

Isparta Tüfünün Pozolanik Özelliklerinin Araştırılması

Hakan CEYLAN¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknik Bilimler MYO İnşaat Bölümü, 32260, Isparta

(Alınış / Received: 23.04.2020, Kabul / Accepted: 01.07.2020)

Anahtar Kelimeler

Volkanik tüf,
Mineral katkı,
Puzolanlar

Özet: Bu çalışmada Güneybatı Anadolu'da Isparta Burdur şehir merkezleri arasında bulunan Gölcük volkanizmasına ait Gelincik köyündeki (Isparta-Türkiye) volkanik tüflerin pozolanik özellikleri araştırılmıştır. Pozolanik maddeler kendi başlarına hidrolik bağlayıcı özelliğine sahip olmadıkları halde belirli bir incelikte öğütüldüklerinde nemli ortamda ve normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksitle tepkimeye girerek bağlayıcı özellikte bileşikler oluşturan doğal veya yapay malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Ortak özellikleri, SiO₂ ve Al₂O₃ içermeleridir. Puzolanlar hem doğrudan çimento üretiminde hem de betonda mineral katkı maddesi olarak kullanılırlar. Betonda çimentodan belli oranlarda eksilti olarak kullanılmaktadırlar. Böylelikle betonda kullanılan çimento miktarında azalma olmaktadır. Bu da hem ekonomik hem de çevresel açıdan fayda sağlayan bir durumdur. Beton üretiminde çimentonun payı ekonomik olarak oldukça yüksektir. Ayrıca çimento üretimi karbon ayak izi yüksek bir sektördür. 2013 yılında toplam küresel CO₂ emisyon miktarı 36 milyar tondur. Bunun yaklaşık % 29'unun çimento endüstrisinden kaynaklı olduğu bilinmektedir. Ülkemiz çimento üretiminde Avrupa ülkeleri arasında ilk sıradadır. Bu nedenle çimento tüketim ve üretim miktarlarının azaltılması hem ülkemiz açısından hem de küresel ölçekte önem arz etmektedir. Bu kapsamda Gölcük volkanizmasına ait Gelincik köyündeki volkanik tüflerin betonda kullanılabilmesi için pozolanik özellikleri araştırılmıştır.

Investigation of the Pozzolanic Properties of Isparta Tuff

Keywords

Volcanic tuff,
Mineral admixture
Pozzolans

Abstract: In this study; the properties of volcanic tuff that belongs to Gölcük volcanism which is located in village of Gelincik (Isparta Turkey) between the center of cities; Isparta Burdur in southwestern region was investigated. Pozzolonic substances are defined as natural or artificial materials that react with calcium hydroxide in a humid environment and normal temperature when they are grinded to a certain degree, although they do not have hydraulic binding properties on their own. Common features are that they contain SiO₂ and Al₂O₃. Pozzolans are used both in direct cement production and as mineral additives in concrete. They are used in concrete by reducing certain amounts from cement. Thus, the amount of cement used in concrete decreases. This is both economically and environmentally beneficial. The share of cement in the production of concrete is quite high economically. In addition, cement production is a sector with a high carbon footprint. The total global CO₂ emission amount in 2013 was 36 billion tons. Approximately 29% of this is known to originate from the cement industry. Our country comes first among the European countries in cement production. Therefore, the reduction of cement consumption and production amounts is important both for our country and globally. In this context, the pozzolanic properties of volcanic tuff in Gölcük volcanism located in the village of Gelincik was investigated for its usage in concrete.

1. Giriş

Günümüzde dünyada inşaat sektöründe bağlayıcı olarak en fazla kullanılan malzeme çimentodur. Ancak çimento belli prosesler sonucu elde edilebilen bir üründür. Çimento üretim sürecinde özellikle öğütme ve pişirme aşamalarında büyük oranda enerji tüketimi söz konusu olduğu için sektörün kirletici vasfı oldukça yüksektir. Bu nedenle çimento üretiminde maliyeti azaltıcı veya çimentoya alternatif olabilecek ekonomik ürünlerin geliştirilmesi önem arz etmektedir [1].

Ülkemiz beton üretiminde Avrupa ülkeleri arasında birinci, dünyada ise Çin ve ABD'den sonra üçüncü sırada yer almaktadır. 2017 yılı verilerine göre Türkiye'nin yıllık hazır beton üretimi 115 milyon m³'tür. Ayrıca sadece üretilen miktar olarak değil kullanılan beton dayanım sınıfları açısından da C25/30, C30/37, C35/45 ve üstü dayanım sınıflarıyla Avrupa Birliği ortalamalarının üstündedir [2]. Bu nedenle tüketilen çimento miktarı da yüksek olmaktadır. Çimento tüketiminin artması hem ekonomik hem de çevresel açıdan sakıncaları olan bir durumdur. Çimento üretimi ekonomik olarak pahalı ve çevresel olarak kirletici olup karbon ayak izi fazla olan bir sektördür. 2013 yılında toplam küresel CO₂ emisyon miktarı 36 milyar tondur. Bunun yaklaşık % 29'unu çimento endüstrisi oluşturmaktadır [3]. Ülkemiz çimento üretiminde de Avrupa ülkeleri arasında ilk sıradadır. Bu nedenle CO₂ emisyonları ülkemiz açısından çevresel sakıncalar oluşturmaktadır.

Ülkemizde oluşan son depremlerden sonra önümüzdeki yıllarda yapı stoğunun eski olması nedeniyle 1.5 milyon konutun kentsel dönüşüm kapsamında yenilenmesi planlanmaktadır. Bu durum beton, dolayısıyla çimento tüketiminin artacağını işaretler. Bu nedenle çimentoya alternatif olabilecek özellikle çimento yerine kullanılacak puzolanik özellik gösteren malzemeler büyük önem kazanmaktadır [4].

Puzolanik maddeler kendi başlarına hidrolik bağlayıcı özelliğine sahip olmadıkları halde belirli bir incelikte öğütüldüklerinde nemli ortamda ve normal sıcaklıkta kalsiyum hidroksitle tepkimeye girerek bağlayıcı özellikte bileşikler oluşturan doğal veya yapay malzemelerdir. Ortak özellikleri, SiO₂ ve Al₂O₃ içermeleridir. Zaten bu nedenle bağlayıcılık özelliği gösterirler [5]. Puzolanik aktivite ise su varlığında sönmüş kireç ile reaksiyona giren puzolanların bağlanma kabiliyeti olarak tanımlanmaktadır. Puzolanik reaksiyonun hızı, spesifik yüzey alanı, kimyasal bileşim ve aktif faz içeriği gibi puzolanın kendine özgü özelliklerine bağlıdır [6].

Puzolanlar, meydana geliş şekillerine göre doğal veya yapay olarak gruplandırılabilir. Yapay puzolanlar, yüksek fırın cürufu, uçucu kül, silis dumanı, genleştirilmiş kil, pirinç kabuğu külü gibi

malzemelerdir. Tras, diatomit, zeolit, volkanik tüf ve cürufklar da doğal puzolanlardır. Doğal puzolanlar, ince öğütülmeleri sonucunda çimento hamurundaki mikro boşluklara kolayca girmekte ve çimento hamurunun iskelet yapısını değiştirerek dayanımını arttırmaktadır. Ayrıca, taze betonda kayganlaştırıcı bir etki oluşturmakta bu da taze betonun işlenebilirliğini olumlu yönde etkilemektedir. Yapılan bir çalışmada, öğütülme süresine bağlı olarak inceliğin artmasıyla çimento harçlarının basınç dayanımının arttığı belirtilmektedir[7]. Uçucu kül ile yapılan bir başka çalışmada, miktardan çok ince partiküllü yapının basınç dayanımının artışında daha önemli olduğu belirtilmektedir[8]. Bu da puzolanlarda inceliğin önemini ortaya koymaktadır. Doğal puzolanlar, çimentonun toplam özgül yüzeyini arttırması nedeniyle betonda kullanılacak su miktarını da arttırabilmektedir[9]. Puzolan ilavesinin ilk etapta çimento ve beton dayanımını düşürdüğü ancak puzolanın tipi ve miktarına bağlı olarak nihai basınç dayanım değerinin çimentonun basınç dayanım değerini aşabileceği belirtilmektedir[10]. Puzolanlı beton ya da harçlarda oluşan dayanım kaybının belli bir süre sonunda puzolan türü ve miktarına bağlı olarak ortadan kalktığı ve 1 yıl gibi bir sürede kontrol numunelerinin basınç dayanım değerlerine ulaştığı hatta geçtiği belirtilmektedir [11]. Betonda, silis dumanı ve uçucu külün birlikte kullanıldığı bir çalışmada, hem erken dayanımın hem de 28 gün ve sonrası dayanımların yüksek olduğu değerler elde edilmiştir[12]. Silis dumanının puzolanik aktivitesinin çimentonun hidrasyon başlangıcından 1 gün sonra başladığı, 3. günden sonra belirgin hale geldiği ve 28. günde büyük ölçüde tamamlandığı belirtilmektedir[13]. Yapılan bir çalışmada, gereğinden fazla ince öğütülmüş puzolan ilavesinin çimento dayanımlarında düşüşe neden olduğu da tespit edilmiştir[14].

Puzolanlar hem doğrudan çimento üretiminde hem de betonda mineral katkı maddesi olarak kullanılırlar. Beton üretiminde puzolanların kullanımı, işlenebilirliği artırma, terlemeyi ve segregasyonu azaltma, hidrasyon ısısını düşürme, su geçirgenliğini azaltma, alkali agrega reaksiyonunu azaltma, sülfat hücumlarına karşı dayanıklılığı artırma, nihai basınç dayanımını artırma ve ekonomiklik sağlama gibi birçok fayda sağlamaktadır [6].

Puzolanlar esas bileşen olarak SiO₂ içerirler. Volkanik tüfün (VT) esas bileşen olarak SiO₂ içermesi nedeniyle puzolanik özellik gösterebilmesi mümkündür. Bu nedenle, bu çalışmada Isparta Gelincik yöresi tüfünün puzolanik özelliklerinin araştırılması amaçlanmıştır.

Tablo 2. Volkanik tüfe ait kimyasal, fiziksel ve mekanik bazı özelliklerin TS EN 450 uçucu kül standardı ile kıyaslanması

Kimyasal Bileşen	VT	TS EN 450
	(%)	(%)
SiO ₂	59.97	SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ ≥70
Al ₂ O ₃	17.15	
Fe ₂ O ₃	3.38	
Reaktif SiO ₂	25.86	≥ 25
MgO	2.09	≤ 4.0
CaO	4.68	≤ 2.5
Na ₂ O	3.85	≤ 5.0 ⁽¹⁾
K ₂ O	4.30	
SO ₃	0.16	≤ 3.0
Kızdırma Kaybı	2.47	≤ 5-9
Fiziksel Özellikler		
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2.57	-
Özgül Yüzey (cm ² /g)	3760	-
45 µ elek üstü	42	≤ 40
Mekanik Özellikler		
7 günlük Eğilme Dayanımı (MPa)	2.0	-
7 günlük Basınç Dayanımı (MPa)	10.6	-
⁽¹⁾ Eşdeğer Alkali Madde İçeriği (K ₂ O+0.658Na ₂ O)		

Tablo 3'de ise volkanik tüfün puzolanik özellikleri ASTM C 618-12 uçucu kül standardına göre kıyaslamalı olarak verilmektedir.

Tablo 3. Volkanik tüfe ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerin ASTM C 618-12 uçucu kül standardı ile kıyaslanması

Kimyasal Bileşen	VT	ASTM C 618-12	
		F Sınıfı	C Sınıfı
	(%)	(%)	(%)
SiO ₂	59.97	SiO ₂	SiO ₂
Al ₂ O ₃	17.15	+Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃	+Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃
Fe ₂ O ₃	3.38	≥70	≥50
Reaktif SiO ₂	25.86	-	-
MgO	2.09	-	-
CaO	4.68	-	-
Na ₂ O	3.85	≤ 1.5 ⁽¹⁾	≤ 1.5 ⁽¹⁾
K ₂ O	4.30		
SO ₃	0.16	≤ 5.0	≤ 5.0
Kızdırma Kaybı	2.47	≤ 6.0	≤ 6.0
Fiziksel Özellikler			
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2.57	-	-
Özgül Yüzey (cm ² /g)	3760	-	-
45 µ elek üstü	42	≤ 34	≤ 34
Mekanik Özellikler			
7 günlük Eğilme Dayanımı (MPa)	2.0	-	-
7 günlük Basınç Dayanımı (MPa)	10.6	-	-
⁽¹⁾ Eşdeğer Alkali Madde İçeriği (K ₂ O+0.658 Na ₂ O)			

Tablo 4'de de volkanik tüfün puzolanik özellikleri TS 25 tras standardına göre kıyaslamalı olarak verilmektedir.

Tablo 4. Volkanik tüfe ait kimyasal, fiziksel ve mekanik özelliklerin TS 25 tras standardı ile kıyaslanması

Kimyasal Bileşen	VT	TS 25
	(%)	(%)
SiO ₂	59.97	SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃ ≥70
Al ₂ O ₃	17.15	
Fe ₂ O ₃	3.38	
Reaktif SiO ₂	25.86	≥ 25
MgO	2.09	-
CaO	4.68	-
Na ₂ O	3.85	-
K ₂ O	4.30	-
SO ₃	0.16	≤ 3.0
Kızdırma Kaybı	2.47	-
Fiziksel Özellikler		-
Özgül Ağırlık (g/cm ³)	2.57	-
Özgül Yüzey (cm ² /g)	3760	≥ 4000±%25
45 µ elek üstü	42	-
Mekanik Özellikler		-
7 günlük Eğilme Dayanımı (MPa)	2.0	-
7 günlük Basınç Dayanımı (MPa)	10.6	≥ 4

4. Tartışma ve Sonuç

Isparta Gelincik Köyü civarından elde edilen volkanik tüfün puzolanik özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan kimyasal, fiziksel ve mekanik analiz sonuçları TS EN 450 uçucu kül standardında belirtilen parametrelere göre irdelendiğinde, Tablo 2'de görüldüğü üzere, CaO, Na₂O, K₂O ve 45 µ elek üstü değerlerinde bir miktar uygunsuzluk görülmekle birlikte SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃, reaktif SiO₂, MgO, SO₃ ve kızdırma kaybı değerleri standart değerleri karşıladığı anlaşılmaktadır.

ASTM C 618-12 uçucu kül standardında belirtilen parametrelere göre irdelendiğinde ise Tablo 3'de görüldüğü üzere, Na₂O, K₂O ve 45 µ elek üstü değerlerinde bir miktar farklılıklar olsa da SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃, reaktif SiO₂, SO₃ ve kızdırma kaybı değerlerinin standart değerlere uygun olduğu görülmektedir.

ASTM C 618-12 uçucu kül standardına göre, toplamda üç majör oksit (SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃) %50'den fazlaysa C sınıfı, %70'den fazla ise F sınıfı için olarak sınıflandırılmaktadır (ASTM C 618 1994). Volkanik tüfün sağladığı değerlere bakıldığında SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ toplamının % 80.5 olduğu görülmektedir. Bu durumda ASTM C 618-12 standardına göre F sınıfı

uçucu kül özelliğinde olduğu söylenebilir. Ayrıca TS EN 450 uçucu kül standardında istenen toplam majör oksit ≥ % 70 oranını da sağlamaktadır [16].

TS 25 tras standardında belirtilen parametrelere göre irdelendiğinde ise Tablo 4'de görüldüğü üzere, SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃, reaktif SiO₂, SO₃, özgül yüzey ve 7 günlük basınç dayanımı değerlerinin tamamının standart değerleri karşıladığı görülmektedir. Bu nedenle volkanik tüfün tras standartlarında belirtilen temel parametreleri sağladığı görülmektedir.

Isparta Gelincik Köyü civarından elde edilen volkanik tüfün puzolanik özelliklerini belirlemeyi amaçlayan bu çalışmadan sonra çimento ve/veya betonda mineral katkı olarak kullanımı ile ilgili deneysel araştırmaların yapılması uygun olacaktır. Analizlerinden elde edilen özellikle SiO₂ + Al₂O₃ + Fe₂O₃ ve reaktif SiO₂ değerleri standartlarda belirtilen değerlere uygun bulunmuştur.

Çimentonun beton üretimindeki maliyeti % 50'nin üzerindedir. Portland çimento endüstrisi çok fazla CO₂ emisyonu üreten, karbon ayak izi çok yüksek bir sektördür. Bu nedenlerden dolayı çimento tüketiminin azaltılmasını sağlayacak çimentoya alternatif volkanik tüf gibi materyallerin betonda mineral katkı olarak kullanımı çimento tüketimini ciddi oranda azaltacağından hem ekonomik hem de çevresel yararlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- [1] Ceylan, H., Davraz, M. 2013. Andezit Kesim Atıklarının Puzolanik Özelliklerinin Araştırılması. Madencilik, 52(2-3), 3-8.
- [2] Anonim, 2019. <http://www.thbb.org/sektor/dunya-ada-sektor/>.
- [3] Vatopoulos, K., Tzimas, E. 2012. Assessment of CO₂ Capture Technologies in Cement Manufacturing Process. J Cleaner Prod., 32, 251-262.
- [4] Aydın A.C., Gül R. 2007. 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.
- [5] Anonim, 2000. Çimento Hammaddeleri Raporu, www.dpt.gov.tr
- [6] Erdoğan T. Y. 2007. Beton, Published by METU Press Publishing Company, 760 s.
- [7] Pan, S., Tseng, D., Lee, C., Lee, C. 2003. Influence of the Finesses of Sewage Sludge Ash on the Mortar Properties. Cement and Concrete Research, 33, 1749-1754.
- [8] Wang, A., Zhang, C., Sun, W. 2003. Fly Ash Effects: I. The Morphological Effect of Fly Ash. Cement and Concrete Research, 33, 2023-2029.
- [9] Vu, D., D., Stroeve, P., Bui, V., B. 2001. Strength and Durability Aspects of Calcined Kaolin-Blended

- Portland Cement Mortar and Concrete. Cement and Concrete Composites, 23, 471-478.
- [10] Massazza, F. 1989. Puzolanlar, Puzolanlı Çimentolar ve Kullanım Alanları Semineri, 11-12 Mayıs, Ankara.
- [11] Erdoğan, K., Tokya, M., Türker, P. 2003. Traslar ve Traslı Çimentolar. Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, AR-GE, Y99-2, Ekim, 32 s.
- [12] Özturan, T., Özel, M., Şigaher, A., N. 1996. Süper Akışkanlaştırıcı Dozajının Uçucu Kül ve Silis Dumanı Katkılı Betonlarda İşlenebilme ve Dayanıma Etkisi. Beton Teknolojisinde Mineral Ve Kimyasal Katkılar, 4. Ulusal Beton Kongresi, 30 Ekim-1 Kasım, İstanbul, 121-131 s.
- [13] Çark, A., İ., Sümer, M. 1996. Değişik Kür Şartlarında Silis Dumanı Kullanımının Betonun Mukavemetine Etkisi, Beton Teknolojisinde Mineral ve Kimyasal Katkılar. 4. Ulusal Beton Kongresi, 30 Ekim-1 Kasım, İstanbul, 267-277 s.
- [14] Targan, Ş., Olgun, A., Erdoğan, Y., Sevinç, V. 2003. Influence of Natural Puzolan, Colemanite Ore Waste Bottom Ash and Fly Ash on the Properties of Portland Cement. Cement and Concrete Research, 33, 1175-1182.
- [15] TS 25, 2008. Doğal Puzolan (tras)-Çimento ve Betonda Kullanılan-Tarifler, Gereklere ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, 14 s., Ankara.
- [16] TS EN 450, 2008. Uçucu Kül- Betonda Kullanılan-Tarif, Özellikler ve Uygunluk Kriterleri, Türk Standartları Enstitüsü, 32 s., Ankara.
- [17] ASTM 618-12, 1994. Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, Annual Book of ASTM Standards, Pennsylvania, USA.