



UÇUCU KÜL KATKILI KÖPÜK BETONLARIN DAYANIM VE ISI İLETKENLİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Şemsettin KILINÇARSLAN^{*1}, Fatih TUZLAK¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

²Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Isparta

Makale Bilgisi

Geliş tarihi:05.02.2018

Kabul Tarihi:18.04.2018

Yayın tarihi:19.04.2018

ÖZET

Uçucu kül; betonda mineral katkı olarak kullanılan yapay bir puzolandır. Türkiye’de halen elektrik üretmekte kullanılan termik santrallerden yılda 16 milyon tondan fazla endüstriyel atık olarak uçucu kül açığa çıkmaktadır. Uçucu kül miktarının artması çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Hafif ve gözenekli bir yapıya sahip olan köpük beton; çimento, puzolonik malzemeler su ve ince agrega ile oluşturulan karışımın içine köpüğün katılması ile elde edilmektedir. Köpük beton, tüm binaların iç ve dış duvarları ile zeminlerinde yapı elemanı olarak kullanılan insan sağlığına zararı olmayan, hafif, ısı ve ses yalıtımı sağlayan, çevreci bir yapı malzemesidir. Bu çalışmada, uçucu kül katkılı köpük betonların dayanım ve ısı iletkenlik özellikleri incelenmiştir. Basınç dayanımı tayini için her bir karışımdan 10×10×10 cm’lik küp numuneler üretilmiştir. Her karışım için numunelerden 3 tanesi deneye tabi tutulmuştur. Isı iletkenlik deneyi için ısı akısı ölçme yöntemi ile çalışan Lasercomp Fox 50 ısı iletkenlik cihazı kullanılmıştır. Isı iletkenlik deneyleri, TS EN 12664 (2009) ve TS EN 12667 (2003), basınç dayanımı deneyi TS EN 1354 (2007) göre yapılmıştır. Uçucu kül kullanılmasıyla köpük betonların basınç dayanımları üzerine olumlu bir etki yaptığı tespit edilmiştir. Uçucu külün, köpük betonlar içerisinde kullanılabileceği ve bu sayede atık ve çevreye zararlı bir ürün olan uçucu külün köpük beton tesislerinde değerlendirilebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler;

Uçucu kül, köpük beton, termo-mekanik

INVESTIGATION OF STRENGTH AND THERMAL CONDUCTIVITY PROPERTIES OF FOAM CONCRETE WITH FLY ASH

Article Info

Received: 05.02.2018

Accepted: 18.04.2018

Published: 19.04.2018

ABSTRACT

Fly ash is an artificial pozzolanite used as a mineral additive in concrete. Fly ash still emerge more than 16 million tons per year in Turkey. Increasing the amount of fly ash, an industrial waste, also causes environmental problems. Foam concrete with a light and porous structure are obtained by adding into the mixture formed with cement, pozzolanic materials, water and fine aggregate. Foam concrete is an environmentally building material which is used as building element on the inner and outer walls of all buildings and is not harmful to human health, providing heat and sound insulation. In this study, the thermo-mechanical properties of fly ash-added foam concretes are investigated. Cubes of 10 x 10 x 10 cm were produced from each mixture to determine the pressure resistance. Three samples were tested for each mixture. For the thermal conductivity test, a Lasercomp Fox 50 thermal conductivity device operating with a heat flow measurement method was used. Thermal conductivity tests were carried out according to TS EN 12664 (2009) and TS EN 12667 (2003), and pressure resistance test TS EN 1354 (2007). It has been seen that the use of fly ash has a positive effect on compressive strengths of foam concretes and it is possible to produce foam concrete with fly ash additives. It has been found that the use of fly ash has a positive effect on the compressive strength of foam concretes. Fly ash can be used in foam concretes and it can be evaluated in foam concrete plants which are a waste and environmentally harmful product.

Keywords;

Fly ash, foam concrete, thermo-mechanical

1. Giriş

Uçucu kül (UK), termik santrallerde pulverize kömürün yanması sonucu meydana gelen ve baca gazları ile taşınarak siklon veya elektrofiltrelerde toplanan önemli bir yan üründür (Shashiprakash vd., 1994). Türkiye’de halen Afşin-Elbistan, Çatalağzı, Kangal, Kemerköy, Orhaneli, Seyitömer, Soma, Tunçbilek, Yatağan ve Yeniköy, santralleri olmak üzere 11 termik santral faaliyet göstermektedir. Bu santrallerden yıllık 16 milyon tondan fazla uçucu kül açığa çıkmaktadır (Görhan vd., 2008). Uçucu külün katkı maddesi olarak çimento ve beton özelliklerine etkileri; katılan kül miktarı, külün ve çimentonun özellikleri, külün çimento yerine veya çimentoya ilaveten katılması gibi faktörlere bağlıdır (Papadakis, 2000; Lee vd., 2003).

Köpük beton, çimento, su ve agregaların farklı oranlarda karıştırılmasıyla; istenilen yoğunlukta üretilmesi, kolay uygulaması, aynı zamanda yatırım ve üretim maliyetinin düşük olmasından dolayı ekonomik bir yapı malzemesidir. Esas ana hammaddesi çimento olan köpük beton, kullanım amacına göre çeşitli agregalarla karıştırılmak suretiyle küçük bir işletmede kolayca üretilebilir. Mobil sistem bir çekici vasıta ile uygulama alanına taşınabilir. Karışım uygulama alanında gerçekleştirileceğinden nakliyede büyük kolaylık sağlar. Isı ve ses yalıtımı yanında binalardaki yükü hafifleterek depreme karşı dayanıklılığı artırır. Yatırım ve üretim maliyetleri muadili ürünlere göre çok düşüktür. Üretiminde kullanılan enerji gideri düşük, kalifiye personel sayısı azdır. Ülkemizdeki yöresel ve doğal bims ve pomza gibi hammaddelerim yanında uçucu külün kullanımı büyük avantaj sağlayacaktır (Ekinci, 2013; Davraz vd., 2016; Tuzlak, 2017).

Köpük beton, taze halde yüksek akış yeteneğine, düşük yoğunluğa, işleve bağlı-yeterli dayanıma ve düşük ısıl iletkenlik özelliklerine sahiptir (Kaya, 2017). Genel olarak kuru yoğunluğu 400-1600 kg/m³, basınç dayanımı 1-15 MPa aralığındadır. Köpük beton kolayca pompalanabilir ve yerleştirilebilir Sıkıştırma ve vibrasyon gerektirmez. Suya ve dona karşı mükemmel bir dirence sahiptir. Köpük beton harcı, işletmelerde kalıplanıp blok haline getirilebileceği gibi, gerektiğinde mobil olarak uygulama sahasında-inşaatta hazırlanarak bir pompa yardımı ile kolayca taşınabilir. Köpük

beton, yoğunluğuna bağlı olarak duvar blokları, asmolen, panel, yalıtım tesviye betonu, prefabrik yapı elemanları üretiminde kullanılabilir (Ramamurthy vd., 2009; Davraz vd., 2015a, Davraz vd., 2015b).



Şekil 1. Köpük betonun kullanım alanları (Visagie ve Kearsely, 2002)

Bu çalışmanın amacı, uçucu kül katkıli köpük betonların kullanım imkanını ortaya çıkarmak ve uçucu kül katkıli köpük betonların dayanım ve ısı iletkenlik özelliklerini incelenmektir. Uçucu kül ve çimento miktarı sabit tutulup, su, su-çimento oranı ve köpük miktarı değiştirilerek üretilen köpük betonun basınç dayanımı ve ısı iletkenlik değerleri belirlenmiştir.

2. Materyal – Metot

Bu çalışmada köpük ajanı olarak reçine esaslı köpük ajanı kullanılmıştır. Uçucu küllü köpük beton karışımlarında Çayırhan Termik Santral uçucu külü (UK) kullanılmıştır. Uçucu kül’e ait kimyasal ve fiziksel özellikleri Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Uçucu kül özellikleri

Uçucu Kül Kimyasal Kompozisyon (%)							
SiO ₂	50.18	Al ₂ O ₃	18.97	Fe ₂ O ₃	9.97	CaO	11.18
SO ₃	2.98	MgO	1.14	Na ₂ O	2.19	Kız.Kay	2.15
Uçucu Kül Fiziksel Özellikleri							
Özgül yüzey (cm ² /g)	2450			Özkütle (g/cm ³)	2.41		

Köpük beton numunelerinin üretimi, su çimento oranı, uçucu kül miktarı farklı olmak üzere 4 grupta yapılmıştır. Üretilen beton serileri ve karışıma giren malzeme miktarları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Köpük beton serileri ve karışım miktarları

Deney Kodu	Çimento	Su	s/ç	Köpük	Uçucu Kül	Köpük Hacmi
KB	350	150	0.42	66	-	735
UKB1	350	150	0.42	60	150	670
UKB2	350	200	0.57	56	150	620
UKB3	350	250	0.71	51	150	570

Hacim yöntemine göre hesaplanan beton karışım tasarımlarında portland çimentosu yoğunluk değeri 3.12 g/cm^3 olarak belirlenmiştir. SDÜ Doğal ve Endüstriyel Yapı Malzemeleri Araştırma Uygulama Merkezi'nde gözenekli (köpük) hafif betonların üretimi yapılmıştır. Üretilen köpük beton numuneleri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Üretilen köpük beton numuneleri

Isı iletkenlik deneyi için Şekil 3'de verilen SDÜ Doğal ve Endüstriyel Yapı Malzemeleri Araştırma Uygulama Merkezinde bulunan Lasercomp Fox 50 ısı iletkenlik cihazı kullanılmıştır.



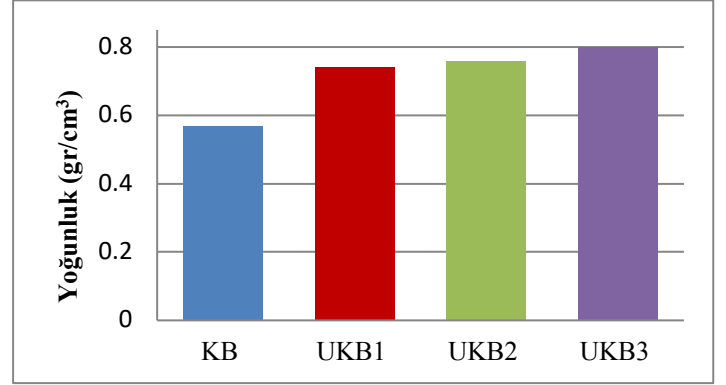
Şekil 3. Isı iletkenlik deney cihazı

Isı iletkenlik deneyleri, TS EN 12664 (2009) ve TS EN 12667 (2003) standartları esas alınarak yapılmıştır.

Basınç dayanımı deneyleri için tahribatlı test yöntemlerinden tek eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmıştır. Basınç deneyinde yükleme hızı, $(0.1 \pm 0.05) \text{ MPa/s}$ olacak şekilde sabit tutulmuştur. Basınç dayanımı tayini için her bir karışımdan 5 adet $10 \times 10 \times 10 \text{ cm}$ 'lik küp numuneler üretilmiştir. Her karışım için numunelerden 3 tanesi deneye tabi tutulmuştur. 28 günlük sertleşmiş beton numunelerinin basınç dayanımı deneyi TS EN 1354 (2007) göre yapılmıştır.

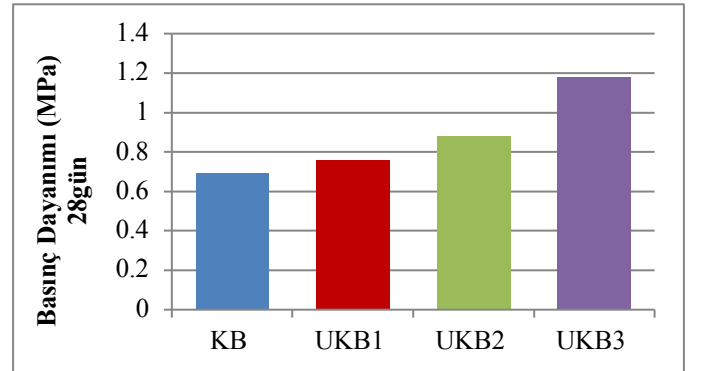
3. Araştırma Bulguları

Hazırlanan numunelere ait kuru yoğunluk değerleri TS EN 678'e göre yapılmış ve sonuçlar Şekil 4'de gösterilmiştir.



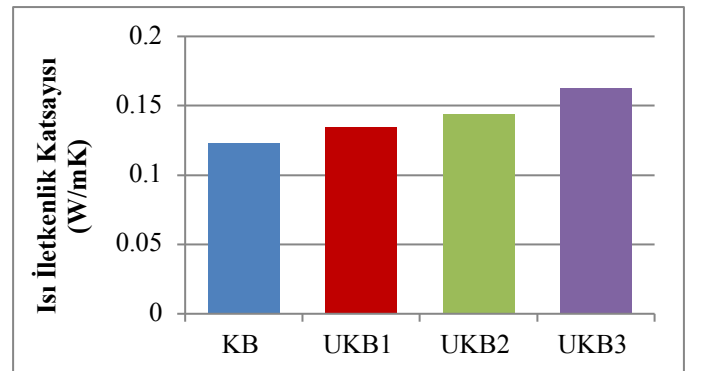
Şekil 4. Köpük beton serilerinin ortalama yoğunluk grafiği (Sertleşmiş hafif beton)

Köpük beton deney numunelerine ait basınç dayanım deney sonuçları Şekil 5'de verilmiştir.



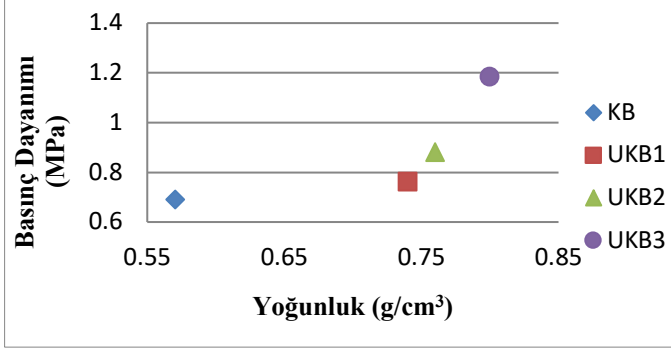
Şekil 5. Köpük beton serilerinin ortalama basınç dayanımı grafiği

Köpük beton deney numunelerine ait ısı iletkenlik katsayıları (W/mK) deney sonuçları Şekil 6'da verilmiştir.

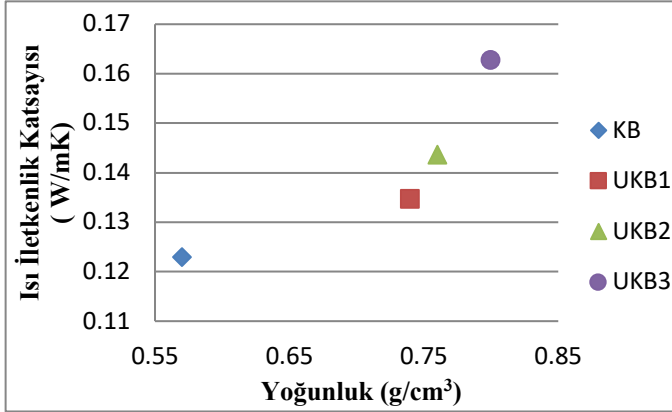


Şekil 6. Köpük beton serilerinin ortalama ısı iletkenlik katsayısı grafiği

Köpük betonlarda, ısı iletkenlik, basınç dayanımı gibi değerler yoğunluğa bağlı olarak değişmektedir. Üretilen serilerde basınç dayanımı- yoğunluk ve ısı iletkenlik katsayısı-yoğunluk ilişkisine de bakılmıştır. Üretilen köpük beton serilerine ait basınç dayanımı- yoğunluk ilişkisi Şekil 7’de, ısı iletkenlik katsayısı-yoğunluk ilişkisi Şekil 8’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Köpük beton serilerinin basınç dayanımı-yoğunluk grafiği



Şekil 8. Köpük beton serilerinin ısı iletkenlik katsayısı - yoğunluk grafiği

4. Tartışma ve Sonuç

Uçucu kül katkılı üretilen köpük betonların basınç dayanımı deney sonuçları incelendiği zaman, yoğunluk artışına paralel basınç dayanım değerlerinin arttığı görülmüştür. Basınç dayanım değeri en düşük 0.57 g/cm³ yoğunluklu uçucu kül katılmayan KB serisinde 0.69 MPa elde edilirken, en yüksek 0.80 g/cm³ yoğunluklu olarak UKB3 serisine ait köpük betonda 1.18 MPa elde edilmiştir.

Köpük beton deney numunelerine ait ısı iletkenlik katsayı değerleri incelendiğinde yoğunluk artışına paralel ısı iletkenlik katsayılarının arttığı görülmüştür. Basınç dayanımına benzer sonuçlar ısı iletkenlik değerlerinde de elde edilmiştir. En düşük ısı iletkenlik değeri uçucu kül katılmayan kontrol betonu serisine ait iken en yüksek ısı iletkenlik

katsayısı değerinin UKB3 serisine ait olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, uçucu kül katkılı köpük betonların üretilebileceği tespit edilmiştir. Uçucu küllerin köpük betonda değerlendirilmesi, sürdürülebilir bir çevre açısından önemli bir kazanım olacaktır.

5. Teşekkür

Bu çalışma 4086-YL-14 nolu Süleyman Demirel Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri ile desteklenmiştir. Yazarlar, desteklerinden dolayı SDÜ BAP Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederler.

6. Kaynaklar

- Davraz, M., Kılınçarslan Ş., Kuru M., 2015a. Farklı yoğunluktaki köpük betonların dayanım ve ısıl iletkenlik özellikleri, 9. Ulusal beton kongresi, 93-102.
- Davraz, M., Kılınçarslan, Ş., Ceylan, H., 2015b. Predicting the Poisson Ratio of Lightweight Concretes using Artificial Neural Network. Acta Physica Polonica, A., 128.184-186.
- Davraz, M., Kılınçarslan, Ş., Kuru, M., Tuzlak, F., 2016. Investigation of Relationships between Ultrasonic Pulse Velocity and Thermal Conductivity Coefficient in Foam Concretes. Acta Physica Polonica A 130/1, 469-470.
- Ekinci, D., 2013. Türkiye'de Köpük Beton. Dünya İnşaatDergisi.<http://www.dunyainsaat.com.tr/dergioku.php?haberid=4224>.
- Ferreira, C., Ribeiro, A., Ottosen, L., 2003. Possible Applications for Municipal Solid Waste Fly Ash, Journal of Hazardous Materials, Cilt 96, No 2-3, 201-216.
- Görhan, G., Kahraman, E., Başpınar, S., Demir, İsmail., 2008. Uçucu Kül Bölüm I: Oluşumu, Sınıflandırılması ve Kullanım Alanları. Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, (2) 85 -94.
- Kaya, Z.R., 2017. Krom Atıklarının Köpük Beton Yapımında Agregat Olarak Kullanımının Araştırılması. SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 58, Isparta.

- Lee, C.Y., Lee, H.K., Lee, K.M., 2003. Strength and Microstructural Characteristics of Chemically Activated Fly Ash-Cement Systems. Cement and Concrete Research, Cilt 33, No 3, 425-431.
- Papadakis, V.G., 2000. Effect of Fly Ash on Portland Cement Systems Part II. High-Calcium Fly Ash. Cement and Concrete Research, Cilt 30, No 10, 1647-1654.
- Ramamurthy, K., Nambiar, E.K., Ranjani, G., 2009. Cement Concrete Compos. 31, 388, DOI: 10.1016/j.cemconcomp.2009.04.006.
- Shashiprakash, S.G., Nagaraj, T.S., Raviraj, S., 1994. Proportioning of Fly-Ash cement Concrete Mixes, Cement Concrete Aggregates, Cilt 16, No 2, 104-109.
- Tuzlak, F., 2017. Taze Beton Reolojisinin Köpük Beton Özelliklerine Etkisi SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, 50, Isparta.
- Visagie, M, Kearsely, E.P., 2002. Properties of foamed concrete as influenced by air-void parameters. Concrete-Beton, 101, 8-14.
- TS EN 12664, 2009. Yapı malzemeleri ve mamulleri - Isıl direncin, korumalı tablalı ısıtıcı ve ısı akı ölçerin kullanıldığı metotlarla tayini - Isıl direnci orta ve düşük seviyede olan kuru ve rutubetli mamuller. TSE, Ankara.
- TS EN 12667, 2003. Yapı malzemeleri ve mamullerinin ısı performansınıMahfazalı sıcak plaka ve ısı akış sayacı metotlarıyla ısı direncin tayiniYüksek ve orta ısı dirençli mamuller. TSE, Ankara.
- TS EN 1354, 2007. Gözenekli hafif beton - Basınç dayanımının tayini. TSE, Ankara.
- TS EN 678, 1995. Gaz ve köpük beton-Kuru yoğunluk tayini. TSE, Ankara.