

Atık Andezit Tozu ve Uçucu Küllerin Betonda Kullanımının Karşılaştırılması

Hakan Ceylan^{1*}, Metin Davraz²

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Batı Kampüs, Isparta. ORCID: 0000-0001-8099-9819

²Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Senirkent MYO, İnşaat Bölümü, Senirkent, Isparta. ORCID: 0000-0002-6069-7802

Özet

Türkiye’de andezit taşı inşaat mühendisliği ve mimari uygulamalarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Andezit taşının madencilik yöntemleriyle üretimi, kesilmesi ve cilalanması büyük miktarda atık oluşumuna neden olmaktadır. Bunların bir kısmı ocak ve fabrikadan çıkan iri parçalı atıklardır. Bir kısmı ise fabrikada kesim sırasında çıkan toz atıklardır. Bu atıklar değerlendirilmeden atılmaktadır. Andezit temel bileşen olarak SiO₂ içerir, bu yüzden andezit tozları puzolanik özellik gösterir ve betonda mineral katkı olarak kullanılabilir. Bu çalışmada andezit atık tozlarının betonda mineral katkı olarak kullanılması, F sınıfı uçucu küller ile karşılaştırılmıştır. Mineral katkıların farklı yer değiştirme seviyelerindeki durumunu belirlemek için, farklı çimento dozajlarında beton örnekleri hazırlanarak 28 ve 90 günde beton basınç dayanımları test edilmiştir. C40/50 dayanım sınıfı için, 28 ve 90 günlük kür yaşlarında atık andezit tozlarının en uygun yer değiştirme oranı %10 olarak belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara göre atık andezit tozlarının uçucu küller gibi betonda mineral katkı olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Mineral katkı olarak en ideal yer değiştirme oranlarında andezit kullanımı durumunda, C40/50 betonunda yaklaşık 20 kg, C55/67 betonunda 46 kg, C70/85 betonunda 52 kg çimento tasarrufu sağlanabilir.

Anahtar Sözcükler

Andezit Toz Atığı, Uçucu Kül, Basınç Dayanımı, Kür Süresi

The Comparison of Using Andesite Waste Powder and Fly Ash in Concrete

Abstract

Andesite stone is widely used in civil engineering and architectural applications in Turkey. The production, cutting and polishing of the andesite stone by mining methods causes a large amount of waste. Some of them are big particular waste that is taken off pit and factories. And the others are powder waste derived during cutting in factories. These are wasted and not reclaimed. Andesite contains SiO₂ as the main component. Therefore, andesite may have pozzolanicity and thus may be used as mineral additive in concrete. In this study the usage of andesite waste powder as mineral additive in concrete is compared with F type fly ashes. In order to estimate the status of mineral additives in various replacement levels; the 28 and 90 days compressive strengths of concrete specimens were tested by preparing concrete specimens in different cement dosages. For C40/50 strength class, the optimum replacement rate of andesite waste powder was determined as 10% at curing ages of 28 and 90 days. The results of this study show that andesite waste powder can be used as mineral additive in concrete such as fly ash. The usage of andesite waste powder as a mineral additive at the optimal replacement ratios can achieve savings of, 20 kg cement for C40/50, 46 kg of cement for C55/67, and 52 kg of cement for C70/85.

Keywords

Andesite Waste Powder, Fly Ash, Compressive Strength, Curing Period

1. Giriş

Türkiye, Portekiz, İspanya, İtalya, Yunanistan, İran ve Pakistan’la beraber doğal taş üretiminde önemli bir yere sahiptir. Türkiye, Dünya’da doğal taş üretiminin %40’ına sahiptir. Türkiye’de yılda 7 milyon ton doğal taş üretilir ve bu üretimin %75’i yaklaşık 5000 tesiste işlenir. Dekoratif amaçlar doğal taş üretiminde kesme, cilalama gibi işlemlerde yan ürün olarak toz ve agrega oluşur (Karakuş 2011; Alyamaç ve İnce 2009; Gencil vd. 2012). Geniş ölçekli andezit üretiminde dikkate değer miktarda atık malzeme oluşturmaktadır; madencilik, işleme ve cilalama aşamalarında neredeyse andezitin %70’i atıktır (Soğancıoğlu vd. 2013). Doğal taşlar oluşum özelliklerine göre metamorfik (mermer, gnays vd.), sedimanter (kireçtaşı, traverten vd.) ve magmatik (granit, gabro, bazalt, andezit vd.) olarak sınıflandırılır. Andezit magmatik kayaların bir alt grubunu oluşturan volkanik kayaç grupları içerisinde sınıflandırılır. Andezit Türkiye’de ve dünyanın diğer pek çok bölgesinde çok uzun süredir özellikle kaldırım, parke, kaplama, denizlik, söve yapımı gibi özellikle inşaat mühendisliği ve mimarlık işlerinde kullanılmaktadır (Sarıışık vd. 2011).

Puzolanik aktivite, suyun varlığında sönmüş kireçle tepkiyen puzolanların bağlayıcılık kapasitesi olarak tanımlanır. Puzolanik kapasitenin oranı puzolanların özgül yüzey alanına, özgül karakteristiklerine, kimyasal bileşenlerine ve aktif faz içeriğine bağlıdır (Erdoğan 2007). Puzolanlar betonda çimentonun bir miktarını azaltan mineral katkı olarak kullanılır. Hem de direkt olarak çimento üretiminde kullanılabilir. Andezit temel bileşen olarak SiO₂ içerir ve bu yüzden andezit atıkları puzolanik aktivite göstermektedirler (ASTM C 125 1994, ASTM C 618 1994).

Son yıllarda beton, harç ve çimentoda farklı puzolanların kullanımıyla ilgili pek çok araştırmacı tarafından çalışmalar yürütülmüştür. Bunlar taş tozu (Almedia vd. 2007a), mermer tozu (Almedia vd. 2007b; Topçu vd. 2009; Alyamaç ve İnce 2009; Corinaldesi vd. 2010; Aruntaş vd. 2010; Belaidi vd. 2012), kireçtaşı tozu, bazalt tozu, yüksek fırın cürufu, uçucu kül (Uysal ve Yılmaz 2011; Uysal ve Sümer 2011; Gesoğlu vd. 2012), diatomit, pomza (Ergün 2011; Aydın ve Gül 2007) ve pirinç kabuğu külüdür (Jain 2012). Mineral katkı olarak andezit tozlarıyla yapılmış araştırma sayısı ise çok azdır. Hamidi vd. (2013), farklı çimento türleri kullanarak, doğal ve kalsine edilmiş andezit tozunun etkinlik faktörünü araştırmıştır. Bu çalışmada andezitin harçların dayanımına etkisini belirlemek için, Feret Kanunu uygulamasına dayandırılan bir analiz kullanmıştır. CEM I 42.5 N tipi çimento için, %10, 20, 30 ve 40 oranlarında andezit kullanımında, uzun dönemli etkinlik faktörü değerlerini sırasıyla, 0.85, 0.65, 0.65 ve 0.50 bulmuştur (Hamidi vd. 2013).

Bu çalışmada, atık andezit tozlarının ve karşılaştırmak amacıyla iki farklı uçucu külün puzolanik aktiviteleri araştırılmıştır. Farklı dayanım sınıfı ve kür süreleri için, andezit tozları ve uçucu küllerin üç değişik yer değiştirme oranında dayanım değerleri araştırılmıştır. Sonuçta andezit atık tozlarının bazı yer değiştirme oranlarında F sınıfı uçucu küllere yakın dayanım değerleri sergilediği ve yeterli inceliğe sahip andezit atık tozlarının betonda mineral katkı maddesi olarak kullanılabilmesi belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

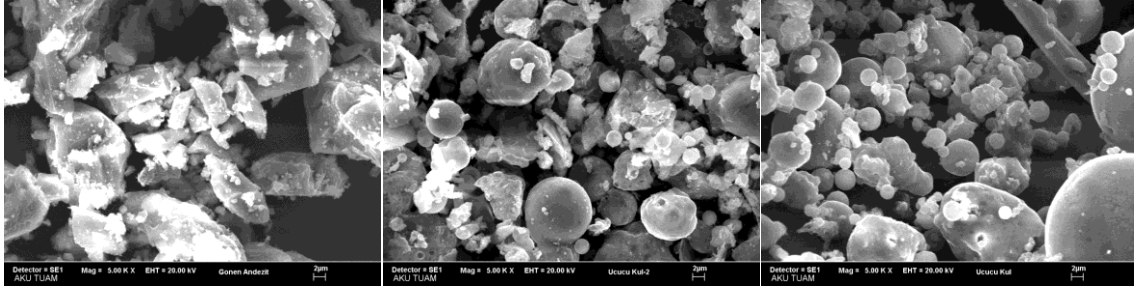
2.1 Materyal

Bu çalışmada bağlayıcı olarak CEM I 42.5 R tipi çimentosu, mineral katkı olarak andezit atık tozu (AT), Seyitömer uçucu külü (SUK) ve Tunçbilek uçucu külü (TUK) kullanılmıştır. AT Isparta Belediyesi'ne ait Doğal Taş Fabrikası'ndan (ISTEM) sağlanmıştır. Bu fabrikanın atıklarından alınan andezit tozları öğütülerek 0.63 µ'nun altına elenmiştir. Çimento ve mineral katılara ait özellikler Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Çimento, AT, SUK ve TUK'nün kimyasal ve fiziksel özellikleri

Kimyasal Bileşen	Çimento	AT	SUK	TUK
	(%)	(%)	(%)	(%)
SiO ₂	20.74	56.34	54.81	58.28
Al ₂ O ₃	4.12	18.21	20.18	17.67
Fe ₂ O ₃	3.56	5.61	9.52	12.92
MgO	1.59	1.62	4.65	1.76
CaO	64.18	4.45	5.08	4.46
Na ₂ O	0.63	3.85	0.71	0.71
K ₂ O	0.72	2.90	0.66	0.31
TiO ₂	-	0.52	-	1.23
SO ₃	2.56	0.19	0.72	58.28
Kızdırma Kaybı	2.69	3.38	3.04	2.38
Fiziksel				
Özgül Ağırlık	3.12	2.66	2.23	2.13
İncelik (cm ² /g)	3120	5790	3590	3810

Çalışmada andezit atık tozunun mineral katkı olarak kullanımını karşılaştırmak için iki farklı uçucu kül kullanılmıştır. Betonda mineral katkı olarak kullanılan uçucu küller ASTM C 618'de sınıflandırılmıştır (ASTM C 618 1994). Toplamda üç majör oksit (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) C sınıfı için %50'den ve F sınıfı için %70'den fazla olmalıdır. SUK ve TUK'de majör oksitlerin toplamı sırasıyla %84 ve %88 olduğu için, her iki uçucu kül ASTM'e göre F tipi olarak sınıflandırılmıştır. Aynı zamanda AT'nun majör oksitleri toplamı %80'dir ve TS EN 450 standardına uygundur (Toplam majör oksit ≥ %70). İlave olarak, AT'nun puzolanik özellikleri ve ilgili standartta tanımlanan kriterler Tablo 2'de verilmiştir. Ayrıca, mineral katkıların tane şekli ve yüzey özelliklerini belirlemek için Afyon Kocatepe Üniversitesi TAUM Laboratuvarı'nda SEM görüntü çekimleri yapılmıştır. Uçucu küller genel olarak yuvarlak ve düzgün şekilli tanelerden oluşurken (Şekil 1, ortada ve sağda), andezit atık tozu keskin kenarlı düzensiz taneceklerden oluşmaktadır (Şekil 1, solda).



Şekil 1: AT (sol), SUK (orta) ve TUK (sağ) SEM görüntüleri

Tablo 2: AT fiziksel, kimyasal ve puzolanik özellikleri ve sınır değerler (TS EN 450-1 2006; TS EN 197-1 2012; ASTM C 618-12 2012)

Özellik	AT	TS EN 450-1	TS EN 197-1		ASTM C 618-12		
					F Sınıfı	C Sınıfı	
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	(%)	80.16	≥ 70	-	-	≥ 70	≥ 50
Reaktif SiO ₂	(%)	23.31	≥ 25	≥ 25	≥ 25	-	-
SO ₃	(%)	0.19	≤ 3.0		-	≤ 5.0	≤ 5.0
K ₂ O	(%)	2.90	≤ 5.0 ^[1]	-	-	≤ 1.5 ^[1]	≤ 1.5 ^[1]
Na ₂ O	(%)	4.45					
MgO	(%)	1.62	≤ 4.0	-	-	-	-
Cl ⁻	(%)	0.0113	≤ 0.1	-	-	-	-
Serbest CaO	(%)	0	≤ 2.5	-	-		
Kızdırma Kaybı	(%)	3.38	≤ 5 - 9	≤ 5.0	≤ 5.0	≤ 6	≤ 6
45 µ elek üstü	(%)	48	≤ 40	-	-	≤ 34	≤ 34
Özgül Ağırlık	g/cm ³	2.66	-	-	-	-	-
İncelik	cm ² /g	5790	-	-	-	-	-
7 Günlük Basınç Dayanımı	MPa	8.5	-	-	-	-	-
28 günlük aktivite endeksi	(%)	76.5	≥ 75	-	-	≥ 75	≥ 75
90 günlük aktivite endeksi	(%)	79.3	≥ 85	-	-	-	-

^[1] Eşdeğer Alkali Madde İçeriği (K₂O + 0.658 Na₂O)

Tablo 3: Çimentonun mineralojik kompozisyonu (Göldaş AŞ. 2012)

Klinker Bileşenleri	(%)
C ₃ S	56.66
C ₂ S	17.65
C ₃ A	6.33
C ₄ AF	12.03

Harç karışımlarında, özkütlesi 2.75 g/cm³ ve su emmesi %0.23 olan sürekli derecelenmiş kaba agrega (4/8 ve 8/22.4 mm) kullanılmıştır. İnce agrega özkütlesi 2.75 g/cm³ ve % 0.52 su emme oranında kırma kumdur. Taze betonun çökme değerlerini iyileştirmek için tüm karışımlarda özkütlesi 1.15 g/cm³ ve katı içeriği %30 olan Polikarboksilat eter tipi süper akışkanlaştırıcı kullanılmıştır.

2.2. Karışım oranları, kütleme ve test

İlk olarak, sabit bir çökme değeri elde etmek için (200 mm ± 20 mm) bütün harç karışımlarına çökme testi uygulanmıştır. Sabit kıvam için farklı süper akışkanlaştırıcı oranları uygulanmıştır. C40/50, C55/67 ve C70/85 karışımları için çökme testine göre en uygun su/bağlayıcı oranları (s/b) sırasıyla 0.55, 0.43 ve 0.33 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular dikkate alınarak, mineral katkıların betondaki dayanımını belirlemek için 30 farklı beton karışımı hazırlanmıştır. Beton karışım tasarımları Tablo 4'te verilmiştir. AT, SUK ve TUK mineral katkıları çimentonun ağırlıkça %10, %15 ve %20'si oranlarında kullanılmıştır.

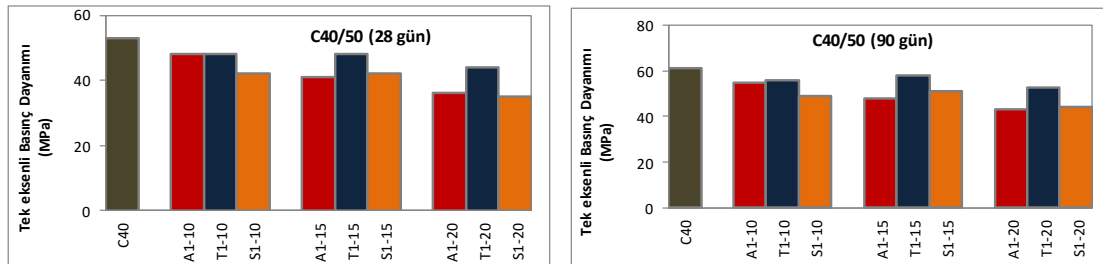
Tablo 4: Beton karışım oranları

Karışım Adı	Çimento	Su	Agrega	Mineral Katkı		Süper Akışkanlaştırıcı	s/b	Slump
	(kg/m ³)	(kg/m ³)	(kg/m ³)	Adı	(kg/m ³)	(kg/m ³)	%	(mm)
C40/50	326	178	1910	-	-	3.26	0.55	240
C55/67	418	178	1824	-	-	6.28	0.43	240
C70/85	538	178	1711	-	-	10.76	0.33	240
A1-10	294	178	1905	AT	33	3.26	0.55	220
A1-15	277	178	1902	AT	49	3.26	0.55	220
A1-20	261	178	1900	AT	65	3.26	0.55	220
A2-10	377	178	1817	AT	42	6.28	0.43	220
A2-15	356	178	1814	AT	63	6.28	0.43	220
A2-20	335	178	1811	AT	84	6.28	0.43	220
A3-10	484	178	1702	AT	54	10.76	0.33	190
A3-15	457	178	1698	AT	81	10.76	0.33	200
A3-20	430	178	1694	AT	108	10.76	0.33	220
S1-10	294	178	1899	SUK	33	3.26	0.55	230
S1-15	277	178	1893	SUK	49	3.26	0.55	220
S1-20	261	178	1887	SUK	65	3.26	0.55	220
S2-10	377	178	1807	SUK	42	6.28	0.43	210
S2-15	356	178	1800	SUK	63	6.28	0.43	210
S2-20	335	178	1792	SUK	84	6.28	0.43	210
S3-10	484	178	1689	SUK	54	10.76	0.33	180
S3-15	457	178	1680	SUK	81	10.76	0.33	200
S3-20	430	178	1670	SUK	108	10.76	0.33	210
T1-10	294	178	1897	TUK	33	3.26	0.55	220
T1-15	277	178	1890	TUK	49	3.26	0.55	230
T1-20	261	178	1883	TUK	65	3.26	0.55	230
T2-10	377	178	1804	TUK	42	6.28	0.43	220
T2-15	356	178	1798	TUK	63	6.28	0.43	220
T2-20	335	178	1789	TUK	84	6.28	0.43	230
T3-10	484	178	1686	TUK	54	10.76	0.33	210
T3-15	457	178	1677	TUK	81	10.76	0.33	220
T3-20	430	178	1666	TUK	108	10.76	0.33	220

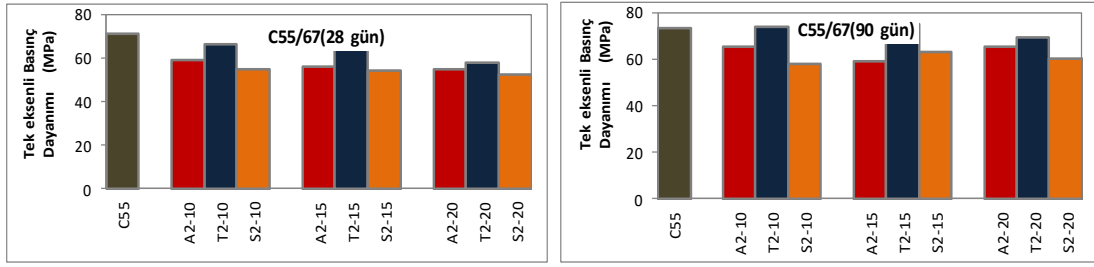
Basınç dayanımı testi için her bir karışımdan 6 adet 150 mm'lik küp dökülmüştür. Örnekler plastik örtüyle kaplanmıştır. Beton örnekleri 24 saat sonra kalıptan çıkarılmış kür süresi boyunca kirece doygun suda bekletilmiştir. Örneklerin 28 ve 90 gün kür sürelerinde basınç dayanımları TS EN 12390-3 standardına göre belirlenmiştir (TS EN 12390-3 2010).

3. Bulgular ve Tartışma

Andezit atık tozu ve uçucu kül katkılı beton örneklerinin basınç dayanımları, kontrol örneklerinin dayanımları ile karşılaştırılmış ve bulgular Şekil 2, 3 ve 4'de verilmiştir. C40/50 katkısız beton (kontrol) örneklerine göre, 28 ve 90 gün kür sürelerinde ve %10 yer değiştirme oranında en yüksek dayanım gelişimini AT ve TUK katkılı beton örnekleri göstermiştir. %15 ve %20 yer değiştirme oranlarında AT'li örneklerin basınç dayanımı gelişimi SUK'lu örneklerinkine benzer ve TUK'lu örneklerinkinden düşüktür. C40/50 dayanım sınıfında, AT'li örnekler için 28 ve 90 günde en uygun yer değiştirme oranı %10'dur.

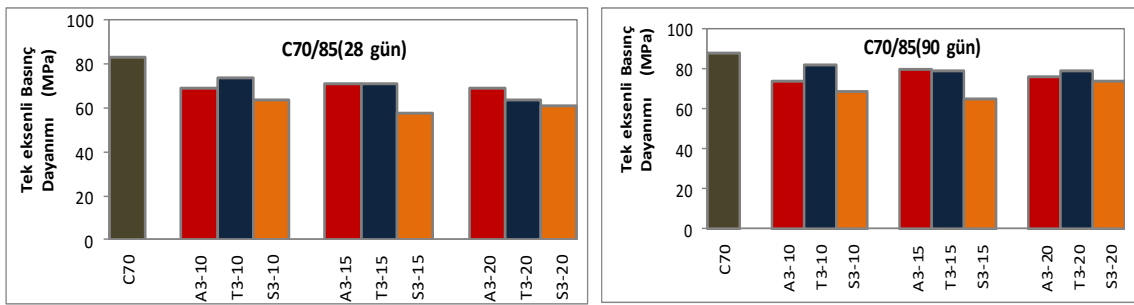


Şekil 2: C40/50 sınıfı beton örneklerinin 28 ve 90 günde basınç dayanımları



Şekil 3: C55/67 sınıfı beton örneklerinin 28 ve 90 günde basınç dayanımları

C55/67 dayanım sınıfı için 28 ve 90 gün kür süresinde %10 ve %20 yer değiştirme oranlarında en yüksek dayanım gelişimini TUK'lü örnekler sergilemiştir. 90 günlük kür sürelerinde %10 ve %20 yer değiştirme oranları için TUK'lü örneklerin dayanımları kontrol örneklerinin dayanımlarıyla neredeyse eşittir. Genel olarak, 28 ve 90 günde, AT'lü örneklerin dayanım gelişimi SUK'lü örneklerinkinden biraz daha yüksektir. C55/67 dayanım sınıfında, AT'lü örneklerin en uygun yer değiştirme oranı 28 gün için %10, 90 gün için %10 ve %20 dir.



Şekil 4: C70/85 sınıfı beton örneklerinin 28 ve 90 günde basınç dayanımları

C70/85 dayanım sınıfındaki tüm mineral katkı beton örneklerinin kontrol örneklerine göre dayanım gelişimleri yer değiştirme oranındaki artışa bağlı olarak azalmıştır. 28 ve 90 günde AT ve TUK'lü örnekler birbirine yakın dayanım gelişimleri sergilemiştir. Buna karşın SUK'lü örneklerin dayanımları diğerlerinden daha düşüktür. C70/85 dayanım sınıfında, 28 günde AT tüm yer değiştirme oranlarında benzer dayanım gelişimi sergilerken, 90 gün için en uygun yer değiştirme oranı %15 olarak belirlenmiştir.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, endüstriyel atık bir malzeme olarak bol miktarda bulunan ve çevreyi kirleten andezit tozlarının beton üretiminde mineral katkı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu kapsamda, AT'nun beton üretiminde yaygın olarak kullanılan uçucu küllerle (TUK ve SUK) karşılaştırılabilmesi için bir kısım analiz ve deneysel çalışma yürütülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlar şu şekildedir. AT fiziksel, kimyasal ve puzolanik özellikler açısından TS EN 450 ve ASTM C 618-12 standartlarında belirtilen kriterleri sağlamaktadır. AT katkıli taze betonlar ile TUK ve SUK katkıli taze betonların çökme testlerinde, birbirine oldukça yakın çökme değerleri (200-220 mm) sağlanmıştır. Bazı katkıli numuneler kontrol numunelerden elde edilen basınç değerlerini sağlamamaktadır. Bunun nedeni çimento miktarının azalması ve çimento yerine katkı kullanımınıdır. Ancak katkı kullanımını nedeniyle katkıli numuneler kontrol numunelerinin basınç dayanımlarını sağlamasa da hedeflenen dayanımlarına ulaştığı belirlenmiştir. C55/67 ve C70/85 dayanım sınıflarında beton üretimi için AT'nun en uygun yer değiştirme oranı %20 olarak belirlenmiştir. 28 ve 90 gün kür sürelerindeki etkinlik faktörleri açısından C70/85 betonunda AT katkısının en uygun kullanım oranının %15'dir. Mineral katkı olarak en ideal yer değiştirme oranlarında AT'nun kullanımı durumunda, C40/50 betonunda yaklaşık 20 kg, C 55/67 betonunda 46 kg, C70/85 betonunda 52 kg çimento tasarrufu sağlanabilir. Çalışmanın sonuçları, AT'nun beton üretiminde mineral katkısı olarak kullanımının mümkün olduğunu göstermiştir.

Teşekkür

Yazarlar çalışmaya maddi destek sağlayan Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimine teşekkür ederler.

Kaynaklar

- Almeida N., Branco F., Brito J., Santos J.R., (2007a), *High-performance concrete with recycled stone slurry*, Cement and Concrete Research, 37, 210-220.
- Almeida N., Branco F., Santos J.R., (2007b), *Recycling of stone slurry in industrial activities: Application to concrete mixtures*, Building and Environment, 42, 810-819.
- Alyamaç K.E., İnce R., (2009), *A preliminary concrete mix design for SCC with marble powders*, Construction and Building Materials, 23, 1201-10.
- Aruntaş H.Y., Gürü M., Dayı M., Tekin İ., (2010), *Utilization of marble waste dust as an additive in cement production*, Materials and Design, 31, 4039-4042.
- ASTM C 125, (1994), *Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates*, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 618, (1994), *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolana for Use as a Mineral Admixture in Portland Cement Concrete*, Annual Book of ASTM Standards.
- ASTM C 618-12, (2012), *Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete*, West Conshohocken, ASTM International. PA.
- Aydın A.C., Gül R., (2012), *Influence of volcanic originated natural materials as additives on the setting time and some mechanical properties of concrete*, Construction and Building Materials, 21, 1277-1281.
- Belaidi A.S.E., Azzouz L., Kenai S., (2012), *Effect of natural pozzolana and marble powder on the properties of self-compacting concrete*, Construction and Building Materials, 31, 251-257.
- Corinaldesi V., Moriconi G., Naik T.R., (2010), *Characterization of marble powder for its use in mortar and concrete*, Construction and Building Materials, 24, 113-117.
- Erdoğan T.Y., (2007), *Beton*, METU Press, Ankara, Türkiye, 760ss.
- Ergün A., (2011), *Effect of the usage of diatomite and waste marble powder as partial replacement of cement on the mechanical properties of concrete*, Construction and Building Materials, 25, 806-812.
- Gencil O., Özel C., Köksal F., Erdoğan E., Martinez-Barrera G., Brostow W., (2012), *Properties of concrete paving blocks made with waste marble*, Journal of Cleaner Production, 21, 62-70.
- Gesoğlu M., Güneyisi E., Kocabağ M.E., Bayram V., Mermerdaş K., (2012), *Fresh and hardened characteristics of self-compacting concretes made with combined use of marble powder, limestone filler, and fly ash*, Construction and Building Materials, 37, 160-170.
- Gölaş A.Ş., (2012), *Montly (September) quality report of cement*, Isparta, Türkiye.
- Hamidi M., Kacimi L., Cyr M., Clastres P., (2013), *Evaluation and improvement of pozzolanic activity of andesite for its use in eco-efficient cement*, Construction and Building Materials, 47, 1268-1277.
- Jain N., (2012), *Effect of nonpozzolanic and pozzolanic mineral admixtures on the hydration behavior of ordinary Portland cement*, Construction and Building Materials, 27, 39-44.
- Karakuş A., (2011), *Investigation on possible use of Diyarbakir basalt waste in Stone Mastic Asphalt*, Construction and Building Materials, 25, 3502-07.
- Sarışık A., Sarışık G., Sentürk A., (2011), *Applications of glaze and decor on dimensioned andesites used in construction sector*, Construction and Building Materials, 25, 3694-702.
- Soğancıoğlu M., Yel E., Yılmaz-Kesin U.S., (2013), *Utilization of andesite processing wastewater treatment sludge as admixture in concrete mix*, Construction and Building Materials, 46, 150-155.
- Topçu İ.B., Bilir T., Uygunoğlu T., (2009), *Effect of waste marble dust content as filler on properties of self-compacting concrete*, Construction and Building Materials, 23, 1947-1953.
- TS EN 12390-3, (2010), *Beton-Sertleşmiş Beton Deneylemi-Bölüm 3. Deneysel numunelerinde basınç dayanımının tayini*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 197-1, (2012), *Çimento*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS EN 450-1, (2006), *Uçucu kül- Betonda kullanılan*, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- Uysal M., Sümer M., (2011), *Performance of self-compacting concrete containing different mineral admixtures*, Construction and Building Materials, 25, 4112-4120.
- Uysal M., Yılmaz K., (2011), *Effect of mineral admixtures on properties of self-compacting concrete*, Cement and Concrete Composites, 33, 771-776.