



Kenevirden İmal Edilen Geotekstilin Sıkıştırılmış Zeminlerin Dayanımı Üzerindeki Etkisi

The Effect of Geotextile Made of Hemp on the Strength of Compacted Soils

¹Erdem DEMİR , ²Ersin KOLAY , ³Yekta KARADUMAN 

¹Yozgat Bozok Üniversitesi Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yozgat, Türkiye

²Yozgat Bozok Üniversitesi Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Yozgat, Türkiye

³Yozgat Bozok Üniversitesi Üniversitesi, Kenevir Araştırma Enstitüsü, Yozgat, Türkiye

¹erdem7229@gmail.com, ²ersin.kolay@yobu.edu.tr,

³yekta.karaduman@yobu.edu.tr

Araştırma Makalesi/Research Article

ARTICLE INFO

Article history

Received : 29 August 2022

Accepted : 3 October 2022

Keywords:

Compacted Soil, Geotextile,
Hemp, Soil Improvement

ABSTRACT

In this study, it was investigated whether geotextile obtained from hemp will have an effect on the engineering properties of the improved soil. Five different soil types (SC, SM, ML, MH and CH) were used in the study. Hemp rope was supplied and geotextile was produced by knitting method. Classification tests of soils, Proctor tests for compression conditions and strength tests were carried out respectively. Unreinforced, one and two hemp reinforced soil samples were tested by unconfined compression and triaxial compression tests. The unconfined compressive strength, cohesion and internal friction angle values of the samples were comparatively examined according to the reinforcement situation. The results obtained from the unconfined and triaxial compression tests show that geotextile made from hemp can be used to increase the strength of compacted soils.

© 2022 Bandırma Onyedi Eylül University, Faculty of Engineering and Natural Science. Published by Dergi Park. All rights reserved.

MAKALE BİLGİSİ

Makale Tarihleri

Gönderim : 29 Ağustos 2022

Kabul : 3 Ekim 2022

Anahtar Kelimeler:

Sıkıştırılmış Zemin, Geotekstil,
Kenevir, Zemin İyileştirme

ÖZET

Bu çalışmada kenevirden elde edilen geotekstilin iyileştirilmiş zeminin mühendislik özellikleri üzerinde etkisinin olup olmayacağı araştırılmıştır. Çalışmada beş farklı zemin tipi (SC, SM, ML, MH ve CH) kullanılmıştır. Kenevir ip temin edilmiş ve örme yöntemiyle geotekstil elde edilmiştir. Önce zeminlerin sınıflandırma deneyleri, sonra sıkışma koşulları için Proctor deneyleri ve daha sonra dayanım deneyleri yapılmıştır. Donatısız, bir ve iki kenevir donatılı olarak sıkıştırılmış zemin örnekleri serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyleriyle test edilmiştir. Örneklerin serbest basınç dayanımları, kohezyon ve içsel sürtünme açısı değerleri donatı durumuna göre karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Serbest ve üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen sonuçlar, kenevirden üretilmiş geotekstilin sıkıştırılmış zeminlerin dayanımını artırmak amacıyla kullanılabileceğini göstermektedir.

© 2022 Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi. Dergi Park tarafından yayınlanmaktadır. Tüm Hakları Saklıdır.

ORCID ID: ¹0000-0003-0119-9819

²0000-0002-7118-5722

³0000-0001-6960-3828

1. GİRİŞ

Dünya üzerinde insan nüfusunun ve ihtiyaçlarının artması mühendislik özellikleri uygun yapı alanlarının azalmasına ve yetersiz kalmasına neden olmuştur. Bu nedenle mühendislik özellikleri zayıf alanların da yapı alanı olarak değerlendirilmesini gündeme getirmiştir. Zeminler doğal halde ya da bir yerden alınıp diğer bir yerde dolgu olarak yapı temellerinin altında taşıyıcı seviyeler olarak karşımıza çıkabilmektedir. Böylece zeminlerin iyileştirmesi hemen her yapıda karşımıza çıkabilmektedir [1]. Zeminler baraj gövdesi ve yol inşaatı gibi projelerde doğal yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Zeminlerin mühendislik özellikleri her zaman istenilen düzeyde olmayabilmektedir. Bu gibi durumlarda zeminlerin özelliklerinin iyileştirilmesi yoluna gidilmektedir [2]. Mühendislik projesinin beklentileri de göz önünde bulundurularak, zeminin dayanımının artırılması, geçirimsizliğinin azaltılması, boşluk suyu basıncının azaltılması ve sıvılaşmanın önlenmesi gibi hedefler için çalışmalar yapılmaktadır. Zemin iyileştirme çalışmaları amaçlar doğrultusunda geçici ya da kalıcı olarak yapılabilmektedir [1]. Bu çalışmalar genel olarak küçük alanları kapsamakta ve her iyileştirme çalışmasının farklı özellikleri olabilmektedir.

Zemin iyileştirmeleri için pek çok yöntem geliştirilmiş olup; iyileştirme yüzeysel ve derin olarak gerçekleştirilebilir. Yüzeysel zemin iyileştirme yöntemleri arasında; kompaksiyon, zemin drenajı, kireç, kül ve bitüm karıştırarak iyileştirme sayılabilir. Ön yüklenme, düşey drenler, taş kolonlar, ısıtma-dondurma, dinamik kompaksiyon, enjeksiyon ve patlama ise derin zemin iyileştirme metodları arasındadır. Zayıf zeminlerin güçlendirilmesindeki ana kurallar; zemin taneleri arasındaki boşlukların azaltılması, boşlukların farklı maddelerle doldurulması, zemindeki su içeriğini azaltılması ya da boşluk suyu basıncının düşürülmesi ve farklı amaçlar için donatılar kullanılarak zeminin dayanımının artırılmasıdır [3].

Zemin iyileştirilme yöntemlerinden birisi de çeşitli elemanların kullanılmasıyla zeminin güçlendirilmesidir. Zeminlerde donatı olarak kullanılan sentetik tekstil ürünleri (geosentetikler) birçok inşaat mühendisliği projesinde değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Geosentetik terimi “geo” ve “sentetik” kelimelerinin birleşmesinden oluşmaktadır. “Geo” ürünlerin çoğunlukla geoteknik projelerde kullanılmasından, “Sentetik” ise bu ürünlerin çoğunlukla insan yapımı yani sentetik olmasından gelmektedir. Başlıca geosentetik türleri; geogridler, geotekstilller, geomembranlar ve geokompozitler olarak sınıflandırılabilir [4]. Geotekstilller son yıllarda yol inşaatları, drenaj işleri ve şev iyileştirme gibi mühendislik projelerinde yaygın olarak kullanılan inşaat malzemeleridir [5]. Geotekstilller inşaat projelerinde destek ve ayırıcı, donatı, erozyon kontrolü ve drenaj amacıyla kullanılmaktadır. Geotekstilller zeminin dayanımını arttırmak için kullanılan sentetik-polimer bazlı malzemeler olarak tanımlanmaktadır. Esnek, ince ve geçirgen yapılarından kaynaklanan çekme dayanımı nedeniyle, belirli deformasyon altında iyileştirici olarak kullanılmaktadır [4]. Aksoy [6] örgülü geotekstillerin, zeminin yük taşıma kapasitesinin arttırmak, alt temel tabakasının kalınlığının sınırlandırılmak ve zemin ile alt temel tabakasının ayrılması sağlamak amacıyla kullanıldığını belirtmektedir. Günümüzde kullanılan geotekstilller polyester ve polipropilen hammaddelerinden üretilmekte olup, ya hammadde ya da son ürün olarak ithalat yoluyla temin edilmektedir. Bunun yanında bitki, hayvan ve mineral kökenli doğal malzemelerden de üretilmektedirler [7]. Hint kenevir, Hindistan cevizi, keten ve kenevir lifleri doğal geotekstil üretiminde kullanılan malzemelerdir. Doğal geotekstilller biyolojik olarak parçalanabilir özelliktedir. Bu nedenle kısa süreli mühendislik projelerinde kullanılabilir. Dahası, geotekstillerde doğal liflerin kullanılmasının temel nedeni düşük maliyet, sağlamlık, dayanıklılık, bulunabilirlik, iyi örülebilme ve çevre dostu olmalarıdır. Birçok araştırmacı donatılı zeminlerin davranışlarını belirlemek üzere geçmişten günümüze araştırmalar yapmışlardır. Binquet ve Lee [8] kumlu zeminlerde yaptığı çalışma sonucunda, az miktarda takviye kullanılmasıyla hem oturma hem de nihai taşıma kapasitesi açısından önemli faydalar elde edilebileceğini göstermiştir. Das vd. [9] yol alt zemininin dayanımı yetersiz olduğunda, inşaat sırasında daha yüksek dayanımlı jeotekstillerin takviye malzemesi olarak kullanılabilirliğini belirtmektedir. Çiçek vd. [10] geotekstil donatılı kum zeminlerde donatı sayısı arttıkça oturma azaldığını belirtmektedir. Tan vd. [11] zemin-geotekstil ile hazırlanan örneklerin direkt kesme deneyinde halka kesme deneyine göre daha yüksek içsel sürtünme açısı verdiğini belirtmiştir. Haeri vd. [12] kuru sahil kumlarının geotekstil ile donatılması sonucunda maksimum dayanımda ve kırılmalarda artış olduğunu belirtmektedir. Akyüz [13] geosentetikle güçlendirilmiş istinat duvarlarında güçlendirme uzunluklarının kısaltılabileceğini belirtmektedir. Noorzad ve Mirmoradi [14] kil zeminlerde geotekstil donatı sayısı arttıkça dayanımın arttığını belirtmektedir.

Kenevir lifleri oldukça sağlam yapıda olduğundan, endüstride ip, halat, ağ, çadır bezi vb. malzemelerin üretiminde kullanılmaktadır. Kenevir bitkisi Orta Asya kökenli olup, günümüzde Fransa, Çin, İsrail ve Amerika Birleşik Devletleri kenevir üretiminde önde gelen ülkelerdir [15]. 100 kilogram kenevir sapından (Şekil 1), değişkenlik göstermekle birlikte, 18-25 kilogram kadar kenevir lifi sağlanabilmektedir. Kenevir eskiden beri tekstil üretimi için önemli olmuştur (Şekil 1). 20 yüzyılın başına kadar dünyada üretilen tekstil ürünlerinin %80'inin hammaddesi kenevir lifidir. 1930'lu yıllardan sonra uyuşturucu karşıtı yasalar nedeniyle kenevir tarımı kısıtlanmış, ayrıca geliştirilen sentetik liflerle beraber kenevir tekstiller önemini kaybetmiştir [16]. Kenevir sapı son derece iyi bir biyokütle kaynağı olup, enerji açısından ithalatçı durumda olan ülkemiz için bu durum büyük önem taşımaktadır [17]. Son yıllarda kenevir bitkisinin sanayide üretilen birçok ürün için hammadde olarak kullanılması gündemdedir. Ülkemizde de 19 ilimizde, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın iznine bağlı olarak onay verilen arazilerde kenevir ekimine başlanacaktır [18].

Toprak dolgu gövdeli baraj, gölet ve batardo inşası, karayolu altyapısı inşası ve zemin iyileştirme çalışmaları gibi mühendislik işlerinde zeminler sıkıştırılarak mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi sağlanmaktadır. Bu çalışmada sıkıştırılmış zeminlerin dayanımını artırmak amacıyla kenevir liflerinden üretilen örgülü geotekstil kullanılmış ve yöntemin etkinliği serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyleri ile incelenmiştir. Geotekstil imalatında kenevir liflerinin de kullanılabilirliğinin ortaya konulmasıyla, daha ekonomik ve sürdürülebilir bir hammaddeye dikkat çekmek hedeflenmiştir.



Şekil 1. Kenevir sapsarı (a,b) ve kenevir liflerinden üretilmiş kumaş (c) [18].

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Çalışmada iri ve ince taneli beş farklı zemin örneği ile kenevir ipten örülmüş geotekstil kumaş kullanılmıştır. Zemin örnekleri Yozgat ve yakın çevresindeki beş farklı lokasyondan temin edilmiştir (Şekil 2a).

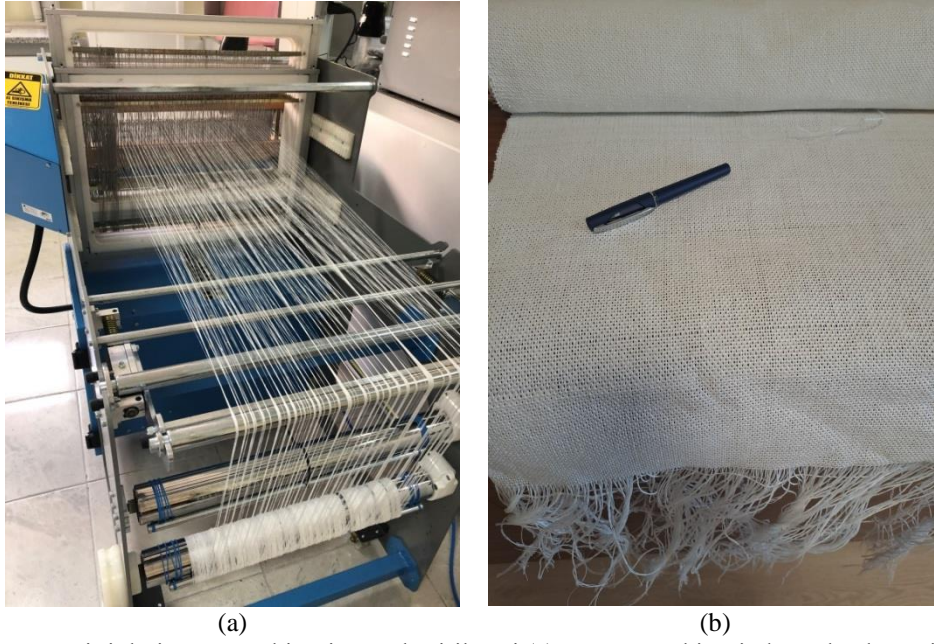
2.2. Yöntem

Örnekler 4.75mm açıklığa sahip 4 nolu elekten elenerek, her birinden 10'ar kilogram olacak şekilde hazırlanmıştır (Şekil 2b). Laboratuara getirilen örnekler dörde bölünerek çeyrekleme yöntemiyle deneylerde kullanılacak miktara indirgenmiştir (Şekil 2c). Bu örneklerle TS 1900-1 [19] ve TS 1900-2 [20]'ye göre deneyler gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Deney örneklerinin araziden alınması (a), 4 nolu elekten elenmesi (b) ve çeyrekleme yöntemiyle azaltılması (c).

Çalışmada kullanılmak için çözgü ve atkı ipliği olarak, iplik numarası Nm 10 olan ağartılmış kenevir ipliği temin edilmiştir. 1mm'lik iplik kalınlığını elde edebilmek için, iplikler 5 kat olacak şekilde hafif büküm verilerek katlama işlemine tabi tutulmuştur. Katlama işlemi sonrasında nihai iplik numarası Nm 2 olmuştur. Daha sonra atkı ve çözgü iplik numarası Nm 2/5 olan iplik ile kenevir esaslı dokuma kumaş üretilmiştir. Dokuma kumaşlar, bezayağı (1/1) örgü kullanılarak, Yozgat Bozok Üniversitesi Kenevir Araştırmaları Enstitüsü bünyesinde bulunan sekiz çerçeveli armürlü numune dokuma tezgâhında üretilmiştir (Şekil 3a). Tez çalışması kapsamında kullanılan kenevir kumaşın atkı sıklığı 3 adet/cm, çözgü sıklığı 5 adet/cm'dir (Şekil 3b).



Şekil 3. Kenevir iplerin örgü makinesine yerleştirilmesi (a) ve örgü makinesinde örülen kenevir kumaş (Geotekstil) (b).

Serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyleri için sıkıştırılarak hazırlanan örneklerin içine yerleştirmek üzere kenevir geotekstilden 49 mm çapında dairesel parçalar kesilmiştir (Şekil 4). Bu parçalar deney örneklerinin hazırlanması esnasında, bir donatılı sıkıştırmada örneğin ortasına, iki donatılı sıkıştırmada ise örnek yüksekliğinin 1/3 ve 2/3' ü seviyelerine yerleştirilmiştir (Şekil 5).

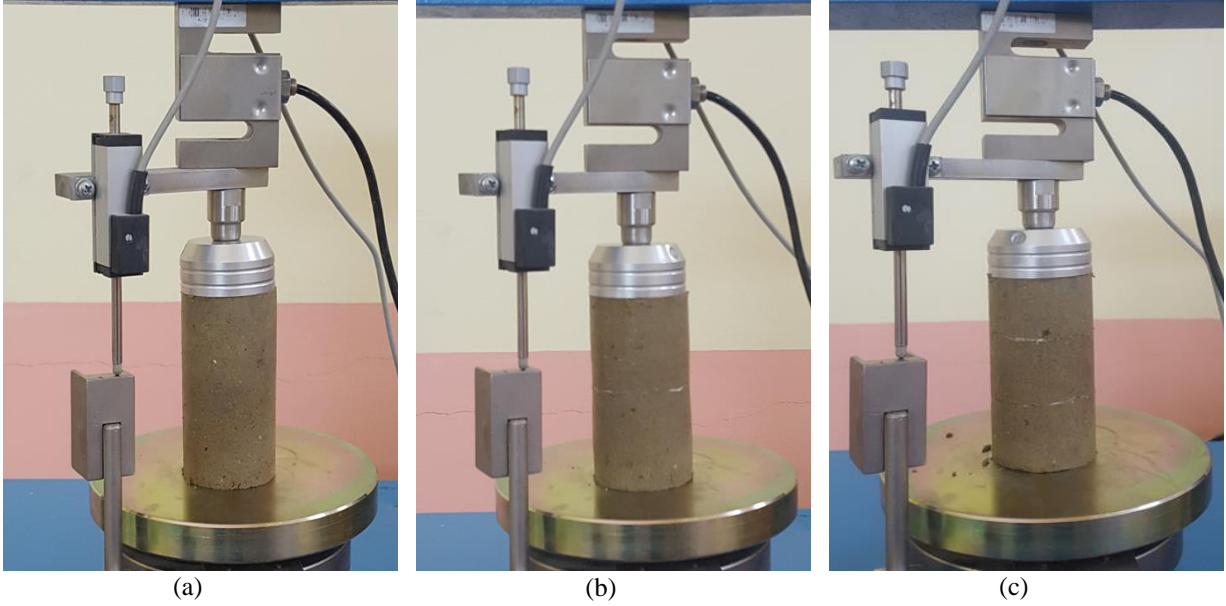


Şekil 4. Kenevir geotekstilden makas yardımıyla (a) 49 mm çapında hazırlanan kenevir geotekstilleri (b).

3. BULGULAR

3.1. Kenevir Geotekstilin Özellikleri

Kenevir geotekstilin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri DSİ laboratuvarında test ettirilmiştir. Sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. Tablo incelendiğinde çalışmada kullanılan kenevir geotekstilin özelliklerinin genel olarak Devlet Su İşleri (DSİ) Geotekstil Şartnamesinin [21] sınır değerlerini sağladığı görülmektedir. Mühendislik uygulamalarında kullanılan geotekstillerin kalınlığı projenin gereksinimlerine göre 0.2 ile 10 mm arasında olabilmektedir [22]. Bu çalışmada 1mm kalınlığındaki kenevir ipin örgüde kullanılmasıyla yaklaşık 1.5 mm kalınlığında kenevir kumaş geotekstil olarak üretilmiştir. Üretim sırasında ip kalınlığı, örgü açıklığı ve örgü yöntemi gibi parametrelerin değiştirilmesiyle kenevir geotekstilin özelliklerini iyileştirme imkanı da bulunmaktadır.



Şekil 5. Serbest basınç deneyi için hazırlanan donatısız (a), bir donatılı (b) ve iki donatılı (c) silindirik örnekler.

Tablo 1. Kenevir geotekstilin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri ve 500 g/m² birim alan kütlelerine sahip geotekstil için DSİ şartnamesi.

Deney adı	Standart	Sonuç	DSİ Şartnamesi (500g/m ² için)
2 kPa yük altında kalınlık	TS EN ISO 9863-1, Prosedür-A	1.53 mm	-
20 kPa yük altında kalınlık	TS EN ISO 9863-1, Prosedür-A	1.46 mm	-
Birim alan kütlesi	TS EN ISO 9864	490 g/m ²	500 g/m ²
Maksimum Yükteki Çekme Dayanımı (Boy)		37.59 kN/m	25 kN/m (En az)
Maksimum Yükteki Çekme Dayanımı (En)	TS EN ISO 10319	39.20 kN/m	25 kN/m (En az)
Maksimum Yükteki Uzama (Boy)		% 13.8	% 50 (En az)
Maksimum Yükteki Uzama (En)		% 6.5	% 50 (En az)
Dinamik delinme direnci (Delik çapı)	TS EN ISO 13433	7.67 mm	8 mm (En fazla)
Statik delinme kuvveti (CBR deneyi)	TS EN ISO 12236	4.22 kN	5.2 kN

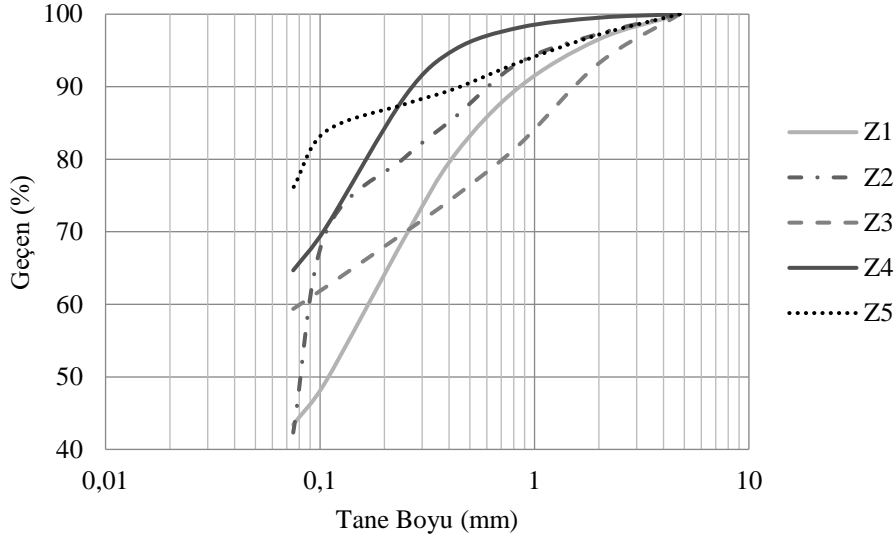
3.2. Zemin Sınıflandırma Deneyi Bulguları

Çalışmadaki zeminler birleşik zemin sınıflandırma yöntemine sınıflandırılmıştır. Bu kapsamda zeminlerin iri taneli kısımlarında tane boyu dağılımları ıslak ve kuru elek analizleri ile belirlenmiştir. Z1, Z2, Z3, Z4 ve Z5 grubu zeminlere ait kümülatif tane boyu dağılım eğrileri Şekil 6'da görülmektedir.

Z1 örneğinin ince taneli kısmı ile kıvam limitleri deneyleri gerçekleştirilememiştir. Dolayısı ile bu zemin plastik olmayan (non-plastik) zemin olarak değerlendirilmiş ve simgesi M (silt) olarak belirlenmiştir. Zeminlerin ince taneli kısımlarına ait kıvam limitleri ve birleşik zemin sınıflandırmasına göre simgeleri Tablo 2'de verilmiştir. Buna göre çalışmanın materyali iki adet iri taneli zemin (Z1 ve Z2) ile üç adet ince taneli (Z3, Z4 ve Z5) zeminden oluşmaktadır. Birleşik zemin sınıflamasına göre Z1 örneği SM (Siltli kum), Z2 örneği SC (Killi kum), Z3 örneği ML (Düşük plastisiteli silt), Z4 örneği MH (Yüksek plastisiteli silt) ve Z5 örneği CH (Yüksek plastisiteli kil) sınıfındadır.

Tablo 2. Zeminlerin kıvam limitleri ve birleşik zemin sınıflandırmasına göre zemin sınıfları.

Örnek	LL (%)	PL (%)	PI (%)	İnce Tane Sınıfı	Zemin Sınıfı
Z1	-	-	-	M	SM
Z2	60	29	31	CH	SC
Z3	35	25	10	ML	ML
Z4	66	45	21	MH	MH
Z5	61.5	29.5	32	CH	CH



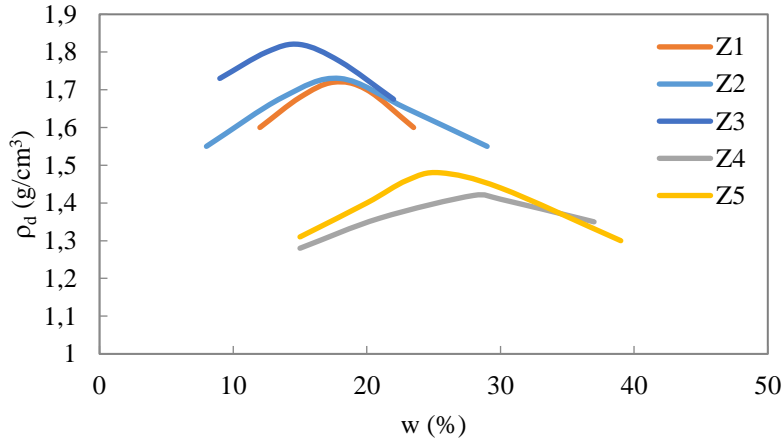
Şekil 6. Çalışmada kullanılan beş zeminin kümülatif tane boyu dağılım eğrileri.

3.3. Sıkıştırma (Standart Proctor) Deneyi Bulguları

Serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyine tabi tutulacak örneklerin en iyi sıkıştırma koşullarını belirlemek için standart Proctor deneyleri yapılmıştır. Her örnek için farklı su içeriğinde en az dört sıkıştırma yapılmış ve kompaksiyon eğrileri çizilmiştir (Şekil 7). Kompaksiyon deneyi ile belirlenen optimum su içerikleri (w_{opt}) ve maksimum kuru yoğunlukları ($\rho_{d(max)}$) Tablo 4.3'te verilmiştir.

Tablo 3. Zeminlerin optimum su içerikleri (w_{opt}) ve maksimum kuru yoğunlukları ($\rho_{d(max)}$).

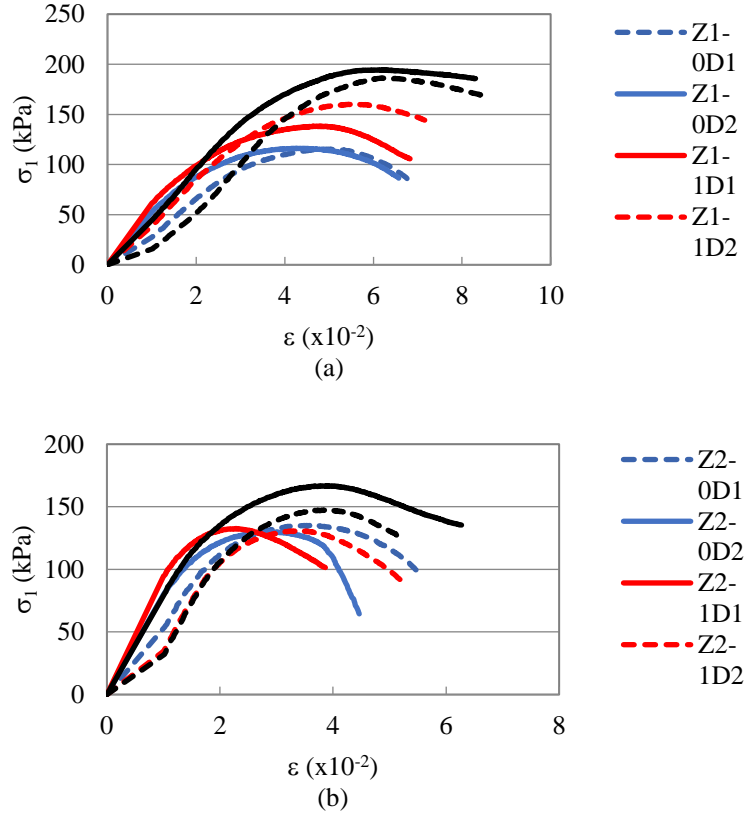
Zemin	w_{opt} (%)	$\rho_{d(max)}$ (g/cm ³)
Z1	17.5	1.73
Z2	17.5	1.72
Z3	15	1.82
Z4	28	1.42
Z5	25.5	1.48



Şekil 7. Zeminlerin kompaksiyon eğrileri.

3.4. Serbest Basınç Deneyi Bulguları

Çalışmanın amacı doğrultusunda her zemin grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin serbest basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Şekil 8'de iri taneli, Şekil 9'da ise ince taneli zeminlerin gerilme-şekil değiştirme (σ - ϵ) grafikleri verilmiştir. Çalışmada her örnek grubu için tüm donatı koşullarında ikişer örnek test edilmiştir. Grafiklerdeki Z2-0D1 şeklindeki gösterim, Z2 zemininde donatısız (0) birinci (1) örneği ifade etmektedir.



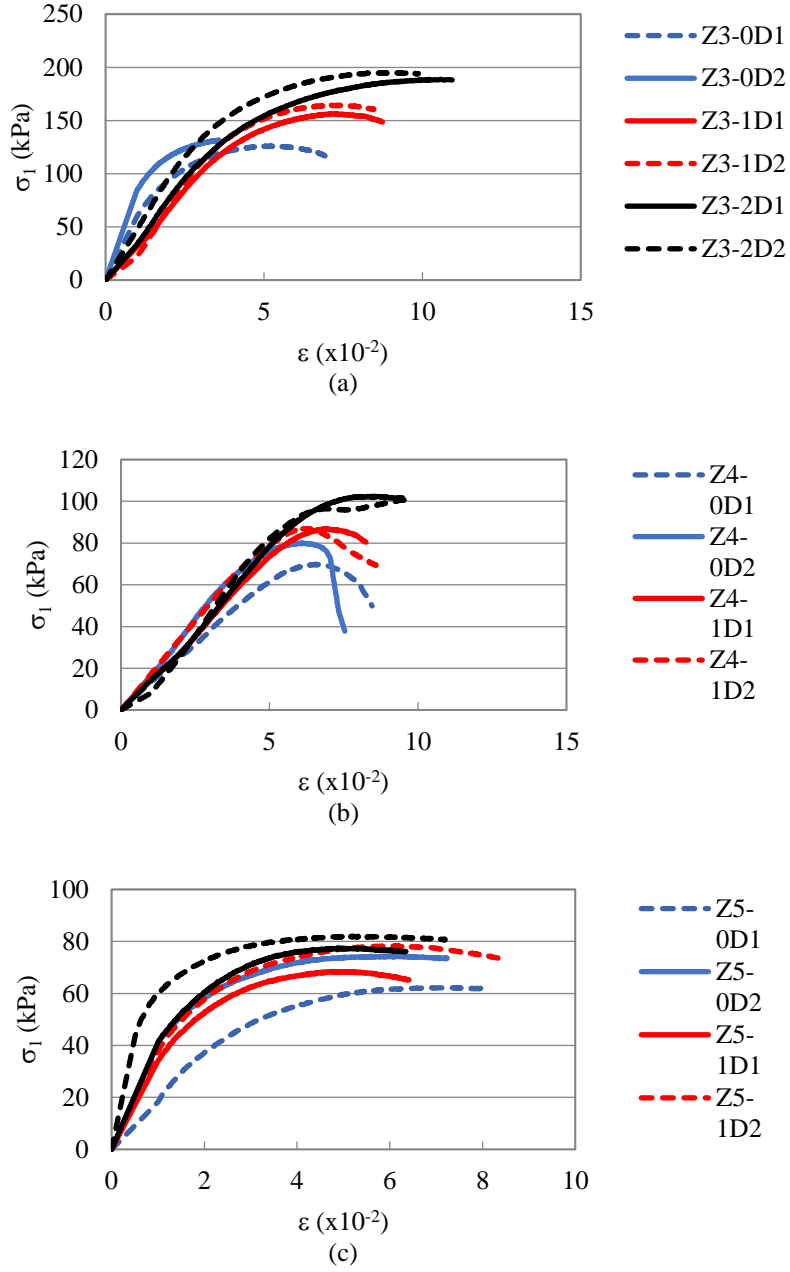
Şekil 8. İri taneli Z1 (a) ve Z2 (b) örneklerinin serbest basınç deneyinde elde edilen σ - ϵ grafikleri.

Donatı durumuna göre örneklerin, serbest basınç dayanımları (σ_1), yenilme anındaki deformasyon oranı (ϵ), ve dayanımda meydana gelen değişimler iri taneli zeminler için Tablo 4'te, ince taneli zeminleri için Tablo 5'te özetlenmiştir.

İri ve ince taneli zeminlerin donatısız ve donatılı örneklerinin yenilme sonrasındaki durumları Şekil 10 ve 11'de verilmiştir.

Tablo 4. İri taneli zeminlere (Z1, Z2) ait örneklerin serbest basınç deneyi bulguları.

Örnek	ϵ ($\Delta L/L$)	σ_1 (kPa)	Ortalama (kPa)	Değişim (%)
Z1-0D1	0.05	115.4	115.85	-
Z1-0D2	0.043	116.3		
Z1-1D1	0.048	138.4	149.4	28.96
Z1-1D2	0.055	160.4		
Z1-2D1	0.063	194.6	190.5	39.19
Z1-2D2	0.062	186.4		
Z2-0D1	0.035	135.2	132.65	-
Z2-0D2	0.029	130.1		
Z2-1D1	0.023	132.7	131.8	-0.64
Z2-1D2	0.033	130.9		
Z2-2D1	0.039	167	157.25	15.64
Z2-2D2	0.039	147.5		

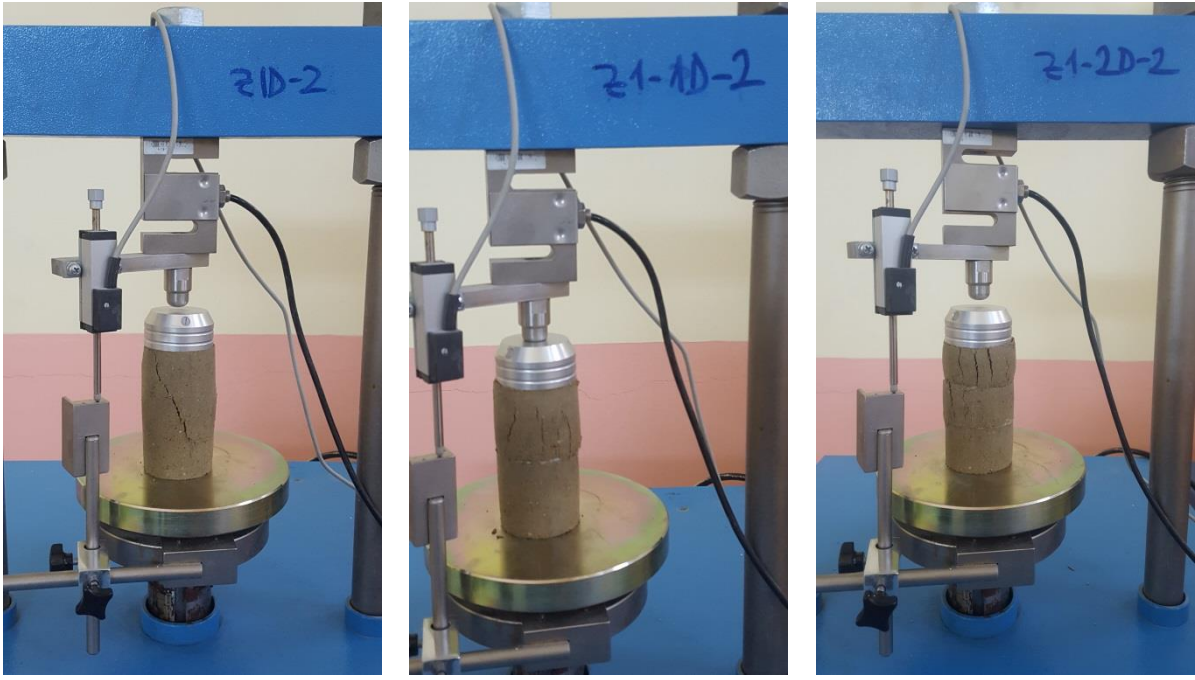


Şekil 9. İnce taneli Z3 (a), Z4 (b) ve Z5 (c) örneklerinin serbest basınç deneyinde elde edilen σ - ϵ grafikleri.

Şekil 8-9 ve Tablo 4-5 incelendiğinde, özellikle iki kenevir donatı kullanıldığında zeminin serbest basınç dayanımının önemli ölçüde arttığı görülmektedir.

3.5. Üç Eksenli Basınç Deneyi Bulguları

Sıkıştırılmış zeminlerde kenevir dolgunun kullanılmasının zemin makaslama dayanımı üzerindeki etkisi hızlı üç eksenli deney (UU) ile incelenmiştir. Deney örnekleri serbest basınç deneyinde olduğu gibi optimum sıkıştırma koşullarında donatısız, bir donatılı ve iki donatılı olacak şekilde hazırlanmış ve 0 kPa, 25 kPa ve 40 kPa'lık çevre basınçlarına (σ_3) karşılık zemini kırarak en büyük asal gerilme (σ_1) belirlenmiştir. Zemin gruplarında donatılı ve donatısız olarak hazırlanmış sıkıştırılmış örneklerin üç eksenli basınç (UU) deneyinden elde edilen c ve ϕ değerleri ile kenevir donatı ile sıkıştırılmış örneklerin sonuçlarının donatısız örneklerin sonuçlarına göre değişimleri Tablo 6'da özetlenmiştir.

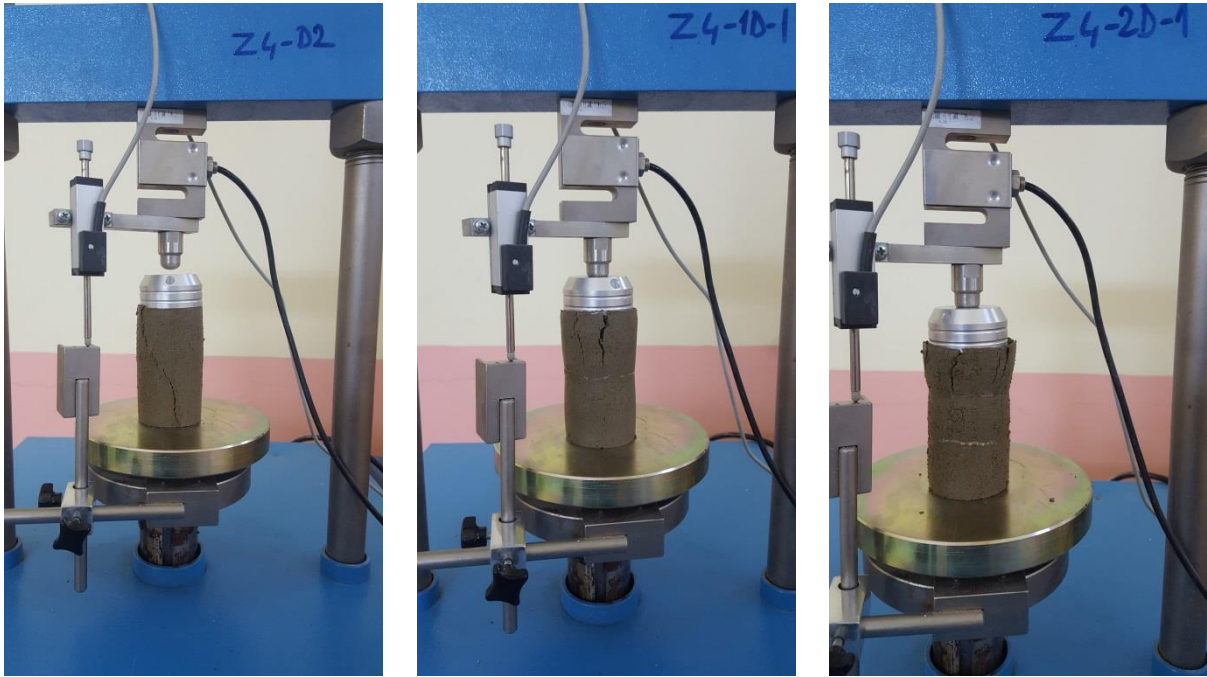


(a)

(b)

(c)

Şekil 10. İri taneli (SM) zeminde donatısız (a), bir donatılı (b) ve iki donatılı (c) durumlarda yenilme sonrasında gelişen yenilme düzlemleri.



(a)

(b)

(c)

Şekil 11. İnce taneli (ML) zeminde donatısız (a), bir donatılı (b) ve iki donatılı (c) durumlarda yenilme sonrasında gelişen yenilme düzlemleri.

Tablo 5. İnce taneli zeminlere (Z3, Z4, Z5) ait örneklerin serbest basınç deneyi bulguları.

Örnek	ε ($\Delta L/L$)	σ_1 (kPa)	Ortalama (kPa)	Değişim (%)
Z3-0D1	0.052	126.2	129.5	-
Z3-0D2	0.043	132.8		
Z3-1D1	0.072	156.5	160.5	23.94
Z3-1D2	0.071	164.5		
Z3-2D1	0.106	188.8	192	32.55
Z3-2D2	0.09	195.2		
Z4-0D1	0.065	69.9	75	-
Z4-0D2	0.061	80.1		
Z4-1D1	0.069	86.8	86.9	15.87
Z4-1D2	0.063	87		
Z4-2D1	0.085	102.5	101.8	26.33
Z4-2D2	0.098	101.1		
Z5-0D1	0.073	62.3	68.35	-
Z5-0D2	0.06	74.4		
Z5-1D1	0.05	68.5	73.45	7.46
Z5-1D2	0.06	78.4		
Z5-2D1	0.049	77.5	79.8	14.35
Z5-2D2	0.052	82.1		

Tablo 6. Üç eksenli basınç deneyi bulgularının özeti.

Zemin	Donatı	c (kPa)	c değişim (%)	ϕ (°)	ϕ değişim (%)
Z1	0D	40	0	29.7	0
	1D	40	0	33.5	13
	2D	40	0	42.2	42
Z2	0D	40	0	23	0
	1D	40	0	28.9	27
	2D	40	0	36.6	39
Z3	0D	30	0	40.2	0
	1D	40	33	38.7	-4
	2D	30	0	50	24
Z4	0D	27	0	20.6	0
	1D	25	-8	27.5	33
	2D	25	-8	34.2	66
Z5	0D	23	0	29.3	0
	1D	23	0	21.2	-28
	2D	28	22	16.2	-45

Üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre (Tablo 6), CH sınıfı zemin hariç, sıkıştırma işlemleri sırasında zemin içerisine kenevir geotekstil yerleştirildiğinde genel olarak kohezyon değerlerinde bir değişim olmadığı ancak içsel sürtünme açılarında kayda değer artışlar olduğu anlaşılmaktadır. Noorzad ve Mirmoradi [14] CL ve CH sınıfı zeminlerle yaptığı çalışmada, geotekstil kullanıldığında sıkıştırılmış zeminin serbest basınç dayanımlarında önemli artışlar elde ederken, kohezyon ve içsel sürtünme açılarında kayda değer bir değişim olmadığını belirtmektedir. Bu çalışmada CH sınıfı zeminden elde edilen bulguların Noorzad ve Mirmorad [14] ile uyumlu olduğu görülmektedir. Çakar [23] çalışmasında farklı geotekstil tipleri kullanarak killi zeminlerin serbest basınç dayanımlarındaki değişimleri incelemiştir. Çalışmasında yükleme hızından ziyade, bu çalışmada olduğu gibi donatı sayısı arttıkça zeminlerin gerilme-şekil değiştirme özelliklerinin iyileştiğini belirlemiştir.

4. TARTIŞMALAR VE SONUÇLAR

Çalışmada kullanılan zeminler birleşik zemin sınıflama sistemine göre SM (Siltli kum), SC (Killi kum), ML (Düşük plastisiteli silt), MH (Yüksek plastisiteli silt) ve CH (Yüksek plastisiteli kil) sınıfındadır. Zeminlerin en iyi sıkışma koşullarının tanımlayan maksimum kuru yoğunluk (g/cm^3) ve optimum su içerikleri (%) zemin sırasına göre sırasıyla; Z1:1.73-17.5; Z2: 1.72-17.5; Z3: 1.82-15; Z4: 1.42-28; Z5: 1.48-25.5 olarak bulunmuştur.

Serbest basınç deneyinde yenilmeye uğrayan örnekler incelendiğinde, kenevir donatı kullanılmadığı durumda örneklerin yenilme yüzeyi yaklaşık 45° ile örneğin yüksekliği boyunca oluşurken, kenevir donatı kullanıldığı durumlarda yenilme yüzeyi dikleştiği ve örneğin belirli bölgesinde sınırlı kaldığı görülmüştür.

Bir kenevir donatı kullanıldığı durumlarda serbest basınç dayanımları Z2 örneği hariç (değişim olmamış) diğerlerinde %7.46 ile %28.46 oranında artmıştır. En az artış Z5 (CH), en çok artış ise Z1 (SM) grubunda olmuştur. İki kenevir donatı kullanılması durumunda tüm zemin gruplarının serbest basınç dayanımlarında artış gerçekleşmiştir. Artış oranı %14.35 ile % 39.19 arasındadır.

Konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre, Z5 (CH) grubu zemin örneklerinde kenevir donatı kullanılmasıyla kayma dayanımı parametreleri arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Z1 ve Z2 gruplarında donatı kullanıldığında kohezyon değişmemiş ancak içsel sürtünme açısında bir donatılı durumda sırasıyla %13 ve %27, iki donatılı durumda ise sırasıyla %42 ve %39 artış olmuştur. Z3 grubunda bir donatılı durumda kohezyonda (%33), iki donatılı durumda ise içsel sürtünme açısında (%24) artış olmuştur. Z4 grubu örneklerde bir ve iki donatılı durumda kohezyonda çok az bir azalma gözlenirken (%-8) içsel sürtünme açısı önemli ölçüde artmıştır (sırasıyla %33, %66). Genel olarak sıkıştırılan örneklerde kenevir donatı kullanılmasının daha çok zeminin içsel sürtünme açısı üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

Bu çalışmadaki kenevirden üretilmiş geotekstil ile yapılan iyileştirme çalışmalarına ait sonuçların, literatürdeki sentetik geotekstillere gerçekleştirilen çalışmaların [8-14, 23] sonuçlarına benzer olduğu görülmektedir. Sonuç olarak, serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyi verilerine göre, sıkıştırılacak SM, SC, ML ve MH sınıfı zeminlerde kenevir donatı kullanımının zemin dayanımı üzerinde olumlu yönde önemli bir etkisi olduğu söylenebilir. Ancak zemin türünün sonuçlar üzerinde etkili olduğu görülmektedir.

5. ÖNERİLER

En iyi iyileştirme koşulunu belirlemek amacıyla, dolguda kullanılacak kenevir geotekstiller arasındaki mesafe ve katman sayısı gibi parametreler göz önüne alınarak benzer çalışmaların devam ettirilmesi gerekmektedir.

Performans ve maliyet durumu göz önünde tutularak farklı örgü açıklığında ve ip kalınlığında üretilecek kenevir geotekstiller ile deneysel çalışmalar devam ettirilmelidir.

Özellikle iri taneli zeminlerde sıkıştırma işlemleri sırasında kenevir geotekstilin zarar görmesi muhtemeldir. Bu durumda kenevir geotekstilin altında ve üstünde koruyucu ekipman kullanılması gerekebilir.

Kenevirden imal edilmiş tekstilin sahip olduğu teknik özellikler göz önüne alındığında, petrol ürünlerinden üretilen geotekstiller yerine zemin iyileştirmede kullanılabilme potansiyelinin olduğu söylenebilir. Bunun yanında, kenevir donatının atmosferik şartlara dayanımı ve bulunduğu koşullar altında zaman içindeki deformasyon özelliklerinin belirlenmesinin mühendislik yapısının ömrü açısından önem arz ettiği göz ardı edilmemelidir.

Yazar Katkıları

Erdem Demir %40, Ersin Kolay %40, Yekta Karaduman %20.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler

Teşekkür

Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezince FYL-2021-910 proje kodu ile desteklenmiştir. Yazarla makalenin iyileştirilmesine katkı koyan hakemlere teşekkür eder.

KAYNAKÇA

- | | |
|---|--|
| [1] M. Şahan "Yapım İşlerinde Zemin İyileştirme Yöntemleri", Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara, 2016. | [3] A. Sağlamer "Zemin Islah Metotları", Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Semineri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Adana, 1985. |
| [2] A. Demiröz, ve M. Karaduman "Zemin iyileştirme metodları", Selçuk Teknik Dergisi, vol. 8 no. 3, pp. 176-192, 2009. | [4] E. İ. Töremiş, E. İ "Geotekstiller ve Plaxis Sonlu Elemanlar Programı" Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 98s, 2003. |

- [5] E. Toğrol, E. Güler, ve E. Merdin “Zemin Mekanığı Uygulamalarında Geotekstillerin Kullanılması”, TMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye İnşaat Mühendisliği 8. Teknik Kongresi, 1985.
- [6] İ. M. Aksoy “Modern yol inşaatında geotekstil ve geogrid uygulaması konularında araştırma”. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 1993.
- [7] S. C. Das, D. Paul, M. M. Fahad, T. Islam, and E. H. Nizam “Geotextiles A Potential Technical Textile Product”, Journal of Scientific and Engineering Research, vol. 4, no. 10, pp. 337-350, 2017.
- [8] J. Binquet, and K .L. Lee “Bearing capacity tests on reinforced earth slabs”, Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, vol. 101, pp. 1241-1255, 1975.
- [9] B. M. Das, and M. T. Omar “The effects of foundation width on model tests for the bearig capacity of sand with geogrid reinforcement”, Geotechnical and Geological Engineering, vol. 12, no. 2, pp.133-141, 1994.
- [10] E. Çiçek, E. Güler, ve T. Yetimoğlu “Geotekstil ve Geogrid donatılı kum zemin üzerindeki bir yüzeysel şerit temel modeli”, 5. Ulusal Geosentetikler Konferansı, İstanbul, 2012.
- [11] S. A. Tan, S. H. Chew, and W. K. Wong “Sand-geotextile interface shear strength by torsional ring shear tests”, Geotextiles and Geomembranes, vol. 16, no. 3, pp. 161-174, 1998.
- [12] S. M. Haeri, R. Nourzad, and A. M. Oskrouch “Effect of geotextile reinforcement on the mechanical behavior of sands”, Geotextiles and Geomembranes, vol. 18, no. 6, pp. 385-402, 2000.
- [13] İ. Akyüz “Donatılı ve Donatısız Zemin Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 58-73 s, 2009.
- [14] R. Noorzad and S. H. Mirmoradi, “Laboratory evaluation of the behavior of a geotextile reinforced clay”, Geotextiles and Geomembranes, vol. 28, pp. 386–392, 2010.
- [15] Ş. Karataş “Endüstriyel Kenevir Forumu I-II”, Aydın Üniversitesi, 2019.
- [16] M. Kostic, B. Pejic, and P. Skundric “Quality Of Chemically Modified Hemp Fibers”, Bioresource Technology, vol. 99, pp. 94–99, 2008.
- [17] M. Acar, ve A. Dönmez “Kenevire Farklı Bir Bakış”, 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu bildiriler kitabı, pp. 265-270, 2016.
- [18] M. Acar, “Kenevire Farklı Bir Bakış”, https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/End%C3%BCstriel%20Kenevir%20Ger%C3%A7e%C4%9Fi%20Paneli%20Sunular%C4%B1/ekg_2.pdf, Ağustos-2022.
- [19] TS 1900-1: “İnşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri-Bölüm 1: Fiziksel özelliklerin tayini”, 2006.
- [20] TS 1900-2: “İnşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar deneyleri-Bölüm 2: Mekanik özelliklerin tayini”, 2006.
- [21] DSİ, “DSİ Genel Müdürlüğü Tarafından Yapıtılacak Kanallarda, Rezervuarlarda ve Barajlarda Kullanılacak Geotekstillere ve Geotekstille İlgili Mamuller İçin Teknik Şartname”, Ankara, 2014.
- [22] A. Sağıroğlu “Geotekstillere İncelenmesi ve Uygulandığı Yerler”, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara, 2015.
- [23] G. Çakar “Geotekstil Donatılı Killerin Davranışlarının Laboratuvarında İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi, 102s, 2016.