AHLAT TAŞI (İGNİMBRİT) ATIKLARININ TAŞUNU OLARAK BETON İÇİNDE KULLANILABİLİRLİĞİNİN ARAŞTIRILMASI

INVESTIGATION OF USABILITY OF AHLAT STONE (IGNIMBRITE) WASTE AS STONE POWDER IN CONCRETE

Mürsel ERDAL [a], Osman ŞİMŞEK [b]

[a] Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Ankara, Türkiye, merdal@gazi.edu.tr

[b] Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Ankara, Türkiye, simsek@gazi.edu.tr

Özet

Bu çalışmada, Ahlat taşının (ignimbrit) ocaklardan çıkarılması ve uygun boyutlara getirilmesi sırasında ortaya çıkan atıklardan elde edilen taşunlarının beton içerisinde kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, % 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında Ahlat taşunu çimento yerine ikame edilerek, beton harç çubukları hazırlanmıştır. Karşılaştırma yapmak amacıyla Andezit ve Kalker taşunlarından da aynı oranlarda çimento yerine ikame edilerek harç numunesi hazırlanmıştır. Sonuç olarak % 5 oranında taşunu ilave edilerek hazırlanan bütün betonların, ikame yapılmadan üretilen normal betonlarla benzer basınç ve çekme dayanımlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda % 5 oranında taşunu ilave edilerek beton üretilmesinin, hem taşunu atıklarının kullanılmasından dolayı çevreye verilen zararı önlemede, hem de çimento kullanılmasını azaltacağından dolayı çimento üretiminden kaynaklanan çevre zararlarını önlemede yardımcı olacaktır. Aynı zamanda çimento yerine kullanıldığından ekonomik anlamda da fayda sağlayacaktır.

Anahtar kelimeler: Ahlat taşı, taşunu, beton, atık

Abstract

In this study, usability of stone powders obtained from the wastes during the processing of Ahlat stone (ignimbrite) in concrete was investigated. For this purpose, Ahlat stone powder used in 0, 5, 10, 15, 20, 25 % proportions. Concrete mortar samples were prepared by this way. In order to compare the performance of Ahlat stone powder, andesite and limestone powder were also prepared as with same proportions. As a result it was determined that all concrete samples that are prepared using 5 % stone powder yielded same results of compression and tensile strength values with samples using no stone powder addition. In this regard 5 % stone powder addition can lower the cement consumption and it will also decrease environmental pollution due to stone wastes. As a result it can be concluded that 5 % stone powder addition will be both economically and environmentally advantageous.

Keywords: Ahlat stone, stone powder, concrete, waste

1. Giriş

İnşaat sektöründe, tras, uçucu kül, silis tozu, taşunu ve benzeri mineral katkıların kullanımı çok eskilere dayanmaktadır. Ülkemiz çimento üretiminde, katkılı çimentoların payı 1980'li yıllardan itibaren, toplam üretim içerisinde % 90'ların üzerine çıkmıştır [1]. Yüksek mukavemetli betonlara duyulan ihtiyaç, mikrofiller malzemelere olan ilgiyi artırmıştır. Bu çok ince, un haldeki malzemenin süper akışkanlaştırıcılarla birlikte çimentolu sistemlerde kullanılması, daha az boşluklu bir yapı oluşturulmasını sağlamış, taze ve sertleşmiş betonun özelliklerine olumlu katkısı nedeniyle de ilgi alanı haline gelmiştir [2, 3].

Taşunlarının, beton üretiminde kullanımı ile ilgili son yıllarda artan sayıda çalışmaya rastlanmaktadır [4, 5]. Kalker taşununun ince malzeme olarak, harç ve beton özelliklerine olumlu etkisi olduğu belirtilmektedir [6, 7]. Bazı araştırmacılar kireçtaşının klinker ile birlikte öğütülerek kullanılmasını [8], bazıları da betonun mekanik özelliklerini ve dayanıklılığını iyileştirmek için çimento ya da kumun ince kısmının yerine kullanılmasını önermekte ve bu uygulamaların, harç ve beton özelliklerindeki etkisini incelemektedirler [9-12].

Birçok araştırmacı kalker taşununun çimento özelliklerine etkisini incelemiş ve kalker taşununun % 5-6 oranında klinkerin öğütülmesi sırasında katılmasının, negatif bir etki yapmadığını belirlemişlerdir [13]. Kalker taşununun hacimce çimentodaki miktarının harç ve beton özelliklerine etkisinin incelendiği bir çalışmada, taşununun hacimsel oranının artması ile basınç dayanımları arasında ters bir orantı olduğu saptanmıştır [11]. Üç çeşit (kuvars, granit ve kalker) taşunu kullanılan bir araştırmada, portland çimentosu hidratasyonunun hızlandığı, dayanımda ise iyileşmenin sağlandığı görülmüştür. Taşunu miktarı arttıkça, taze betonda su ihtiyacının arttığı, basınç dayanımlarında şahit betona göre, özellikle ileriki yaşlarda, %10 oranındaki ikamelerde daha iyi sonuçlar alındığı belirtilmiştir [7]. Kalker taşunu kullanımı, taze betonda kohezyonu artırmaktadır [6]. Çimento yerine taşunu kullanılarak yapılan bir çalışmada, şahit betona göre basınç dayanımlarında ileri yaşlarda daha iyi sonuçlar elde edilmiştir [14].

Taşunu, çimento yerine kullanılmasının dışında, ince agrega yerine de kullanılmaktadır. Kalker taşunu, yüksek fırın cürufu, silisli taşunu ve kimyasal katkının birlikte kullanıldığı bir çalışmada, taze betonun plastik viskozitesinin arttığı görülmüştür [15]. Harç içinde ince kum yerine % 0-20 arasında taşunu kullanılan bir araştırmada, taşunu miktarı arttıkça, su ihtiyacının ve su emme yüzdelerinin doğru orantılı olarak arttığı gözlenmiştir [7]. İnce agrega yerine taşununun kullanıldığı diğer bir çalışmada, taşunu oranı arttıkça kıvamın ve havanın azaldığı, ikamenin % 10 olduğu durumda, basınç ve eğilmede çekme dayanımının maksimuma ulaştığı ve su emmenin şahit beton değerine yakın olduğu saptanmıştır [16]. Kalker taşununun kısmen kum yerine kullanılması, taze betonda kohezyonu artırmakta ve basınç dayanımı üzerinde belirgin bir etki yapmamaktadır. Kalker taşunu kullanılan portland çimentosu harçları, erken dayanımlarda belirgin bir artış göstermemekte, 28. güne doğru özellikle yüksek oranda kalker taşunu içeren karışımlarda dayanım artmaktadır [17].

2. Malzeme ve Metot

2.1. Malzeme

2.1.1. Agrega

Agrega olarak, Set Çimento Fabrikası tarafından hazırlanan TSE EN 196-1 [18]'e uygun Rilem Cembureau Standart kumu kullanılmıştır.

2.1.2. Katkı malzemesi

Katkı malzemesi olarak Ahlat, Andezit ve Kalker taşunları kullanılmıştır.

Ahlat taşunu, Bitlis'in Ahlat ilçesi Ovakışla yolu üzerindeki, Kuruçayır ve Değirmençay mevkiinde bulunan ocaklardan çıkarılan yöresel adıyla Ahlat taşı olarak bilinen ignimbritten elde edilmiştir. Blok halinde çıkarılan kayaçların koyu ve açık kahverengi olanlarından alınan ignimbrit parçaları öğütülerek 0.25 mm elek altına geçen kısmı beton üretiminde kullanılmıştır. Taş ocağının mevki haritası Şekil 1'de, genel görünümü ise Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. Taş ocağının mevki haritası



Şekil 2. Taş ocağının genel görünümü

Ahlat taşı olarak bilinen ignimbritlere MTA'da petrografik analiz yapılmış ve sonucunda kayacın çeşitli mineraller ile başka kayaç parçalarından oluştuğu anlaşılmıştır. Hem koyu kahverengi hem de açık kahverengi kayaçlarda yönlenme izlenmektedir [19].

Kayaçlar, bağlayıcı; "iğ" ve "y" şeklinde cam yongaları içeren tümüyle demir oksit ve hidroksitleriyle boyanmış volkanik cam ve dissemine halde granüle opak mineral içermektedirler. Kayaçlarda, feldspat (plajioklas) ve piroksen kristal parçaları bulunmaktadır. Ayrıca, sadece koyu kahverengi kayaçlarda pomza mevcuttur. Yüzey kayaç parçaları demir oksit ve hidroksitleriyle boyanmış, altere yüzey kayaç parçalarıdır. Ahlat ignimbritinin kimyasal analizi Tablo 1'de verilmiştir [19].

Tablo 1. Ahlat ignimbritinin kimyasal analizi

Kimyasal Bileşim	Açık Kahverengi Ahlat Taşı	Koyu Kahverengi Ahlat taşı
Na_2O	5.51	5.46
MgO	0.24	0.53
Al_2O_3	16.01	15.33
SiO_2	64.11	64.05
K_2O	4.78	4.81
CaO	1.64	2.00
TiO_2	0.44	0.42
Fe_2O_3	4.91	4.90
Toplam	97.64	97.50

TS 25 [20]'e göre Al_2O_3+SiO_2+Fe_2O_3 toplamı % 70'i geçen malzemelere doğal Puzolan denmektedir. Tablo 1 incelendiğinde açık kahverengi Ahlat taşı içerisinde bulunan Al_2O_3, SiO_2 ve Fe_2O_3 maddelerin toplamı % 85.03, koyu kahverengi Ahlat taşı içerisinde ise % 84.28'dir. Bu bağlamda Ahlat taşı doğal Puzolan olarak değerlendirilebilir.

Andezit mağmatik kayaçlar grubundandır. Petrografik açıdan andezit taşununda bulunan en önemli mineraller; plajioklaz-hornblend-biotitlerdir. Ayrıca bunlara ilave olarak demiroksit-manyetit ve kilde mevcuttur. Hamuru killeşmiş ve demir oksitleşmiş, hem biotitlerin hem de hornblendlerin kristalleri tamamen manyetit'e dönüşmüş olup kenarlarından itibaren demir oksitleşmiştir [4].

Kalker tortul kayaçlar grubundandır. Yapılan petrografik analiz sonucunda, miliolid mikrofosilleri ile mikritik kalsitlerden yapılma, yuvarlak şekilli, iç yapısız kalsit topaçlarının kripto kristalin kalsitlerle bağlanmasından oluşmuştur. Bazen mikrospari kalsitlerinin, çimentonun yerini de aldığı gözlenmiştir [4].

2.1.3. Çimento

ÇİMSA Çimento Sanayi ve Ticaret A.Ş. Eskişehir Çimento Fabrikası'nın üretimi olan CEM I 42.5 R çimentosu kullanılmıştır. Bu çimentoya ait özelikler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kullanılan çimentonun kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Bileşim	CEM I 42.5 R Çimentosu
SiO_2	19.23
Al_2O_3	5.44
Fe_2O_3	3.48
CaO	63.62
MgO	0.88
P_2O_5	0.09
K_2O	0.55
Na_2O	0.68
SO_3	2.17
Cl	0.01
Kızdırma kaybı	3.20
Fiziksel Özellikler	
İncelik (cm^2/g)	2860.00
Özgül ağırlık (g/cm^3)	3.11

2.1.4. Su

Karışım ve kür suyu olarak Ankara şebeke suyu kullanılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Numunenin hazırlanması ve kürü

Ahlat taşı (ignimbrit) atıklarının taşunu olarak beton içinde kullanılabilirliğini araştırmak amacıyla ağırlıkça % 0, 5, 10, 15, 20 ve 25 oranlarında Ahlat, Andezit ve Kalker taşunları çimento yerine ikame edilerek, 40x40x160 mm ebatlarında toplam 48 adet beton harç çubuğu, TS EN 196-1 [18] Standardına uygun olarak hazırlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Beton harç çubuğu

Harç hazırlanırken su/çimento oranı 0.50 olarak sabit tutulmuştur. Hazırlanan numuneler 20±2°C sıcaklıktaki kür tankında 28 gün süreyle TS EN 196-1 [18] standardına uygun olarak kür edilmiştir. Karışıma giren malzemeler ve miktarları Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Karışıma giren malzeme miktarları

Numune	Agrega (g)	Çimento (g)	Taşunu (g)	Su (lt)
% 0	1350	450.0	0.0	0.225
% 5	1350	427.5	22.5	0.225
% 10	1350	405.0	45.0	0.225
% 15	1350	382.5	67.5	0.225
% 20	1350	360.0	90.0	0.225
% 25	1350	337.5	112.5	0.225

2.2.2. Eğilme dayanımı deneyi

Numunelerin eğilme dayanımını belirlemek üzere ELE Marka çimento pres test cihazı kullanılarak TS EN 196-1 [18] standardına uygun olarak numuneler kırılmış ve maksimum kuvvet belirlenmiştir (Şekil 4). Deney gerçekleştirilirken yükleme hızı 50 N/s olarak alınmıştır. Bulunan maksimum kuvvet Denklem 1 kullanılarak numunelerin eğilme dayanım değerleri belirlenmiştir.

$$R_f = \frac{1.5 \times F_f \times l}{b^3} \qquad (1)$$

Burada;
R_f: Eğilme dayanımı (N/mm^2)
F_f: Prizmanın kırıldığı anda ortasına uygulanmış kuvvet (N)
l: Mesnet silindirleri arasındaki uzaklık (mm)
b: Prizmanın kare kesitinin kenar uzunluğu (mm)'dur.



Şekil 4. Eğilme dayanımı deney düzeneği

2.2.3. Basınç dayanımı deneyi

Numunelerin basınç dayanımını belirlemek üzere ELE Marka çimento pres test cihazı kullanılarak TS EN 196-1 [18] standardına uygun olarak numuneler kırılmış ve maksimum kuvvet belirlenmiştir (Şekil 5). Deney gerçekleştirilirken yükleme hızı 2400 N/s olarak alınmıştır. Bulunan maksimum kuvvet Denklem 2 kullanılarak numunelerin basınç dayanım değerleri belirlenmiştir.

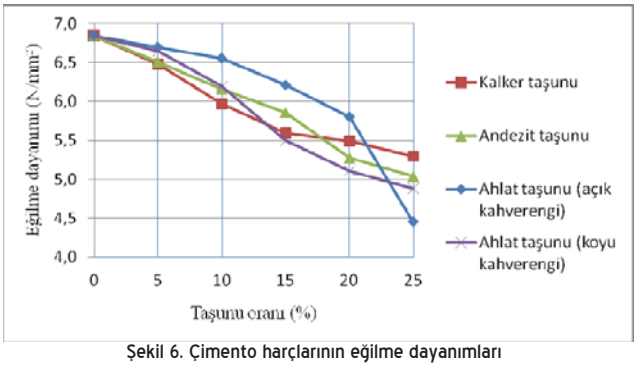
$$R_c = \frac{F_c}{A} \qquad (2)$$

Burada;
R_c: Basınç dayanımı (N/mm^2)
F_c: Numunenin kırıldığı andaki kuvvet (N)
A: Kuvvetin uygulandığı yüzeyin alanı (mm^2)

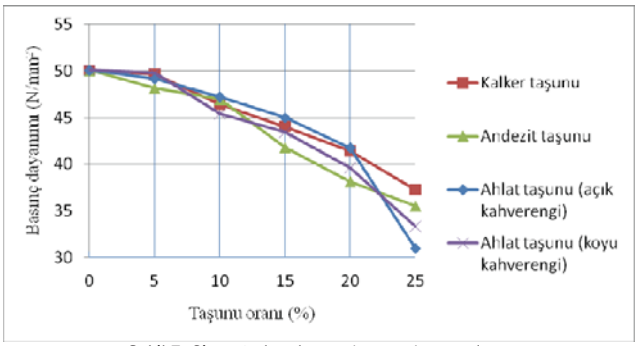

Şekil 5. Basınç dayanımı deney düzeneği

3. Bulgular ve Değerlendirme

Araştırmada kullanılan normal ve taşunu ikame edilmiş çimento harç çubukları üzerinde, TS EN 196-1 [18]'e göre yapılan deneylerden elde edilen bulgulara göre belirlenen eğilme dayanımı grafiği Şekil 6'da, basınç dayanımı grafiği de Şekil 7'de verilmiştir.



Şekil 6. Çimento harçlarının eğilme dayanımları



Şekil 7. Çimento harçlarının basınç dayanımları

Bulgulara göre çimento yerine ikame edilen taşunlarının oranları artıkça hem eğilme, hem de basınç dayanımlarında azalma görülmüştür. Ahlat taşunlarının çimento yerine harca ilave edilmesiyle üretilen numuneler ile Andezit ve Kalker taşunlarının çimento yerine ikame edilmesi ile üretilen numuneler arasında hem eğilme, hem de basınç dayanımları arasında önemli bir farklılık çıkmamıştır. % 5 oranına kadar çimento yerine taşunu ikame edilerek üretilen betonların eğilme ve basınç dayanımları ile katkısız normal betonların basınç ve çekme dayanımları arasında önemli bir fark çıkmamıştır.

4. Sonuçlar

Sonuç olarak; % 5 oranında taşunu ilave edilerek hazırlanan bütün betonların, ikame yapılmadan üretilen normal betonlarla benzer basınç ve çekme dayanımlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Taşunu ikame oranı arttıkça dayanımların önemli ölçüde azalmıştır. % 25 taşunu ikameli betonların eğilme dayanımları yaklaşık % 37, basınç dayanımları ise % 30 oranında azalmıştır. Bu bağlamda % 5 oranında taşunu ikame edilerek beton üretilmesinin, hem taşunu atıklarının kullanılmasından dolayı çevreye verilen zararı önlemede, hem de çimento kullanılmasını azaltacağından dolayı çimento üretiminden kaynaklanan çevre zararlarını önlemede yardımcı olacaktır. Ayrıca beton üretiminde en pahalı malzeme olarak görünen çimentonun yerine, atık olarak karşımıza çıkan taşunlarının kullanılması ekonomik anlamda da fayda sağlayacaktır.

Kaynaklar

[1]. Öztekin, E. ve Sümer, M., "Uçucu Küllü ve Fillerli Betonların Bazı Karşılaştırmalı Özellikleri", *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması*, Ankara, 23-28 (1993).

[2]. Taşdemir, C., "Mikrofiller Malzemelerin Betonun Mekanik Özelliklerine Etkisi", *4. Ulusal Beton Kongresi*, İstanbul, 199-208 (1996).

[3]. Şimşek, O., "Yapı Malzemesi-II", ISBN: 975-02-0584-2 *Seçkin Yayıncılık*, Türkiye, Ankara, (2000).

[4]. Şimşek, O., Erdal, M., "Kalker ve Andezit Taşunlarının Betonun Basınç Dayanımına Etkisi", *Türkiye İnşaat Mühendisliği 16. Teknik Kongre ve Sergisi*, Ankara, 206-217 (2001).

[5]. Türker, F. ve Aydilek, M., "İlave Mineral Katkı Olarak Kalker Esaslı Taşunu Malzemenin Harç ve Betonun Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Etkisi", *4. Ulusal Beton Kongresi*, Ankara, 347-357 (1996).

[6]. Malhotra, V. M. ve Carette, G. G., "Performance of Concrete Incorporating Limestone Powder of Partial Replacement for Sand", *ACI Journal*, 82: 363-371 (1985).

[7]. Bonavetti, V. L., Irassar, E. F., "The Effect of Stone Powder Content in Sand" *Cement and Concrete Research*, 29 (3): 580-590 (1994) .

[8]. Ingram, K. D., Dougherty, K. E., "A Review Limestone Additions the Portland Cement and Concrete", *Cement & Concrete Composites*, 13: 165-170 (1991).

[9]. Powers, T. C., Brawnyard, T. L., "Studies of the Physical and Absorptivity", *Proc. A.C.I*, 43 (5): 865-871 (1974).

[10]. Powers, T. C., Copeland, L. E., Mann, H. M., "Capillary Continuity or Discontinuity in Cement Pastes", *J. Port. Cem. Assoc. Research. and Development Laboratories*, 1 (2): 38-48 (1959).

[11]. Krstuloviç, P., Komenic, N., Popoviç, K., "A New Approach in Evaluation of Stone Powder Effect of Cement, I. The Effect on Strength and Workability of Mortar and Concrete", *Cement and Concrete Research*, 24 (4): 721-727 (1994).

[12]. Krstuloviç, P., "A New Approach in Evaluation of Stone Powder Effect of Cement II. The Effect on Strength and Workability of Mortar and Concrete", *Cement and Concrete Research*, 24 (5): 931-936 (1994).

[13]. Taşdemir, C., Atahan, N. H., "Taşunu Malzemelerin Betonun Mekanik Özelliklerine ve Durabilitesine Etkisi", *I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, 251-261 (1996).

[14]. Soraka, I., Stern, N., "Calcerous Fillers and the Compressive Strength of Portland Cement", *Cement and Concrete Research*, 26: 367-376 (1976).

[15]. Uchikawa, H., Hanehara, S., Hiras, H., "Inf. microstructure on the Physical Properties of Concrete Prepared by Substituting Mineral Powder for Part of Fine Aggregate", Cement *And Concrete Research*, 26 (1): 101-111 (1996).

[16]. Ramyar, K., Çelik, T., Marar, K., "Taş Tozunun Beton Özelliklerine Olan Etkisi", *Endüstriyel Atıkların İnşaat Sektöründe Kullanılması Sempozyumu*, Ankara, 227-234 (1995).

[17]. Terzibaşoğlu, N., "Kırmataş Tozunun Betonda Kullanılabilirliliği", *I. Ulusal Kırmataş Sempozyumu*, İstanbul, 239-248 (1996)

[18]. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), "Çimento Deney Metotları" **TS EN 196-1,** Ankara, Türkiye 1-19 (1994).

[19]. Şimşek, O., Erdal, M., "Ahlat Taşının (İgnimbrit) Bazı Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin Araştırılması", *G. Ü. Fen Bilimleri Dergisi*, 17 (4): 71-78 (2004).

[20]. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), "Doğal Puzolan (Tras) - Çimento ve Betonda Kullanılan - Tarifler, Gerekler ve Uygunluk Kriterleri" **TS 25,** Ankara, Türkiye 1-14 (1975).