



Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/nevbiltek>

Makale Doi: 10.17100/nevbiltek.632928



Rize yöresi obsidyeninun çimentonun hidratasyon ısısına etkisi

İlker USTABAŞ¹, İhsan ÖMÜR¹

¹Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik fakültesi, İnşaat Bölümü, Rize
ORCID ID:000-0003-0473-2543

Öz

Bu çalışmada, Rize yöresi obsidyeninun çimentonun hidratasyon ısısını nasıl etkilediği araştırılmıştır. Çimentoda yaygın olarak kullanılan mineral katkılardan uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun çimentodaki hidratasyon ısısına etkileri ile karşılaştırılmıştır. Obsidyen, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu çimentoların basınç dayanımları ölçülmüştür.

Çalışma sonucunda Rize yöresi obsidyeninun çimentonun hidratasyon ısısını düşürmekte, basınç dayanımı açısından olumsuz bir etkiye neden olmamaktadır. Obsidyen, çimentoda hidratasyon ısısı ve basınç dayanımı açısından uçucu kül ve yüksek fırın cürufuyla benzer etkilere göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Obsidyen, Uçucu kül, Yüksek fırın cürufu, Hidratasyon ısısı.

The effect of the obsidian of the rize region on the hydrating heat of cement

Abstract

In this study, the effect of obsidian of Rize region on the hydration heat of cement was investigated. It was compared with the effects of fly ash and blast furnace slag on the hydration heat in cement. The compressive strengths of obsidian, fly ash and blast furnace slag cements were measured.

As a result of this study, the obsidian of Rize decreases the hydration temperature of cement and does not cause a negative effect in terms of compressive strength. Obsidian shows similar effects with respect to fly ash and blast furnace slag in terms of heat and compressive strength of hydration in cement..

Keywords: Obsidian, Fly ash, Blast furnace slag, Hydration heat

1. Giriş

Puzolanlar kendi başlarına bağlayıcılığı olmayan ancak kireçle karşılaştıklarında bağlayıcılık kazanan malzemelerdir. Puzolanların kullanımı çok eski tarihlere kadar dayanmaktadır [1]. Çimentoda doğru olarak seçilen, işlenen ve kullanılan puzolanlar, maliyeti düşürür, betonun kalitesini artırır, betonu dışardan gelebilecek zararlı kimyasallara ve alkali silika reaksiyonlarına karşı korur [1,2] Çimentonun ana hidratasyon ürünlerinden klinkerin üretimi sırasında atmosfere CO₂ salınır. Bu durum çevre açısından istenmeyen durumdur. Katkılı çimentolarda çimentoya katılan klinker miktarının daha az oranlarda kullanılmasını sağladığından katkı çimentoların üretimi sırasında atmosfere CO₂ salınımı daha az olur. Gerek betona sağladığı faydalar gerekse karbondioksit salınım miktarındaki azaltmasından dolayı puzolanlarla ilgili birçok bilimsel çalışma yapılmaktadır [1,3,4,5,6,7,8]. Suyun çimentoyla reaksiyonu sırasında tipik ekzotermik reaksiyonlar gibi açığa ısı çıkar [9]. Beton üretiminde açığa çıkan ısı belli değerleri aşması durumunda betona zarar verir. Hidratasyon ısının betona zararlarının önlenmesi için standartlar sınırlama ve kriterler koymuştur. TS 13515 standardı boyutları 90 cm kalınlığını geçen beton yapı elemanlarında taze betonda oluşacak en yüksek ısının 65 °C'ı aşmaması gerektiği, donatılı betonlarda beton içi sıcaklıkla dış sıcaklık arasındaki farkın 25 °C, donatısız betonlarda 20 °C'yi aşmaması gerektiğini belirtmektedir [10]. Taze betonun sıcaklığı kontrol altında tutulmaması durumunda sertleşmiş betonda çatlaklar oluşur. Bu çatlaklar beton için zararlı oluşumlardır ve betonun servis ömrünün azalmasına yol açar. Özellikle kalın boyutlara sahip betonarme yapılarda düşük hidratasyon ısı çimentolar kullanmak betonu hidratasyon ısısından oluşacak zararlardan korumak için uygulanan yöntemlerden biridir. TS 13515 (2014) standardı kalın boyutlara sahip betonarme yapılarda 7 günlük hidratasyon ısısı 60 cal/g hidratasyon ısısından daha düşük hidratasyon ısısına sahip çimentoları kullanmayı önermektedir. Çimentoda açığa çıkan ısı miktarı klinkerin yapısına, çimentonun bileşimine, mineral katkılara bağlıdır. Mineral katkı kullanımı çimentonun hidratasyon ısısını düşürmede en yaygın olarak kullanılan yöntemler arasında yer almaktadır [9].

Uçucu kül ve yüksek fırın cürufu çimentoda yaygın olarak kullanılan puzolanlardır. Uçucu kül termik santrallerinde kömürün yakılması sırasında, yüksek fırın cürufu demir cevherinin yüksek fırınlarda ısıtılması sonucu çıkan atığın hızlı şekilde soğutulması sonucunda oluşan atık maddelerdir. Bu çalışmada araştırılan volkanik cam diye bilinen obsidyen de puzolanik özelliği olan ancak literatürde bununla ilgili fazla bilimsel veriye rastlanmayan doğal bir maddedir. Obsidyen Rize ili İkizdere Büyük Yayla mevkiinde bolca bulunmaktadır. Bulunduğu bölgedeki obsidyen herhangi bir alanda kullanılmamaktadır. Obsidyenin camsı yapısından dolayı bulunduğu yerdeki bitki örtüsünü ve canlı yaşamını engellemektedir [11].

Bu çalışmada TS EN 197-1'e göre puzolan özelliği gösteren uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve obsidyenin çimentonun hidratasyon ısısını ve basınç dayanımını nasıl etkilediği araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu deneysel araştırma kapsamında uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve obsidyen ilaveli çimentolarda TS EN 196-9'a göre hidratasyon ısıları ölçülmüştür. Uçucu kül, yüksek fırın cürufu ve obsidyen ilaveli çimentolarla üretilen harç numunelerde eğilme ve basınç dayanımları tespit edilmiştir.

Çalışmada, Ünye Çimento Fabrikası'nın CEM I 42,5 R tipi 50 kg paketlenmiş torba halindeki çimentosu kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan uçucu kül (Uk), Tunçbilek Termik Santrali'nden, yüksek fırın cürufu (Yfe) ise Karabük Demir Çelik Fabrikası'nın cürufu olup Akçansa Çimento Fabrikası'ndan temin edilmiştir. Bağlayıcılara ait kimyasal bileşim ve puzolanlara ait reaktif silis içerikleri Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan çimento, obsidyen, uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun kimyasal bileşimi [11]

	Çimento	Obsidyen	Uçucu kül	Yüksek fırın cürufu
CaO	64,60	0,87	4,5	35,30
SiO ₂	19,30	74,10	52,70	38,60
Al ₂ O ₃	5,17	13,80	18,00	11,40
Fe ₂ O ₃	3,55	1,43	12,60	0,58
MgO	1,05	0,14	4,79	7,92
K ₂ O	1,16	4,88	1,87	1,45
Na ₂ O	0,46	4,08	0,74	0,29
P ₂ O ₅	0,077	0,015	0,126	0,003
SO ₃	2,860	0,005	1,64	3,43
TiO ₂	0,14	0,14	0,76	0,44
Sr	0,009	0,014	0,026	0,058
Cr ₂ O ₃	-	0,07	0,10	-
MnO	0,23	0,06	0,15	1,40
LOI	2,81	0,03	1,47	1,08
Reaktif silika içeriği		40,13	49,48	40,74
TOPLAM	101,45	99,55	99,56	100,77

Şekil 1’te Rize İkizdere mevkiindeki yığıntı şeklinde bulunan obsidyenler görülmektedir. İncelemenin yapıldığı bu arazide oldukça kalın ve geniş araziye yayılmış masif ve döküntü şeklinde obsidyenler mevcuttur. Şekil 1’te görülen obsidyenler tıpkı kırık cam gibidir ve oldukça keskindirler. Obsidyenin arazideki durumu insan ve hayvanın bu bölgede dolaşmasını tehlikeye düşürmekte bitki yetişmesini engelleyecek türdendir.

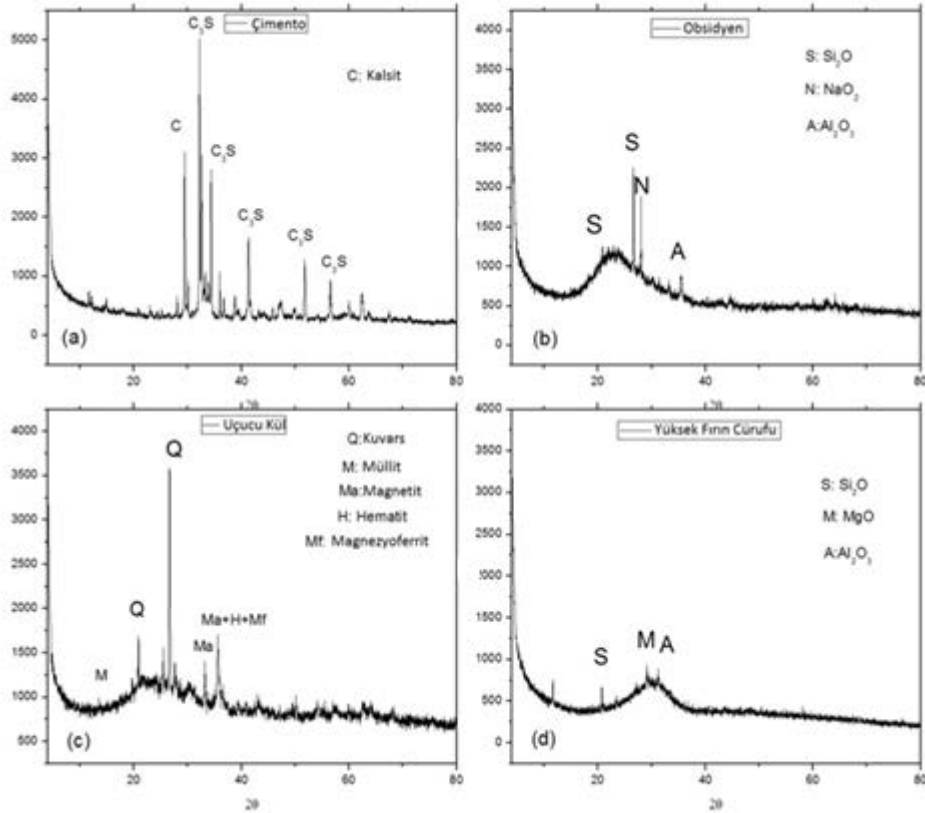
**Şekil 1.** Arazide obsidyen görüntüsü

Şekil 2’de görünen kaplarla araziden toplanan obsidyenler laboratuvarında çeneli kırıcılarda kırılıp bilyeli değirmenlerde öğütüldükten sonra çimentoya puzolan olarak katılmıştır.



Şekil 2. Araziden obsidyenin toplanması

Şekil 3'teki XRD analizinden obsidyenin tipik amorf yapıya sahip bir madde olduğu anlaşılmaktadır. Amorf yapı, silis içeriği yüksek maddeler çimentoda puzolanik özellik gösteren maddeler arasında yer alırlar.



Şekil 3. Çimento, obsidyen, uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun XRD analizleri [11]

TS EN 196-9 ise yarı adyabatik yöntemle çimentonun hidrasyon ısısının tayininde 360 gram çimento, 180 gram su ve 1035 gram CEN standart kumu karıştırılarak numune hazırlanmaktadır. Toplam malzeme miktarı 1575 gram

olmakta ve kalorimetrede biri referans, diğeri ölçüm numunesi olmak üzere iki numune üzerinden çimentoların hidrasyon sıcaklıkları ölçülmektedir. Her sıcaklık okumasında numunenin sıcaklık artışı (θ_t), numunenin sıcaklığı (T_s) ve referans kalorimetredeki numunenin sıcaklığı (T_r) arasındaki farktan Hidrasyon ısı (Q) aşağıdaki bağıntıdan hesaplanmaktadır.

$$Q = \frac{c}{m_c} \theta_t + \frac{1}{m_c} \sum_{i=1}^n \bar{\alpha}_i \bar{x}_{i,x} \Delta t_i \quad (1)$$

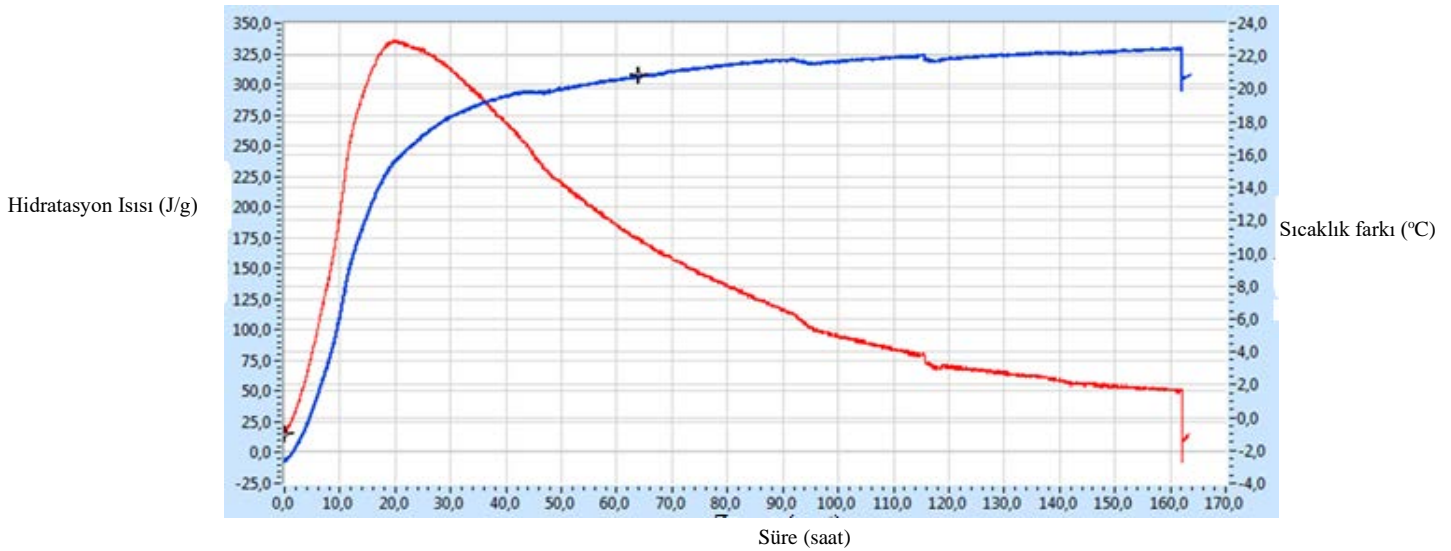
Bağıntıdaki m_c deney numunesinin içerdiği çimento kütleini (gram), t hidrasyon süresini (saat), c kalorimetrenin ısı kapasitesini ($J.K^{-1}$) ve α kalorimetrenin ısı kaybı katsayısını ($J.h^{-1}.K^{-1}$) göstermektedir.

Obsidyen, uçucu kül (uk) ve yüksek fırın cürufu (yfc) ilaveli çimentoların eğilme ve basınç dayanımları TS EN 196-1'e göre ölçülmüştür. TS EN 196-1'e göre 450 gram çimento, 225 su ve 1350 gram standart kum karışımından 40x40x160 mm ölçülere sahip prizmatik harç numuneler hazırlanmakta ve bu harç numunelere basınç testleri uygulanarak çimentoların basınç dayanımları hesaplanmaktadır.

3. Bulgular

TS EN 196-9'a göre hidrasyon ısı ölçülen çimentolarda obsidyen uçucu kül ve yüksek fırın cürufu %20, %30 ve %50 oranlarında çimentoya ikame edildi.

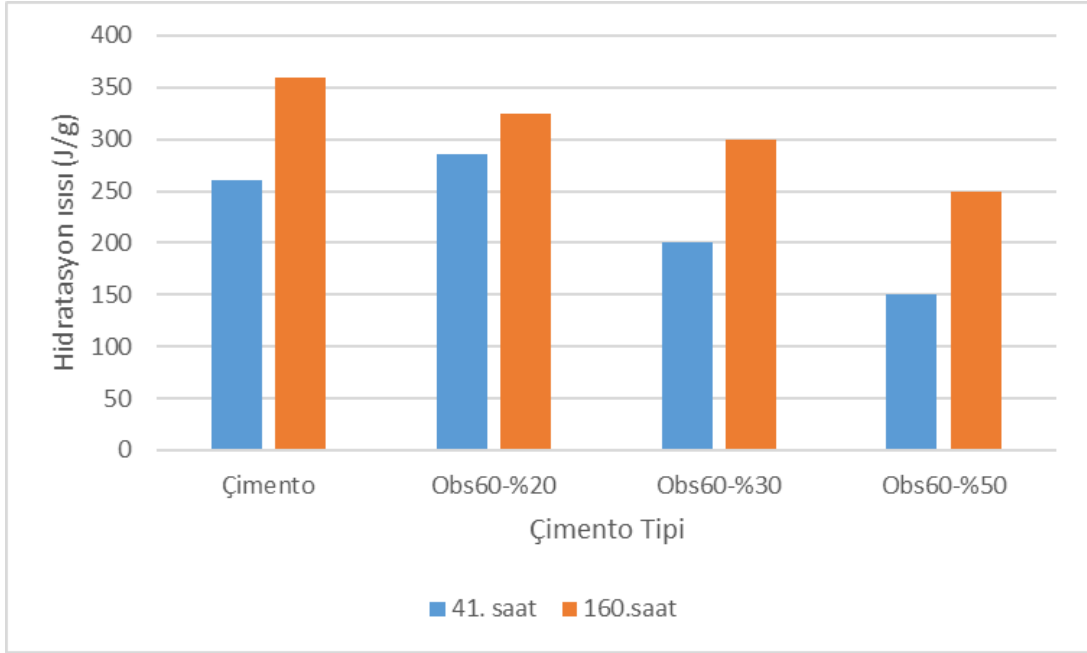
Şekil 4'te katkı içermeyen çimentoda TS EN 196-9 yöntemine göre ölçülen 160 saatlik hidrasyon ısı ve bu süre boyunca çimento harcındaki sıcaklık değişimi görülmektedir. Şekil 4'teki sürekli artış gösteren eğri çimentonun hidrasyon ısını, belli süre artıp sonra azalan eğri ise çimento hamurundaki sıcaklık değişimini göstermektedir.



Şekil 4. Çimentoda TS EN 196-9'a göre hidrasyon ısının ölçümü

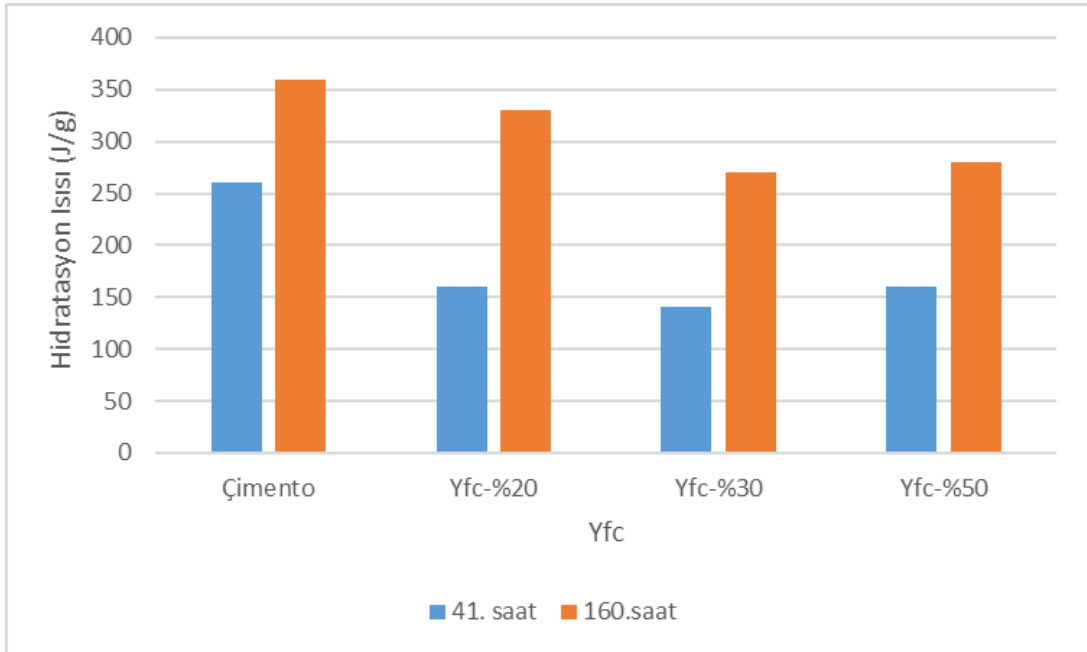
Şekil 5'te Şekil 4'te görülen grafiklerden elde edilen çimento ve 60 dakika öğütülmüş obsidyenin %20, %30 ve %50 oranında ilaveli çimentolarda TS EN 196-9'a göre 41. ve 160. saatlerde hesaplanan hidrasyon ısıları görülmektedir. Şekil 5'te %20 oranında 60 dakika öğütülmüş obsidyen ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısı 285 J/g ve 160. saatteki hidrasyon ısının 325 J/g, %30 oranında 60 dakika öğütülmüş obsidyen ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısı 200 J/g ve 160. saatteki hidrasyon ısının 300 J/g, %50 oranında 60 dakika öğütülmüş

obsidyen ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısı 150 J/g ve 160. saatteki hidrasyon ısısının 250 J/g olarak ölçüldüğü görülmektedir.



Şekil 5. 60 dakika öğütülmüş %20, %30 ve %50 oranında obsidyen ilaveli çimentolarda ölçülen hidrasyon ısıları

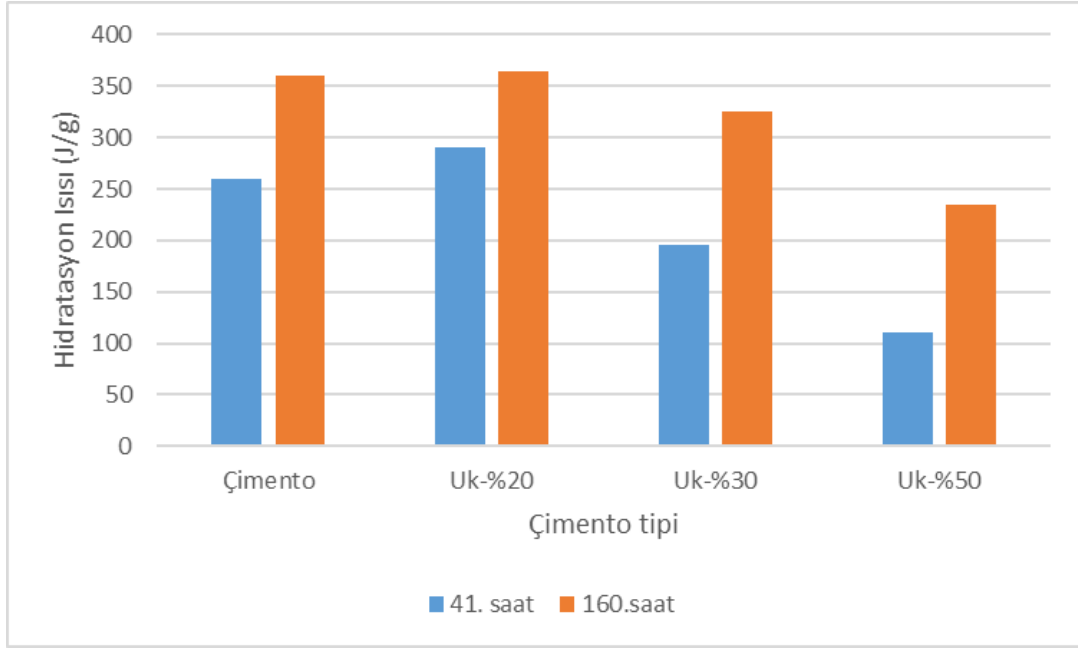
Şekil 6'da % 20 oranında yüksek fırın cürufu ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısı 160 J/g ve 160. saatteki hidrasyon ısısının 330J/g, % 30 oranında yüksek fırın cürufu ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısı 140 J/g ve 160. saatteki hidrasyon ısısının 270 J/g, % 50 oranında yüksek fırın cürufu ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısı 160 J/g ve 160. saatteki hidrasyon ısısının 280 J/g olarak ölçüldüğü görülmektedir.



Şekil 6. %20, %30 ve %50 oranında yfc ilaveli çimentolarda ölçülen hidrasyon ısıları

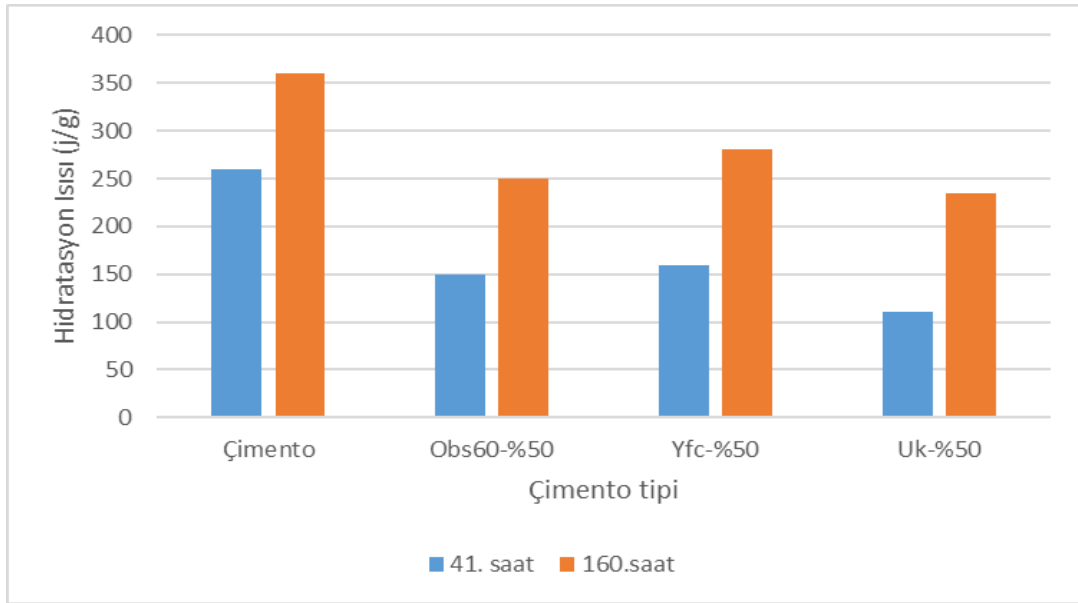
Şekil 7'de % 20 oranında uçucu kül ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısı 290 J/g ve 160. saatteki hidrasyon ısısının 365 J/g, % 30 oranında uçucu kül ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısı 195 J/g ve 160.

saatteki hidrasyon ısısının 325 J/g, % 50 oranında uçucu kül ilaveli çimentoda 41. saatteki hidrasyon ısısı 110 J/g ve 160. saatteki hidrasyon ısısının 235 J/g olarak ölçüldüğü görülmektedir.



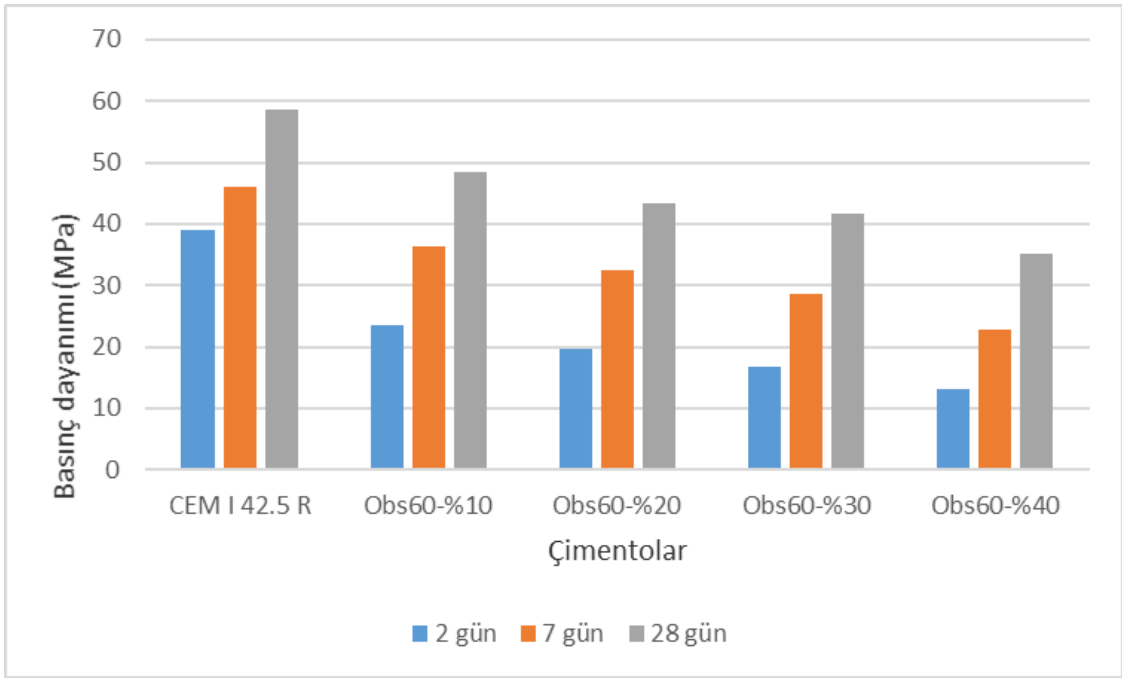
Şekil 7. %20, %30 ve %50 oranında uk ilaveli çimentolarda ölçülen hidrasyon ısıları

Şekil 8’de katkı içermeyen çimentonun 41 ve 160. saatteki hidrasyon ısısının en fazla olduğu görülmektedir. Şekil 8’de %50 obsidyen, uk ve yfc ilaveli çimentoların hidrasyon ısılarının katkı içermeyen çimentolardan daha az olduğu görülmektedir. Şekil 8’de obsidyenli çimentonun hidrasyon ısılarının yfc ve uk ilaveli çimentolarla oldukça yakın değerlerde olduğu görülmektedir.



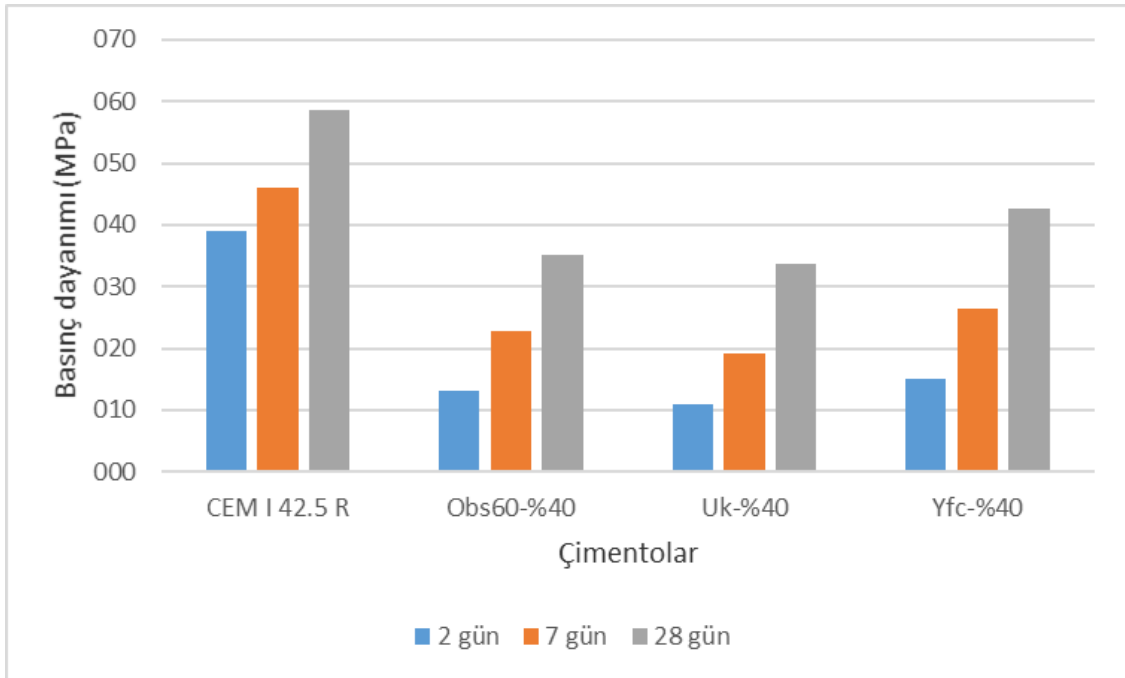
Şekil 8. Çimento ve %50 oranında obsidyen, yfc ve uk ilaveli çimentolarda ölçülen hidrasyon ısuları

Şekil 9’da CEM I 42,5 R tipi çimento ve bu çimentoya %10, %20,%30 ve %40 oranında 60 dakika öğütülmüş obsidyen katılmış çimento ile TS EN 196-1’e göre hazırlanan harç numunelerden elde edilen basınç dayanımları görülmektedir. Şekil 9’da çimentoya obsidyen katkı oranı arttıkça basınç dayanımlarında azalma olmuştur.



Şekil 9. Çimento ve obsidyen ilaveli çimentolarda TS EN 196-1'e göre ölçülen basınç dayanımları

Şekil 10'te CEM I 42,5 R çimentosu ve bu çimentoya %40 oranında obsidyen, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu katılarak oluşturulan çimentolar ile TS EN 196-1'e göre hazırlanan harç numunelerinden elde edilen basınç dayanımları görülmektedir. Şekil 10'da en yüksek basınç dayanımı CEM I 42,5R çimentosunda olduğu bunu sırasıyla yüksek fırın cürufu, obsidyen ve uçucu kül ilaveli çimentolar takip etmiştir. Obsidyen katkılı çimentolar basınç dayanımı açısından puzolan katkı oranı arttıkça dayanım azalması yönünden yüksek fırın cürufu ve uçucu kül katkılı çimentolarla benzer davranış göstermiştir.



Şekil 10. Çimento ve %40 obsidyen, uk ve yfc ilaveli çimentolarda TS EN 196-1'e göre ölçülen basınç dayanımları

4. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada yapılan TS EN 196-9'a göre çimentonun hidratasyon ısısı ölçümlerinde çimentoya, obsidyen, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu ilave miktarı arttıkça çimentonun hidratasyon ısısının düştüğü görülmüştür. Erdogan (2013) ve Han (2017) çalışmalarında kullandıkları puzolanların bu çalışmadaki puzolanlara benzer şekilde hidratasyon ısısını düşürdüğünü belirtmişlerdir [1,12]. Literatürde TS EN 196-9 ile 41. saat hidratasyon ısısı TS EN 196-8'e göre kimyasal yöntemle ölçülen hidratasyon ısısına eşit olduğu belirtilmektedir [13]. Bu çalışmada kullanılan çimentonun 41. saatteki hidratasyon ısısı 250 j/g değeri Erdoğan'ın çalışmasında kullandığı çimentonun hidratasyon ısısına eşittir [1]. Han vd. (2017) ölçtükleri yüksek fırın cürufu ve uçucu küllü çimentoların hidratasyon ısıları bu çalışmaya benzer değerlerde ölçtüler. Baran ve Pichniarczyk (2017) CEM I 42,5 R çimentosunda 374 ile 404 j/g arasında değerler hesapladı. Bu değerlerin bu çalışmadaki değerlerle uyumlu olduğu görülmektedir. Merzouki vd. (2013) 140 saatten sonraki hidratasyon ısılarında cürufun hidratasyon ısısını düşürdüğünü belirtmektedir. Erdoğan Bu çalışmada da obsidyen, uçucu kül ve yüksek fırın cürufunun çimentoya katılma oranı arttıkça çimentonun hidratasyon ısısında azalma meydana gelmiştir. Bu çalışmadaki çimentolarla hesaplanan basınç dayanımları kıyaslandığında Rize yöresi obsidyeni çimentonun basınç dayanımına uçucu kül ve yüksek fırın cürufuyla benzer etki göstermiştir.

Bu çalışmada aşağıda belirtilen hususlar tespit edilmiştir.

1. Rize yöresi obsidyeni çimentonun hidratasyon ısısını düşürmektedir.
2. Obsidyenin hidratasyon ısısı bakımından çimentoda uçucu kül ve yüksek fırın cürufu ile benzer özellik göstermiştir.
3. Rize yöresi obsidyeni basınç dayanımı açısından çimentoda yüksek fırın cürufu ve uçucu küle yakın değerlere sahiptir. Obsidyen çimentoda puzolan olarak kullanılması durumda basınç dayanımı açısından zararlı bir etkiye sahip değildir.

5. Teşekkür

214M023 proje nolu "Farklı İnceliğe Sahip Uçucu Kül, Yüksek Fırın Cürufu ve Öğütülmüş Obsidyen Katkılı Çimentoların Puzolanik Aktivitesi, Hidratasyon Isısının Tayini ve Yapay Sinir Ağlarıyla Optimum Puzolan Katkı Oranının Belirlenmesi" isimli projesi ile bu çalışmaya desteklerinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkür ederiz.

6. Kaynaklar

- [1] Erdoğan, S.T., Sağlık, A.Ü. 2013. "Early-age activation of cement pastes and mortars containing ground perlite as a pozzolan", *Cement & Concrete Composites*, 38, 29–39.
- [2] Mielenz RC, Greene KT, Schieltz NC. Natural pozzolans for concrete. *Econ Geol* 1951;46:311–28.
- [3] Scholer, A., Lothenbach, B., Winnefeld, F., Zajac, M., 2015. "Hydration of quaternary Portland cement blends containing blast-furnace slag, siliceous fly ash and limestone powder", *Cement & Concrete Composites*, 55, 374–382.
- [4] Uzal B., Turanlı, L., Yücel, H., Göncüoğlu, M.C., Çulfaz, A. 2010. "Pozzolan activity of clinoptilolite: A comparative study with silica fume, fly ash and a non-zeolitic natural pozzolan", *Cement and Concrete Research*, 40, 398–404.
- [5] Caputo, D., Liguori, B., Colella, C. 2008. "Some advances in understanding the pozzolan activity of zeolites: the effect of zeolite structure", *Cement & Concrete Composites*, 30, 455–462.
- [6] Marjanović, M., Komljenović, Z., Bašćarević, V., Nikolić, R., Petrović, N. 2015. "Physical–mechanical and microstructural properties of alkali-activated fly ash–blast furnaceslag blends", *Ceramics International*, 41, 1421–1435.

- [7] İlker Ustabaş, Effect of mineral additive use on permeation properties of concrete and the relationship between permeation and carbonation, (2018) Turkish Journal of Materials, Turk. J. Mater. Vol: 3 No: 1 Page: 38-52
- [8] İlker Ustabaş, Şakir Erdoğdu, Performance of mortars incorporating fly ash, silica fume, blast furnace slag at different temperature in magnesium sulfate solution, (2016), Turkish Journal of Materials, Turk. J. Mater. Vol: 1 No: 1 Page: 1-14
- [9] Baran, T., Pichniarczyk, P. 2017. “Correlation factor between heat of hydration and compressive strength of common cement”, Construction and Building Materials, 150, 321–332.
- [10] TS 13515, TS EN 206'nın uygulamasına yönelik tamamlayıcı standard, Türk standardı, 2014.
- [11] İlker Ustabaş, Ayberk Kaya, Comparing the pozzolanic activity properties of obsidian to those of fly ash and blast furnace slag, Construction and Building Materials 164 (2018) 297–307.
- [12] Han, F., He, X., Zhang, Z., Liu, J., 2017. “Hydration heat of slag or fly ash in the composite binder at different temperatures”, Thermochimica Acta, 655, 202–210.
- [13] TS EN 197-1, 2012, Çimento

Extended abstract

Introduction

Pozzolans are materials that do not bind on their own but gain binding when faced with lime. The use of pozzolans dates back to ancient times. Correctly selected, processed and used pozzolans in cement reduce the cost, increase the quality of concrete, protect concrete against harmful chemicals and alkali silica reactions. Heat emerges as typical exothermic reactions during the reaction of water with cement. If the heat produced in concrete production exceeds certain values, it will damage the concrete. Fly ash and blast furnace slag are pozzolans commonly used in cement. In this study, obsidian known as volcanic glass is a natural substance with pozzolanic feature but not much scientific data related to it in literature.

In this study, it was investigated how fly ash, blast furnace slag and obsidian which have pozzolan properties affect the hydration heat and compressive strength of cement according to TS EN 197-1.

Method

Hydration temperatures of fly ash, blast furnace slag and obsidian added cements were measured according to TS EN 196-9. Compressive strengths of cements with obsidian, fly ash (uk) and blast furnace slag (yfc) added were measured according to TS EN 196-1.

Result and Discussion

According to TS EN 196-9, the hydration temperature of the cement decreases with increasing amount of obsidian, fly ash and blast furnace slag. In the literature, it is stated that the hydration temperature of TS EN 196-9 and 41 hours is equal to the hydration temperature measured by chemical method according to TS EN 196-8. The hydration temperature of the cement used in this study in the 41st hour is 250 j / g value which is equal to the hydration temperature of the cement used by Erdoğan in his study. Han et al. (2017) measured the hydration temperatures of blast furnace slag and fly ash cements at similar values. Baran and Pichniarczyk (2017) calculated values between 374 and 404 j / g in CEM I 42,5 R cement. It is seen that these values are consistent with the values in this study.

In this study, the following points were determined.

1. Rize region obsidian reduces the heat of hydration of cement.
2. In terms of the hydration temperature of the obsidian, it showed similar properties with fly ash and blast furnace slag in cement.
3. The obsidian compressive strength of the Rize region is close to blast furnace slag and fly ash in cement. When used as pozzolan in obsidian cement, it has no harmful effect in terms of compressive strength.