



Erciyes University Journal of the Institute of Science and Technology
Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi
 ISSN 1012-2354

Cilt (Volume) 27, Sayı (Issue) 2, Nisan/April-2011
<http://fbe.erciyes.edu.tr/>



Elazığ yöresi vişne mermer tozu katkılı hafif betonun basınç ve ultrasonik ses geçirgenliği özelliğinin araştırılması

Harun TANYILDIZI, Ahmet COŞKUN
 Fırat Üniversitesi, T.E.F., Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ

ÖZET

Bu çalışmada, mineral katkı olarak Elazığ yöresine ait vişneçürüğü mermer tozu, agrega olarak pomza taşı kullanılarak elde edilen taşıyıcı hafif betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği araştırılmıştır. Deneylerde kullanılan vişneçürüğü mermer tozu, çimento ağırlığının %0, %10 ve %20 'si oranında yer değiştirilerek kullanılmıştır. Numunelerin hazırlanmasında maksimum tane çapı (d_{max}) 16mm olan pomza taşı kullanılmıştır. Basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği deneyleri için 150×150×150 mm ölçülerindeki küp numuneler hazırlanmıştır. Numunelere 7, 14, 28 ve 90 gün 20±2 °C de standart su küri uygulanmıştır. Kür uygulanan numunelerin basınç dayanımı deneyleri yapılmış ve ultrasonik ses geçirgenlik hızları ölçülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, %10 mermer tozu katkılı beton numuneler 28. günden sonra kontrol betonuna göre daha iyi dayanım özelliği göstermeye başlamıştır. Ayrıca %20 mermer tozu katkılı hafif betonun basınç dayanımı değerleri kontrol betonuna göre daha düşük dayanım özelliği göstermiştir.

Anahtar Kelimeler

Hafif beton,
 Elazığ yöresi (vişne çürüğü) mermer tozu, basınç dayanımı, ultrasonik ses geçirgenliği.

Investigation of compressive strength and ultrasonic pulse velocity properties of lightweight concrete containing rosso levanto marble in Elazığ

ABSTRACT

In this study, the ultrasonic pulse velocity and compressive strength of lightweight concrete containing Rosso Levanto marble in Elazığ were investigated experimentally. In addition to concrete mixture with only Portland cement, concrete mixture with 0%, 10%, 20% of Rosso Levanto marble replaced with cement by weight was prepared. Maximum grain diameter of pumice stone is 16 mm. The 150×150×150 mm cube specimens were prepared for compressive strength and ultrasonic pulse velocity. The specimens were cured in standard curing conditions at 20±2 °C for periods of 7, 14, 28 and 90 days. The specimens were tested for compressive strength and ultrasonic pulse velocity. The results showed that compressive strength and ultrasonic pulse velocity of lightweight concrete containing 10% marble was obtained higher than that of control concrete after 28 day. Furthermore, lightweight concrete containing 20% marble was obtained lower than that of control concrete.

Keywords

Lightweight concrete,
 Rosso Levanto marble in Elazığ,
 compressive strength,
 ultrasonic pulse velocity.

1. Giriş

Mermerler, kalker (CaCO_3) ve dolomitik kalkerlerin ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) sıcaklık ve basınç altında metamorfizmaya uğrayarak tekrar kristalleşmesi sonucunda yeni bir yapı kazanmalarıyla meydana gelen taşlardır. Bu genel metamorfizma, oldukça derinlerde şiddetli basınç ve sıcaklığın etkisiyle olmaktadır. CaCO_3 kristallerinden oluşan mermerlerde esas mineral "Kalsit" tir. Aynı zamanda az miktarda silis, silika, feldspat, demiroksit, mika, florin ve organik maddeler bulunabilir. Renkleri genellikle beyaz ve grimsidir. Fakat yabancı maddeler nedeniyle sarı, pembe, kırmızı, mavimsi, esmerimsi ve siyah gibi renklerde de olabilirler. Mikroskop altında incelendiğinde, birbirine iyice kenetlenmiş "Kalsit Kristalleri" nden oluştuğu görülür [1, 2].

Dünya nüfusunun devamlı artışına paralel olarak artan tüketim anlayışı, sınırlı olan hammadde kaynaklarının hızla azalmaya başlaması sonucu mevcut kaynakların daha ekonomik olarak kullanılabilirliği dünyamız açısından önem kazanmıştır [3]. Mermerlerin gerek çıkarılışı gerekse işlenişi sırasında önemli miktarlarda kayıp olmaktadır. Çoğu mermer işletmelerinin bu konuda yeterli bilgiye sahip olmaması, gelişen teknolojiyi izleyememesi ve ocaklarda patlayıcı madde ve kompresör gibi ilkel metotların kullanılması bu kaybın artmasına yol açan başlıca nedenlerdir. Söz konusu mermer kaybı çoğu zaman %50 civarında olmaktadır [4].

Mermer atıkları parça boyutu olarak işleme tesisinden iki farklı ürün olarak çıkabilmektedir. Birinci ürün, iri boyutlu parça mermer atıkları, ikinci ürün ise koloidal yapıda büyük miktarı 150 mikronun altında olan maksimum parça boyutu 2 mm'ye ulaşabilen kesim toz atığı olmaktadır. Bunların değerlendirme alanları farklılık göstermektedir. İri boyutlu parça atıklar, inşaat sektöründe yapı elemanı olarak kullanılabilirken, toz atıklar ise doğrudan farklı endüstri dallarında kullanılabilme imkânı bulmaktadır [5]. Mermer atıklarının betonda ince malzeme olarak da kullanıldığı görülmüştür [6].

Pomza, volkanizma faaliyetleri esnasında ani soğuma ve gazların bünyeyi ani terk etmesi sonucu oldukça gözenekli bir yapı içeren ve dünya endüstrisinde yeni olmamakla beraber, ülkemiz endüstrisine son yıllarda girmeye başlamış ve değeri yeni anlaşılan volkanik kökenli bir madendir. Gözenekler birbirleriyle bağlantısız boşlukludur. Bu özelliğinden dolayı ısı ve ses iletkenliği oldukça düşüktür. Sertliği Mohs skalasına göre 5.5-6'dır. Bünyesinde kristal suyu yoktur. Kimyasal olarak tesirsiz ve % 75'e varan silisyum oksit muhtevasına sahiptir [7]. Birçok alanda kullanılan pomza en çok inşaat sektöründe, hafif betonlarda agrega olarak kullanılmaktadır [8, 9, 10]. Bu çalışmada, mermerlerin düzgün geometrik şekil alabilmesi için kesilmesi esnasında ortaya çıkan mermer tozu atıklarının pomza ile elde edilen hafif betonda mineral katkı malzemesi olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

2. Deneysel Çalışma

2.1. Malzemeler

Deneysel çalışmada kullanılan çimento, Elazığ Çimento Fabrikası'ndan temin edilen ve TS EN 197-1'de CEM I 42.5 olarak tanımlanan çimentodur [11]. Mineral katkı olarak Elazığ Vişne Mermerinin kesilmesi esnasında ortaya çıkan mermer tozu kullanılmıştır. Mermerin kesimi esnasında su

kullanıldığı için mermer tozu, çamur halinde temin edilmiştir. Bu çamur, etüvde tamamen kuruyup toz haline gelinceye kadar bekletilmiştir. Çimentonun ve Elazığ Vişne Mermeri tozunun fiziksel-kimyasal özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Çalışmada agrega olarak, Elazığ ili pomza yataklarından elde edilen siyahımsı renkli bazik pomza taşı kullanılmıştır. Agreganın özgül ağırlığı 2.00, su emme miktarı ise % 23'tür. Maksimum tane çapı 16 mm olarak seçilmiştir. Betonun iyi işlenebilmesi ve sıkışabilmesi için TS EN 934-2' ye göre yüksek oranda su azaltıcı süper akışkanlaştırıcı ve sertleşmeyi hızlandırıcı katkı maddesi kullanılmıştır [12].

Tablo 1. Çimentonun ve Elazığ Vişne mermerinin tozunun fiziksel - kimyasal özellikleri.

Bileşenler (%)	Portland Çimentosu	Mermer Tozu
SiO_2	21.12	17.02
Al_2O_3	5.62	1.06
Fe_2O_3	3.24	8.42
CaO	62.94	22.00
MgO	2.73	23.00
LOI	1.42	--
Özgül Yüzey (cm^2/gr , Blaine)	3430	2114
Özgül Ağırlık	3.10	2.75

2.2. Numunelerin Hazırlanması

Bu çalışmada agrega olarak pomza taşı kullanılarak elde edilecek taşıyıcı hafif betonda mermer tozunun mineral katkı olarak kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla 7, 14, 28 ve 90 günlük kür süreleri için üç farklı beton serisi hazırlanmıştır. Bu seriler; kontrol betonları (M 0), %10 mermer tozu katkılı betonlar (M 10) ve %20 mermer tozu katkılı betonlardan (M 20) oluşmaktadır. Tüm beton serilerinde aynı tane çapına sahip agrega kullanılmış olup, çimento dozajı 400 kg/m^3 olarak seçilmiştir. Katkı maddesi olarak kullanılan mermer tozu, Portland çimentosu ile ağırlık olarak yer değiştirilerek kullanılmıştır. Tüm beton serilerinde karışımların Slump deneyinin çökme değeri 7-10 cm arasında bulunmuştur. Basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği deneyleri için $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ ölçülerindeki küp numune kalıpları kullanılmıştır. Hazırlanan karışımlar, her defasında 25'er kez şişlenerek 3 aşamada kalıplara yerleştirilmiştir. Daha sonra numuneler, 1 gün bekletilip kalıplar söküldükten sonra 7, 14, 28, 90 gün $20 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de su küreğine tabi tutulmuşlardır. Hazırlanan beton numunelerin karışım oranları Tablo 2'de verilmiştir. Hazırlanan tüm numunelerin birim ağırlığı ise, TS EN 206-1'ya göre üst sınır olan 2000 kg/m^3 'ün altındadır [13].

2.3. Ygılanan Deneyler

2.3.1. Basınç Dayanımı Deneyi

Basınç dayanım deneyi her yaş için 3'er adet $150 \times 150 \times 150 \text{ mm}$ ölçülerindeki küp numuneler üzerinde, TS EN 12390-3'e göre yapılmıştır [14]. 7, 14, 28 ve 90 gün sonunda

numuneler 3000 kN yüklemeye kapasitesine sahip otomatik kontrollü preste kırılarak dayanım değerleri ölçülmüştür.

Tablo 2. Deneylerde kullanılan betonun karışım oranları.

Karışım	Çimento (kg/m ³)	Mermer Tozu (kg/m ³)	Su/Çimento	Agrega (kg/m ³)	Akışkanlaştırıcı (l/m ³)
M 0	400	--	0.81	1005	4.8
M 10	360	40	0.81	1003	4.8
M 20	320	80	0.81	1000	4.8

2.3.2. Ultrasonik Ses Geçirgenlik Deneyi

Ultrasonik test cihazı ile betonun içerisine gönderilen ses üstü dalgaların betonun bir yüzeyinden diğer yüzeyine geçme süresi ölçülüp, dalga hızı hesaplanmaktadır. Bulunan bu ses üstü dalga hızı ile betonun basınç dayanımı ve diğer özellikleri arasındaki ilişki elde edilmektedir [15]. Ultrasonik ses geçirgenliği deneyi her yaş için 3'er adet 150×150×150 mm ölçülerindeki küp numuneler üzerinde uygulanmıştır. Beton numunenin bir yüzeyinden gönderilen ses üstü dalganın diğer yüzeyine ne kadar zamanda geçtiği ölçüldükten sonra, dalga hızı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

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

Burada;

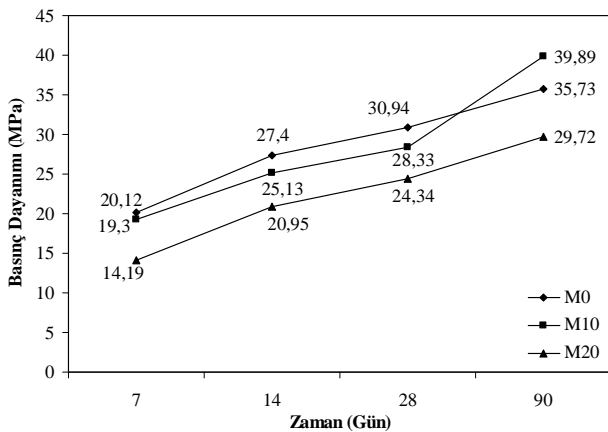
V = Ses üstü dalga hızı (km/sn),

S = Numunenin ses üstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzeyi arasındaki mesafe (metre),

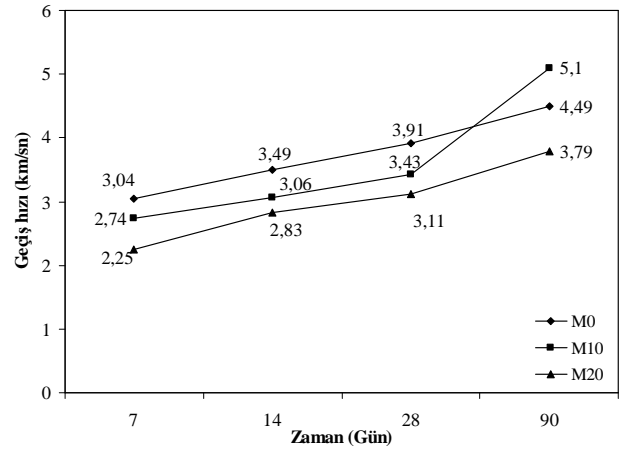
t = Ses üstü dalganın gönderilmiş olduğu beton yüzeyinden, alındığı diğer yüzeye kadar geçen zaman (mikro saniye) [15, 16].

3. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada, 36 adet 150×150×150 mm boyutlarında küp numune hazırlanmıştır. Hazırlanan numuneler 20± 2 °C'de standart su küründe 7, 14, 28 ve 90 gün kür edildikten sonra basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda, hafif agregalı ve mermer tozu katkılı hafif beton numunelerin elde edilen basınç dayanımı değişimleri Şekil 1'de, ultrasonik ses geçirgenliği hızlarının grafiği ise Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 1. Mermer tozu katkılı hafif beton numunelerinin basınç dayanımı grafiği



Şekil 2. Mermer tozu katkılı hafif beton numunelerinin ultrasonik ses geçirgenlik hızı

Şekil 1'de görüldüğü gibi 7, 14 ve 28 gün sonunda basınç dayanımı değerleri, kontrol betonunda (M 0) en yüksek değere ulaşmıştır. Fakat 28. günden sonra %10 mermer tozu katkılı numunelerin (M 10) değerlerinde artış başlamıştır. 90. günde %10 mermer tozu katkılı hafif betonun basınç dayanımı değeri kontrol betonunu geçmiştir. M 20 serisindeki numuneler her yaşta en düşük basınç dayanımı değerlerini vermişlerdir.

Şekil 2'deki ultrasonik ses geçirgenliği hızı grafiği incelendiğinde ise sonuçların, basınç dayanımları ile uyumluluk gösterdiği görülmektedir. Ultrasonik test yöntemiyle herhangi bir betonun basınç dayanımını yeterince hassas olarak bulabilmek zor olmakla birlikte, herhangi bir beton içerisinden geçen sesüstü dalganın hızı, o betonun içerdiği boşluk miktarı ile yakından ilgili olduğu için, elde edilen sesüstü hız ile betonun kalitesi hakkında genel bir ilişki kurulabilmek mümkündür. Bir başka deyişle, betonun içerisindeki boşluk miktarı azaldıkça, sesüstü dalga hızı daha da artmaktadır [15].

Yapılan bu çalışmada, uygulanan kür süresi ve artan mineral katkı maddesiyle birlikte betonda bulunan boşlukların azalmasından dolayı sesüstü dalga hızının arttığı görülmüştür. Böylece imal edilen hafif betonun boşluğu azaltılarak basınç dayanımı artmıştır. Beton serilerinin tüm yaşları için ultrasonik ses geçirgenliği ve basınç dayanımı değerlerindeki artış yüzdeleri Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 4. Hafif beton numunelerinin kür süreleri için basınç dayanımlarındaki yüzde oranları

Numune	7-14 gün arası	14-28 gün arası	28-90 gün arası
M0	36.2	13	15.5
M10	30.2	12.7	40.8
M20	47.6	16.2	22.1

Tablo 5. Hafif beton numunelerinin kür süreleri için ultrasonik ses geçirgenlik hızlarındaki artış oranları (%)

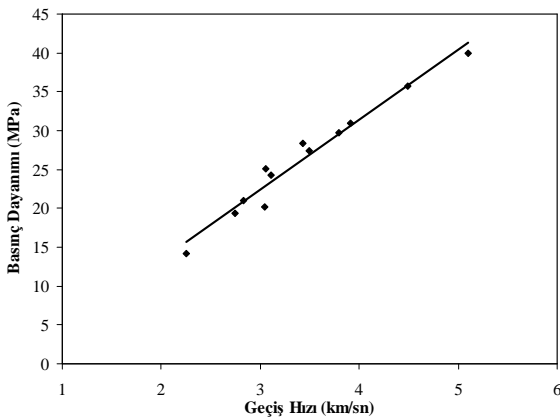
Numune	7-14 gün arası	14-28 gün arası	28-90 gün arası
M0	14.8	12	14.8
M10	11.7	12.1	48.7
M20	25.7	10	21.9

3.1. Deneysel Sonuçlarının Regresyon Analizi

Basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği arasındaki ilişkiyi belirleyebilmek için, deney sonuçlarına lineer ve nonlineer regresyon analizi yapılmıştır. Lineer regresyon analizinin grafiği Şekil 3'de, nonlineer regresyon analizinin grafiği ise Şekil 4-7'de verilmiştir. Bu grafiklerde amprik denklem için en uygun eğri çizilmiştir. Bu denklemlerde;
 y = Basınç dayanımını,
 x =Ultrasonik ses geçirgenliğini,

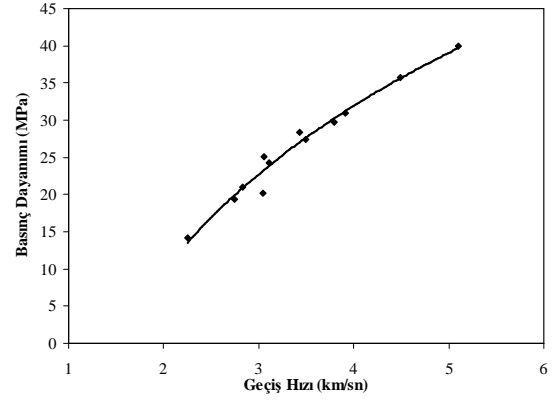
ifade etmektedir. Şekil 3'de bütün beton numunelerinin lineer regresyonu sonucunda elde edilen eğriye ait korelasyon katsayısı 0.961 ve denklem (2) bulunmuştur.

$$y = 8.9933x - 4.5701 \quad (2)$$

**Şekil 3.** Lineer regresyon analizi grafiği

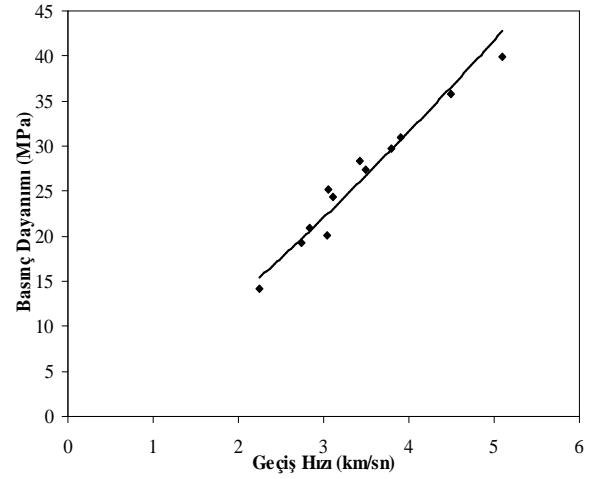
Şekil 4'de ise bütün beton numunelerinin nonlineer regresyonu sonucunda elde edilen eğriye ait korelasyon katsayısı 0.974 ve denklem (3) bulunmuştur.

$$y = 31.915\ln(x) - 12.317 \quad (3)$$

**Şekil 4.** Nonlineer regresyon analizi grafiği

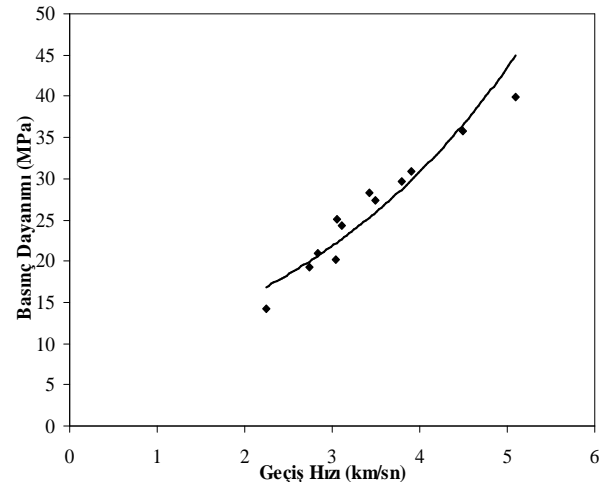
Şekil 5'te ise bütün beton numunelerinin nonlineer regresyonu sonucunda elde edilen eğriye ait korelasyon katsayısı 0.949 ve denklem (4) bulunmuştur.

$$y = 5.6031x^{1.2477} \quad (4)$$

**Şekil 5.** Nonlineer regresyon analizi grafiği

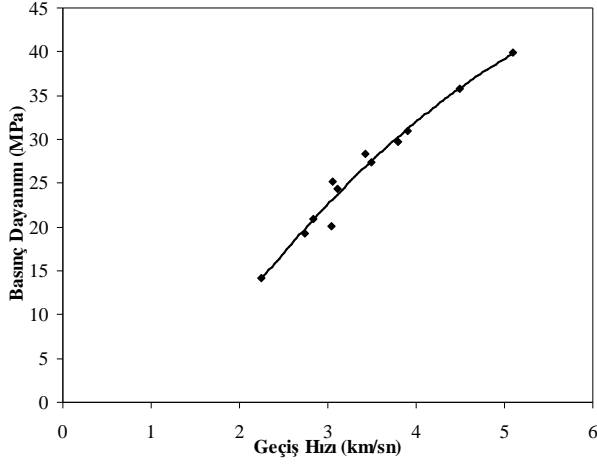
Şekil 6'da ise bütün beton numunelerinin üssel nonlineer regresyonu sonucunda elde edilen eğriye ait korelasyon katsayısı 0.897 ve denklem (5) bulunmuştur.

$$y = 7.7857e^{0.344x} \quad (5)$$

**Şekil 6.** Nonlineer regresyon analizi grafiği

Şekil 7'de ise bütün beton numunelerinin polinom regresyonu sonucunda elde edilen eğriye ait korelasyon katsayısı 0.974 ve denklem (6) bulunmuştur.

$$y = -1.1289x^2 + 17.332x - 19.245 \quad (6)$$



Şekil 7. Nonlineer regresyon analizi grafiği

4. Sonuçlar

- Agregata olarak pomza taşı kullanılması ile elde edilecek hafif betonda, mineral katkı malzemesi olarak Elazığ Vişne mermerinin tozunun kullanılabilirliği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda; katkı malzemesi olarak %20 mermer tozu kullanılması, betonun basınç dayanımı ve ultrasonik ses geçirgenliği değerlerini, kontrol betonun değerlerinden daha aşağıya düşürdüğü görülmüştür. Fakat mermer tozu %10 oranında kullanıldığında, kontrol betonuna göre 28. günden sonra büyük bir artış olmuştur. 28 ile 90. günler arasında basınç dayanımı yaklaşık olarak %40 oranında artmıştır.
- Elde edilen beton serileri, TS EN 206-1'e göre LC 40/44 sınıfına girmektedir [16]. Bu yüzden, hafif ve daha iyi dayanım özelliklerine sahip taşıyıcı hafif beton üretilip betonarme yapılarda rahatlıkla kullanılabilirliği görülmüştür.
- Denklem 2'de korelasyon katsayısı 0.962, denklem 3'de 0.974, denklem 4'de 0.949, denklem 5'de 0.897, denklem 6'da 0.974'tür. En yüksek korelasyon katsayısı denklem 6'da 0.974 olarak polinom regresyonu kullanılarak bulunmuştur.
- Mermer tozlarının belirli oranlarda beton karışımında kullanılması betonun dayanımını artırdığı görülmüştür. Bu açıdan işleme sonucu açığa çıkan mermer atıkları diğer sanayilerde olduğu gibi hazır beton tesislerinde de katkı maddesi olarak değerlendirilebilir. Kesim esnasında kullanılan sudan dolayı çamur halinde bulunan mermer tozları havuzlarda biriktirilmektedir. Daha sonra ise bu çamurlar boş arazilere, dere yataklarına vb. yerlere dökülmektedir. Böylelikle çağımızın sorunu olan çevre kirliliği daha da artmaktadır. Atık durumdaki mermer tozlarının kullanılmasıyla ekonomiye katkı sağlamanın yanında, çevresel kirliliğinde azaltılması mümkün olacaktır.

5. Semboller

- V = Ses üstü dalga hızı (km/sn),
- S = Numunenin ses üstü dalga gönderilen yüzeyi ile dalganın alındığı yüzeyi arasındaki mesafe (metre),

- t = Ses üstü dalganın gönderilmiş olduğu beton yüzeyinden, alındığı diğer yüzeye kadar geçen zaman (mikro saniye)
- y = Basınç dayanımını,
- x = Ultrasonik ses geçirgenliğini,

KAYNAKLAR

1. Gürü, M., Akyüz, Y., ve Akın, E., Mermer Tozu/Polyester Kompozitlerde Dolgu Oranının Mekanik Özelliklere Etkileri, Politeknik Dergisi, Vol. 8, No. 3, pp. 271-274, 2005.
2. <http://tr.wikipedia.org/wiki/Mermer>
3. http://tr.wikipedia.org/wiki/Mermer_Atıklarının_Değerlendirilmesi
4. Bilgin, M. And Çakır, E., Mermer Araştırması, İstanbul Ticaret Odası, 1998.
5. Ersoy, B., Afyon Bölgesinde Bulunan Mermer İşleme Tesisi Atık Sularının Flokülasyon Yöntemiyle Arıtılması, Afyon Kocatepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi, 2005.
6. Ünal, O., Kibici, A., Mermer Tozu Atıklarının Beton Üretiminde Kullanılmasının Araştırılması, Türkiye III. Mermer Sempozyumu (Mersem 2001) Bildiriler Kitabı, Afyon, 2001.
7. www.isbasbims.com
8. Ceylan, H., Farklı Pomza Agregata Türlerinden Elde Edilen Hafif Betonun Sıcaklık Etkisindeki Karakteristiği, SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Isparta, 2005.
9. Coşkun, A., Tanyıldızı, H. ve Yazıcıoğlu, S., Elazığ Yöresi Pomza Taşı İle Elde Edilen Taşıyıcı Hafif Betonun Mekanik Özelliklerine Uçucu Külün Etkisi, GAP V. Mühendislik Kongresi Bildiriler Kitabı, Şanlıurfa, Türkiye, 2006.
10. Topçu, İ. B., Uygunoğlu, T. ve Ünal, O., Otoklavlarda Kür Edilmiş Pomzalı Hafif Betonun Özellikleri, Türkiye Pomza Sempozyumu ve Sergisi, Isparta, Türkiye, 2005.
11. TS EN 197-1, Çimento- Bölüm 1: Genel Çimentolar- Bileşim, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
12. TS EN 934-2, Kimyasal Katkılar- Beton, Harç ve Şerbet İçin- Bölüm 2: Beton Katkıları- Tarifler ve Özellikler, Uygunluk, İşaretleme ve Etiketleme, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2002.
13. TS EN 206-1, Beton -Bölüm 1: Özellik, Performans, İmalat ve Uygunluk, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2000.
14. TS EN 12390-3, Beton-Sertleşmiş Beton Deneyleri- Bölüm 3: Deney Numunelerinde Basınç Dayanımının Tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2003.
15. Erdoğan, T. Y., Beton, ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık ve İletişim A.Ş. Yayını, Ankara, 2003.
16. ASTM C 597, Standard Test Method For Pulse Velocity Through Concrete, Annual Book of ASTM Standards, 1994.