



Şişen Zeminlerin Mühendislik Özelliklerine Mobilya Atığının Etkisi

Effect of Furniture Waste on Engineering Properties of Expansive Soils

Gökhan Demir¹, Elif Esra BAŞTAN²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
• gokhan.demir@omu.edu.tr • ORCID > 0000-0002-3734-1496

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü
• elifesraa_95@hotmail.com • ORCID > 0000-0003-0574-4765

Makale Bilgisi / Article Information

Makale Türü / Article Types: Araştırma Makalesi / Research Article

Geliş Tarihi / Received: 24 Aralık / December 2021

Kabul Tarihi / Accepted: 12 Ocak / January 2022

Yıl / Year: 2022 | **Cilt - Volume:** 2 | **Sayı - Issue:** 1 | **Sayfa / Pages:** 25-36

Atıf/Cite as: Demir, G. ve Baştan, E. E. "Şişen Zeminlerin Mühendislik Özelliklerine Mobilya Atığının Etkisi - Effect Of Furniture Waste On Engineering Properties Of Expansive Soils". Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Teknolojisi Dergisi - Ondokuz Mayıs University Journal of Engineering Sciences And Technology 2(1), March 2022: 25-36

Sorumlu Yazar: Elif Esra BAŞTAN

ŞİŞEN ZEMİNLERİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNE MOBİLYA ATIĞININ ETKİSİ

ÖZET

Şişen zeminler, suyla temas ettiklerinde hacimlerinde büyük değişiklik gösteren zeminlerdir. Bu yüzden bazı geoteknik ve yapısal sorunlara sebep olmaktadır. Bu zeminleri stabilize etmek için birçok yöntem kullanılmaktadır. Son yıllarda ise bu alanda katkı maddeleri yaygın biçimde kullanılmaya başlanmıştır. Bu katkı malzemeleri içinde özellikle çevre dostu atık malzemelerin kullanımı büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmada yüksek plastisiteli kil zemini stabilize etmek için atık malzeme olarak mobilya atığı kullanılmıştır. Atık malzeme zemine, ağırlıkça % 2,5, %5 ve %7,5 oranında katılarak numuneler hazırlanmıştır. Numuneler üzerinde kıvam limitlerini belirlemek için Atterberg limitleri deneyleri, optimum su muhtevalarını ve maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerini belirlemek için Proktor deneyi ve şişme potansiyellerini belirleyebilmek için konsolidasyon deneyi yapılmıştır. Konsolidasyon deneyi, ASTM D 4546 standardının A yöntemine göre gerçekleştirilmiştir ve deney numuneleri optimum su muhtevasına göre hazırlanıp deneye tabii tutulmuştur. %5 atık malzeme içeren ve şişme yüzdesini %12.59 oranında azaltan numune, şişmeyi azaltmada en etkili karışım olarak belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Atık malzeme, iyileştirme, şişen zemin

EFFECT OF FURNITURE WASTE ON ENGINEERING PROPERTIES OF EXPANSIVE SOILS

ABSTRACT

Expansive soils are the type of soils that change greatly in volume when they contact to water. Hence, this type of soils causes some geotechnical and structural problems. Many methods are used to stabilize these soils. In recent years, additives have been widely used for this purpose. Among these additives, the use of environmentally friendly waste materials has gained significant importance. In this study, furniture waste was used as a waste material to stabilize the high plasticity clay soil. Samples were prepared by adding waste material to the soil by the rate of 2.5%, 5% and 7.5. Atterberg limits tests to determine the consistency limits on the samples, Proctor test to determine optimum water content and maximum dry unit weight values, and consolidation test to determine swelling potentials were used. The consolidation test was carried out according to method A of ASTM D 4546 standard and the test samples were tested after they were prepared according to the optimum water content. The sample that contained 5% waste material and reduced the swelling percentage by 12.59% was determined as the most effective mixture in reducing swelling.

Keywords: *Waste material, stabilization, expansive soil*

Öne çıkanlar

- Şişen zeminlerin, atık malzeme ile iyileştirilmesi
- Atık malzemesi ile hazırlanan numunelerin şişme yüzdelerinin incelenmesi

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde yağışın az buharlaşmanın fazla olduğu yerlerde çoğunlukla görülen şişen zeminler, bünyelerine su aldıklarında büyük hacim değişikliğine uğramaktadırlar. Hacim değiştirme özelliğine sahip olmalarından dolayı düşey hacim değişimi meydana gelir ve bazı geoteknik ve yapısal hasarlara sebep olurlar.

Şişen zemin problemleri ilk olarak 1930'lu yılların sonuna doğru fark edilmiştir. 1938 yılında ABD Su İşleri Teşkilatı Owyhee Projesinde çelik sifon temelinde ters yönde çalışan yer değiştirmelerin meydana geldiğini gözlemlenmiştir [1]. Bu olaydan sonra şişen zeminlerin problemleri tanımlanmıştır ve yapıların tasarımında şişen zeminlere uygun tasarım ölçütleri belirlenmiştir. Fakat 1940'lı yıllardan sonra zemin üzerine direkt beton yapıların inşa edilmesiyle şişen zeminlerin neden olduğu hasarlar artmıştır.

Şişme olayının gerçekleşebilmesi için üç şart bir arada olmalıdır. Birinci şart, su içeriği arttığında hacminde artış meydana gelen bir zemin olmalıdır. İkinci şart zemin su almaya meyilli olduğu bir durumda ve gerilme şartında bulunmalıdır. Üçüncü şart ise ortamda su mevcut olmalıdır. Kurak ve yarı kurak yörelerde, çoğu zeminin doğal su içeriği, şişme meydana getirebilecek seviyededir ve eğer bu bölgelerde, şişen zemin varsa nem değişiklikleri sebebiyle hacim değişiklikleri de görülmektedir. Bu yüzden bu bölgelerde şişen zeminlerin üzerine yapılan yapılarda önemli hasarlar ortaya çıkabilir [2], [3].

Şişen zeminlerin şişme ve büzülme potansiyeli temel olarak zemin özellikleri, çevresel etkiler ve gerilmelerin durumu olmak üzere 3 faktöre bağlıdır. Zemin özellikleri, kuru yoğunluk, permeabilite, zemin yapısı ve dokusu, plastisite, zeminin emme durumu, zemin- su kimyası, kil mineralojisini içerirken çevresel faktörler nem değişiklikleri, iklim, yer altı suyu, drenaj, bitkiler, sıcaklık, yük yükleme ve gerilme geçişini kapsamaktadır [4].

Dağlı [5] yüksek ve düşük plastisiteli kil zeminleri, kireç ve atık bir malzeme olan uçucu kül ile stabilize etmiştir. Her iki zemin için en uygun sonucun %30 uçucu kül ve %5 kireç içeren karışımın olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde Dehghanian [6] ve Acar [7], katkı malzemesi olarak uçucu külü kullanmış olup yaptıkları deneyler sonucunda uçucu külün dayanımı artırmada etkili olduğunu

vurgulamışlardır. Duman [8], Midyat taşı atığını ve kireci kullanarak düşük plastisiteli bir zemini iyileştirmek için deneysel çalışmalar yapmıştır. %5, %10, %15 ve %20 oranında Midyat taşı, %6 kireç ve kireç katkısız olmak üzere hazırlanan numuneler üzerinde yapılan serbest basınç dayanımı deneyi sonucunda Midyat taşı atığının tek başına dayanım üzerinde etkisinin pek olmadığını fakat kireçle beraber kullanılmasının dayanımda etkili olduğunu tespit etmiştir. Shah ve Modha [9], alt temel tabakasını plastik şişe atığından yaptıkları geocell ve geogrid ile güçlendirerek katkıların dayanım parametrelerine etkisini incelemiştir. Plastik atık geogrid için 1,5x3 cm; geocell için 1x2 cm boyutlarında kesilmiştir. Çeşitli derinliklerde yerleştirilen geogrid ve geocell üzerinde yapılan dayanım deneyleri sonuçlarında, özellikle derinde olan katkıların dayanımı %250 kat artırdığı tespit edilmiştir. Demir [10], yüksek plastisiteli bir kile %6 kireç ve %5, %10, %15 ve %20 oranlarında mermer atığı ve endüstriyel bir atık olan silis dumanını eklemiştir. Yapılan serbest basınç dayanımı deneyi sonucunda, kirecin dayanımı 5 kat artırdığı, silis dumanının ise %15 oranında eklenmesinin dayanımı maksimuma çıkardığı sonucuna varılmıştır. Saygılı vd. [11], kaolin kilini %5 oranında kireç ile karıştırarak hazırladığı karışıma, silis dumanı ve sentetik lif ekleyerek katkıların dayanımda meydana getirdiği etkiyi incelemiştir. Sentetik lif katkısı 12 mm uzunluğunda kesilmiş ve %0,25, %0,5 ve %1 oranında; silis dumanı ise %2,5, %5 ve %10 oranlarında doğal zemine eklenmiştir. 90 günlük kür süresine tabii tutulan numuneler üzerinde yapılan serbest basınç deneyleri sonucunda dayanımın, %2,5 silis dumanı ve %1 sentetik lif katkısı içeren numunede 10 kat arttığı bulunmuştur. Dayan [12], kireçle iyileştirilen kaolin kiline, %0,25 ~ %1 oranı arasında polipropilen lifi %2,5 ~ %10 oranı arasında silis dumanı ekleyerek lif oranının artmasıyla dayanımda düşüş meydana geldiğini gözlemlemiştir. Maksimum dayanım %10 silis dumanı ve %0,25 lif içeren karışımda görülmüştür. Ocakbaşı [13] ve Küçükosmanoğlu [14] ise killi bir zemine, 6 mm, 12 mm ve 24 mm uzunluğunda kesilmiş olan bazalt fiber katkısının etkisini incelemiştir ve fiber katkısının dayanımı artırmada etkili olduğunu bulmuşlardır. Balaban [15], yüksek plastisiteli kile, kurşun-çinko maden atığını, uçucu külü ve çimentoyu eklemiştir. Çalışmanın sonunda, kurşun-çinko atığının dayanımı artırdığı, şişme basıncı ve boşluk oranında azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Diallo ve Ünsever [16], kil zemin üzerine %2 kireç ve %5 ~ %35 arasında değişen oranlarda öğütülmüş inşaat yıkıntı atıklarını katarak zemini stabilize etmeyi amaçlamışlardır. Serbest basınç dayanımı deneyi sonucunda %2 kireç ve %20 inşaat yıkıntı atığı içeren karışımın dayanımı artırılan en etkili oran olduğu ve kür süresinin az da olsa dayanımı artırmada etkili olduğunu belirlemiştir. Alami [17], çalışmasında kırıntı lastik parçalarını kum ve kil zeminle karıştırıp lastik parçalarının dayanımdaki etkisini incelemiştir. Kil ve kum değişen oranlarda karıştırılıp lastik parçaları %1, %2 ve %4 oranında bu karışıma eklenmiştir. Serbest basınç deneyi sonucunda optimum lastik parçası oranı %2 olarak belirlenmiştir. Peddaiah vd. [18], Mai vd. [19] ve Dhattrak vd. [20], alt temel tabakasını iyileştirmek için plastik şişe atıklarını kullandıkları çalışmalarında, yaptıkları den-

eyler sonucunda atık malzemenin dayanımı artırmada oldukça etkili ve ekonomik açıdan uygun olduğunu belirtmişlerdir. Fauzi vd. [21], yüksek yoğunluklu polietilen plastik atığını ve kırılmış cam atığını alt temel tabakasında katkı malzemesi olarak kullanmışlardır. 4 gün suda bekletilmiş numunelerin üzerinde yapılan Kaliforniya Taşıma Oranı deneyi sonucunda, her iki atık malzemenin de dayanımda etkili olduğunu belirlemişlerdir. Mallikarjuna ve Mani [22], plastik sandalyelerden elde edilen plastik atığını %2, %4, %6 ve %8 oranında yüksek şişme potansiyeline sahip zemine eklemiştir ve %4 katkı içeriğini optimum değer olarak belirlemişlerdir. Pal vd. [23], düşük plastisiteli zemin olarak belirlenen zemine, 10 mm, 20 mm ve 30 mm uzunluğunda kesilen atık polipropilen liflerini, %0,15, %0,25 ve %0,35 oranlarında eklemiştir. En etkili sonucun 20 mm uzunluğunda ve %0,25 lif içeren numunede meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Kazemikhosrowshahi[24], bentonitin şişme basıncını azaltmak için kopolimer, homopolimer polipropilen, uçucu kül ve kireç kullanmıştır. Sonuç olarak ise bütün katkıların etkili olduğunu fakat en etkili katkının kireç olduğunu belirlemiştir. Bu çalışmaların haricinde Bayburt taşı [25], atık mısır püskülü [26], polipropilen lifleri [27], çimento [28], çimento fırın tozu [29], kiremit tozu [30], palmye yağı yakıt külü [31], mermer tozu [32, 33, 34, 35] ve birçok atık malzeme zemin iyileştirme çalışmaları için kullanılmaktadır.

2. MATERYAL VE YÖNTEMLER

2.1. Malzeme

Çalışmada, Samsun ilinin İlkadım ilçesinde bulunan bir istinat duvarının deformasyonuna sebep olan şişen zemin kullanılmıştır. Öncelikle zeminin sınıfını belirlemek için elek analizi ve Atterberg limitleri deneyleri yapılmıştır. Proktor deneyi yapılarak zemine ait kompaksiyon parametreleri bulunmuştur. Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine göre, zemin yüksek plastisiteli kil zemin olarak belirlenmiştir. Tablo 1.de doğal zemine ait özellikler verilmiştir.

Şekil 1. Kullanılan zeminin alındığı yerin konumu

Özellikler	Değer
200 No.lu Elekten Geçen Malzeme (%)	91,68
Doğal Su Muhtevası (%)	35,6
Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemine Göre Zemin Sınıfı	CH (Yüksek plastisiteli kil)
Likit Limit (W_L) (%)	57,4
Plastik Limit (W_p) (%)	24,4
Plastisite İndisi (I_p) (%)	33
Özgül Ağırlık	2,65
Optimum Su İçeriği (%)	19,5
Maksimum Kuru Birim Hacim Ağırlık (kN/m^3)	17,8



Kil zemini iyileştirmek için kullanılan mobilya atığı, 0,5 cm genişliğinde 1 cm uzunluğunda kesilerek doğal zeminin kuru ağırlığının %2,5, %5 ve %7,5'i oranında zeminle karıştırılmıştır.

2.2. Yöntem

Doğal zemine atık malzemenin eklenmesiyle, zemine ait değişen özellikleri belirlemek için bazı deneyler gerçekleştirilmiştir. Zeminle %2,5 , %5 ve %7,5 oranında atık malzemenin karıştırılmasıyla hazırlanan numuneler üzerinde kıvam limitlerini belirlemek amacıyla ASTM D 4318'e göre Atterberg limitleri deneyleri yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda katkılı numunelere ait likit limit, plastik limit ve plastisite indisi değerleri bulunmuştur. Daha sonra ASTM 698 standardına göre Standart Proktor deneyi yapılarak katkılı numunelere ait maksimum kuru birim hacim değerleri ve optimum su muhtevası değerleri bulunmuştur. Bulunan optimum su içeriği değerlerine göre hazırlanan numuneler sıkıştırılarak konsolidasyon deneyine tabii tutulmuşlardır. ASTM D 4546 standardının A yöntemine göre yapılan deneyde, numuneler konsolidasyon hücresine yerleştirildikten sonra 1 kPa yük yüklenmiştir. Daha sonra ise yükler, her 24 saatte artan bir şekilde (25 kPa, 50 kPa, 100 kPa, 200 kPa ve 400 kPa) yüklenmiştir. 0,5, 1, 2, 4, 8, 15, 30, 60, 120, 240, 480 ve 1440 dakikada meydana gelen ölçümler kaydedilmiştir.

Deney bittikten sonra elde edilen verilere göre şişme yüzdesi aşağıdaki formülle bulunmuştur.

$$s_w = \left(\frac{\Delta H}{H} \right) \times 100$$

s_w : Şişme yüzdesi

ΔH : Yükseklik değişimi

H : Başlangıçtaki yükseklik

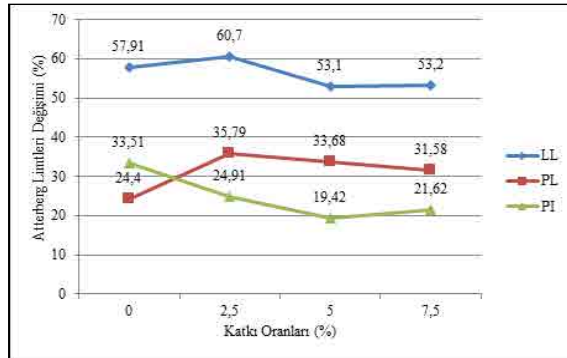
3.BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Atterberg Limitleri Deneyi

Yapılan deneyler sonucunda, likit limit değerinde en büyük azalma %5 atık malzeme içeren numunede görülmüştür. Sadece %2,5 atık malzeme içeren karışımda likit limit değeri için bir artış meydana gelmiştir. Plastik limit değeri ise bütün katkı oranları için artış göstermiştir. Bu iki değere bağlı olan plastisite indisi değerinde ise bütün katkı oranlarında düşüş meydana gelmiştir. Numunelere ait veriler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Numunelere ait kıvam limit değerleri

Numune Adı	Likit Limit (LL) (%)	Plastik Limit (PL) (%)	Plastisite İndisi (PI) (%)
%0 Katkılı Zemin	57,91	24,4	33,51
%2,5 Katkılı Zemin	60,7	35,79	24,91
%5 Katkılı Zemin	53,1	33,68	19,42
%7,5 Katkılı Zemin	53,2	31,58	21,62



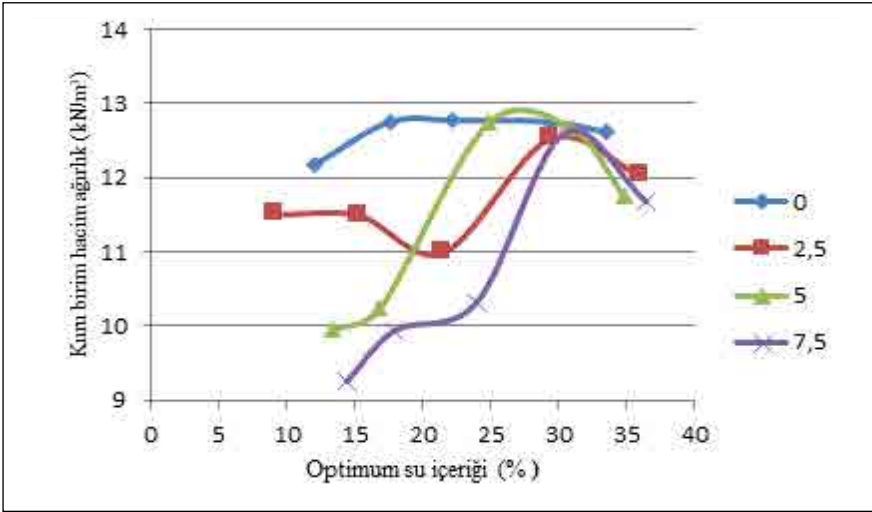
Şekil 2. Numunelere ait Atterberg limitleri değişimi

3.2. Standart Proktor Deneyi

Proktor deneyi sonucunda, katkı içeriğinin artmasıyla optimum su içeriğinde artma, maksimum kuru birim hacim ağırlık değerinde ise azalma meydana gelmiştir. Optimum su içeriğinde en büyük artış %7,5 atık malzeme içeren numunede, maksimum kuru birim hacim ağırlık değerinde ise en büyük düşüş %2,5 katkı içeren numunede meydana gelmiştir. Deneye ait veriler Tablo3.te, grafik ise Şekil 2.de verilmiştir.

Tablo 3. Numunelerin optimum su içeriği (w_{opt}) ve maksimum kuru birim hacim ağırlık (γ_{max}) değerleri

Proktor Deneyi							
%0		%2,5		%5		%7,5	
w_{opt}	γ_{max} (kN/m^3)	w_{opt}	γ_{max} (kN/m^3)	w_{opt}	γ_{max} (kN/m^3)	w_{opt}	γ_{max} (kN/m^3)
19,5	17,8	30,8	12,58	25,8	12,8	31,2	12,7



Şekil 3. Numunelere ait Proktor deneyi parametrelerinin değişimi

3.3. Konsolidasyon (Ödometre) Deneyi

Deney sonuçlarından elde edilen veriler sonucunda, doğal zemine ait şişme yüzdesi %8,18 olarak bulunmuştur. Doğal zemine %2,5 atık malzeme eklenmesiyle

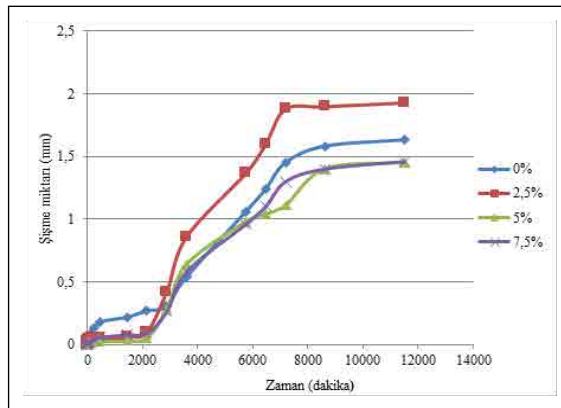
hazırlanan karışımın şişme yüzdesi %18,1 artarak %9,66 olmuştur. %5 atık malzeme eklenmesiyle şişme yüzdesi %12,59 azalarak %7,26; %7,5 atık malzeme eklenmesiyle ise %10,54 azalarak %7,31 olmuştur. Sonuçlar incelendiğinde sadece %2,5 atık malzeme içeren numunede şişme yüzdesinde bir artış olduğu görülmüştür. %5 ve %7,5 atık malzeme içeren karışımların şişme yüzdesinde azalma meydana gelmiştir. Plastisite indisi değeri ile şişme yüzdesi arasında bir paralelliğin mevcut olduğu belirlenmiştir. Plastisite indisinin yüksek olduğu %2,5 katkı numunenin şişme yüzdesi en yüksek; plastisite indisinin düşük olduğu %5 katkı numunenin şişme yüzdesi ise en düşük çıkmıştır.

Tablo 4. Konsolidasyon sonrası numunelerin şişme yüzdesi değerleri

Numune Adı	Şişme Yüzdesi (%)
%0 Katkılı Zemin	8,18
%2,5 Katkılı Zemin	9,66
%5 Katkılı Zemin	7,26
%7,5 Katkılı Zemin	7,31

Numune adı	Şişmedeki Değişiklik (%)
%2,5	18,1
%5	-12,59
%7,5	-10,54

Tablo 5. Şişme potansiyelindeki değişiklik (-) azalmayı gösterir.



Şekil 4. Numunelerin zaman- şişme yüzdesi ilişkisi

4. SONUÇLAR

Çalışmada, şişen zemini iyileştirmek için mobilya atığı kullanılmıştır. 1 cm uzunluğunda 0,5 cm genişliğinde kesilen atık malzeme, doğal zeminin kuru ağırlığının %2,5 , %5 ve %7,5'i oranında doğal zeminle karıştırılarak hazırlanan karışımlar üzerinde, Atterberg limitleri deneyi, Proktor deneyi ve konsolidasyon deneyi yapılmıştır.

Sonuçlar ise aşağıda verilmiştir.

- Yapılan elek analizi sonucunda zemin sınıfı, yüksek plastisiteli inorganik kil (CH) olarak belirlenmiştir.
- Atterberg limitleri deneyi sonucunda likit limit değerinin sadece %2,5 katkılı numunede % 4,82 oranında arttığı, %5 ve %7,5 katkı içeren numunelerde ise sırasıyla %8,31 ve % 8,13 oranında azalmıştır. Plastik limit değerinin bütün katkı oranlarında sırasıyla % 11,39 , % 38,05 ve % 29,43 oranında arttığı, plastisite indisi değerinin de sırasıyla % 8,6 , % 42,05 ve % 11,89 oranında azaldığı görülmüştür. Ayrıca plastisite indisi ile şişme yüzdesi arasında bir paralellik olduğu belirlenmiştir.
- Doğal zemine, atık malzemenin eklenmesiyle hazırlanan %2,5, %5 ve %7,5 katkı içeren numunelerde maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerinin sırasıyla %29,32 , %28,09 ve % 28,65 oranında azaldığı, optimum su muhtevasının ise sırasıyla % 57,95 , %32,31 ve %60 oranında arttığı görülmüştür. Atık malzeme eklenmesiyle maksimum kuru birim hacim ağırlık değerlerinde azalma, optimum su içeriği değerlerinde ise bir artış görülmüştür.
- Şişme yüzdesi değerleri, katkı miktarlarına göre değişiklik göstermiştir. Doğal zemine %5 atık malzeme eklenmesi, şişme yüzdesini %12,59 oranında azaltarak en etkili iyileştirmeyi sağlamıştır.

KAYNAKLAR

- [1] F.H. Chen. Foundation on Expansive Soils, Amsterdam, Netherlands, 1975.
- [2] A.E. Dif, W.F. Bluemel, "Expansive soils under cyclic drying and wetting," Geotechnical Testing Journal, c.14, s.1, ss. 96-102, 1991.
- [3] J.H. Hardcastle. "Evaluation And Treatment of Expansive Volcanic Soils," US95, Owyhee County, Idaho. Final Report, 2003.
- [4] J.D. Nelson ve D.J. Miller, Expansive Soils Problems and Practices in Foundation And Pavement Engineering, New York, USA, 1992.
- [5] E. Dağlı. Uçucu Kül Stabilizasyonunun Killi Zeminlerin Dayanım Ve Durabilite Özelliklerine Etkisi. Doktora Tezi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi, Zonguldak, Türkiye, 2021.
- [6] K. Dehghanian. "Killi zeminlerin özelliklerinin uçucu kül kullanarak iyileştirilmesi," Alkû Fen Bilimleri Dergisi, c.3, s.1, ss.1-7, 2021.
- [7] F.Acar. Kutlubey-Yazıcılar Bölgesi Killerinin Fiziksel Ve Mekanik Özelliklerinin Çatalağzı Uçucu Külü İle

- Stabilizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, Bartın Üniversitesi, Bartın, Türkiye, 2019.
- [8] V. Duman. Mıdyat Taşı Atıklarının Düşük Plastisiteli Kil Zemin Stabilizasyonunda Kullanılabilirliği. Yüksek Lisans Tezi, Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye, 2020.
- [9] A. Shah, H.Modha. "Improving the soil subgrade with plastic waste reinforcement—an experimental study," *Advances in Sustainable Construction Materials and Geotechnical Engineering, Lecture Notes in Civil Engineering*, ss. 153-161,2020
- [10] E. Demir. Yüksek Plastisiteli Kil Stabilizasyonunda Silis Dumani Ve Mermer Atıklarının Kireçle Beraber Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Bayburt Üniversitesi, Bayburt, Türkiye, 2019.
- [11] A.Saygılı, M. Dayan, M.R. Kahyaçoğlu. "Kireçle zenginleştirilmiş kaolin kilinin dayanım özellikleri üzerinde silis dumani ve sentetik liflerin etkisi," *Zemin Mekaniği ve Geoteknik Mühendisliği 16. Ulusal Kongresi*, 2016.
- [12] M. Dayan. Stabilization of Lime Stabilized Clay ReinforcedwithSyntheticFibersand Silica Fume, Msc, Muğla Sıtkı Koçman University, Muğla, Turkey, 2019.
- [13] P. Ocakbaşı. Bazalt Fiber Katkısının Killi Zeminlerin Drenajsız Kayma Direncine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2019.
- [14] M. Küçükosmanoğlu. Fiberin Zemin İyileştirilmesinde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, Türkiye, 2019.
- [15] F. Balaban. Kurşun-Çinko Maden Atığının Zemin Stabilizasyonunda Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, 2019.
- [16] M.L. Diallo, Y.S. Ünsever. "İnşaat Yıkıntı Atığı ve Kireçle Kil Zeminin Stabilizasyonu Üzerine Deneysel Bir Çalışma," *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*,c.26, s.6, ss.1-5.
- [17] M.E. Alami. Improvement of Strength Propertiesof Clayey Soilsfor Construction Purposes, MSc, Firat University, Elazığ, Turkey, 2018
- [18] S. Peddaiah, A.Burman, S. Sreedeeep. "Experimental study on effect of waste plastic bottle strips in soil improvement," *Geotechnical And Geological Engineering* 36, Ss. 2907-2920,2016.
- [19] R.K. Mai, P. Sarathkumar, V.Dinesh, N. Sathish. "Pet as soil stabilization material," *International Journal of Chemtech Research*, c.10, s.11, ss.127-130,2017.
- [20] A.I. Dhatrak, D.K. Sunilkumar, S.P. Tatewar. "Performance of randomly oriented plastic waste in flexible pavement," *Performance Of Randomly Oriented Plastic Waste in Flexible Pavement*, c.5, s.12, ss.20529-20537, 2016.
- [21] A. Fauzi, D. Zuraidah and J.F. Usama. "Soil engineering properties improvement by utilization of cut waste plastic and crushed waste glass as additive," *Iacsit International Journal Of Engineering And Technology*, c.8, s.1,ss.15-18,2016.
- [22] V. Mallikarjuna ve T.B.Mani, "Soil stabilization using plastic waste," *Ijret: International Journal Of Research in Engineering and Technology*,c.5, s.5, ss.391-394,2016.
- [23] S.Pal, V.K. Sonthwal, J.S. Rattan. "Soil stabilization using polypropylene as waste fibre material," *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering And Technology*, c.4, s.11, ss. 10459-10479, 2015.
- [24] S. Kazemikhosrowshahi. Stabilizationof Expansive Soil Using Copolymer, Homopolymer Polypropylene, Fly Ash and Lime. Msc, Istanbul Technical University, İstanbul, Turkey, 2014.
- [25] F. Yılmaz. Tüfit Taşların Zemin Stabilizasyonunda Kireçle Birlikte Kullanılabilirliğinin Standart Deneyler ve Bilgisayarlı Tomografi Tekniği ile Araştırılması, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, Türkiye, 2015.
- [26] K.Q.Tran, T. Satomi, H.Takahashi. "Effect of waste cornsilk fiber reinforcement on mechanical properties of soft soils," *Transportation Geotechnics* 16, 2018.
- [27] M.J.Poweth, F.M. Haneef, M.T. Jacob, R.Krishnan, S.Rajan. "Effect of plastic granules on the properties of soil," *Femeeda Muhammed Haneef et Al Int. Journal of Engineering Research And Applications*, c.4 s.4, ss. 160-164, 2014.
- [28] H.Tremblay, D. Josée, L. Jacques, L. Serge, "Influence of the nature of organic compounds on fine soil stabilization with cement," *Canadian Geotechnical Journal*, c. 39, s.3, ss 535-546.
- [29] E.F. Badrawi, M.S. El-Kady. "Stabilizing soft clay using geo-foam beads and cement bypass dust," *Underground Space*, 2019.
- [30] A. Kumar, D. Gupta, "Behavior of cement-stabilized fiber-reinforced pond ash, rice husk ash-soil mixtures," *Geotextiles and Geomembranes*, c. 44, s.3, ss. 466-474, 2016.
- [31] S. Pourakbar, A. Afshin, B.K.H. Bujang, H.F. Mohammed. "Stabilization of clayey soil using ultra fine palm oil

- fuel ash (POFA) and cement," *Transportation Geotechnics* 3, ss. 24-35,2015.
- [32] S. Gücek. Mermer Tozu ve Uçucu Külün Kül Zeminlerin Güçlendirilmesinde Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, Türkiye, 2011.
- [33] İ.Zorluer, M. Usta. "Zeminlerin Atık Mermer Tozu İle İyileştirilmesi," Türkiye IV. Mermer Sempozyumu (Mersem '2003) Bildiriler Kitabı, 18-19 Aralık, ss.305-311
- [34] O. Başer. Stabilization Of Expansive Soils Using Waste Marble Dust, Msc, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2009.
- [35] J. James, P.K. Pandian. "Industrial wastes as auxiliary additives to cement/lime stabilization of soils," *Advances Civil Engineering*, ss. 1-17, 2016.