

Atık lastik parçaları ile güçlendirilmiş killi zeminlerin donma-çözülme davranışı

The freezing-thawing behavior of clayey soils reinforced with scrap tires pieces

Necmi YARBAŞI^{1*}

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

Geliş Tarihi/Received: 12.11.2015, Kabul Tarihi/Accepted: 17.12.2015
* Yazışılan yazar/Corresponding author

doi: 10.5505/pajes.2015.04875
Araştırma Makalesi/Research Article

Öz

Mevsimsel donma-çözülme özellikle mühendislik yapılarını (karayolu, demiryolu, boru hattı, drenaj kanalı gibi) farklı yükler altında olumsuz etkilemektedir. Bu etkinin ince taneli zeminlerde çeşitli atık malzemeler katılımla azaltılması yönünde çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışma da atık olan lastik parçalarıyla güçlendirilmiş killi zeminin donma-çözülme sonucu mukavemetlerindeki değişimi incelenmiştir. Deneyler standart proktor enerjisi altında sıkıştırılması ile hazırlanan kil numuneler üzerinde yürütülmüştür. Bu killi zemin örneğine %0.5, %1 ve %2 atık lastik (AL) ilavesi yapılarak 0, 1, 7 ve 28 günlük çalışma odası sıcaklığındaki (+21 °C) kür sonucu, serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Bu değerlerden 28 günlük kür ve %0.5 AL katkısıyla güçlendirilen kil zeminin serbest basınç mukavemetini %35.3 artırmıştır. 28 günlük kür sonucu elde edilen bu örnekler (-21 °C, +21 °C) ve 12 çevrim olarak donma-çözülme deneyi uygulanmıştır. Elde edilen verilerden atık lastik ile güçlendirilen kil zeminin serbest basınç mukavemeti %32.9 oranında azaldığı, kütle kayıplarının ise %13.7 olduğu belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Kil, Atık lastik, Donma-çözülme, Serbest basınç mukavemeti

Abstract

Seasonal freeze-thaw adversely affects especially engineering structures (highway, railway, pipe line, drainage channel) under different loads. This effect is being studied to reduce the participation of various waste materials in fine grained soil. In this study, the changes in strength of clayey soil reinforced with scrap tire pieces was investigated under freezing-thawing conditions. Experiments were conducted on clay samples prepared by compression under standard proctor energy. Unconfined compressive strength values of clayey soil sample with 0.5%, 1% and 2% addition of scrap tires were determined at studied temperature (+21 °C) on days 0, 1, 7 and 28. The unconfined compressive strength values of clay sample reinforced by the addition of 0.5% scrap tires increased after 28 days. After 28 day cure on sample (+21 °C, -21 °C) and 12 cycles of freezing-thawing experiments were performed. The results showed that 32.9% of unconfined compressive strength ratio of clay sample reinforced with scrap tire pieces decreased while the mass loss was determined to be 13.7%.

Keywords: Clay, Scrap tires, Freeze-thaw, Unconfined compressive strength

1 Giriş

Donma-çözülme özellikle soğuk iklim bölgelerinde ince ve iri taneli zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir [1]. Suyun mevsimsel olarak zeminin gözeneklerinde donması ve çözülmesi hacimsel farklılıklar meydana getirmekte ve zeminin taşıma gücünü büyük oranda azaltmaktadır. Bu durum birçok mühendislik yapısında hasarlara neden olabilmektedir [2].

Sıcaklık değerlerinin 0 °C'nin altına düştüğü bölgelerdeki mühendislik yapılarının projelendirilmesi ve inşasında bu sıcaklık farklılıklarının zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri üzerindeki etkisinin bilinmesi gerekmektedir [6].

Bu yönde yapılan çalışmaların birçoğunda ince ve iri taneli zeminlerin donma-çözülme sonucundaki mukavemetlerini arttırmak için bir takım katkılar ile atık maddeler kullanılmıştır. İnce veya iri taneli zeminler, farklı atık malzemeler ile farklı oranlarda karışımlar yapılarak donma-çözülme deneyleri yapılmıştır. Bu deneylerde farklı sayılarda çevrim, sıcaklık ve zaman dilimleri kullanılmıştır [1],[8],[9],[11]-[13].

Atık malzemeler, çevre kirliliğine ve doğal kaynakların kirlenmesi gibi sorunlara neden olabilmektedir. Günümüzde, atık veya artık olarak ortaya çıkan malzemelerin yeniden kullanılması ve geri dönüşümünün sağlanması konusunda yoğun olarak çalışılmaktadır. Bu tür çalışmalarla atık

malzemelerin yeniden kullanımı veya geri kazanımı sağlanmakta ve çevresel problemlerin azaltılması amaçlanmaktadır [7].

Bu çalışmada, atık lastik ile güçlendirilen killi zeminlerin donma-çözülme sonucu serbest basınç mukavemetindeki değişimin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu çalışma iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada laboratuvarda hazırlanmış kil numunelerine 1.18 mm, 2.00 mm ve 3.15 mm boyutlarında ve %0.5, %1 ve %2 oranlarında atık lastik ilave edilmiştir. 0, 1, 7 ve 28 günlük çalışma odası sıcaklığında (+21 °C) kür edildikten sonra serbest basınç mukavemet değerleri tespit edilmiştir.

İkinci aşamada ise en iyi serbest basınç mukavemeti değerlerinin alındığı karışım ve kür süresi belirlenmiştir. En iyi durumun elde edildiği 28 günlük kür ve %0.5 AL ilavesi yapılmış örnekler donma-çözülme deneyi (-21 °C, +21 °C ve 12 çevrim) uygulanmıştır. Çevrim sonucunda serbest basınç mukavemetleri ve kütle kayıpları belirlenmiştir.

2 Materyal ve yöntem

Bu çalışmadaki kil örneği Oltu (Erzurum) ilçesinin batısındaki Oligosen yaşlı sedimanter birimden, yüzeyden itibaren 0.50 m derinlikten kazılarak temin edilmiştir.

Laboratuvar ortamına getirilen kil zemin, 24 saat süre ile 105 ± 5 °C'de etüvde kurutulduktan sonra Los Angeles cihazında

2000 devirde içerisindeki sertleşmiş taneler öğütülmüştür. Deneysel çalışmalar ASTM [3],[4] ve BS [5]'ye göre yapılmıştır. Fiziksel deney sonuçları Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Kil zeminin fiziksel ve mekanik özellikleri.

Özellik	Değer
Özgül Ağırlık, G _s	2.64
Kum (2000-75 µm) (%)	10.0
Silt (2-75 µm) (%)	58.0
Kil (<75 µm) (%)	32.0
Likit Limit (%)	68
Plastik Limit (%)	28
Plastisite İndisi (%)	40
Optimum Su Muhtevası ¹ , w _{opt} (%)	25.8
Mak. Kuru Birim Hacim Ağırlık ¹ , γ _{kmax} (kN/m ³)	14.1
Zemin Sınıfı ²	CH

¹Standart Proktor Deneyinden elde edilmiştir.

²USCS zemin sınıflandırma sistemine göre belirlenmiştir.

Standart kompaksiyon deneyi yapılarak optimum su muhtevası (w_{opt}) ve maksimum kuru birim hacim ağırlığı (γ_{kmax}) bulunmuştur. Örnekler 38 mm çapında ve 76 mm yüksekliğindeki silindirik numune kaplarına optimum su muhtevasında sıkıştırılarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın ikinci en önemli bileşenini oluşturan atık lastik parçaları, Erzurum sanayi bölgesinden temin edilmiştir. Elde edilen parçalanmış atık lastik parçaları elek sarsma makinesinde üç farklı boyutta (1.18 mm, 2.00 mm ve 3.15 mm) elde edilmiştir. Atık lastiğin özellikleri ve bileşenleri aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2: Çalışmada kullanılan atık hurda lastik özellikleri [10].

Özellik	Atık lastik
Lif tipi	Tek lif
Yoğunluk, (Mg/m ³)	1.153-1.198
Elastik Modül (MPa)	1-97-22.96
Gerilme Direnci (MPa)	28.1
Yumuşama sıcaklığı (°C)	175
Bileşenler	
Karbon blok(%)	31
Genişletici yağ (%)	1.9
Çinko oksit (%)	1.9
Stearik asit (%)	1.2
Sülfür (%)	1.1
Hızlandırıcı	0.7

Her karışım türü ve kür sürelerinin belirlenmesi için 3 (üç) örnek hazırlanmış ve sonuçların ortalaması alınmıştır (Şekil 1).

Hazırlanan numuneler kil, kil+%0.5AL, kil+%1AL, kil+%2 AL, kil +%3.15 AL karışım oranlarında hazırlanmıştır.



Şekil 1: Farklı karışım oranlarında hazırlanan numuneler.

Elde edilen numuneler 0, 1, 7 ve 28 gün çalışma odası sıcaklığında (+21 °C) kür edilmiştir. Kür süreleri sonunda serbest basınç mukavemet değerleri bulunmuştur. Elde edilen verilerden en yüksek mukavemetin sağlandığı karışım ve kür süresi belirlenmiştir.

Serbest basınç mukavemetlerinin belirlendiği tek eksenli basınç cihazının (Şekil 2) yükleme hızı ise 0.8 mm/dk olarak seçilmiştir [4].



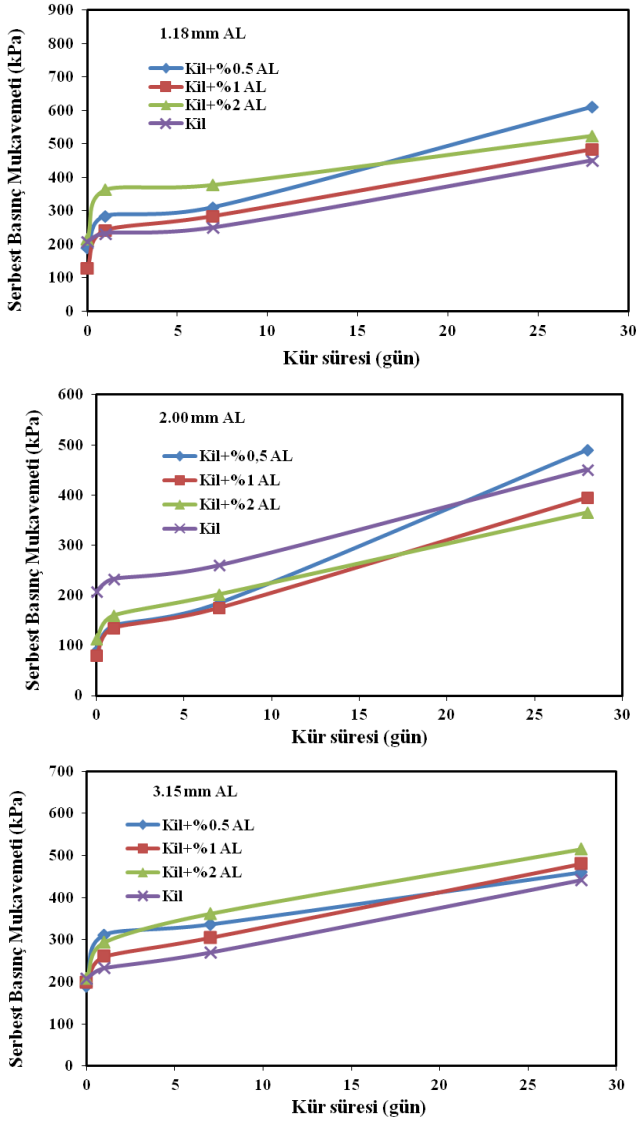
Şekil 2: Tek eksenli serbest basınç cihazı ve örnek.

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 12 saat olarak seçilmiştir [8].

Donma-çözülme deneyi sonucunda numunelerin kopan parçaları uzaklaştırıldıktan sonra ağırlıkları tartılarak kütle kayıpları, nem içerikleri ve serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir.

3 Bulgular ve tartışma

Birinci aşamada laboratuvarında hazırlanmış killi zemin numunelerine 1.18 mm, 2.00 mm ve 3.15 mm boyutlarında ve %0.5, %1 ve %2 oranlarında atık lastik ilave edilmiştir. 0, 1, 7 ve 28 günlük çalışma odası sıcaklığında (+21 °C) kür edildikten sonra serbest basınç mukavemet değerleri tespit edilmiştir. Grafikleri ise Şekil 3'te gösterilmiştir.



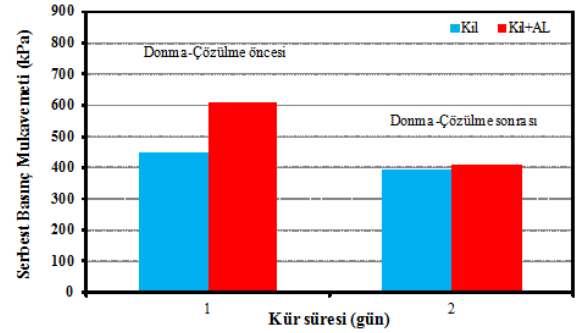
Şekil 3: Örneklerin serbest basınç mukavemet grafikleri.

İkinci aşamada ise serbest basınç mukavemetinin en yüksek değere ulaştığı karışımlar belirlenmiştir. Bu karışımların ana kil malzemesine göre kil+%0.5AL (1.18 mm.) karışımın 28 günlük kür sonucu serbest basınç mukavemetinin %35.3, kil+%0.5AL (2.00 mm.) karışımın %8.6 ve kil+%2AL (3.15 mm.) karışım ise %14.2 mukavemet artışı göstermiştir. Bu sonuçlardan 28 günlük kür ve %0.5AL ilavesi ile güçlendirilmiş killi zemin numunelerindeki serbest basınç mukavemetinin diğer karışımlardan daha yüksek olduğu görülmüş ve donma-çözülme deneyi (-21 °C, +21 °C ve 12 çevrim) bu karışıma uygulanmıştır.

Donma-çözülme deneyi sonunda kil ve kil+%0.5AL karışımli örneklerin serbest basınç mukavemetleri belirlenmiştir. Elde edilen verilerden kil zeminin %12.2, kil+%0.5AL karışımli örnekte ise serbest basınç mukavemetinin %32.9 düştüğü görülmüştür. Kil zeminde kütle kaybının %12.5, kil+%0.5 AL karışımında ise bu oranın %13.7 olduğu tespit edilmiştir. Deney sonuçları Tablo 3'te, kıyaslama grafiği ise Şekil 4'te gösterilmiştir.

Tablo 3: Örneklerin donma-çözülme öncesi ve sonrası serbest basınç mukavemetleri.

Parametre	Kil	Kil+%0.5AL
28 günlük kür sonucu Serbest Basınç Mukavemeti (kPa)	451	610
28 günlük kür+Donma-Çözülme Serbest Basınç Mukavemeti (kPa)	396	409
Kütle Kaybı (%)	12.5	13.7
Nem İçeriği (%)	2.5	2.0



Şekil 4: Donma-Çözülme öncesi ve sonrası serbest basınç mukavemetlerindeki değişimin grafiksel gösterimi.

4 Sonuçlar ve öneriler

Bu çalışmada atık lastik ile güçlendirilen killi zeminlerin donma-çözülme öncesi ve sonrası serbest basınç mukavemetlerindeki değişim belirlenmiş ve aşağıdaki genel sonuçlar elde edilmiştir.

1. Kil zemin ile atık lastik 1.18 mm., 2.00 mm. ve 3.15 mm. boyutlarında ve %0.5, %1 ve %2 oranlarında karıştırılarak 0, 1, 7 ve 28 gün ve +21 °C çalışma odası sıcaklığında kür edilerek, serbest basınç mukavemet değerleri tespit edilmiştir,
2. Bu karışımlardan serbest basınç mukavemetlerinin en yüksek olduğu 28 günlük kür sonucu ana kil malzemesinin mukavemetine göre kil+%0.5 AL (1.18 mm.) karışımın %35.3, Kil+%0.5 AL (2.00 mm.) karışımının %8.6 ve Kil+%2 AL (3.15 mm.) karışımında ise %14.2 mukavemet artışı olduğu tespit edilmiştir,
3. En yüksek mukavemet artışının sağlandığı karışım ve oran (kil+%0.5 AL, 1.18 mm.) donma-çözülme deneyine tabi tutulmuştur. 12 çevrim ve (-21 °C, +21 °C) ile donma-çözülme deneyi sonucu %13.7 kütle kaybı ve serbest basınç mukavemetinde ise %32.9 düşüş tespit edilmiştir. Bu sonuçlar atık lastik ile güçlendirilen killi zeminin donma-çözülme sonucu mukavemetinin azaldığını göstermiştir,
4. Elde edilen verilerden özellikle donma-çözülmenin sıkça yaşandığı soğuk iklim bölgelerinde kil ile atık lastik karışımlarının mukavemet kaybına sebep oldukları için mühendislik yapılarına temel teşkil edecek zemin uygulamalarında çok dikkatli kullanılması önerilmektedir,
5. Farklı atık ve artık malzemelerle güçlendirilecek killi zeminlerin donma-çözülme davranışının nasıl değişeceği tespit edilmeli ve diğer zemin sınıfları üzerinde ve farklı atık malzemeler ile bu çalışmaların devam ettirilmesinde yarar görülmektedir.

5 Kaynaklar

- [1] Akbulut S, Arasan S, Kalkan E. "Modification of clayey soils using scrap tire rubber and synthetic fibers". *Applied Clay Science*, 38, 23-32, 2007.
- [2] Andersland OB, Ladanyi B. *Frozen Ground Engineering*. 2nd ed. USA, John Wiley & Sons, 2004.
- [3] ASTM D 698-78. "Fundamental Principles of soil Compaction". American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2012.
- [4] ASTM D 2166. "Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil". American Society for Testing and Materials, West Conshohocken, Pennsylvania, USA, 2006.
- [5] BS 1377, Part 2, Methods of test for soils for civil engineering purposes, Classification tests. British standards institution, 1990.
- [6] Cruzda KA, Hohmann M. "Freezing effect on strength of clayey soils". *Applied Clay Science*, 12(1-2), 165-187, 1997.
- [7] Demir İ, Başpınar MS, Görhan G, Kahraman E. "Mermer tozu ve atıklarının kullanım alanlarının araştırılması". 6. *Mermer ve Doğaltaş Sempozyumu*, Afyonkarahisar, Türkiye, 26-27 Haziran 2008.
- [8] Ghazavi M, Roustaei M. "The influence of freeze-thaw cycles on the unconfined compressive strength of fiber-reinforced clay". *Cold Regions Science and Technology*, 61(2-3), 125-131, 2010.
- [9] Jafari M, Esna-Ashari M. "Effect of waste tire cord reinforcement on unconfined compressive strength of lime stabilized clayey soil under freeze-thaw condition". *Cold Regions Science and Technology*, 82, 21-29, 2012.
- [10] Kalkan E. "Preparation of scrap tires rubber fiber-silica fume mixtures for modification of clayey soils". *Applied Clay Science*, 80-81, 117-125, 2013.
- [11] Zaimoğlu AŞ, Hattatoğlu F, Akbulut K. "Yüke maruz ince taneli zeminlerin donma-çözülme davranışı". *PAÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(3), 117-120, 2013.
- [12] Yarbaşı N, Kalkan E, Akbulut S. "Modification of the geotechnical properties, as influenced by freeze-thaw, of granular soils with waste additives". *Cold Regions Science and Technology*, 48(1), 44-54, 2007.
- [13] Zhan GF, Zhang Q, Zhu F, Dong WZ. "Research on influence of freeze-thaw cycles on static strength of lime-treated silty clay". *Yantu Lixue/Rock and Soil Mechanics*, 36, 351-356, 2015.