

## Donma-çözölmeye tabi tutulan farklı oranlarda obsidiyen (volkanik cam) katkı maddesi ile güçlendirilmiş taneli zeminlerin performansı

### Performance of granular soils reinforced with obsidian (volcanic glass) additives in different proportions subjected to freeze-thaw

Necmi YARBAŞI\*

<sup>1</sup>Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Oltu Yer Bilimleri Fakültesi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum, Türkiye.  
nyarbasi@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi/Received: 05.12.2018, Kabul Tarihi/Accepted: 12.02.2019

\* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2019.39049

Araştırma Makalesi/Research Article

#### Öz

Zayıf zeminlerin mühendislik özelliklerini iyileştirmek için doğal malzemelerin kullanımı günümüzde daha yaygın hale gelmiştir. Bu durumun temel sebeplerini ekonomi, sürdürülebilirlik ve çevresel etki oluşturmaktadır. Bu çalışmada özellikle, Doğu Anadolu Bölgesinde yayılım gösteren volkanik bir kayaç olan obsidiyenin (volkanik cam) taneli zeminlerin iyileştirilmesi ve donma-çözölme olaylarının sıkça yaşandığı bölgelerdeki mühendislik yapılarının temel ve alt temel uygulamalarında kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Taneli zemine, %5, %10 ve %15 oranlarında öğütölmüş obsidiyen ilave edilerek elde edilen numunelerin donma-çözölme öncesi ve sonrası serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Deneyler standart proktor enerjisi altında sıkıştırılması ile hazırlanan taneli zemin numuneleri üzerinden yürütölmüştür. En yüksek serbest basınç mukavemetin elde edildiği 28- günlük kür sonunda, taneli zemin+%5 Obsidiyen karışımı, ana malzeme olan taneli zemin ile karşılaştırıldığında donma-çözölme öncesi %63.50, donma-çözölme sonrası ise %52.62 oranında mukavemet artışı meydana gelmiştir. Sonuç olarak, en yüksek mukavemet artışlarının elde edildiği taneli zemin+%5 obsidiyen karışımının özellikle soğuk iklim bölgelerinde kullanılabileceği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Taneli zemin, Obsidiyen, Mukavemet, Donma-çözölme

#### Abstract

The use of natural materials to improve the engineering properties of poor soils has become more common today. The main reasons of this situation are the economy, sustainability and environmental impact. The aim of this study is to determine the usability of the obsidian, which is a volcanic rock that is spreading mostly in the Eastern Anatolia Region, on the soils and foundation strengthening in the areas where the freeze-thaw events are frequently experienced. %5, %10 and %15 pulverized obsidian were added to the granular soil and unconfined compressive strengths were determined before and after freezing. Experiments were carried out on granular soil samples prepared by compression under standard proctor energy. At the end of the 28-day curing period where the highest unconfined compressive strength was obtained, the granular soil + 5% Obsidian mixture increased 63.50% before the freeze-thawing and 52.62% after freezing-thawing compared to the granular soil which is the main material. As a result, it was concluded that the highest strength increase of granular soil+ %5 obsidian mixture can be used especially in cold climatic zones.

**Keywords:** Granular soil, Obsidian, Strength, Freeze-thaw

## 1 Giriş

Mühendislik özellikleri zayıf olan zeminlerin iyileştirilmesi için günümüzde doğal veya sentetik birçok atık veya artık malzeme kullanılmaktadır. Sentetik malzemeler ve çeşitli kimyasal maddeler ekonomik anlamda büyük meblağlar tuttuğu için bilim insanları doğal, ucuz, sürdürülebilir ve çevre kirliliği oluşturmayan doğal malzemelere yönelmişlerdir [14],[16]-[21].

Doğal malzemelerden biri olan obsidiyen (volkanik cam) mukavemeti yüksek, silisyum minerali açısından zengin olan volkanik bir kayaç türüdür. İri veya ince taneli zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin iyileştirilmesinde kullanımını günümüzde artarak devam etmektedir [9], [11]-[13].

Volkanik kökenli bir kayaç olan obsidiyen, yeryüzüne çıkan silisyum mineralince zengin magmanın ani soğuması sonucu oluşmuştur. Volkanik cam olarak da isimlendirilen obsidiyen; siyah, kahverengi, yeşil ve karışık yarı saydam renkler halinde bulunabilmektedir. Mohs sertlik cetveline göre 5-6 arası sertliğe sahip, midye kabuğu şekilde kırılma (conchoidal fracture) göstermektedir. Obsidiyen kayacı günümüzde; peyzaj mimarisi, mobilya aksesuarları, kozmetik ürünleri üretimi ve

tıpta cerrahi amaçlı neşter ve bıçak yapımında da kullanılmaktadır [10].

Obsidiyen ile ilgili olarak yapılan birçok çalışmada, obsidiyen kayacı, mineralojik, petrografik, jeokronolojik, jeokimyasal açıdan incelendiği gibi XRF analizleri ile kaynak araştırmalarında yapılmıştır [6]-[8]. Ercan ve diğ. (2016) yaptıkları çalışmada, obsidiyenin çok az miktarda kristal faz içerdiği ve bu kristalin fazlarda çok az miktarda su (% 1'den az) bulundurduğunu belirtmişlerdir. Ustabası ve Kaya (2018), yaptıkları çalışmada, Rize (İkizdere) bölgesinde bulunan obsidiyen kayacının çimento içerisinde puzzolan malzeme olarak kullanılabileceğini ortaya koymuşlardır.

Genel olarak uçucu kül bazlı jeopolimerlerin iyi bir mukavemet, düşük büzölme ve iyi bir termal dirençliliğe sahip oldukları da bilinmektedir [13],[15],[18]. Urhan (1991), tarafından yapılan çalışmada ise obsidiyen parçacıkları içeren perlitin kristal yapıdaki atom örgülerinin sık ve düzenli olduğu için çözönmelerinin güç olduğu belirtilmiştir. Camsı yapıdaki atom örgülerinin ise hem daha dağınık hem de daha aralıklı olduğunu vurgulamıştır.

Ancak, taneli zeminlerin iyileştirilmesinde puzzolan olarak obsidiyen kullanımı konusunda yeterli literatür bilgisi

bulunmamaktadır. Bu çalışmada ise, obsidiyenlerin oldukça gözenekli (Porozite) bir yapıya sahip olan taneli zeminlere katılması halinde mukavemet değerlerinde bir artışın olup olmayacağı, donma-çözülme öncesi ve sonrası mukavemet değerlerinin nasıl değişeceği incelenmiştir.

## 2 Materyal ve yöntem

### 2.1 Materyal

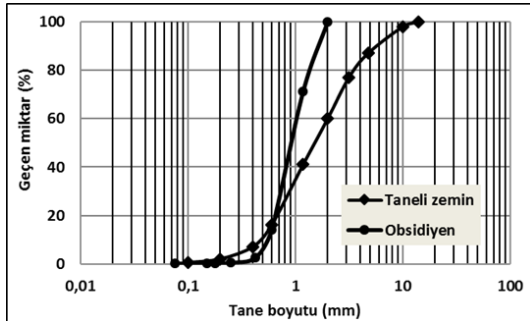
### 2.2 Taneli zemin (TZ)

Bu çalışma için kullanılan taneli zemin örneği Oltu (Erzurum) ilçesinde yapı ve alt temel malzemeleri üreten NESCE firmasından temin edilmiştir. Laboratuvar ortamına getirilen taneli zemin örneği, 24h süre ile 105±5 °C'de etüvde kurutulduktan sonra 4.76 mm elek altında kalan malzeme üzerinde deneysel çalışmalar ASTM [1]-[3] ve BS [4]'e göre yapılmıştır. Bu çalışmada kullanılan zeminin iyi derecelenmiş kum (SW) sınıfında olduğu belirlenmiştir. Taneli zemin örneğinin granülometri eğrisi Şekil 1'de, mühendislik özellikleri ise Tablo 1'de gösterilmiştir.

Tablo 1: Taneli zeminin mühendislik özellikleri [20].

Özellikler	Değer
Özgül Ağırlık, Gs	2.58
Çakıl (%)	30.0
Kum (%)	61.0
Silt (%)	5.80
Kil (%)	3.20
Optimum Su Muhtevası <sup>1</sup> , wopt (%)	10.50
Mak. Kuru Birim Hacim Ağırlık <sup>1</sup> , $\gamma_{kmax}$ (kN/m <sup>3</sup> )	19.33
Zemin Sınıfı <sup>2</sup>	SW

1: Standart Proktor Deneyinden elde edilmiştir. 2: USCS zemin sınıflandırma sistemine göre belirlenmiştir.



Şekil 1: Taneli zemin örneği ve granülometri eğrileri.

### 2.2.1 Obsidiyen (volkanik cam)

Bu çalışmada kullanılan volkanik bir cam olan obsidiyen örnekleri, Doğu Anadolu Bölgesindeki Kars İli Sarıkamış-Mescitli karayolu 20 km'deki riyolit ve perlit gibi piroklastik bir dizinin içerisinde alınmıştır. Bu obsidiyenler siyah veya kahverengi renk tonları gösterebildikleri gibi iki farklı renk

tonunda aynı anda gösterebilmektedirler. Pliyosen yaşlı olan bu obsidiyenler aynı zamanda ekonomik önemde sahiptirler [5].

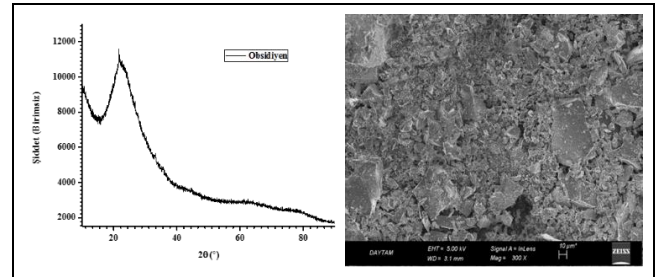
Araziden toplanan obsidiyen örnekleri laboratuvar ortamında kırıcılardan geçirildikten sonra halkalı öğütücüde öğütüldükten sonra taneli zeminin iyileştirilmesi için katkı maddesi olarak kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Öğütülmüş obsidiyen ve el örnekleri.

Obsidiyen örneklerinin, XRD, SEM ve elemental analizler için Atatürk Üniversitesi, Merkezi laboratuvarlarında (DAYTAM) D8 Phaser AXS Spektrometre cihazı ve Sigma 300 Zeiss Gemini FE-SEM cihazları kullanılmıştır. Obsidiyen malzemesinin elemental analizinde O %47.42, Si %38.97, Al %6.71, K %4.05, Na %1.80 ve diğerleri ise %1.05 olarak belirlenmiştir. Bu obsidiyenlerin ana oksit içerikleri ise; %75.95 SiO<sub>2</sub>, %13.10 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, %4.75 Na<sub>2</sub>O, % 4.0 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, % 4.0 K<sub>2</sub>O, % 0.45 CaO' dan oluşmaktadır [9].

Obsidiyen malzemesinin XRD grafiği ve karışım içerisindeki dağılımının SEM görüntüsü Şekil 3'te gösterilmiştir. Bu SEM görüntüsünde taneli malzemeler arasındaki boşlukların öğütülmüş obsidiyen malzemesi tarafından doldurulduğu, bu birlikteliğin yapısal görünümde daha kompakt bir görüntünün oluşmasına ve taneler arasındaki bağların çok daha güçlenmesine sebep olacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla taneli zemindeki gözeneklerin mukavemeti yüksek olan silis mineralince zengin obsidiyen parçaları tarafından doldurulması karışımında mukavemet artışına sebep olacağı çok açıktır.



Şekil 3: Obsidiyen örneğinin XRD grafiği ve karışımındaki SEM görüntüsü.

### 2.3 Yöntem

Bu çalışmanın önemli bir kısmını oluşturan kompaksiyon deneyi ASTM D. 698-78'e göre standart proktor enerjisi altında sıkıştırılması ile hazırlanan taneli zemin numuneleri (4.76 mm elek altında kalan malzeme) üzerinden yürütülmüştür (Şekil 4).



Şekil 4: Serbest basınç cihazı ve numuneler.

Hazırlanan numuneler optimum su muhtevasında sıkıştırılarak 38 mm çapında ve 76 mm yüksekliğinde elde edilen silindirik numunelerdir. Silindirik numuneler kompaksiyon kabından çıkarılarak alınmıştır. Deney numuneleri 1, 7 ve 28 günlük kür süresinde, +20 °C sıcaklık ve 55±5 neme sahip laboratuvar ortamında kurutularak sertleştirilmiştir.

Serbest basınç mukavemetinin belirlenmesi için tek eksenli basınç deneyi yapılmıştır. Dijital serbest basınç cihazının yükleme hızı ise 0.5 mm/dk. olarak seçilmiştir. Donma-çözülme deneyi için derin donduruculu buzdolabı kullanılmıştır. Dondurucu kısmı -21 °C'ye ayarlanarak donma işlemi uygulanmıştır. Çözülme işlemi ise +21 °C çalışma odası sıcaklığında yapılmıştır. Donma-çözülme çevrim sayısı 12 ve her bir sıcaklıkta bekleme süresi ise 24 sa. olarak seçilmiştir [19], [20].

### 3 Bulgular

Çalışma kapsamında oluşturulan ve daha önce karışım oranları ifade edilmiş deney numunelerine ASTM D. 2166 ve ASTM D 560-03 Standartlarına göre serbest basınç ve donma-çözülme deneyleri yapılmıştır. Bu deneylere ait sonuçlar Şekil 5'te verilmiştir.

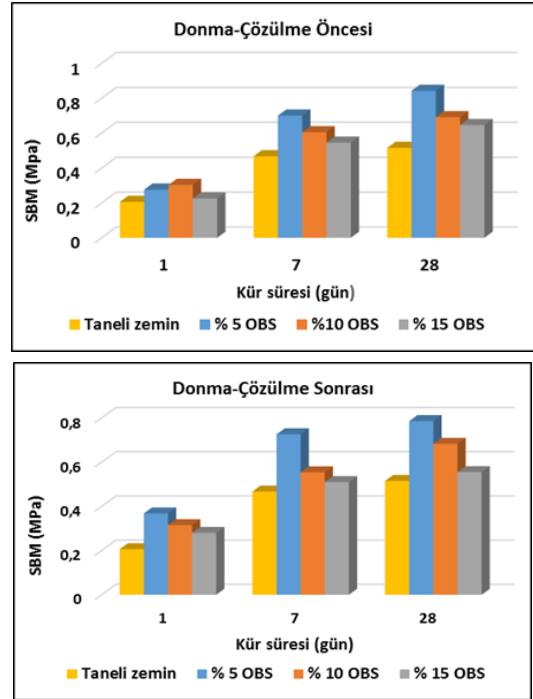
Donma-çözülme öncesi, TZ ile %5, %10 ve %15 oranlarında OBS ile yapılan karışımların mukavemetleri belirlenerek ana malzeme olan TZ ile mukayese edilmiştir. En yüksek mukavemet değerlerinin elde edildiği 28 günlük kür sonunda TZ+%5 OBS karışımında %63.50, TZ+%10 OBS karışımında %34.17 ve TZ+%15 OBS karışımında %25.44 oranında artışlar meydana gelmiştir.

Donma-çözülme sonrası ise TZ+%5 OBS karışımında %52.62, TZ+%10 OBS karışımında %32.62 ve TZ+%15 OBS karışımında %7.77 oranında artışlar meydana gelmiştir.

Donma-çözülme öncesi ve sonrası mukavemetlerdeki değişim oransal olarak karşılaştırıldığında ise TZ+%5 OBS karışımında %10.88, TZ+%10 OBS karışımında %54.52 ve TZ+%15 OBS karışımında %69.46 oranında düşüşler belirlenmiştir.

Elde edilen verilerden gerek donma-çözülme öncesi ve gerekse sonrası en yüksek mukavemet artışının %63.50 ve %52.62 oranlarında, TZ+%5 OBS karışımında meydana geldiği belirlenmiştir.

Donma-çözülme öncesi ve sonrası mukavemetlerdeki oransal değişim incelendiğinde ise %10.88 oranında mukavemet azalmasının yine bu karışımda meydana geldiği belirlenmiştir. Obsidiyen katkı maddesinin zeminlerin mukavemetinde artışlar meydana getirdiği (Ustabaş ve Kaya, 2018) ve (Yılmaz, 2017) yaptıkları çalışmalarda da gözlenmiştir.



Şekil 5: Karışımların donma-çözülme öncesi ve sonrası mukavemet değişimleri.

### 4 Sonuçlar

Doğal bir katkı maddesi olan obsidiyenin (volkanik cam) öğütülerek taneli zeminlerin iyileştirilmesinde kullanılabilirliğinin araştırıldığı bu çalışmada şu sonuçlara ulaşılmıştır.

- Taneli zemin (TZ) ile %5, %10 ve %15 oranlarında öğütülmüş obsidiyen (OBS) ile yapılan karışımların donma-çözülme öncesi ve sonrası mukavemetleri belirlenmiştir. Donma-çözülme öncesi, en yüksek mukavemet değerlerinin elde edildiği 28 günlük kür sonunda TZ+%5 OBS karışımında %63.50, TZ+%10 OBS karışımında %34.17 ve TZ+%15 OBS karışımında %25.44 oranında artışlar meydana gelmiştir. Donma-çözülme sonrası ise TZ+%5 OBS karışımında %52.62, TZ+%10 OBS karışımında %32.62 ve TZ+%15 OBS karışımında %7.77 oranında artışlar meydana gelmiştir,

- Donma-çözülme öncesi ve sonrası mukavemetlerindeki değişim oransal olarak karşılaştırıldığında ise TZ+%5 OBS karışımında %10.88, TZ+%10 OBS karışımında %54.52 ve TZ+%15 OBS karışımında %69.46 oranında düşüşler belirlenmiştir,
- Sonuçta, gerek donma-çözülme öncesi ve gerekse sonrası en yüksek mukavemet artışının %63.50 ve %52.62 oranlarında, TZ+%5 OBS karışımında meydana geldiği belirlenmiştir. Donma-çözülme öncesi ve sonrası mukavemetlerdeki oransal değişim incelendiğinde ise en düşük oranda %10.88 ile yine bu karışımda meydana geldiği belirlenmiştir,
- SEM görüntülerinde, taneli malzeme boşluklarının ögütülmüş obsidiyen parçaları tarafından doldurulduğu ve daha kompakt bir yapı oluşturduğu gözlenmiştir,
- En yüksek mukavemet artışının elde edildiği TZ+%5OBS karışımı kompaksiyon verilerine bağlı kalınarak temel-alt temel malzemesi olarak kullanılabilmesi kanaatine varılmıştır. Ancak malzemenin elde edilmesinin güçlüğü nedeniyle diğer katkı maddeleri ile birlikte kullanımının ekonomi sağlayacağı düşünülmektedir.

## 5 Kaynaklar

- [1] ASTM D. 698-78. "Fundamental Principles of Soil Compaction". American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2012.
- [2] ASTM D. 2166. "Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil". American Society for Testing and Materials. West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2006.
- [3] ASTM D 560-03. "Test methods for Freezing and Thawing Compacted Soil-Cementmixtures". American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA.
- [4] BS. 1377 Part 2. "Methods of Test for Soils for Civil Engineering Purposes". Classification Tests. British Standards Institution, England, 1990.
- [5] Bigazzi G, Yegingil Z, Ercan T, Oddone M, Özdoğan M. "Doğu Anadolu'daki obsidiyen içeren volkaniklerin "Fizyon Track" yöntemiyle yaş tayini". *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 40(2), 57-72, 1997.
- [6] Browna FH, Nash BP, Fernandez DP, Merrick HV, Thomas, RJ. "Geochemical composition of source obsidians from Kenya". *Journal of Archaeological Science*, 40, 3233-3251, 2013.
- [7] Campbell S, Healey E. "Multiple sources: The pXRF analysis of obsidian from Kenan Tepe, S.E. Turkey". *Journal of Archaeological Science: Reports*, 10, 377-389, 2016.
- [8] Carter T, Poupeau G, Bressy C, Pearce NJG. "A new programme of obsidian characterization at Çatalhöyük, Turkey". *Journal of Archaeological Science*, 33(7), 893-909, 2006.
- [9] Çolak A, Aygün H. "Sarıkamış (Kars) Civarı Obsidiyenleri Bilgi Notu". MTA Maden Etüt ve Arama Dairesi Başkanlığı, SERKA Raporu. Kars, Türkiye, 2011.
- [10] Doğanay H, Altaş NT. *Doğal Kaynaklar*. Ankara. Türkiye, Pegem Yayınevi, 2013.
- [11] Ercan T, Yegingil Z, Bigazzi G. "Obsidian definition and characteristics, distribution and geochemical characteristics of those of the central Anatolian obsidian in Anatolia". *Journal Geomorphol*, 17(1989) 71-83, 2016.
- [12] Fernández MV, Stern CR, Leal PR. "Geochemical analysis of obsidian from archaeological sites in northwestern Santa Cruz Province, Argentine Patagonia". *Quaternary International*, 375(21), 44-54, 2015.
- [13] Francesco AM, Bocci M, Crisci GM. "Application of non-destructive XRF method to the study of the provenance for archaeological obsidians from Italian, Central European and South American sites". *Quaternary International*, 468(Part A), 27, 101-108, 2018.
- [14] Hejazi SM, Sheikhzadeh M, Abtahi SM, Zadhoush A. "A Simple Review of Soil Reinforcement by Using Natural and Synthetic Fibers". *Construction and Building Materials*, 30, 100-116, 2012.
- [15] Marjanovic' N, Komljenovic' M, Bašč'arevic' Z, Nikolic' V, Petrovic' R. "Physical-mechanical and microstructural properties of alkali-activated fly ash-blast furnace slag blends". *Ceramics Internatinal*. 41, 1421-1435, 2015.
- [16] Urhan S. "Silisin alkali ortamda çözünmesine etki eden faktörler". *Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği Çimento Bülteni*, 28(286), 15-21, 1991.
- [17] Ustabaş İ, Kaya A. "Comparing the pozzolanic activity properties of obsidian to those of fly ash and blast furnace slag". *Construction and Building Materials*, 164, 297-307, 2018.
- [18] Wang MR, Jia DC, He PG, Zhou Y. "Microstructural and mechanical characterization of fly ash cenosphere /metakaolin-based geopolymeric composites". *Ceramics Internatinal*, 37, 1661-1666, 2011.
- [19] Yarbaşı N, Kalkan E, Akbulut S. "Modification of the geotechnical properties, as influenced by freze-thaw, of granular soils with waste additives". *Cold Regions Science and Technology*, 48(1), 44-54, 2007.
- [20] Yarbaşı N, Alacalı M. "Atık lastik parçalarıyla güçlendirilmiş iri taneli zeminlerin donma-çözülme sonucu mukavemetlerindeki değişimin incelenmesi". *Pamukkale Univ. Müh Bil. Dergisi*, 24(3), 561-565, 2018.
- [21] Yılmaz F. "Zemin stabilizasyonunda puzolanik katkı inceliğinin dayanıma etkisi". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 17, 1048-1054, 2017.