples which are obtained by the addition of waste marble dust to glass fibre concrete increased but porosity and sorptivity values decreased.

Keywords: Glass Fibre, Waste Marble Dust, Concrete

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Son yıllarda değişik türdeki liflerin katkısı ile üretilen lifli betonlar, büyük bir başarıyla ve giderek yaygınlaşan bir şekilde kullanılmaktadır. Betonun düşük çekme dayanımı, gevrek bir malzeme oluşu, rötire ve sünmeden dolayı oluşan güçlükler, öngerilmeli ve kütle betonlarda, derz yapılmasına imkân olmayan yerlerde, betonun darbe ve yorulmaya maruz kaldığı yerlerde, devamlı ve yüksek ısı değişimi şartlarında betonun istenilen düzeyde vazife görmesini engellemektedir. Bu şartlar altında betonun ihtiyaca cevap verebilecek şekilde katkı maddesi ile takviyesi şarttır. Artan basınç ve çekme dayanımı elastisite modülü, dayanıklılığı ve yüksek darbe mukavemeti ile lifli beton bu ihtiyaçlara cevap verebilecek bir malzeme olarak uygulama sahası bulabilmiştir [1]. Lifli betonlarda beton bileşimine giren parametreler içerisinde beton özelliklerini önemli ölçüde etkileyen faktörler; narinlik oranı ile lif miktarıdır. Ayrıca katılan liflerin karışımında homojen olarak dağıtılması, liflerin betonun özellikleri üzerinde yapacağı iyileştirmeyi doğrudan etkilemektedir [2].

Endüstriyel hammaddelerin inşaat sektöründe değerlendirilmesi üzerine çalışmalar devam etmektedir. Hazır beton üretiminde betonun dayanımı ve dayanıklılığı üzerine yapılan çalışmalarda değişik malzeme ve metotlar kullanılmaktadır [3]. Bu malzemelerden biride atık mermer tozudur. Mermer işleme tesislerinde mermerlerin düzgün geometrik şekil alabilmesi için kesilmesi gerekmektedir. Kesme işlemi sonunda mermer tozu ortaya çıkmaktadır. Mermer tozları sedimentasyon yöntemi ile çökeltilmekte veya doğrudan araziye bırakılmaktadır. Dolayısıyla çevre kirliliğinin azaltılması için mermer tozlarının farklı endüstri alanlarında değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Mermer toz atıklarının değerlendirilmesine yönelik olarak uygulamaya sokulabilecek alternatifler, mermer fabrika işletmecilerine ve ülke ekonomisine kazançlar sağlayabileceği gibi, bu fabrikaların çevreye verdikleri zararları da büyük ölçüde azaltacaktır [9].

Atık mermer tozunun betonda ince agrega veya mineral katkı olarak Kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla literatürde çeşitli çalışmalar mevcuttur. Örneğin Alyamaç ve İnce [4], kendiliğinden yerleşen betonda atık mermer tozunu filler malzeme olarak değerlendirmişlerdir. Yine Güneyisi vd. [5], kendiliğinden yerleşen harç numunelerde, mermer tozunu çimento ile yer değiştirecek şekilde kullanmışlardır. Aruntaş vd. [6], mermer toz atıklarını kendiliğinden yerleşen betonda çimento ile belli oranlarda yer değiştirerek kullanmış ve kendiliğinden yerleşen betonun maliyetini düşürdüğünden dolayı %15-20 oranlarında atık mermer tozunun kullanılabilirliğini belirtmişlerdir. Bir diğer çalışmada, mermer tozu ince malzeme ile belirli oranlarda yer değiştirerek normal betona ilave edilmiş ve donma-çözülme davranışı araştırılmıştır [7]. Bunlara ilaveten, asfalt beton karışımlarında atık mermer kırıklarının agrega olarak kullanımı veya mermer tozunun filler malzeme olarak kullanımının incelendiği çeşitli çalışmalara da literatürde rastlanmaktadır. [8 ve 9].

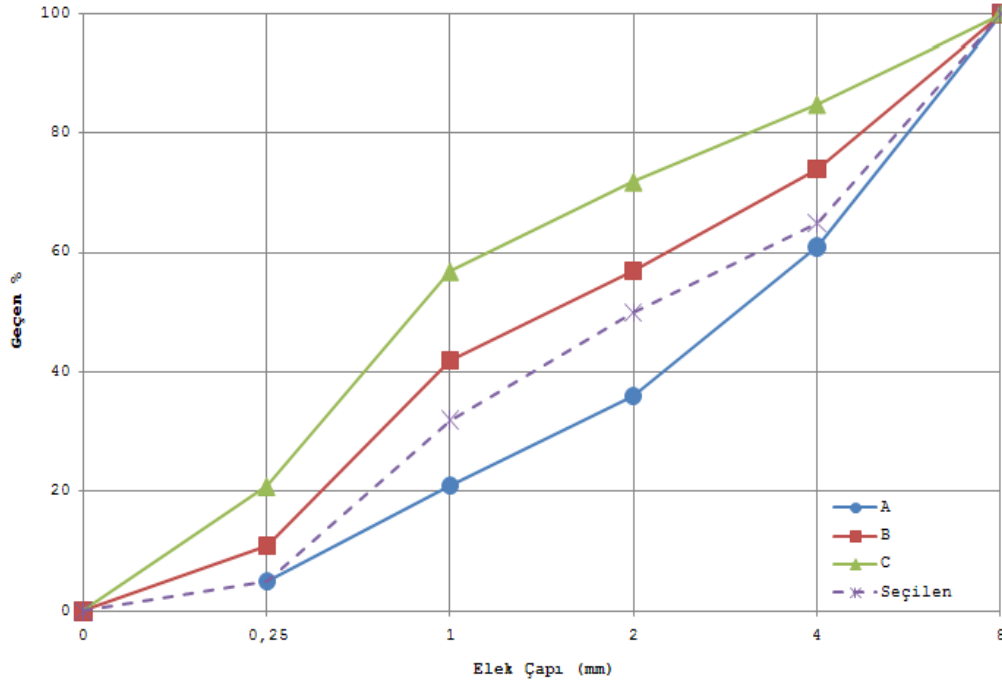
2. ÇALIŞMANIN ÖNEMİ (RESEARCH SIGNIFICANCE)

Bu çalışmada, farklı oranlarda cam lif içeren betonlara filler malzeme olarak atık mermer tozunun ilave edilmesi sonucu elde edilen numunelerin mekanik ve fiziksel özellikleri incelendi. Bu amaçla, 300 ve 350 dozlu olarak hazırlanan beton numunelerin üretimi sırasında karışıma 5, 10, 15 ve 20 kg/m³ oranlarında kırılmış cam lif ilave edilerek elde edilen bu serilere filler malzeme ile hacimce %25, 50, 75 ve 100 oranlarında yer değiştirecek şekilde atık mermer tozu ilave edildi. Elde edilen numuneler üzerinde porozite, sorptivite, ultrases

geçiş hızı, yarmada çekme dayanımı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirildi. Çalışma neticesinde, cam lif katkılı betonlara atık mermer tozu ilavesi ile elde edilen numunelerin basınç dayanımı, yarmada çekme dayanımı ve ultrases geçiş hızı artmış, porozite ve sorptivite değerleri de azalmıştır.

3. DENEYSEL ÇALIŞMA (EXPERIMENTAL STUDY)

Deney çalışmalarında kullanılan beton numunelerin hazırlanması amacıyla, agrega olarak Elazığ Palu yöresine ait yıkanmış dere agregası kullanılmıştır. Kullanılan agreganın maksimum dane çapı 8 mm seçilmiş ve bu agregaya ait granülometri eğrisi Şekil 1' de gösterilmiştir.



Şekil 1. Agrega granülometri eğrisi
(Figure 1. The grading curve of aggregate)

Çalışmalarda çimento olarak, Çimentoş Elazığ çimento fabrikasında üretilen CEM I tipi PÇ 42,5 portland çimentosu kullanılmıştır. Kullanılan çimentoya ait kimyasal ve fiziksel özellikler Tablo 1' de verilmiştir.

Tablo 1. Çimentonun özellikleri [10]
(Table 1. The properties of cement [10])

Kimyasal Kompozisyon (%)		Fiziksel Özellikler	
SO ₃	2,69	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	3,12
MgO	2,1	Özgül Yüzey (cm ² /gr)	3749
CI	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, Cam Elyaf Sanayi A.Ş. tarafından üretilen EMAT(1) cam lif keçeleri kullanılmıştır. Kullanılan cam life ait özellikler Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Cam lif özellikleri [11]
(Table 2. The properties of fiber glass [11])

Lif Çeşidi	Lif Boyu (mm)	Lif Çapı (µm)	Özgül Ağırlık (mg/m ³)	Elastisite Modülü (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)
Cam	12	14	2,68	72000	1700

Çalışmada 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 özellikleri Tablo 3' de verilmiştir.

Tablo 3. Mermer özellikleri [12]
(Table 3. The properties of marble [12])

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

Beton numunelerin üretimi esnasında, artan su ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla, Sika yapı kimyasalları A.Ş. tarafından üretilen, Sikament 98R ürün kodlu süper akışkanlaştırıcı ve priz geciktirici katkı maddesi kullanılmıştır. Süper akışkanlaştırıcı katkı maddesi deneylerde, üretici firma talimatlarına uygun olarak çimento ağırlığının %1 oranında kullanılmıştır. Deneylerde karışım suyu olarak Elazığ şehir şebeke suyu kullanılmıştır.

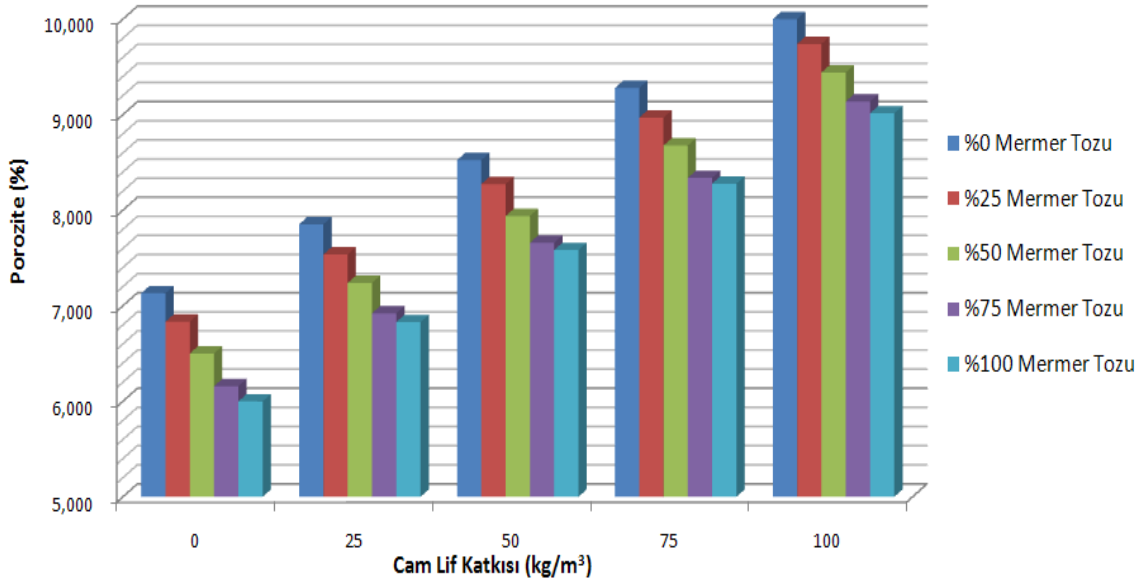
Deneylerde kullanılan 100 mm' lik küp beton numuneler, TS 802 [9]'de belirtilen beton karışım esaslarına göre hazırlanmıştır. Karışım hesabında su-çimento oranı olarak tüm serilerde 0.60 olarak belirlenmiştir. 300 ve 350 doz olarak hazırlanan beton numunelerin üretimi sırasında, karışıma 5, 10, 15, 20 kg/m³ oranlarında kırılmış cam lif ilave edilmiştir. Ayrıca beton karışımlarına hacimce filler malzeme yerine 25, 50, 75, 100 oranlarında atık mermer tozu ilave edilmiştir. Hazırlanan numunelerin karışım oranları Tablo 4' de verilmiştir. 24 saat sonunda kalıptan çıkarılan beton numuneler 28 gün boyunca 22±3 °C kirece doymun suda kür edilmiştir. Kür süresini tamamlayan numuneler üzerinde TS EN 772-4 [12]' e uygun olarak porozite tayini deneyi, ASTM C597-83 [13]' ye uygun olarak ultrases geçiş hızı deneyi, TS 4045 [14]' e uygun olarak kapiler su emme tayini deneyi, TS EN 12390-3 [15]' ye uygun şekilde basınç dayanımı deneyi ve TS EN 12390-6 [16]' ye uygun olarak yarmada çekme dayanımı tayini deneyi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. Beton karışımlarında kullanılan malzeme miktarları
(Table 4. The amount of material for mixture)

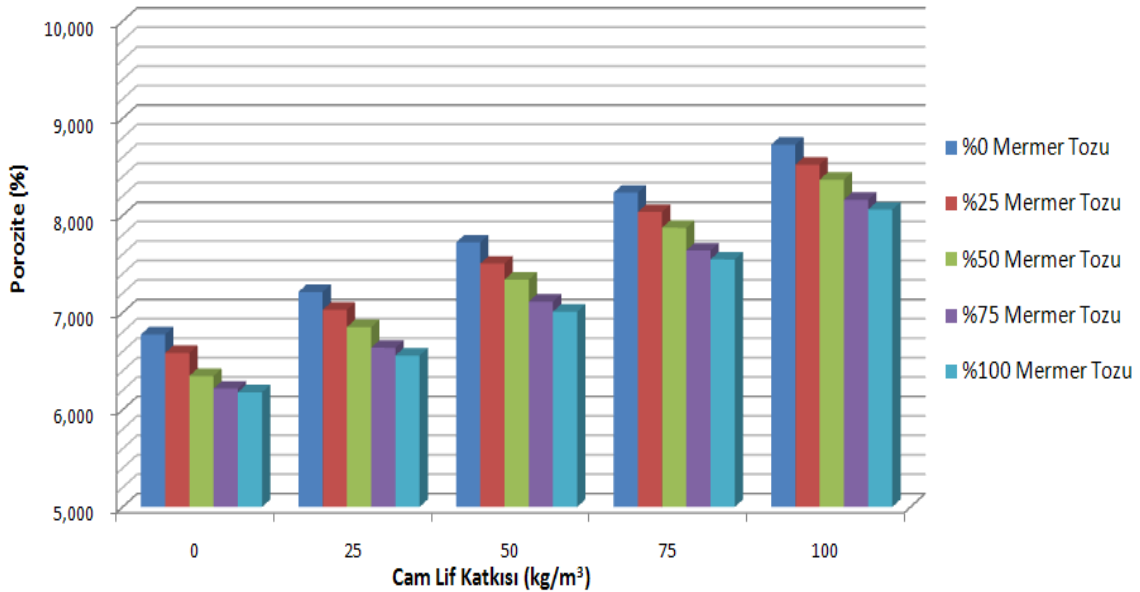
Numune	Çimento (kg)	Su (kg)	(0-0,25) Agrega (kg)	(0,25-4) Agrega (kg)	(4-8) Agrega (kg)	Cam Lif Miktarı (kg)	Mermer Tozu Miktarı (kg)
D300-K	300	190	85	1025	598	0	0
D300-CE0-MT25	300	190	64	1025	598	0	21
D300-CE0-MT50	300	190	43	1025	598	0	43
D300-CE0-MT75	300	190	21	1025	598	0	64
D300-CE0-MT100	300	190	0	1025	598	0	85
D300-CE5-MT0	300	190	85	1025	598	5	0
D300-CE5-MT25	300	190	64	1025	598	5	21
D300-CE5-MT50	300	190	43	1025	598	5	43
D300-CE5-MT75	300	190	21	1025	598	5	64
D300-CE5-MT100	300	190	0	1025	598	5	85
D300-CE10-MT0	300	190	85	1025	598	10	0
D300-CE10-MT25	300	190	64	1025	598	10	21
D300-CE10-MT50	300	190	43	1025	598	10	43
D300-CE10-MT75	300	190	21	1025	598	10	64
D300-CE10-MT100	300	190	0	1025	598	10	85
D300-CE15-MT0	300	190	85	1025	598	15	0
D300-CE15-MT25	300	190	64	1025	598	15	21
D300-CE15-MT50	300	190	43	1025	598	15	43
D300-CE15-MT75	300	190	21	1025	598	15	64
D300-CE15-MT100	300	190	0	1025	598	15	85
D300-CE20-MT0	300	190	85	1025	598	20	0
D300-CE20-MT25	300	190	64	1025	598	20	21
D300-CE20-MT50	300	190	43	1025	598	20	43
D300-CE20-MT75	300	190	21	1025	598	20	64
D300-CE20-MT100	300	190	0	1025	598	20	85
D350-K	350	220	79	953	556	0	0
D350-CE0-MT25	350	220	60	953	556	0	20
D350-CE0-MT50	350	220	40	953	556	0	40
D350-CE0-MT75	350	220	20	953	556	0	60
D350-CE0-MT100	350	220	0	953	556	0	79
D350-CE5-MT0	350	220	79	953	556	5	0
D350-CE5-MT25	350	220	60	953	556	5	20
D350-CE5-MT50	350	220	40	953	556	5	40
D350-CE5-MT75	350	220	20	953	556	5	60
D350-CE5-MT100	350	220	0	953	556	5	79
D350-CE10-MT0	350	220	79	953	556	10	0
D350-CE10-MT25	350	220	60	953	556	10	20
D350-CE10-MT50	350	220	40	953	556	10	40
D350-CE10-MT75	350	220	20	953	556	10	60
D350-CE10-MT100	350	220	0	953	556	10	79
D350-CE15-MT0	350	220	79	953	556	15	0
D350-CE15-MT25	350	220	60	953	556	15	20
D350-CE15-MT50	350	220	40	953	556	15	40
D350-CE15-MT75	350	220	20	953	556	15	60
D350-CE15-MT100	350	220	0	953	556	15	79
D350-CE20-MT0	350	220	79	953	556	20	0
D350-CE20-MT25	350	220	60	953	556	20	20
D350-CE20-MT50	350	220	40	953	556	20	40
D350-CE20-MT75	350	220	20	953	556	20	60
D350-CE20-MT100	350	220	0	953	556	20	79

4. BULGULAR VE TARTIŞMALAR (FINDINGS AND DISCUSSIONS)

Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda beton numunelere ait porozite tayini deney sonuçları aşağıda verilmiştir(Şekil 2, Şekil 3).

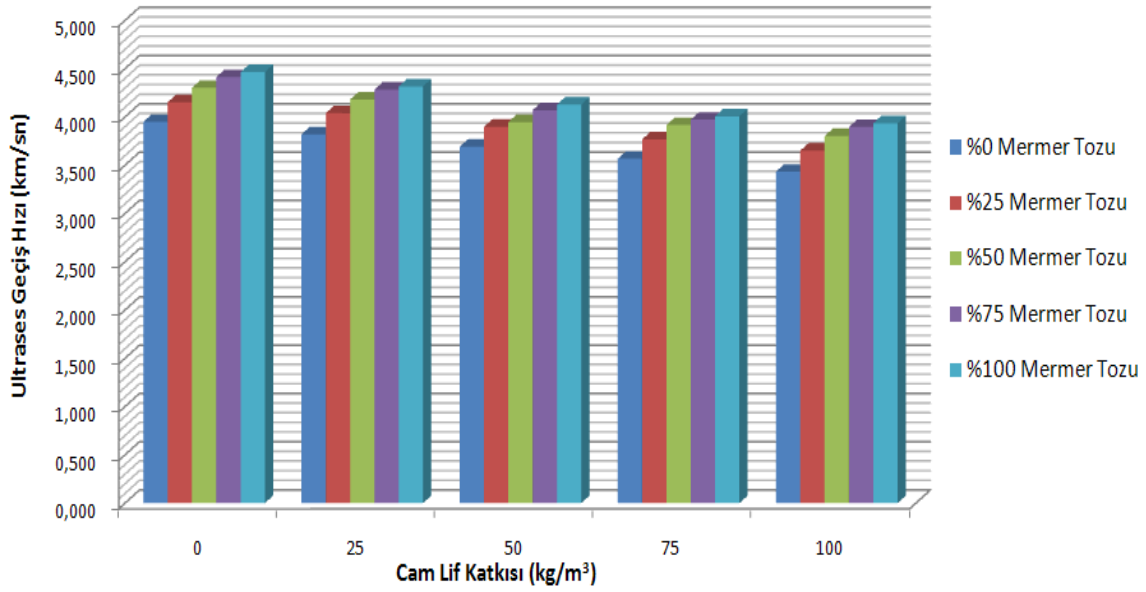


Şekil 2. 300 dozlu numunelere ait porozite deney sonuçları
(Figure 2. The results of the porosity test for 300 dose specimens)

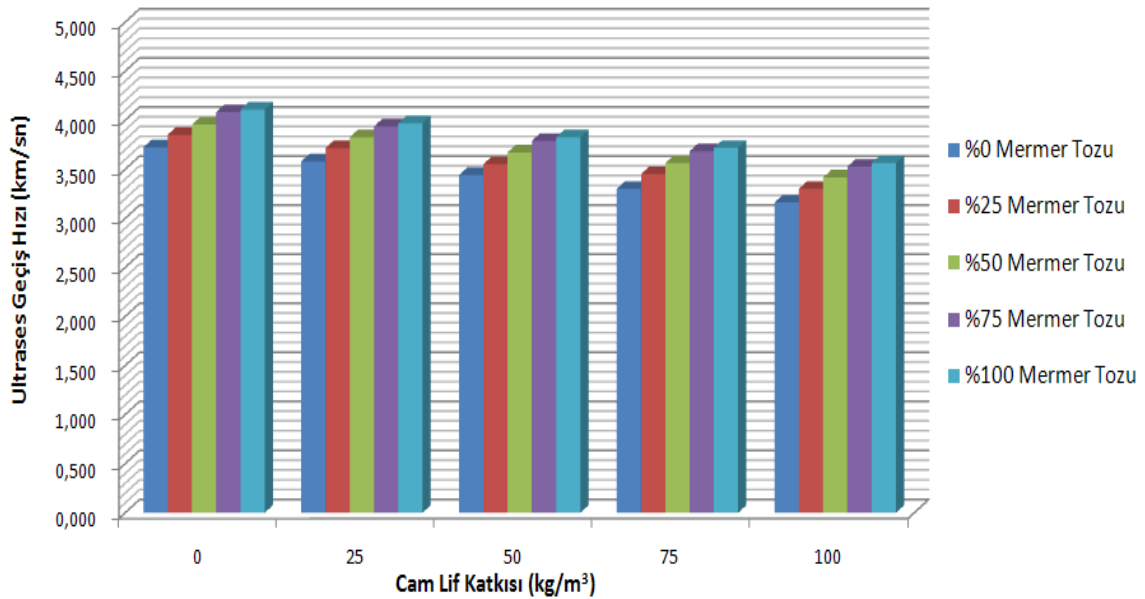


Şekil 3. 350 dozlu numunelere ait porozite deney sonuçları
(Figure 3. The results of the porosity test for 350 dose specimens)

Deneysel çalışmalar sonucunda, beton numunelere ait Ultrases geçiş hızı tayini deney sonuçları aşağıda verilmiştir(Şekil 4, Şekil 5).

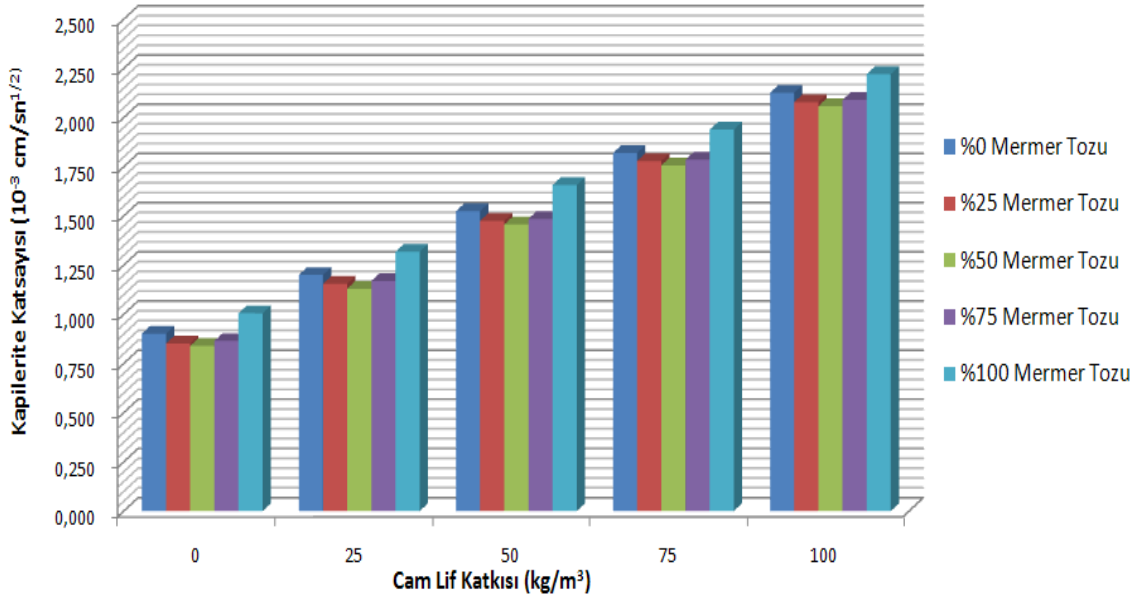


Şekil 4. 300 dozlu numunelere ait ultrases geçiş hızı deney sonuçları
(Figure 4. The results of the pulse velocity test for 300 dose specimens)

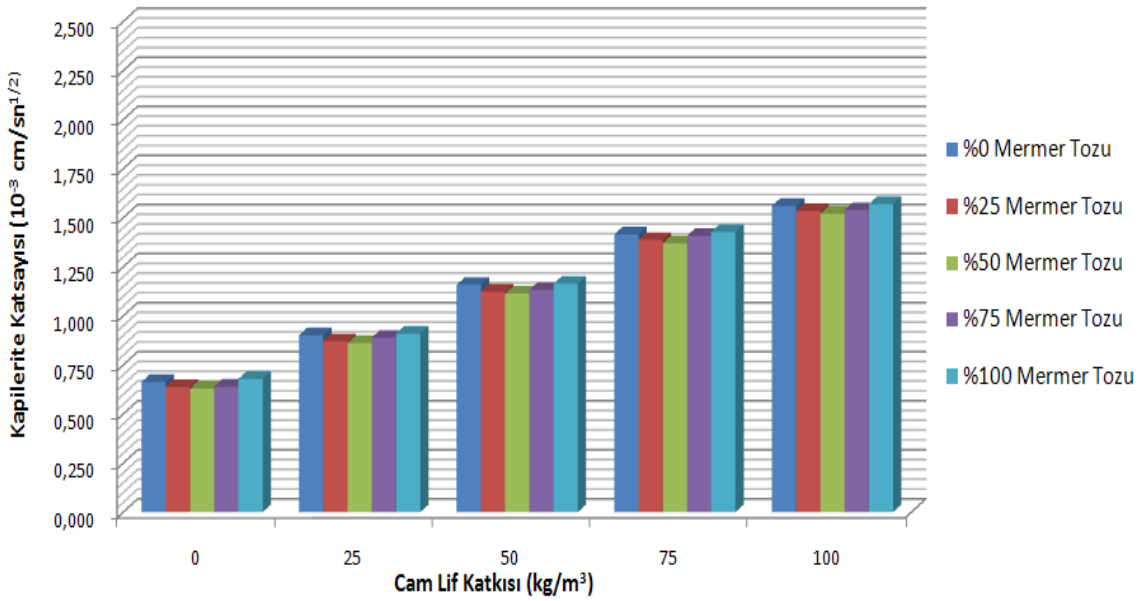


Şekil 5. 350 dozlu numunelere ait ultrases geçiş hızı deney sonuçları
(Figure 5. The results of the pulse velocity test for 350 dose specimens)

Beton numunelere ait Kapiler su emme tayini deney sonuçları aşağıda verilmiştir(Şekil 6, Şekil 7).

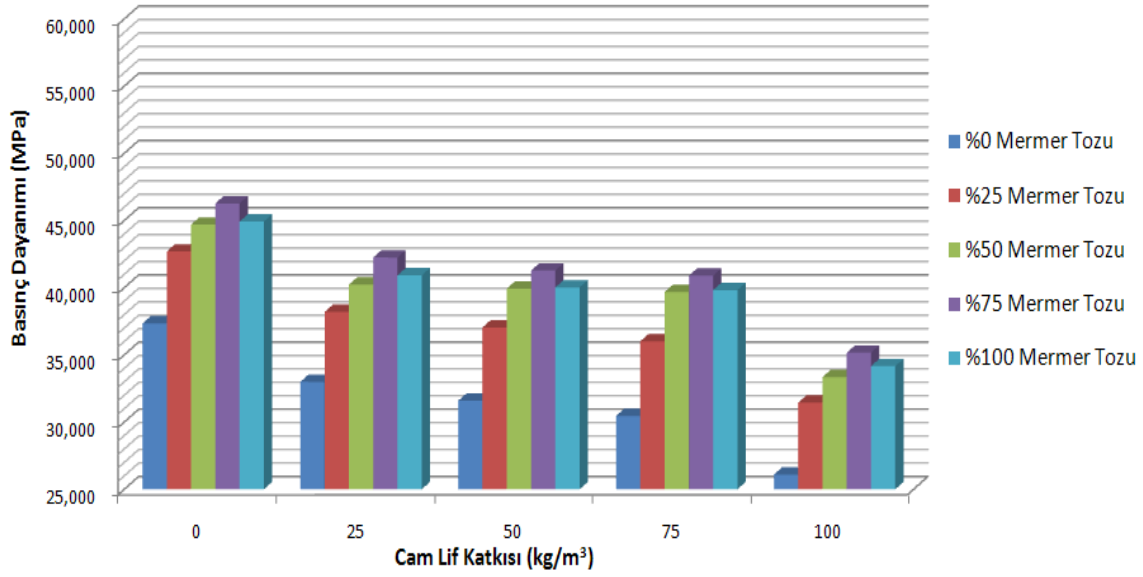


Şekil 6. 300 dozlu numunelere ait sorptivite deney sonuçları
(Figure 6. The results of the sorptivity test for 300 dose specimens)

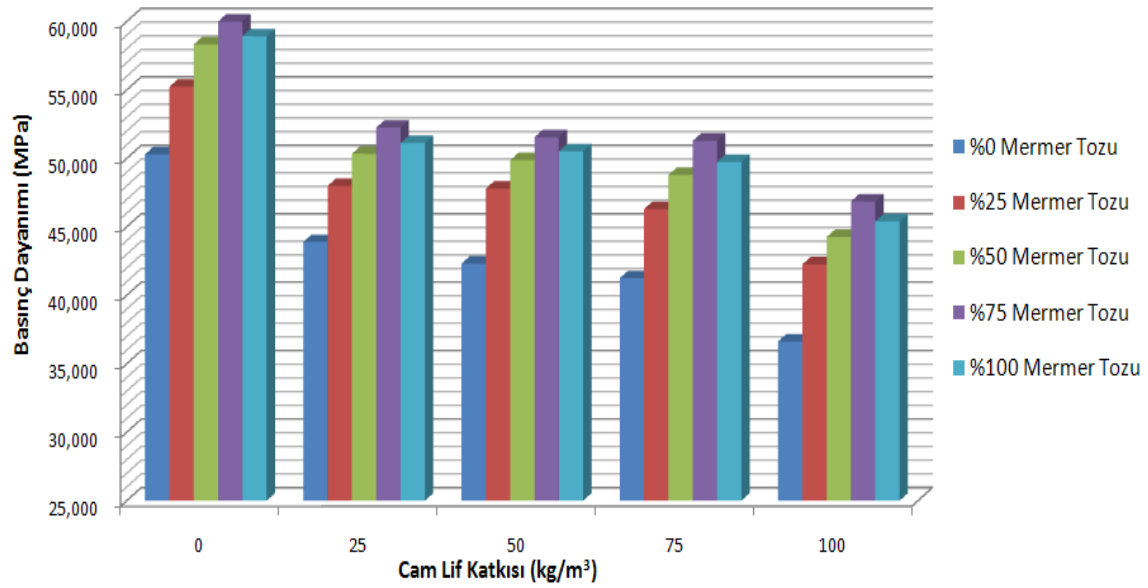


Şekil 7. 350 dozlu numunelere ait sorptivite deney sonuçları
(Figure 7. The results of the sorptivity test for 350 dose specimens)

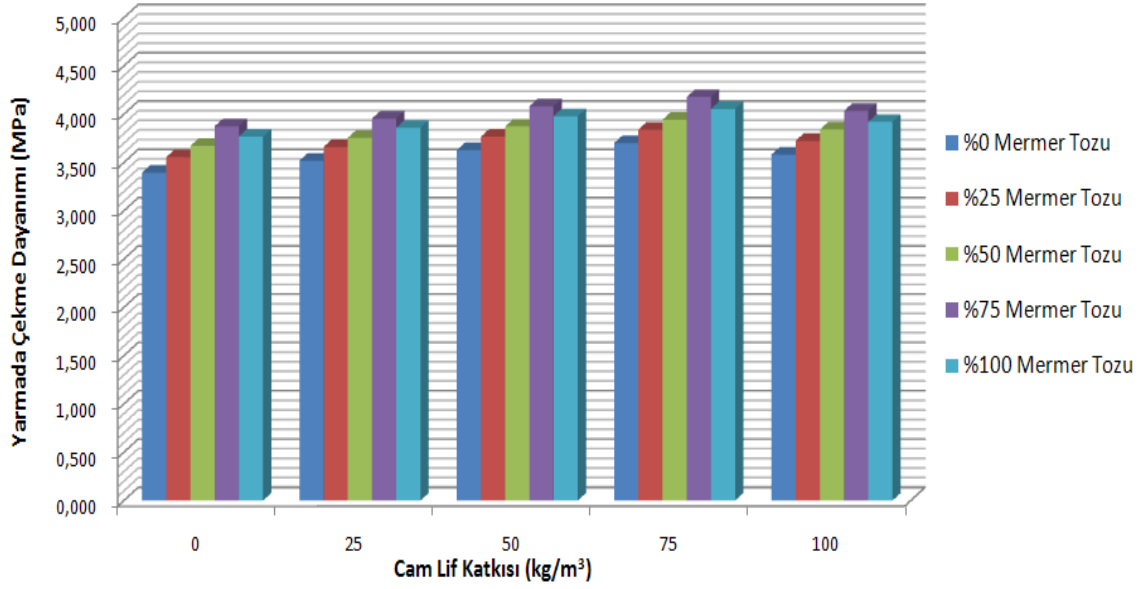
Beton numunelere ait basınç dayanımı deney sonuçları aşağıda verilmiştir(Şekil 8, Şekil 9).



Şekil 8. 300 dozlu numunelere ait basınç dayanımı deney sonuçları
(Figure 8. The results of the compressive strength test for 300 dose specimens)

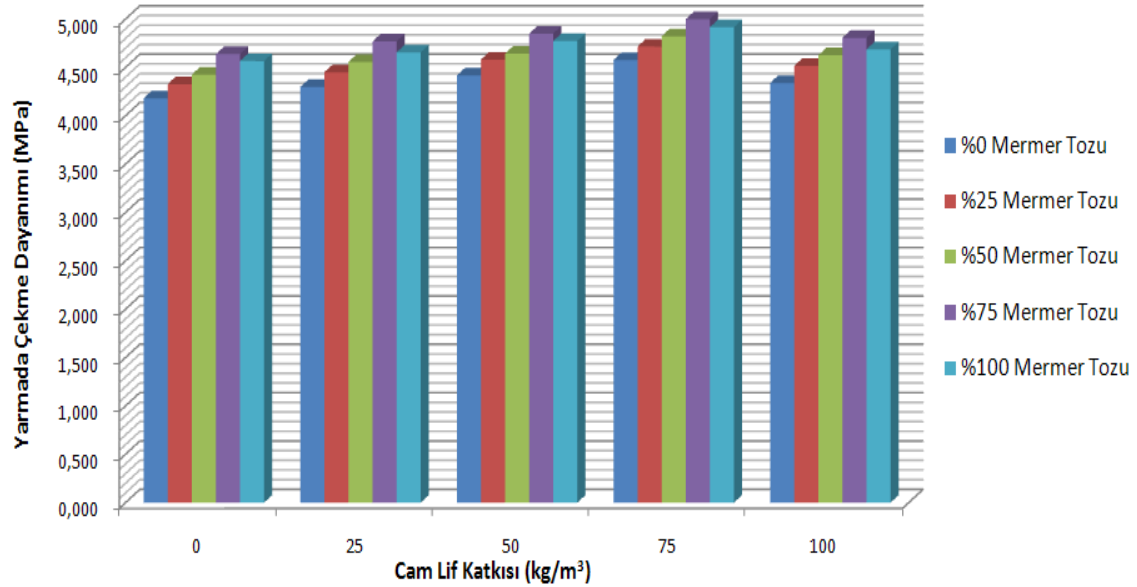


Şekil 9. 350 dozlu numunelere ait basınç dayanımı deney sonuçları
(Figure 9. The results of the compressive strength test for 350 dose specimens)



Şekil 9. 300 dozlu numunelere ait yarmada çekme dayanımı deney sonuçları

(Figure 9. The results of the splitting tensile strength test for 300 dose specimens)



Şekil 10. 350 dozlu numunelere ait yarmada çekme dayanımı deney sonuçları

(Figure 10. The results of the splitting tensile strength test for 350 dose specimens)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER (CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS)

Yapılan bu çalışma ile elde edilen sonuçlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir.

- Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda, cam lif ilavesinin artışı ile her iki dozaj durumunda da porozite değerinde artış olduğu görülmüştür. Bundan dolayı lif içeriğinin artmasının betondaki boşluk miktarının da artmasına sebep olduğu söylenebilir.

- Mermer tozu içeriğinin artışı ile numunelerin porozite değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Bu durum beton içerisindeki boşluk miktarlarının azaldığını göstermektedir.
- Ultrases geçiş hızı deney sonuçları porozite değerleri ile paralellik göstermektedir. Lif içeriğinin artması ile ultrases geçiş hızı azalmıştır.
- Mermer tozu içeriğinin artışı ile numunelerin ultrases geçiş hızı değerlerinde artış görülmüştür.
- Sorptivite deney sonuçları incelendiğinde, boşluk yapısı ile paralellikler görülmektedir. Lif içeriğinin artması kapiler su emme oranını arttırmıştır.
- Mermer tozu ilavesi özellikle düşük oranlarda (%25,50) kapiler su emme oranında azalmalara sebep olmaktadır. Yüksek mermer tozu oranlarında kapiler su emme oranı artmıştır.
- Deney sonuçları incelendiğinde basınç dayanımının cam lif miktarının artması ile düştüğü görülmüştür.
- Mermer tozu ilavesi ile basınç dayanım değerlerinde artışlar görülmektedir. %100 oranında mermer tozu ilavesinin beton basınç dayanım değerinde düşüşe sebep olmasına rağmen basınç dayanımı kontrol numunesine göre yüksektir.
- Yarmada çekme dayanımı deney sonuçları incelendiğinde, %5, %10 ve %15 oranlarında ilave edilen cam lif katkısı yarmada çekme dayanımını arttırmıştır. Cam lif oranı %20 olduğunda yarmada çekme dayanımı değerlerinde düşüş gözlemlenmiştir.
- Mermer tozu ilavesi yarmada çekme dayanımının artmasını sağlamış ancak %100 mermer tozu ikame eden numunelerde dayanım düşüşleri gözlemlenmiştir.
- Sonuçlar irdelendiğinde, atık mermer tozunun katkı malzemesi olarak cam lif ilaveli betonlarda kullanılabilir olduğu ve lif ilavesi ile zayıflayan beton özelliklerinin mermer tozu ile iyileştirildiği görülmüştür.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Yıldız, S. ve Ulucan, Z.Ç., (2008). Beton Borularda Cam Lif Katkısının Tepe Yük Dayanımına Etkisinin Araştırılması. Gazi Üniversitesi Müh. Mim. Fak. Dergisi, Cilt:23, Sayı:2, ss: 267-271.
2. Bölükbaş, Y., (2011). Cam Elyaf Katkılı Beton Numunelerin Mekanik Davranışlarının İncelenmesi ve Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
3. Ünal O., Uygunoglu T., (2003). "Atık Mermer Tozu Katkılı Betonların Donma Çözülme Etkisinde Mekanik Özelliklerinin Araştırılması", Türkiye 4. Mermer Sempozyumu, 147-157, Aralık.
4. Alyamaç, K.E. ve İnce R., (2009). "A preliminary concrete mix design for SCC with marble powders" Construction and Building Materials. 23: 1201-1210.
5. 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.
6. Aruntaş, Y.H., Dayı, M., Tekin, İ., Birgül, R. ve Şimşek, O., (2007). "Kendiliğinden Yerleşen Beton Özelliklerine Atık Mermer Tozunun Etkisi", 2. Yapılarda Kimyasal Katkılar Sempozyumu, 173-180, Ankara.

7. Karasahin M. ve Terzi S., (2007). "Evaluation of marble dust in the mixture of asphaltic concrete", Construction and Building Materials, 21, 616-620.
8. Akbulut H. ve Güner C., (2006). "Atık Mermerlerin Asfalt Kaplamalarda Agregat Olarak Değerlendirilmesi" İMO Teknik Dergi, 261 3943 -3960.
9. Demirel, B. ve Yazıcıoğlu, S., (2010). İnce Malzeme Olarak Kullanılan Atık Mermer Tozunun Betonun Mekanik Özellikleri Üzerine Etkisi. International Sustainable Buildings Symposium. Ankara, Bildiriler Kitabı, ss: 173-176.
10. Çimentaş Grup Elazığ, http://www.cimentas.com.tr/index.php/tr/products/detail/PR_EZ_42_5_N.
11. Cam Elyaf Sanayii A.Ş. <http://www.camelyaf.com.tr/urunlerimiz/detay.aspx?SectionID=ZHo2dvw%2fTooClChSdrytsA%3d%3d&ContentID=zM ZohgBeVsDvCSlSRj%2byMA%3d%3d>.
12. Alacakaya Mermer ve Maden İşletmesi San. ve Tic. A.Ş. <http://www.alacakaya.com/tr/>.
13. Türk Standartları Enstitüsü: TSE, (2009). TS 802: Beton Karışım Tasarımı Hesap Esasları. Ankara.
14. Türk Standartları Enstitüsü: TSE, (2000). TS EN 772-4: Kagit Birimler- Deney Metotları- Bölüm 4: Tabii Taş Kagit Birimlerin Toplam ve Görünen Porozitesi İle Boşluksuz ve Boşluklu Birim Hacim Kütlesinin Tayini. Ankara.
15. ASTM, (2002). ASTM C597-83: Standard Test Method for Pulse Velocity Through Concrete. Philadelphia.
16. Tasdemir, C., (2003). Combined Effects of Mineral Admixtures and Curing Conditions on the Sorptivity Coefficient of Concrete. Cement and Concrete Research, Cilt: 33, ss:1637-1642.
17. Türk Standartları Enstitüsü: TSE, (2010). TS EN 12390-3: Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini. Ankara.
18. Türk Standartları Enstitüsü: TSE, (2002). TS EN 12390-6: Beton - Sertleşmiş Beton Deneyleri - Bölüm 3: Deney Numunelerinde Yarmada Çekme Dayanımı Tayini. Ankara.