

**T.C.**  
**YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ**  
**LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**  
**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KENEVİRDEN ÜRETİLEN GEOTEKSTİLİN**  
**SIKIŞTIRILMIŞ ZEMİNİN MÜHENDİSLİK**  
**ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN**  
**İNCELENMESİ**

**ERDEM DEMİR**

**Tez Danışmanı**

**Doç. Dr. Ersin KOLAY**

**İkinci Tez Danışmanı**

**Doç. Dr. Yekta KARADUMAN**

**YOZGAT-2022**

**T.C.  
YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**KENEVİRDEN ÜRETİLEN GEOTEKSTİLİN  
SIKIŞTIRILMIŞ ZEMİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ  
ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ**

**ERDEM DEMİR**

**Tez Danışmanı**

**Doç. Dr. Ersin KOLAY**

**İkinci Tez Danışmanı**

**Doç. Dr. Yekta KARADUMAN**

**Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi  
tarafından FYL-2021-910 kodu ile desteklenmiştir.**

**YOZGAT-2022**

## TEZ BEYANI

Tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu tezin yazılmasında bilimsel ahlak kurallarına uyulduğunu, başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunulduğunu, tezin içerdiği yenilik ve sonuçların başka bir yerden alınmadığını, kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapılmadığını, tezin herhangi bir kısmının bu üniversite veya başka bir üniversitedeki başka bir tez çalışması olarak sunulmadığını beyan eder, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

ERDEM DEMİR  
20/09/2022



## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS

#### KENEVİRDEN ÜRETİLEN GEOTEKSTİLİN SIKIŞTIRILMIŞ ZEMİNİN MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNDEKİ ETKİSİNİN İNCELENMESİ

ERDEM DEMİR

YOZGAT BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

TEZ DANIŞMANI: DOÇ.DR. ERSİN KOLAY

İKİNCİ DANIŞMAN: DOÇ.DR. YEKTA KARADUMAN

Bu çalışma Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı, Uygulamalı Jeoloji alanında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır. Tez çalışmasında, kenevirde elde edilen geotekstilin, sıkıştırılmış zeminin mühendislik özellikleri üzerinde etkisinin olup olmadığı araştırılmıştır. Çalışmada beş farklı zemin tipi kullanılmıştır. Zemin örnekleri Z1 (SM), Z2 (SC), Z3 (ML), Z4 (MH) ve Z5 (CH) olarak adlandırılmıştır. Kenevirde üretilmiş ip kullanılarak örme yöntemiyle geotekstil elde edilmiştir. Önce zeminlerin sınıflandırma deneyleri, sonra sıkışma koşulları için proctor deneyleri ve daha sonra dayanım deneyleri yapılmıştır. Serbest basınç, üç eksenli basınç ve CBR deneylerinde; donatısız, bir donatılı ve iki kenevir donatılı örnekler test edilmiştir. Örneklerin serbest basınç dayanımları, kohezyon, içsel sürtünme açısı ve CBR değerleri donatısız, bir donatılı ve iki donatılı örnekler için karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir. İnceleme sonucunda CBR deneylerinde dayanım ile donatı arasında anlamlı ilişki gözlenmemiştir. Ancak serbest basınç ve üç eksenli basınç deney sonuçlarına göre, özellikle belirli zemin gruplarında, kenevirde üretilmiş geotekstilin zemin dayanımını artırma amacıyla sıkıştırılmış dolgularda kullanılabileceğini göstermektedir.

2022, xiii+53 SAYFA

**ANAHTAR KELİMELER:** Dolgu zemin, Geotekstil, Kenevir, Zemin iyileştirme

## **ABSTRACT**

### **MASTER THESIS**

#### **INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF GEOTEXTIL PRODUCED FROM HEMP ON THE ENGINEERING PROPERTIES OF THE COMPACTED SOILS**

**ERDEM DEMİR**

**YOZGAT BOZOK UNIVERSITY  
SCHOOL OF GRADUATES STUDIES**

**DEPARTMENT OF GEOLOGY ENGINEERING**

**SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. ERSIN KOLAY**

**CO-SUPERVISOR: ASSOC. PROF. DR. YEKTA KARADUMAN**

This study was carried out as a Master's thesis in the field of Applied Geology at Yozgat Bozok University Graduate Education Institute, Department of Geological Engineering. In the thesis study, it was investigated whether geotextile obtained from hemp has an effect on the engineering properties of the compacted soil. Five different soil types were used in the study. Soil samples were named Z1 (SM), Z2 (SC), Z3 (ML), Z4 (MH), and Z5 (CH). 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 specimens and one and two hemp-reinforced specimens were tested in unconfined compression test, triaxial compression test and CBR tests. The unconfined compressive strength, cohesion, internal friction angle and CBR values of the samples were comparatively investigated for unreinforced, single-reinforced and double-reinforced samples. No significant relationship was observed between strength and reinforcement in CBR experiments. However, unconfined compression and triaxial compression test results show that geotextile produced of hemp can be used in compacted fills for strength enhancement, especially in certain soil groups.

2022,xiii+53 PAGE

**KEYWORDS:** Filled soil, Geotextile, Hemp, Soil improvement

## ÖNSÖZ

Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Jeoloji Mühendisliği (Uygulamalı Jeoloji) Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır. Çalışmada seçilen beş tip zeminin optimum sıkıştırma koşullarındaki dayanım özellikleri incelenmiştir. Toprak dolgu zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerinin, projenin amacı doğrultusunda belirli sınır değerlerin arasında olması beklenmektedir. Bu değerlerin sağlanması amacı ile dolgu zeminlerde mekanik ve kimyasal yollarla iyileştirme çalışmaları yapılmaktadır. Bu iyileştirme çalışmaları sırasında geomembran, geogrid ve geotekstil gibi petrol ürünlerinden imal edilen yardımcı elemanlar da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Günümüzde fosil kaynakların tükenme durumu ve çevresel etkiler göz önünde bulundurulduğunda, neredeyse tüm sektörlerde petrol ürünlerine alternatif arandığı görülmektedir. Bu kapsamda dünyada ve ülkemizde kenevir bitkisi ön plana çıkmaktadır. Yozgat Bozok Üniversitesi de, keneviri ihtisaslaşma konusu olarak seçmiştir. Kenevir bitkisinin ekiminin belirli illerde serbest hale gelmesi ile birlikte gözler ham madde bitkisi olarak kullanılan kenevir bitkisine yönelmiştir. Bu sebeple, çalışmada kenevir ipten üretilen geotekstil malzeme zemin iyileştirme çalışmalarında kullanılmıştır.

Günümüzde polimerik malzemeler yani geosentetikler zemin ile birlikte kullanıldıklarında, dolgu zemin performansının artırılmasında ve maliyetin düşürülmesinde etkin rol oynamakta ve geleneksel yöntemlere yerine tercih edilebilmektedir. Ülkemizde, geotekstil kullanımı ekstra maliyet olarak düşünülse de uygulamaları günden güne artmakta ve yaygınlaşmaktadır. Bu nedenle uygulanabilirlik, maliyet, kalite, proje ömrü gibi faktörler dikkate alınarak yerli kaynaklarla üretilmiş, daha ucuz, çevreci ve sürdürülebilir alternatif ürünlerin araştırılması önemlidir.

Çalışma kapsamında beş tip zemin seçilmiştir. Bu zeminlerin sınıflandırılması ve sıkışma şartlarındaki zemin özellikleri tayin edilmiştir. Örneklerin sıkıştırılması sırasında kenevirden üretilmiş örgülü geotekstil donatı olarak kullanılmış ve zeminlerin dayanım özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Bu amaçla sıkıştırma işlemlerinden sonra serbest basınç, üç eksenli basınç ve Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) deneyleri yapılmış ve sonuçlar karşılaştırılmalı olarak incelenmiştir.

Bu tezin planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde, saha ve laboratuvar çalışmalarında ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren Yozgat Bozok Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyesi danışman hocam Sayın Doç. Dr. Ersin KOLAY'a ve İleri Malzemeler ve Nanoteknoloji Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Doç. Dr. Yekta KARADUMAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Ayrıca laboratuvar çalışmalarında yardımını esirgemeyen Jeoloji Yüksek Mühendisi Gökhan KARAKOÇ'a ve İnşaat Mühendisi Bülent AKDOĞAN'a teşekkür ederim.

Bu çalışma, Yozgat Bozok Üniversitesi Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2021-910 kodlu proje ile desteklenmiştir.

Erdem DEMİR  
01/09/2022

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLolar LİSTESİ.....	x
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xi
RESİMLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	7
3.1. Materyal.....	7
3.2. Yöntem.....	12
3.2.1. Su İçeriği Tayini Deneyi.....	13
3.2.2. Tane Boyu Dağılımın Belirlenmesi Deneyi.....	15
3.2.3. Atterberg Limitlerinin Tayini Deneyi.....	17
3.2.4. Zemin Sıkıştırma (Proctor) Deneyi.....	19
3.2.5. Serbest Basınç Deneyi.....	20
3.2.6. Üç Eksenli Basınç Deneyi.....	24
3.2.7. Kalifornya Taşıma Gücü (CBR) Deneyi.....	26
4. BULGULAR.....	28
4.1. Kenevir Geotekstilin Özellikleri.....	28
4.2. Zemin Sınıflandırma Deneyi Sonuçları.....	28
4.3. Sıkıştırma (Standart Proctor) Deneyi Sonuçları.....	30
4.4. Serbest Basınç Deneyi Sonuçları.....	31
4.4.1. Z1 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları.....	31
4.4.2. Z2 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları.....	32
4.4.3. Z3 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları.....	33
4.4.4. Z4 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları.....	34

4.4.5. Z5 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları.....	35
4.5. Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları.....	39
4.5.1. Z1 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları.....	39
4.5.2. Z2 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları.....	41
4.5.1. Z3 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları.....	43
4.5.4. Z4 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları.....	45
4.5.5. Z5 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları.....	47
4.6. Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) Deneyi Sonuçları .....	49
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	51
6. KAYNAKLAR.....	53
ÖZGEÇMİŞ	

## TABLULAR LİSTESİ

<b><u>Tablo</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
Tablo 4.1.	Kenevir geotekstilin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri. ....	28
Tablo 4.2.	Zeminlerin kıvam limitleri ve birleşik zemin sınıflandırmasına göre zemin sınıfları. ....	30
Tablo 4.3.	Zeminlerin optimum su içerikleri ( $w_{opt}$ )ve maksimum kuru yoğunlukları ( $\rho_{d(max)}$ ). ....	30
Tablo 4.4.	Z1 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları. ....	32
Tablo 4.5.	Z2 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları. ....	33
Tablo 4.6.	Z3 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları. ....	34
Tablo 4.7.	Z4 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları. ....	35
Tablo 4.8.	Z5 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları. ....	36
Tablo 4.9.	UU deney sonuçlarının özeti. ....	49
Tablo 4.10.	Z1 ve Z2 grubu örneklerin CBR deney sonuçları. ....	50

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<b>Şekil</b>		<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1.	Bilgisayar ortamında deney sırasında eksenel birim deformasyon (%) ve gerilme (kPa) okumaları. ....	24
Şekil 4.1.	Çalışmada kullanılan beş zeminin kümülatif tane boyu dağılım eğrileri. ....	29
Şekil 4.2.	Zeminlerin vuruş sayılarına karşılık su içerikleri. ....	29
Şekil 4.3.	Zeminlerin kompaksiyon eğrileri. ....	30
Şekil 4.4.	Z1 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen $\sigma$ - $\varepsilon$ grafikleri. ....	31
Şekil 4.5.	Z2 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen $\sigma$ - $\varepsilon$ grafikleri. ....	32
Şekil 4.6.	Z3 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen $\sigma$ - $\varepsilon$ grafikleri. ....	33
Şekil 4.7.	Z4 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen $\sigma$ - $\varepsilon$ grafikleri. ....	34
Şekil 4.8.	Z5 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen $\sigma$ - $\varepsilon$ grafikleri. ....	35
Şekil 4.9.	Donatısız olarak sıkıştırılmış Z1 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	39
Şekil 4.10.	Bir donatı ile sıkıştırılmış Z1 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	40
Şekil 4.11.	İki donatı ile sıkıştırılmış Z1 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	40
Şekil 4.12.	Donatısız olarak sıkıştırılmış Z2 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	41
Şekil 4.13.	Bir donatı ile sıkıştırılmış Z2 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	42
Şekil 4.14.	İki donatı ile sıkıştırılmış Z2 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	42
Şekil 4.15.	Donatısız olarak sıkıştırılmış Z3 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	43
Şekil 4.16.	Bir donatı ile sıkıştırılmış Z3 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	44
Şekil 4.17.	İki donatı ile sıkıştırılmış Z3 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	44
Şekil 4.18.	Donatısız olarak sıkıştırılmış Z4 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	45
Şekil 4.19.	Bir donatı ile sıkıştırılmış Z4 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	46
Şekil 4.20.	İki donatı ile sıkıştırılmış Z4 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	46
Şekil 4.21.	Donatısız olarak sıkıştırılmış Z5 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	47

<b><u>Şekil</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
Şekil 4.22.	Bir donatı ile sıkıştırılmış Z5 grubu örneklerin UU deney sonuçları. ....	48
Şekil 4.23.	İki donatı ile sıkıştırılmış Z5 grubu örneklerin UU deney sonuçları.	48



## RESİMLER LİSTESİ

<b><u>Resim</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
Resim 2.1.	Örgülü geotekstil (Benek, 2006). .....	3
Resim 2.2.	Kenevir bitkisi (Acar, 2022). .....	4
Resim 2.3.	Türkiye’de Kenevir Ekilen İllerimiz (Acar, 2022). .....	5
Resim 2.4.	Kenevirden sap üretimi. ....	6
Resim 2.5.	Kenevir ip ve kumaş (Acar, 2022). .....	6
Resim 3.1.	Araziden zemin örnekleri alımı .....	7
Resim 3.2.	Araziden alınan örneklerin 4 nolu elekten elenerek çalışmaya hazır hale getirilmesi. ....	8
Resim 3.3.	Çeyrekleme yöntemiyle örnek miktarının azaltılması. ....	8
Resim 3.4.	Kenevir iplerin örgü makinesine yerleştirilmesi. ....	9
Resim 3.5.	Örgü makinesinde örülen kenevir kumaş (Geotekstil). ....	10
Resim 3.6.	Sıkıştırılacak deney örneklerinin içine yerleştirilecek dairesel kenevir kumaş parçalarının hazırlanması. ....	11
Resim 3.7.	Serbest basınç, üç eksenli basınç ve CBR deneylerinde kullanılacak dairesel kenevir geotekstiller. ....	12
Resim 3.8.	Deneylerde kullanılan desikatör, terazi ve ısıya dayanıklı kap. ....	13
Resim 3.9.	Çalışmada kullanılan etüv. ....	14
Resim 3.10.	İnce taneli zemin miktarının ıslak eleme yöntemiyle belirlenmesi. ....	15
Resim 3.11.	İri taneli zeminlerin tane boyu dağılımının kuru elek tekniği ile belirlenmesi. ....	16
Resim 3.12.	Likit limit ve plastik limit tayini için 40 nolu elekten elenmiş örnekler. ....	17
Resim 3.13.	Casagrande cihazı ile zeminlerin likit değerinin belirlenmesi. ....	18
Resim 3.14.	Cam levha ile plastik limit değerinin belirlenmesi. ....	19
Resim 3.15.	Sıkıştırma deneyi için örnek hazırlama, kalıp içine sıkıştırma, su içeriği tayini için örnek alma ve etüvde kurutma işlemleri. ....	20
Resim 3.16.	Serbest basınç deneyi için kalıp içinde sıkıştırılmış örneklerin hazırlanması. ....	22
Resim 3.17.	Serbest basınç deneyi için hazırlanan donatısız, bir donatılı ve iki donatılı silindirik örnekler. ....	23
Resim 3.18.	Serbest basınç deneyinin uygulanması. ....	23
Resim 3.19.	Üç eksenli basınç deneyinin uygulanması. ....	25
Resim 3.20.	Bir ve iki donatılı sıkıştırılmış zeminin üç eksenli basınç deneyi sonrasındaki durumu. ....	25

<b><u>Resim</u></b>		<b><u>Sayfa</u></b>
Resim 3.21.	CBR deney düzeneği ve deneyin uygulanması. ....	26
Resim 3.22.	CBR kalıbı ierisine kenevir donatı yerleştirilmesi ve rnekteki batma izi. ....	27
Resim 4.1.	Z1 grubu rnekların yenilmiş halleri. ....	36
Resim 4.2.	Z2 grubu rnekların yenilmiş halleri. ....	37
Resim 4.3.	Z3 grubu rnekların yenilmiş halleri. ....	37
Resim 4.4.	Z4 grubu rnekların yenilmiş halleri. ....	38
Resim 4.5.	Z5 grubu rnekların yenilmiş halleri. ....	38



## SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>cm<sup>2</sup></b>	: Santimetrekaare
<b>m<sup>2</sup></b>	: Metrekare
<b>kg</b>	: Kilogram
<b>kN</b>	: Kilonewton
<b><math>\sigma_1</math></b>	: Serbest basınç dayanımı, en büyük asal gerilme
<b><math>\sigma_3</math></b>	: Çevre basıncı, en küçük asal gerilme
<b>c</b>	: Kohezyon
<b><math>\Phi</math></b>	: İçsel sürtünme açısı
<b><math>W_{opt}</math></b>	: Optimum su muhtevası
<b>LL</b>	: Likit Limit
<b>PL</b>	: Plastik Limit
<b>PI</b>	: Plastisite İndisi

<b>Kısaltmalar</b>	<b>Açıklamalar</b>
<b>BAP</b>	: Bilimsel Araştırma Projeleri
<b>TS</b>	: Türk Standardı
<b>CBR</b>	: California Taşıma Oranı
<b>CH</b>	: Yüksek Plastisiteli Kil
<b>ML</b>	: Düşük Plastisiteli Silt
<b>MH</b>	: Yüksek Plastisiteli Silt
<b>UU</b>	: Konsolidasyonsuz drenajsız deney
<b>Z1</b>	: Zemin 1
<b>Z2</b>	: Zemin 2
<b>Z3</b>	: Zemin 3
<b>Z4</b>	: Zemin 4
<b>Z5</b>	: Zemin 5
<b>YL</b>	: Yüksek Lisans

# 1. GİRİŞ

İnsanoğlunun artan nüfusu ve ihtiyaçları yapı alanlarının hızla azalmasına neden olmuştur. Bu nedenle mühendislik özellikleri zayıf olan zeminlerin de yapı alanı olarak kullanılması zorunluluğu ortaya çıkmıştır. 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 gündeme gelmiştir (Şahan, 2016). Ayrıca zeminler baraj gövdesi ve yol inşaatı gibi projelerde de doğal yapı malzemesi olarak kullanılmaktadır. Zeminlerin mühendislik özellikleri her zaman istenilen düzeyde olmayabilir. Bu gibi durumlarda zeminlerin özelliklerinin iyileştirilmesi yoluna gidilmektedir (Demiröz ve Karaduman, 2009). Mühendislik projesinin beklentileri de göz önünde bulundurularak, zeminin dayanımının artırılması, geçirimsizliğinin ve boşluk suyu basıncının azaltılması, sıvılaşmanın önlenmesi vb. hedefler için çalışmalar yapılmaktadır. Zemin iyileştirme çalışmaları amaçlar doğrultusunda geçici ya da kalıcı olarak yapılabilmektedir (Şahan, 2016) ve bu zemin iyileştirme çalışmaları genel olarak dar alanları kapsamaktadır, bunun yanında her iyileştirme çalışmasının da farklı özellikleri olabilir.

Zemin iyileştirmeleri için pek çok yöntem geliştirilmiş olup, iyileştirme yüzeysel ve derin olarak gerçekleştirilebilir. Zemin iyileştirme yöntemleri; mekanik etkilerle zemin boşluklarının azaltılması, zemin boşluklarının farklı maddelerle doldurulması, zeminin su içeriğinin azaltılması ve çeşitli elemanların kullanılmasıyla zeminin güçlendirilmesi şeklinde yapılır (Sağlamer, 1985). İyileştirme; zeminin kayma mukavemetinin artması, oturma, borulanma ve sıvılaşma potansiyelinin azaltılması, geçirgenliğinin düşürülmesi gibi amaçlarla yapılır.

Çalışmanın amacı, kenevir liflerinden üretilen geotekstilin (örgülü) zemin iyileştirmede kullanılabilirliğinin serbest basınç deneyi, üç eksenli basınç deneyi ve Kaliforniya Taşıma Gücü deneyleri ile araştırılmasıdır. Kenevirden elde edilen geotekstil önce doğal haliyle iyileştirme çalışmalarında kullanılmıştır. Bu çalışmadan sonra; daha ileri düzey çalışmalarda kenevir geotekstilin emprenye işlemi vb. farklı proseslere tabi tutularak ultraviyole ışınlarla, suya ve biyolojik ayrışmaya karşı güçlendirilmesi sağlanarak duraylılığının artırılmasından sonra, mühendislik projelerinde kullanılması da hedeflenmektedir.

## 2. GENEL BİLGİLER

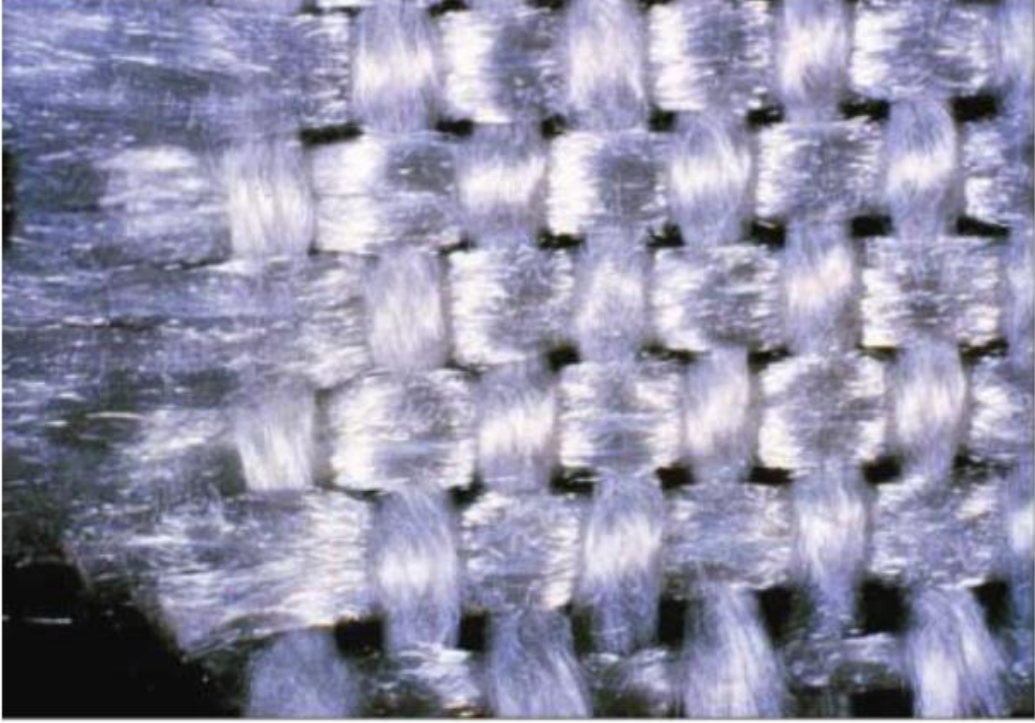
Zayıf zeminlerin güçlendirilmesindeki ana kurallar; zemin taneleri arasındaki boşlukların azaltılması, boşlukların farklı maddelerle doldurulması, zemindeki su içeriğinin azaltılması ya da boşluk suyu basıncının düşürülmesi ve farklı amaçlar için donatılar kullanılarak zeminin dayanımının artırılmasıdır (Sağlamer, 1985). Zeminlerin iyileştirilmesini derinliğe göre yüzeysel ve derin iyileştirmeler olarak incelemek mümkündür (Şahan, 2016). Yüzeysel zemin iyileştirme yöntemleri arasında; kompaksiyon, zemin drenajı, zemine kireç ve kül karıştırmak ve bitümlerle iyileştirme sayılabilir. Ön yükleme, düşey drenler, taş kolonlar, ısıtma-dondurma, dinamik kompaksiyon, enjeksiyon ve patlama ise derin zemin iyileştirme metodları arasındadır.

Zemin iyileştirilme yöntemlerinden birisi de çeşitli elemanların kullanılmasıyla zeminin güçlendirilmesidir (Sağlamer, 1985). Zeminlerde donatı olarak kullanılan sentetik tekstil ürünleri (geosentetikler) birçok inşaat mühendisliği projelerinde de değişik amaçlarla kullanılmaktadır. Geosentetik terimi “geo” ve “sentetik” kelimelerinin birleşmesinden oluşmaktadır. “Geo” ürünlerin çoğunlukla geoteknik projelerinde kullanılmasından, “Sentetik” ise bu ürünlerin çoğunlukla insan yapımı yani sentetik olmasından gelmektedir. Başlıca geosentetik türleri; geogridler, geotekstillere, geomembranlar ve geokompozitler olarak sınıflandırılabilir (Töremiş, 2003). Geotekstillere son yıllarda yol inşaatları, drenaj işleri ve şev iyileştirme gibi mühendislik projelerinde yaygın olarak kullanılan inşaat malzemeleridir (Toğrol vd., 1985). Geotekstillere projelerde destek ve ayırıcı, donatı, erozyon kontrolü ve drenaj amacıyla kullanılmaktadır. Bu malzemeler, esnek ve ince geçirgen olup, belirli deformasyon altında çekme dayanımı nedeniyle iyileştirici olan ve mühendislik işlerinde zeminin dayanımını arttırmak için kullanılan sentetik polimer bazlı malzemeler olarak tanımlanmaktadır (Töremiş, 2003). Bu çalışmada da kullanılan örgülü geotekstillere (Resim 2.1), zeminin yük taşıma kapasitesinin arttırmak, alt temel tabakasının kalınlığının sınırlandırmak ve zemin ile alt temel tabakasının ayrılması amacıyla kullanıldığı belirtilmektedir (Aksoy, 1993).

Geçmişten günümüze birçok araştırmacı donatılı zeminlerin davranışlarını belirlemek üzere araştırmalar yapmıştır (Biquet ve Lee, 1975a; Das ve Omar, 1994; Çiçek vd., 2012). Geotekstillere çoğunlukla polyester ve polipropilen liflerinden üretilmekle birlikte; bitki, hayvan ve mineral kökenli doğal malzemelerden de üretilebilirler (Das vd., 2017). Hint keneviri, Hindistan cevizi, keten ve kenevir lifleri doğal geotekstil üretiminde kullanılan malzemelerdir.

Doğal geotekstiller biyolojik olarak parçalanabilir özelliktedir. Bu nedenle kısa süreli mühendislik projelerinde kullanılabilir. Dahası, geotekstillerde doğal liflerin kullanılmasının temel amaçları; düşük maliyet, sağlamlık, dayanıklılık, bulunabilirlik, iyi örülebilme ve çevre dostu olmalarıdır.

Tan vd. (1998) zemin-geotekstil ile hazırlanan örneklerin direkt kesme deneyinde, halka kesme deneyine göre daha yüksek içsel sürtünme açısı verdiğini belirtmiştir. Haeri vd. (2000) kuru sahil kumların geotekstil ile donatılması sonucunda maksimum dayanımda ve kırılmalıkta artış olduğunu belirtmektedir. Akyüz (2009), geosentetikle güçlendirilmiş istinat duvarlarında güçlendirme uzunluklarının kısaltılabileceğini belirtmektedir.



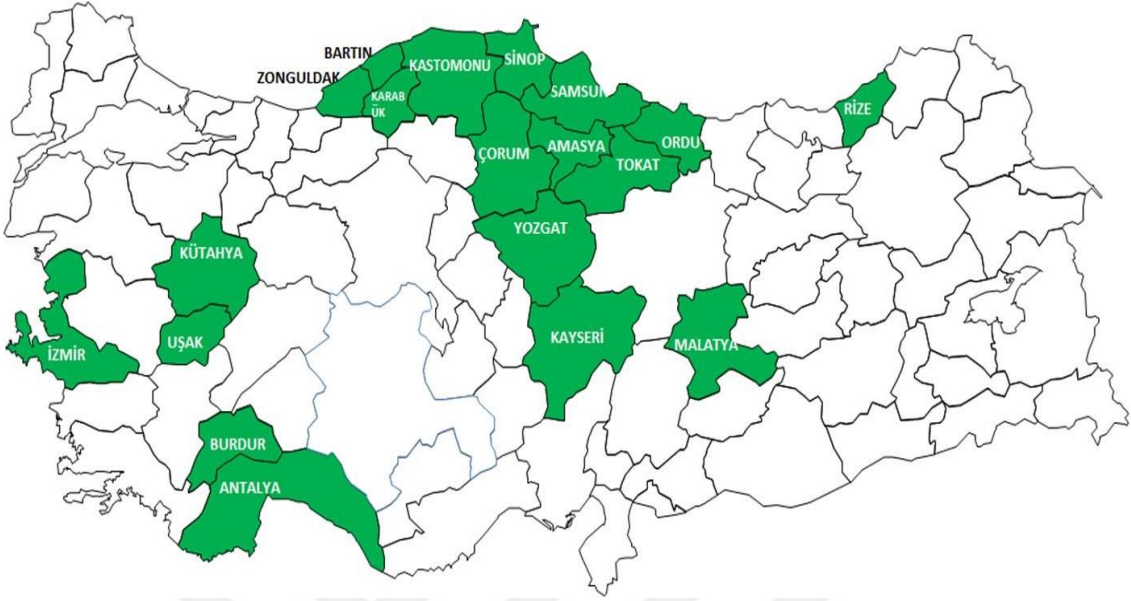
**Resim 2.1.** Örgülü geotekstil (Benek, 2006)

Son yıllarda kenevir bitkisi (Resim 2.2) ülkemizin yöneticilerinin de gündemindedir. Ülkemizde 19 ilde kenevir ekimine başlanacağını ilan edilmiştir. Lifleri son derece dayanıklı olduğundan çuval, halat, ağ yapımında kullanılır. Bunun yanında güçlü bir bitki olduğu için yetiştirilirken kimyasallara ihtiyaç duyulmayan, kenevir üretiminin ana vatanı Orta Asya'dır. Daha sonra Çin, Anadolu, Mısır ve Avrupa'da ekilmeye başlanmış ve 17. yüzyılda da Amerika'da ekimi yapılmıştır. Osmanlı İmparatorluğu döneminde kenevir daha çok Karadeniz bölgesinde ekilmiş ve kenevir lifleri; sicim, ip, urgan ve kumaş üretiminin hammaddesi olmuştur. Özellikle Kastamonu'nun Taşköprü ilçesi, kenevir ekiminin en çok yapıldığı yer

olmuş ve burada üretilen kenevir, Osmanlı donanması için urgan ve halat gibi malzemelerin yapımında kullanılmıştır. Günümüzde kenevir bitkisi; Amasya, Antalya, Burdur, Bartın, Çorum, İzmir, Karabük, Kastamonu, Kayseri, Kütahya, Malatya, Ordu, Rize, Samsun, Sinop, Tokat, Uşak, Yozgat ve Zonguldak olmak üzere 19 ilde Tarım ve Orman Bakanlığı'nın iznine bağlı olarak onay verilen arazilerde ve Bakanlıkça ayda bir denetlenmek suretiyle yapılmaktadır (Resim 2.3). Bugün Fransa hem tohumculuk hem de endüstriyel anlamdaki kenevir üretiminde dünyada birinci sırada yer almakta ve Fransa'yı, Çin ile İsrail takip etmektedir. Ayrıca ABD'deki kenevir üretimi de sürekli olarak bir artış göstermektedir (Karataş, 2019).



**Resim 2.2.** Kenevir bitkisi (Acar, 2022).



**Resim 2.3.** Türkiye’de Kenevir Ekilen İllerimiz (Acar, 2022).

Kenevirin lif randımanı %18 ile %25 arasındadır. Yani 100 kg kenevir sapından (Resim 2.4), çeşitli iklim koşullarına göre değişmekle beraber 18-25 kg civarında lif elde edilmektedir. Lifler, elde edilme aşamasında işleme alındığında kısa lifler ve uzun lifler şeklinde iki farklı kategori oluşmaktadır. Bu önemli özellik, kenevir lifinin higroskopik olmasından kaynaklanmaktadır. Yani ağırlığının %30’u kadar nemi bünyesinde tutabilmektedir. Dolayısıyla da balıkçı ağlarının yapımında çok rağbet görmektedir. Ayrıca dayanıklı ve sağlam bir lif yapısına sahip olması sebebiyle çadır bezleri, branda bezleri ve askerî amaçlı top örtüleri gibi materyallerin hammaddeleri kenevir lifinden elde edilmektedir.

Kenevir eskiden beri tekstil üretimi için önemli olmuştur (Resim 2.5). 20 yüzyılın başına kadar dünyada üretilen tekstil ürünlerinin %80’inin hammaddesi kenevir lifidir. 1930’lu yıllardan sonra uyuşturucu karışı yasalar nedeniyle kenevir tarımı kısıtlanmış, ayrıca geliştirilen sentetik liflerle beraber kenevir tekstiller önemini kaybetmiştir (Kostic vd., 2008). Bunun yanında kenevir sapı son derece iyi bir biyokütle kaynağıdır. Enerji açısından ithalatçı durumda olan ülkemiz için bu durum büyük önem taşımaktadır (Acar ve Dönmez, 2016).



**Resim 2.4.** Kenevirden sap üretimi.



**Resim 2.5.** Kenevir ip ve kumaş (Acar, 2022)

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Çalışmanın materyalini iri ve ince taneli beş farklı zemin örneği (SM, SC, ML, MH, CH) ile kenevir ipten örülmüş geotekstil kumaş oluşturmaktadır. Zemin örnekleri Yozgat ve yakın bölgesindeki beş farklı lokasyondan temin edilmiştir (Resim 3.1). Örnekler, 4 nolu (4.75mm) elekten elenmiş ve her birinden 10'ar kilogram olacak şekilde hazırlanmıştır (Resim 3.2). Laboratuvara getirilen örnekler çeyrekleme yöntemiyle deneylerde kullanılacak miktara indirgenmiştir (Resim 3.3). Deneyler, bu örneklerle Türk Standartlarına (TS) göre gerçekleştirilmiştir.



a) Zemin1 (SM)



b) Zemin3 (ML)



c) Zemin4 (MH)

**Resim 3.1.** Araziden zemin örnekleri alımı.



**Resim 3.2.** Araziden alınan örneklerin 4 nolu elekten elenerek çalışmaya hazır hale getirilmesi.



**Resim 3.3.** Çeyrekleme yöntemiyle örnek miktarının azaltılması.

Çalışma kapsamında kullanılmak için çözgü ve atkı ipliği olarak, iplik numarası Nm 10 olan ağartılmış kenevir ipliği temin edilmiştir. İstenilen iplik numarasını elde edebilmek için, iplikler 5 kat olacak şekilde hafif büküm verilerek katlama işlemine tabi tutulmuş nihai iplik numarası Nm 2 olmuştur. Bu işlem sonrasında, kenevir esaslı dokuma kumaş oluşturmak için

atkı ve çözgü iplik numarası Nm 2/5 olan iplik kullanılmıştır. Dokuma kumaşlar, bezayağı (1/1) örgü kullanılarak, Yozgat Bozok Üniversitesi Kenevir Araştırmaları Enstitüsü bünyesinde bulunan sekiz çerçeveli armürlü numune dokuma tezgâhında üretilmiştir (Resim 3.4). Tez çalışması kapsamında kullanılan kenevir kumaşın atkı sıklığı 3 adet/cm, çözgü sıklığı 5 adet/cm'dir (Resim 3.5).



**Resim 3.4.** Kenevir iplerin örgü makinesine yerleştirilmesi.

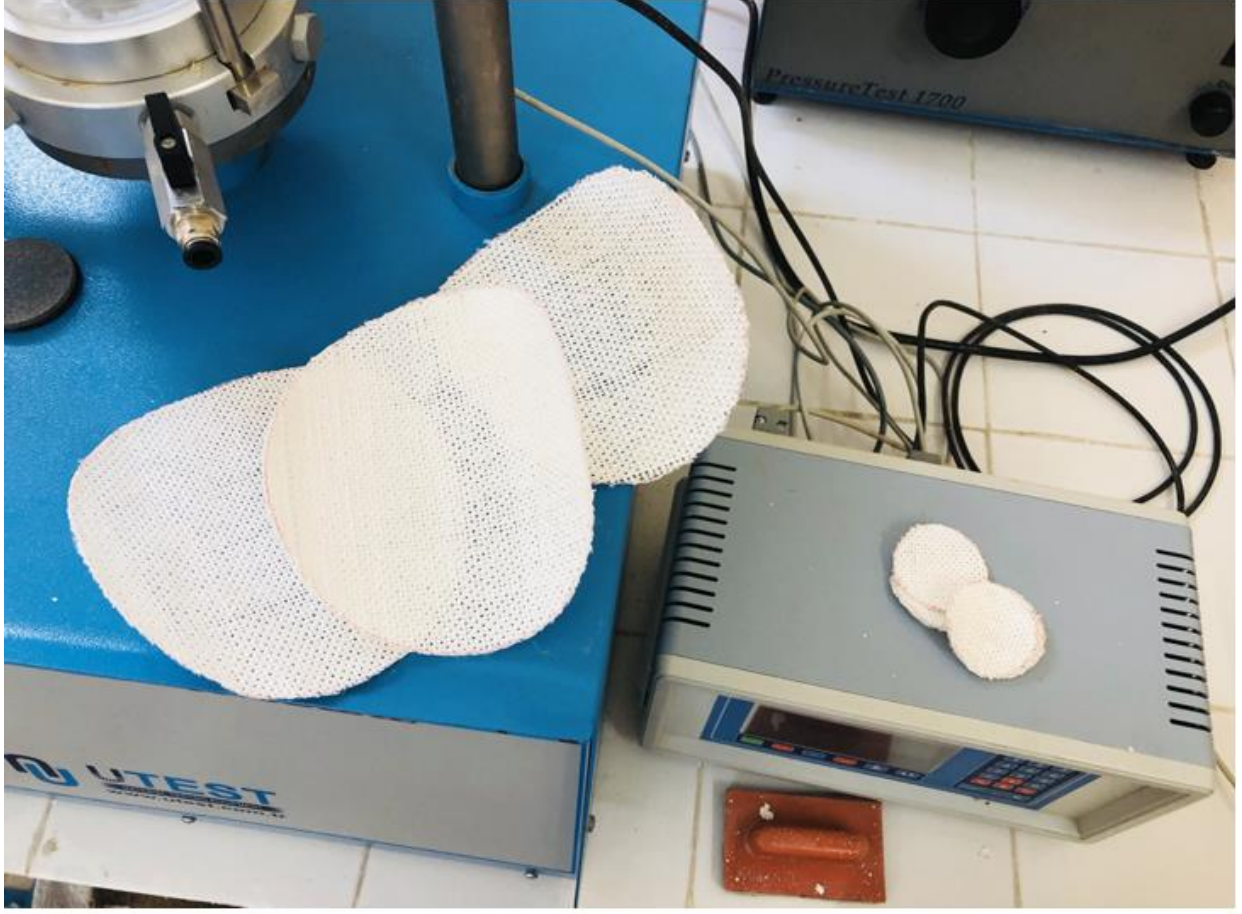


**Resim 3.5.** Örgü makinesinde örülen kenevir kumaş (Geotekstil).

Serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyleri için kenevir geotekstilden 49 mm çapında, CBR deneyi için ise 112 mm çapında dairesel parçalar kesilmiştir. Bu parçalar sıkıştırılmış deney örklerinin hazırlanması esnasında, bir donatılı sıkıştırmada örneğin ortasına, iki donatılı sıkıştırmada ise örnek yüksekliğinin 1/3 ve 2/3' ü seviyelerine yerleştirilmiştir.



**Resim 3.6.** Sıkıştırılacak deney örneklerinin içine yerleştirilecek dairesel kenevir kumaş parçalarının hazırlanması.



**Resim 3.7.** Serbest basınç, üç eksenli basınç ve CBR deneylerinde kullanılacak dairesel kenevir geotekstiller.

### 3.2. Yöntem

Çalışma için araziden temin edilen zemin örneklerinin deneysel çalışmalar için hazırlanması ve deneylerin gerçekleştirilmesi Bozok Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Uygulamalı Jeoloji Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda önce zeminleri sınıflandırmak için ıslak ve kuru elek analizi ile Atterberg Limitleri deneyleri yapılmıştır. Daha sonra zeminlerin en iyi sıkışma şartlarını belirlemek için standart Proctor deneyi gerçekleştirilmiştir. Standart Proctor deneyi ile belirlenen optimum su içeriği ( $w_{opt}$ ) ve maksimum kuru yoğunluk ( $\rho_{d(max)}$ ) değerlerinde sıkıştırılan zeminlerin, kenevir donatı olmadan serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Daha sonra sıkıştırılan zemin içine önce bir, daha sonra iki tabaka halinde kenevir geotekstil yerleştirilerek bu deneyler tekrar edilmiştir. Son olarak kenevir donatı olmadan, bir kenevir donatılı ve iki kenevir donatılı olarak sıkıştırılmış zeminlerin Kaliforniya taşıma oranları (CBR) belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar tablolar ve grafikler şekline dönüştürülerek yorumlanmıştır.

### 3.2.1. Su İçeriği Tayini Deneyi

Bu deney zemin sınıflandırma çalışmaları için, zeminin Atterberg limitlerinin belirlenmesi ve sıkışma koşullarının belirlenmesi için Proctor deneyi sırasında yapılmıştır. Çalışmada zeminlerin su içerikleri TS 1900-1 (TS, 2006)' e göre belirlenmiştir. Bu deney sırasında  $105\pm 10^{\circ}\text{C}$  kapasiteli etüv, 0.01 g hassasiyette terazi, desikatör ve çeşitli boyutlarda ısıya dayanıklı kaplar ve kürek kullanılmıştır (Resim 3.8, 3.9).



**Resim 3.8.** Deneylerde kullanılan desikatör, terazi ve ısıya dayanıklı kap.



**Resim 3.9.** Çalışmada kullanılan etüv.

### 3.2.2. Tane Boyu Dağılımın Belirlenmesi Deneyi

Çalışmada kullanılan zeminlerin tane çapı dağılımları TS 1900-1' e göre ıslak ve kuru eleme yöntemiyle belirlenmiştir. Önce her zemin grubu için 200 g örnek alınmıştır. Örnekteki ince tane miktarını belirlemek için bu örnek 200 nolu elekte yıkanmış ve ince malzemenin elekten geçmesi sağlanmıştır (Resim 3.10). Daha sonra üstte kalan kısım etüvde kurutulmuş ve sarsma makinesine yerleştirilen eleklerle 15 dakika sarsılarak elenmiştir (Resim 3.11).



**Resim 3.10.** İnce taneli zemin miktarının ıslak eleme yöntemiyle belirlenmesi.



**Resim 3.11.** İri taneli zeminlerin tane boyu dağılımının kuru elek tekniği ile belirlenmesi.

Daha sonra geçenlerin yüzde değeri ve elek tane çapına karşılık kümülatif tane boyu dağılım eğrileri çizilmiştir.

### **3.2.3. Atterberg Limitlerinin Tayini Deneyi**

Zeminin ince taneli kısmını sınıflandırmak için, 40 nolu elekten elenen örnekler kullanılarak örneklerin likit limitleri (LL) ve plastik limitleri (PL) belirlenmiştir (Resim 3.12). Likit limit tayininde Casagrande cihazı (Resim 3.13), plastik limit tayininde ise cam levha kullanılmıştır (Resim 3.13). Deneyler TS 1901-1' e göre yapılmıştır.



**Resim 3.12.** Likit limit ve plastik limit tayini için 40 nolu elekten elenmiş örnekler.



**Resim 3.13.** Casagrande cihazı ile zeminlerin likit limit değerin belirlenmesi.



**Resim 3.14.** Cam levha ile plastik limit değerin belirlenmesi.

### 3.2.4. Zemin Sıkıştırma (Proctor) Deneyi

Bu deney TS 1900-1'deki standart sıkıştırma deney talimatlarına uygun olarak yapılmıştır. Deneyde, 4 nolu elekten elenmiş örnekler, farklı su içeriklerinde, iç çapı 105 mm ve iç yüksekliği 115,5 mm, hacmi yaklaşık 1000 cm<sup>3</sup> olan silindir şekilli standart Proctor kalıbı içerisine, 50 mm çapında dairesel tabanı ile 2.5 kg ağırlığı olan ve 305 mm'den serbest düşüş yapabilen bir düzenek ile 3 tabaka olarak sıkıştırılmıştır. Her zemin için optimum su içeriğinden ( $w_{opt}$ ) az ve çok olmak üzere, en az ikişer nokta olacak şekilde, en az dört deney gerçekleştirilmiştir. Sıkıştırma deneyi için örnek hazırlama, kalıp içine sıkıştırma, su içeriği tayini için örnek alma ve etüvde kurutma işlemleri Resim 3.15'te verilmiştir. Son olarak su içeriğine karşılık kuru yoğunluk değerlerinin grafiğe aktarılmasıyla en sıkı durumu temsil eden optimum su içeriği ( $w_{opt}$ ) ve maksimum kuru yoğunluk ( $\rho_{d(max)}$ ) değerleri bulunmuştur.



(a) Sıkıştırma deneyi için örnek hazırlama



(b) Kalıp içine sıkıştırma



(c) Su içeriği tayini için örnek alma



(d) Etüvde kurutma işlemleri

**Resim 3.15.** Sıkıştırma deneyi için örnek hazırlama, kalıp içine sıkıştırma, su içeriği tayini için örnek alma ve etüvde kurutma işlemleri.

### 3.2.5. Serbest Basınç Deneyi

Serbest basınç (tek eksenli basınç) deneyi TS 1900-2 (TS, 2006)'ye göre yapılmıştır. Örneklerin hazırlanma işlemi Resim 3.16'da görülmektedir. Deneyde 500 mm çapında ve 100 mm boyunda optimum su içeriği maksimum kuru yoğunluk şartlarında sıkıştırılmış donatısız ve kenevir donatılı silindirik örnekler kullanılmıştır (Resim 3.17). Prese yerleştirilen silindirik örneklere dakikada %1 boy kısalması uygulanacak şekilde yükleme yapılmıştır (Resim 3.18). Deney sırasında deformasyon ve yük okumaları alınmış (Resim 3.19), kesin göçme olmadığı durumlarda deformasyon %20'yi geçmeden deney sonlandırılmıştır. Hesaplamalar aşağıdaki formülle yapılmıştır:

$$q_u = \frac{F}{A} = \frac{F}{\frac{A_0}{1-\varepsilon}} = \frac{F}{\frac{A_0}{1-\frac{\Delta H}{H_0}}} = \frac{F}{\frac{A_0}{\frac{H_0 - \Delta H}{H_0}}} = \frac{F(H_0 - \Delta H)}{A_0 H_0}$$

1

Burada;

F: Kuvvet (kN)

A: Örneğe uygulanan kuvvet anındaki kesit alanı (cm<sup>2</sup>)

A<sub>0</sub>: Örneğin başlangıçtaki alanı (cm<sup>2</sup>)

H<sub>0</sub>: Örneğin başlangıçtaki boyu (cm)

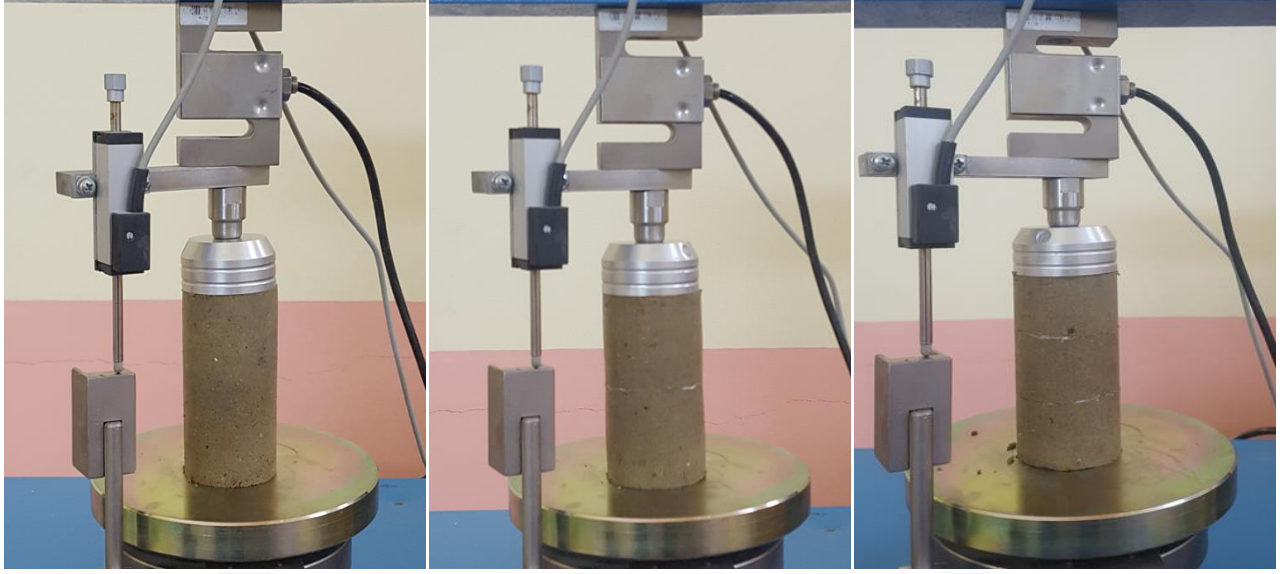
ΔH: Örneğin kesit alanının A olduğu andaki boy kısalması (cm)<sup>2</sup>'dir.

.

Hesaplamalar sonucunda elde edilen en büyük q<sub>u</sub> değeri örneğin serbest basıncı olarak alınmaktadır.



**Resim 3.16.** Serbest basınç deneyi için kalıp içinde sıkıştırılmış örneklerin hazırlanması.



(a) Donatısız

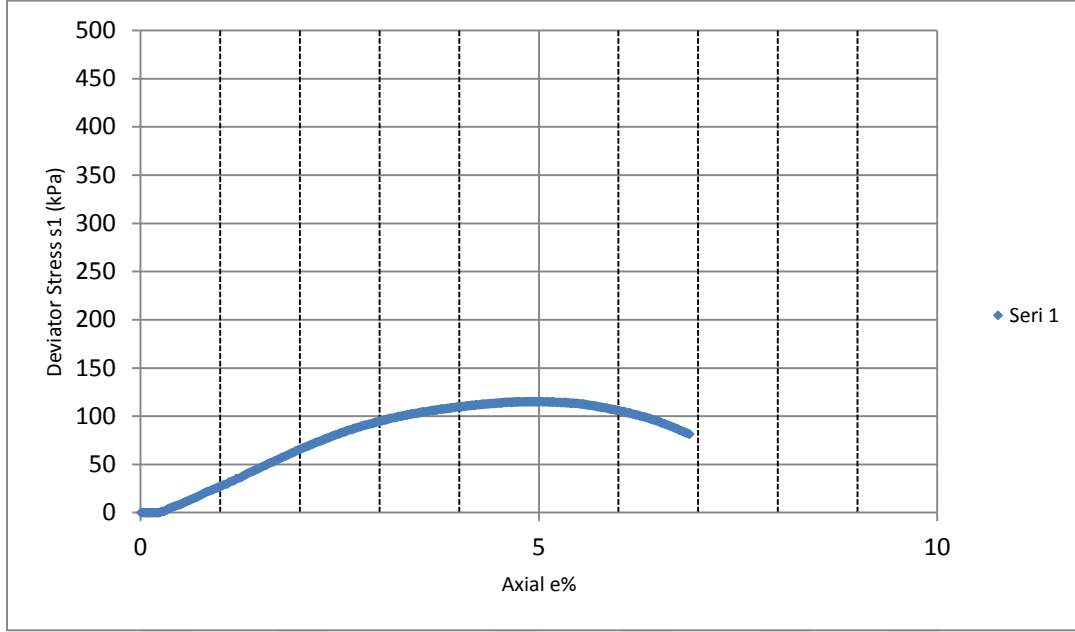
(b) Bir donatılı

(c) İki donatılı

**Resim 3.17.** Serbest basınç deneyi için hazırlanan donatısız, bir donatılı ve iki donatılı silindirik örnekler.



**Resim 3.18.** Serbest basınç deneyinin uygulanması.



**Şekil 3.1.** Bilgisayar ortamında deney sırasında eksenel birim deformasyon (%) ve gerilme (kPa) okumaları.

### 3.2.6. Üç Eksenli Basınç Deneyi

Çalışmada üç eksenli basınç deneyi konsolidasyonsuz ve drenajsız (UU) yani hızlı deney olarak uygulanmıştır (Resim 3.19). Deney örnekleri, serbest basınç deneyinde anlatıldığı gibi hazırlanmıştır. Deney esnasında ( $\sigma_3$ ) 25 kPa ve 40 kPa değerlerinde çevre basıncı uygulanarak örnekler yenilmeye maruz bırakılmıştır (Resim 3.20). Belirlenen maksimum deviatör gerilmeden ( $\sigma_1 - \sigma_3$ ) örneği kıran en büyük asal gerilme ( $\sigma_1$ ) değeri belirlenmiştir. Deneyler TS 1900-2’de belirtildiği gibi, kayma direncinin üç eksenli hücrede konsolidasyonsuz ve drenajsız olarak yapılmıştır. 50 kPa’dan daha yüksek çevre basınçlarının deneyler sırasında sıkıştırılmış örneklerin yapısını bozduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle çevre basınçları 50 kPa’dan düşük tutulmuştur. Ayrıca serbest basınç deneyinden ( $\sigma_3=0$ ) elde edilen  $\sigma_1$  değerleri de Mohr dairelerinin çiziminde kullanılarak üç daire yardımıyla donatılı ve donatısız zeminlerin kesme dayanımı parametreleri olan kohezyon (c) ve içsel sürtünme açıları ( $\phi$ ) incelenmiştir.



Resim 3.19. Üç eksenli basınç deneyinin uygulanması.



Bir donatılı



İki donatılı

Resim 3.20. Bir ve iki donatılı sıkıştırılmış zeminin üç eksenli basınç deneyi sonrasındaki durumu.

### 3.2.7. Kaliforniya Taşıma Gücü (CBR) Deneyi

Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) deneyi (Resim 3.21) farklı amaçlar için yapılan dolguların dayanımının tayini için kullanılmaktadır. Dolgunun CBR değeri, sıkıştırılmış dolgu içerisine 1,27 mm/dk hızla batırılan 49,63 mm çapındaki pistonla karşı dolgu zeminin belirli batma derinliklerinde gösterdiği direncin, aynı batma derinliğinde standart bir kırma taş numunenin gösterdiği dirence oranı olarak tanımlanmaktadır. Çoğunlukla 2.5 mm ve 5 mm'lik batma derinlikleri göz önüne alınarak CBR değeri belirlenmektedir. Kırma taş için belirlenmiş standart değerler 2.54 mm batma için  $70.4 \text{ kg/cm}^2$  ve 5.08 mm batma için  $105.6 \text{ kg/cm}^2$ 'dir. Çalışmada optimum sıkışma koşullarındaki örnekler kalıp içerisine 4.5 kg'lık tokmakla sıkıştırılmıştır. Sıkıştırılan zeminlerde üç ayrı özellikte örnekler hazırlanmıştır. Bunlar; i) dolgusuz, ii) tam ortada bir kenevir donatılı ve iii) CBR kabını eşit üç parçaya bölecek şekilde iki kenevir donatılı örneklerdir. (Resim 3.22).



**Resim 3.21.** CBR deney düzeneği ve deneyin uygulanması.



(a) CBR kalıbı içersine kenevir donatı yerleştirilmesi



(b) CBR deneyi sonrasında zemine, pistonun batma izi

**Resim 3.22.** CBR kalıbı içersine kenevir donatı yerleştirilmesi ve örnekteki batma izi.

## 4. BULGULAR

### 4.1. Kenevir Geotekstilin Özellikleri

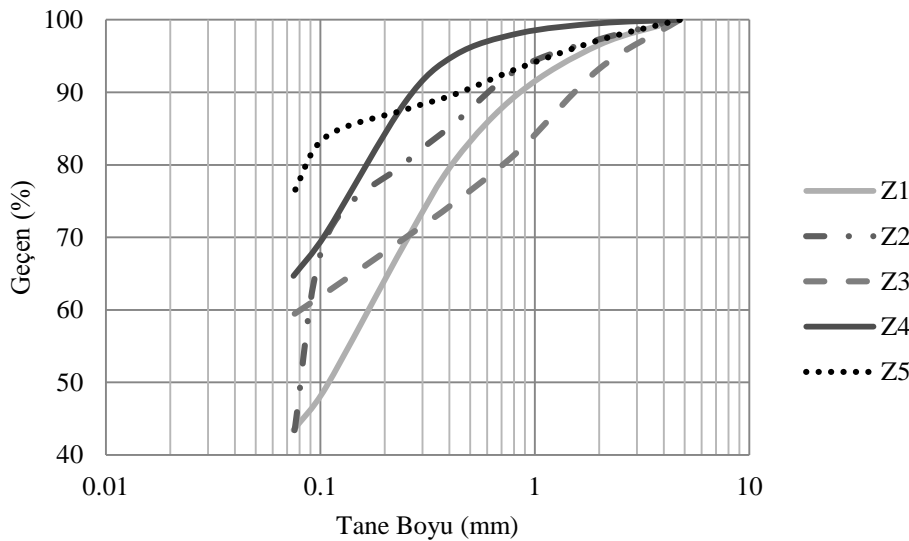
Kenevir geotekstilin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri DSİ laboratuvarında test ettirilmiştir. Sonuçlar Tablo 4.1’de verilmiştir.

**Tablo 4.1.** Kenevir geotekstilin bazı fiziksel ve mekanik özellikleri.

Deney adı	Standart	Sonuç
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 <sup>2</sup>
Maksimum Yükteki Çekme Dayanımı (Boy)		37.59 kN/m
Maksimum Yükteki Çekme Dayanımı (En)	TS EN ISO 10319	39.20 kN/m
Maksimum Yükteki Uzama (Boy)		13.8 %
Maksimum Yükteki Çekme Dayanımı (En)		6.5 %
Dinamik delinme direnci (Delik çapı)	TS EN ISO 13433	7.67 mm
Statik delinme kuvveti (CBR deneyi)	TS EN ISO 12236	4.22 kN

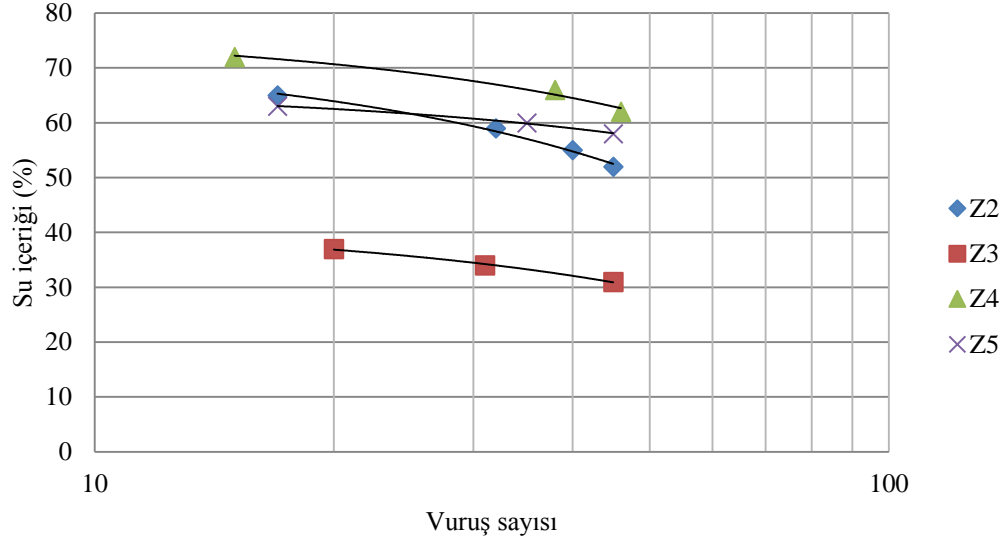
### 4.2. Zemin Sınıflandırma Deneyi Sonuçları

Çalışmadaki zeminler birleşik zemin sınıflandırma yöntemine göre sınıflandırılmıştır. Bu kapsamda zeminlerin iri taneli kısımlarının sınıflandırılması elek analizleri ile yapılmıştır. Elek analizleri sonucunda beş zemin türü (Z1, Z2, Z3, Z4, Z5) için kümülatif tane boyu dağılım eğrileri çizdirilmiştir. (Şekil 4.1).



**Şekil 4.1.** Çalışmada kullanılan beş zeminin kümülatif tane boyu dağılım eğrileri.

Zeminleri ince taneli kısımları ise Atterberg limitleri ile sınıflandırılmaktadır. Likit limit tayini için Casagrande deneyi yapılmış olup vuruş sayıları ve karşılık gelen su içeriklerine göre çizilen grafik Şekil 4.2’de 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 zemin sınıflandırması ise Tablo 4.2’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.



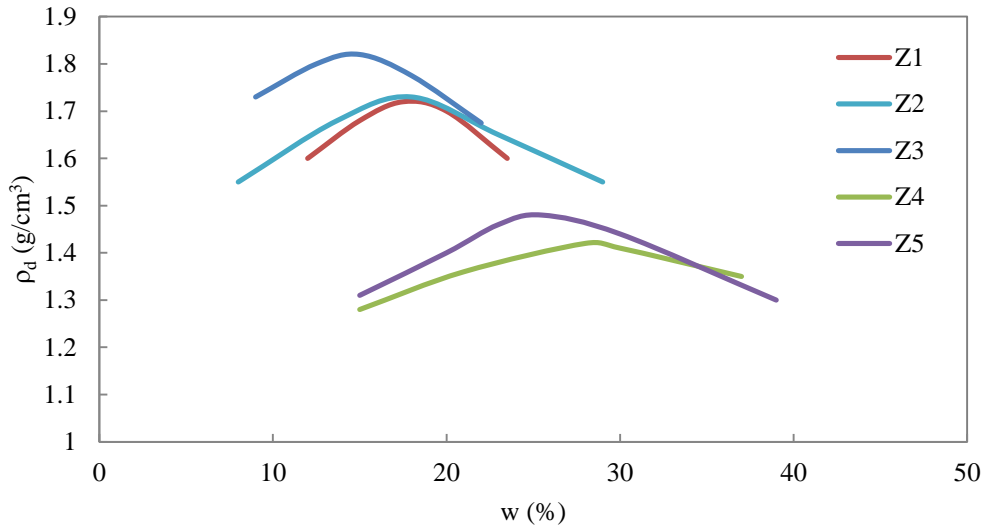
Şekil 4.2. Zeminlerin vuruş sayılarına karşılık su içerikleri.

Tablo 4.2. 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

### 4.3. Sıkıştırma (Standart Proctor) Deneyi Sonuçları

Çalışmada kullanılan zeminlerin serbest basınç deneyi, üç eksenli basınç deneyi ve CBR deneyinde örnek hazırlama evresinde en iyi sıkıştırma koşullarını belirlemek için standart proctor deneyi yapılmıştır. Her örnek için farklı su içeriğinde en az dört sıkıştırma yapılmış ve kompaksiyon eğrileri çizilmiştir (Şekil 4.3). Kompaksiyon deneyi ile belirlenen optimum su içerikleri ( $w_{opt}$ ) ve maksimum kuru yoğunlukları ( $\rho_{d(max)}$ ) Tablo 4.3’te verilmiştir.



**Şekil 4.3.** Zeminlerin kompaksiyon eğrileri.

**Tablo 4.3.** 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

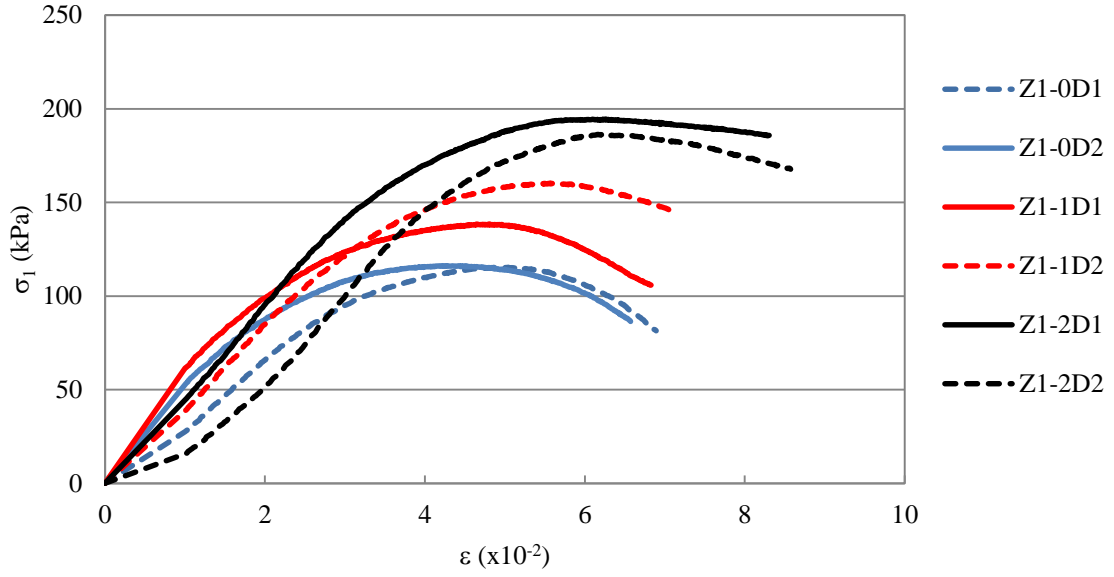
#### 4.4. Serbest Basınç Deneyi Sonuçları

Çalışmanın amacı doğrultusunda her zemin grubunda donatısız, bir donatılı ve iki donatılı zemin örnekleri optimum sıkışma koşullarında sıkıştırılarak serbest basınç deneyine tabi tutulmuştur. Her grup için iki örnek hazırlanmış olup, zemin gruplarına ait serbest basınç deneyi sonuçları aşağıda verilmiştir.

##### 4.4.1. Z1 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları

Z1 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin serbest basınç dayanımı deneyinde elde edilen gerilme-şekil değiştirme ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) grafikleri Şekil 4.4'te verilmiştir. Deney örneklerinin adlandırılması aşağıdaki örnekte açıklanmıştır.

Z1-0D1: Z1 birinci zemin sınıfını, 0D1: Donatısız (sıfır) birinci örneği ifade etmektedir.



**Şekil 4.4.** Z1 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen  $\sigma$ - $\epsilon$  grafikleri.

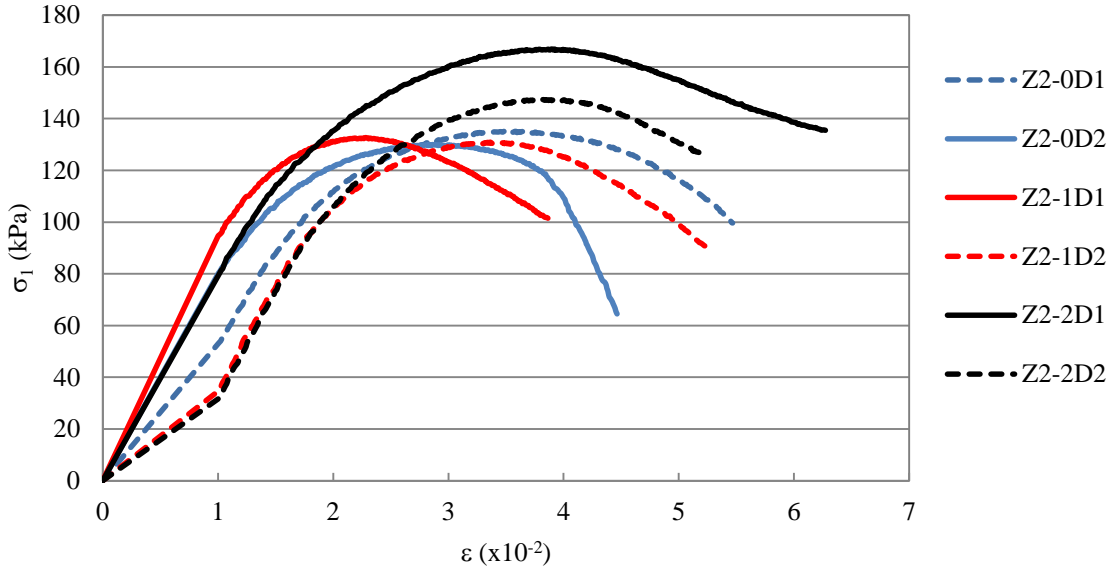
Sıkıştırılmış örneklerin, serbest basınç dayanımları ( $\sigma_1$ ), yenilme anındaki deformasyon oranı ( $\epsilon$ ), ve dayanımda meydana gelen değişim Tablo 4.4'te görülmektedir.

**Tablo 4.4.** Z1 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları.

Örnek	$\epsilon$ ( $\Delta L/L$ )	$\sigma_1$ (kPa)	Ortalama	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		

#### 4.4.2. Z2 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları

Z2 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin serbest basınç dayanımı deneyinde elde edilen gerilme-şekil değiştirme ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) grafikleri Şekil 4.5'te verilmiştir.



**Şekil 4.5.** Z2 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen  $\sigma$ - $\epsilon$  grafikleri.

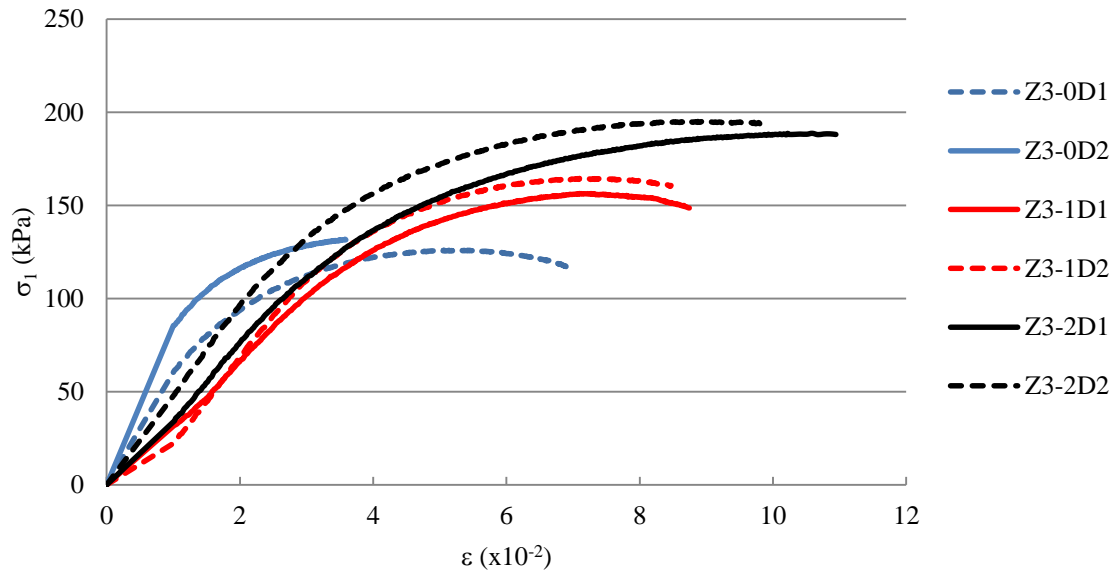
Sıkıştırılmış örneklerin, serbest basınç dayanımları ( $\sigma_1$ ), yenilme anındaki deformasyon oranı ( $\epsilon$ ), ve dayanımda meydana gelen değişim Tablo 4.5'te görülmektedir.

**Tablo 4.5.** Z2 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları.

Örnek	$\epsilon$ ( $\Delta L/L$ )	$\sigma_1$ (kPa)	Ortalama	Değişim (%)
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		

#### 4.4.3. Z3 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları

Z3 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin serbest basınç dayanımı deneyinde elde edilen gerilme-şekil değiştirme ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) grafikleri Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6. Z3 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen  $\sigma$ - $\varepsilon$  grafikleri.

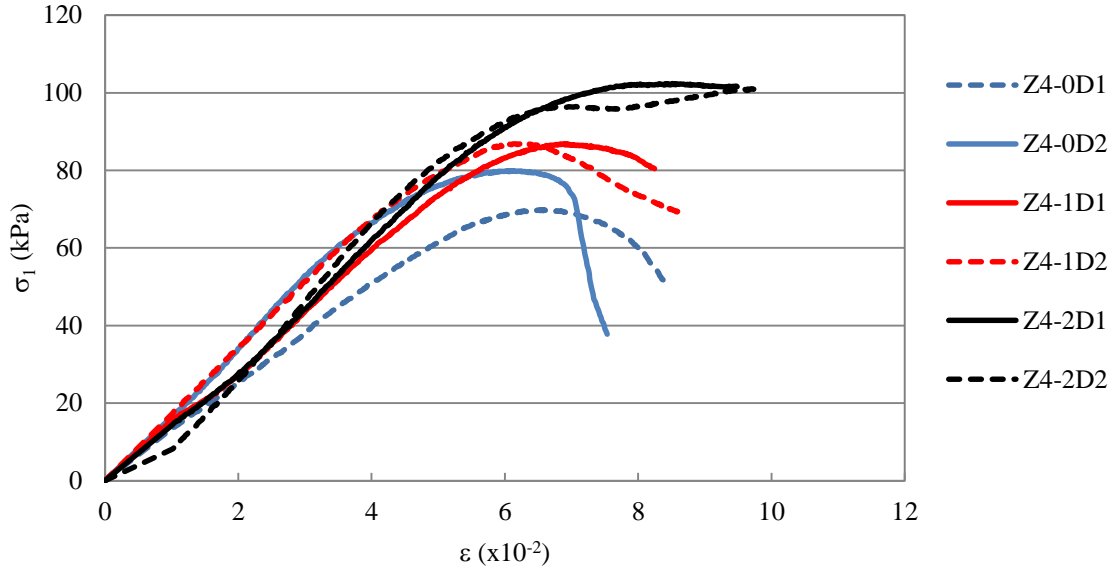
Sıkıştırılmış örneklerin, serbest basınç dayanımları ( $\sigma_1$ ), yenilme anındaki deformasyon oranı ( $\varepsilon$ ), ve dayanımda meydana gelen değişim Tablo 4.6’da görülmektedir.

**Tablo 4.6.** Z3 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları.

Örnek	$\varepsilon$ ( $\Delta L/L$ )	$\sigma_1$ (kPa)	Ortalama	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		

#### 4.4.4. Z4 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları

Z4 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin serbest basınç dayanımı deneyinde elde edilen gerilme-şekil değiştirme ( $\sigma$ - $\varepsilon$ ) grafikleri Şekil 4.7’de verilmiştir.



**Şekil 4.7.** Z4 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen  $\sigma$ - $\epsilon$  grafikleri.

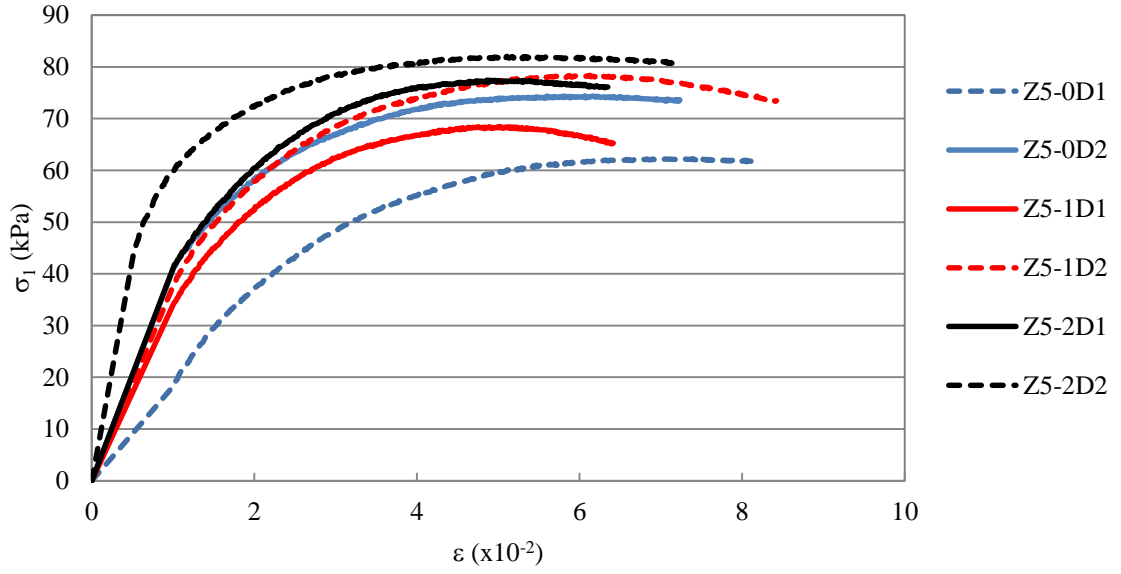
Sıkıştırılmış örneklerin, serbest basınç dayanımları ( $\sigma_1$ ), yenilme anındaki deformasyon oranı ( $\epsilon$ ), ve dayanımda meydana gelen değişim Tablo 4.7’de görülmektedir.

**Tablo 4.7.** Z4 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları.

Örnek	$\epsilon$ ( $\Delta L/L$ )	$\sigma_1$ (kPa)	Ortalama	Değişim (%)
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		

#### 4.4.5. Z5 Grubu Örneklerin Serbest Basınç Deney Sonuçları

Z5 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin serbest basınç dayanımı deneyinde elde edilen gerilme-şekil değiştirme ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) grafikleri Şekil 4.8’de verilmiştir.



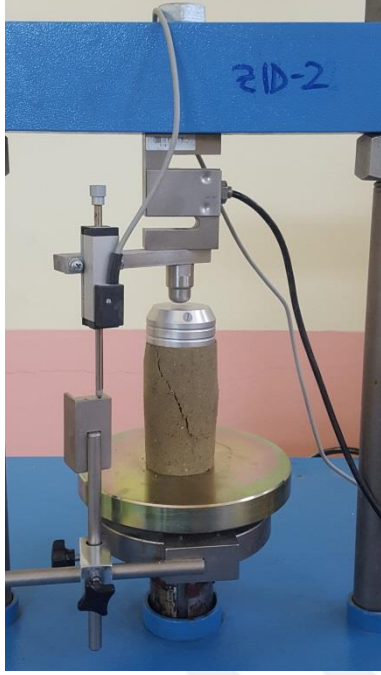
**Şekil 4.8.** Z5 grubu örneklerin serbest basınç deneyinde elde edilen  $\sigma$ - $\epsilon$  grafikleri.

Sıkıştırılmış örneklerin, serbest basınç dayanımları ( $\sigma_1$ ), yenilme anındaki deformasyon oranı ( $\epsilon$ ), ve dayanımda meydana gelen değişim Tablo 4.8’de görülmektedir.

**Tablo 4.8.** Z5 grubu örneklerin serbest basınç deneyi sonuçları.

Örnek	$\epsilon$ ( $\Delta L/L$ )	$\sigma_1$ (kPa)	Ortalama	Değişim (%)
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		

Zemin gruplarında örneklerin serbest basınç deneyinden sonra yenilmeye uğramış halleri Resim 4.1-4.5’ te verilmiştir. Resimlerde; donatısız, bir donatılı ve iki donatılı örnek görülmektedir.



(a) Donatısız



(b) Bir donatılı



(c) İki donatılı

**Resim 4.1.** Z1 grubu örneklerin yenilmiş halleri.



(a) Donatısız



(b) Bir donatılı



(c) İki donatılı

**Resim 4.2.** Z2 grubu örneklerin yenilmiş halleri.



(a) Donatısız

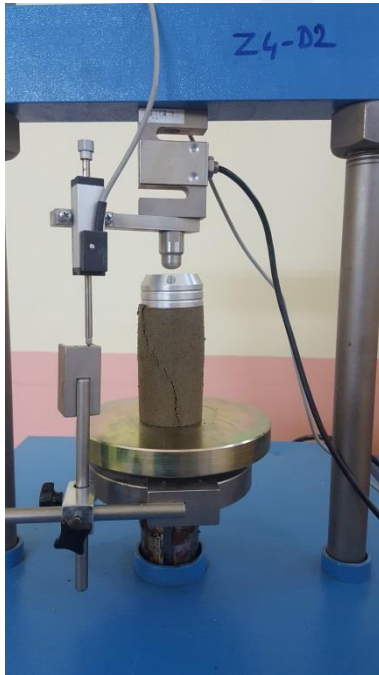


(b) Bir donatılı



(c) İki donatılı

**Resim 4.3.** Z3 grubu örneklerin yenilmiş halleri.



(a) Donatısız



(b) Bir donatılı



(c) İki donatılı

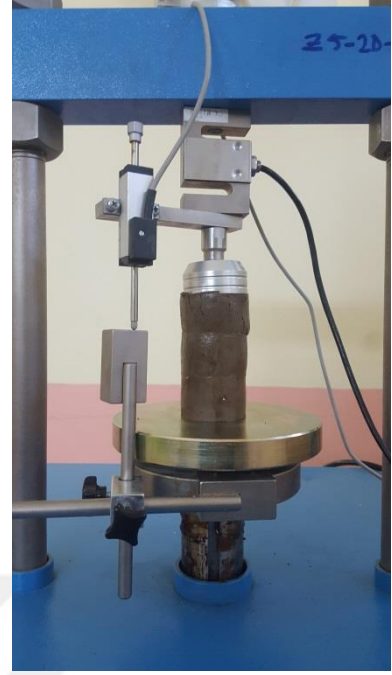
**Resim 4.4.** Z4 grubu örneklerin yenilmiş halleri.



(a) Donatısız



(b) Bir donatılı



(c) İki donatılı

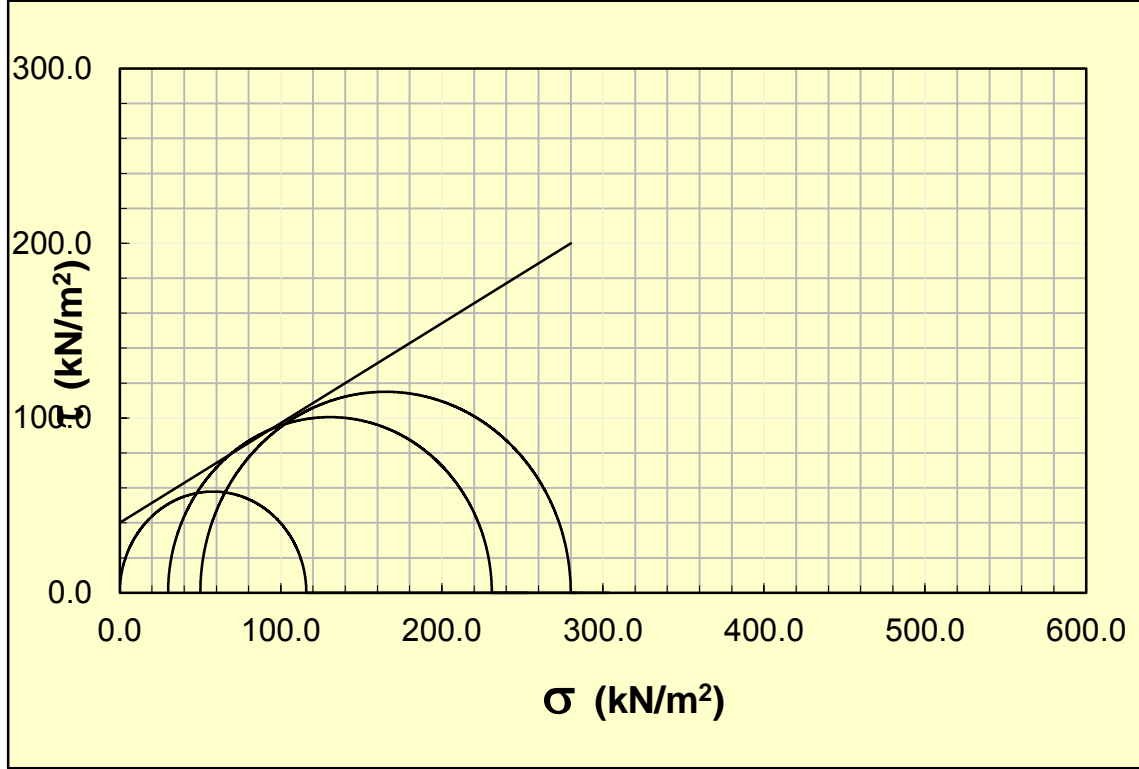
**Resim 4.5.** Z5 grubu örneklerin yenilmiş halleri.

#### 4.5. Üç Eksenli Basınç Deneyi Sonuçları

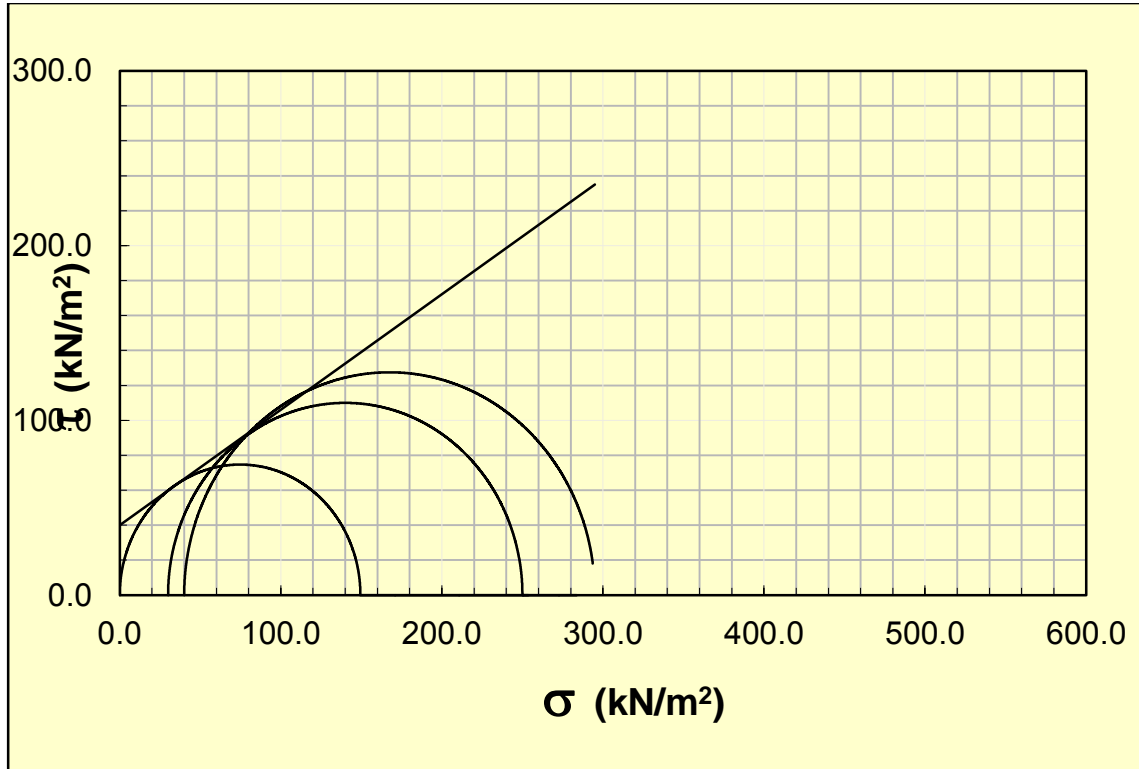
Sıkıştırılmış zeminlerde kenevir dolgunun kullanılmasının zemin makaslama dayanımı üzerindeki etkisi hızlı (UU) üç eksenli deney ile incelenmiştir. Deney örnekleri serbest basınç deneyinde olduğu gibi optimum sıkıştırma koşullarında; donatısız, bir donatılı ve iki donatılı olacak şekilde hazırlanmış ve 0 kPa, 25 kPa ve 40 kPa'lık çevre basınçlarına ( $\sigma_3$ ) karşılık zemini kırarak en büyük asal gerilme ( $\sigma_1$ ) belirlenmiştir. Zemin türlerine göre UU deney sonuçları aşağıda verilmiştir.

##### 4.5.1. Z1 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları

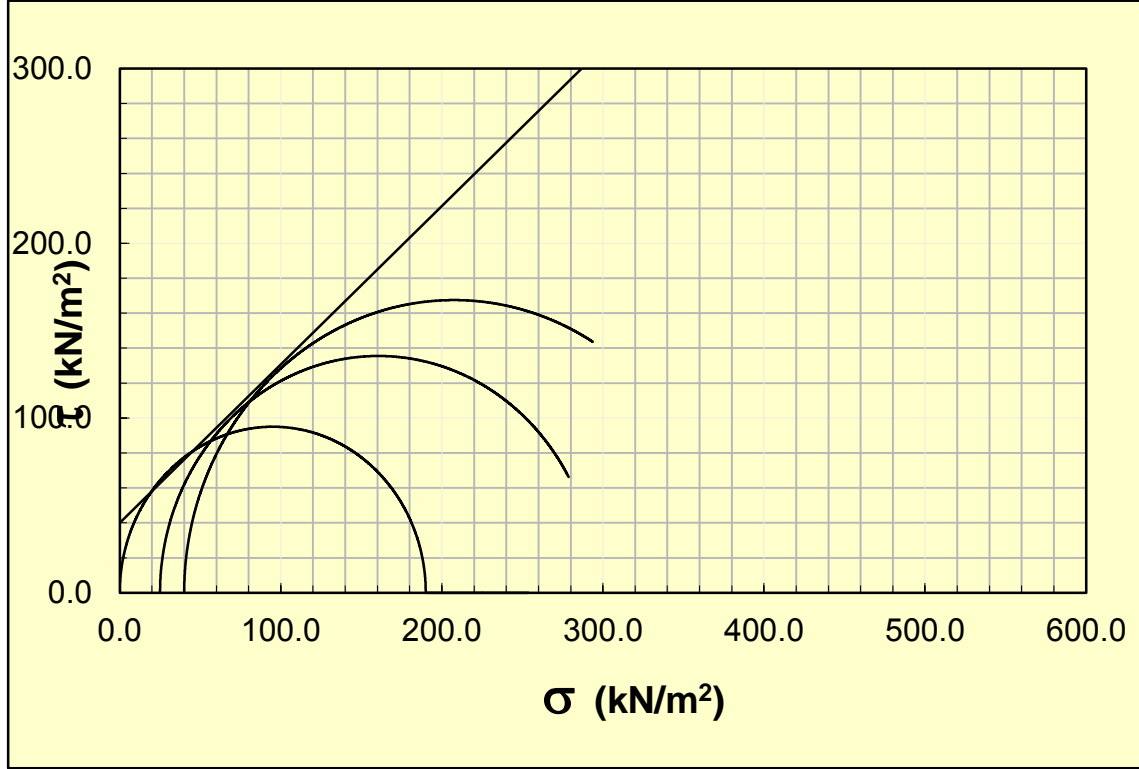
Z1 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin üç eksenli basınç dayanımı deneyinde elde edilen Mohr daireleri Şekil 4.9-4.11'de verilmiştir.



Şekil 4.9. Donatısız olarak sıkıştırılmış Z1 grubu örneklerin UU deney sonuçları.



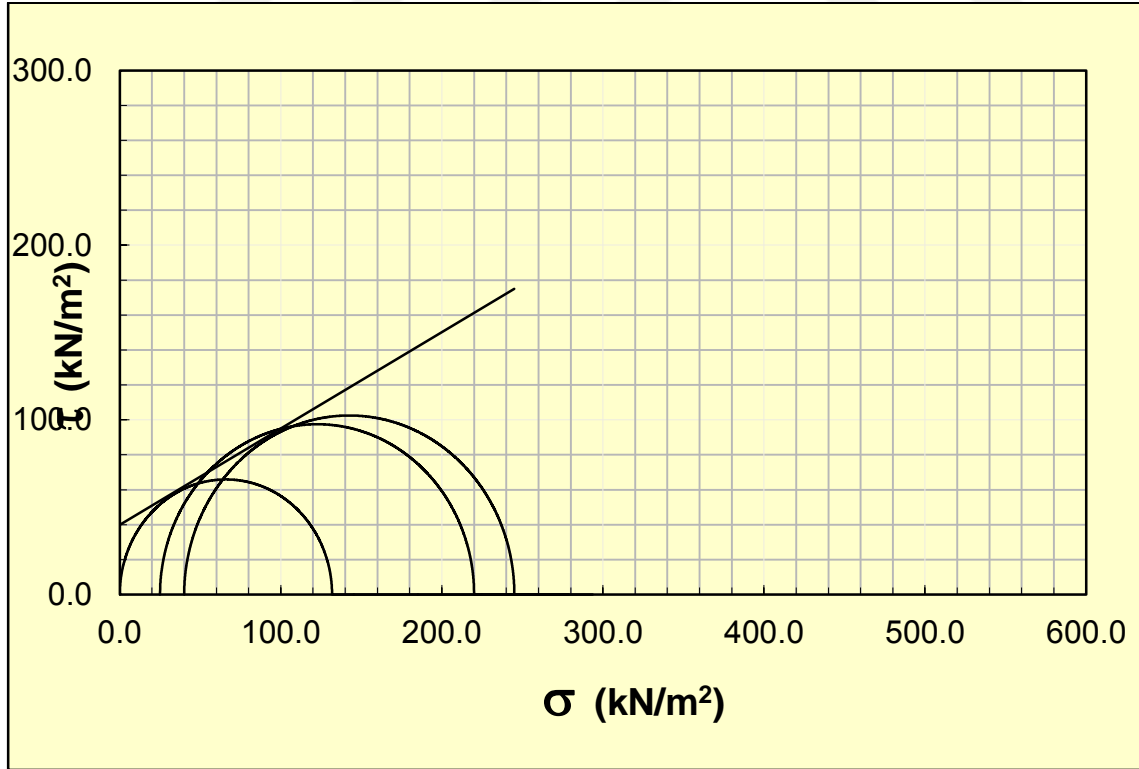
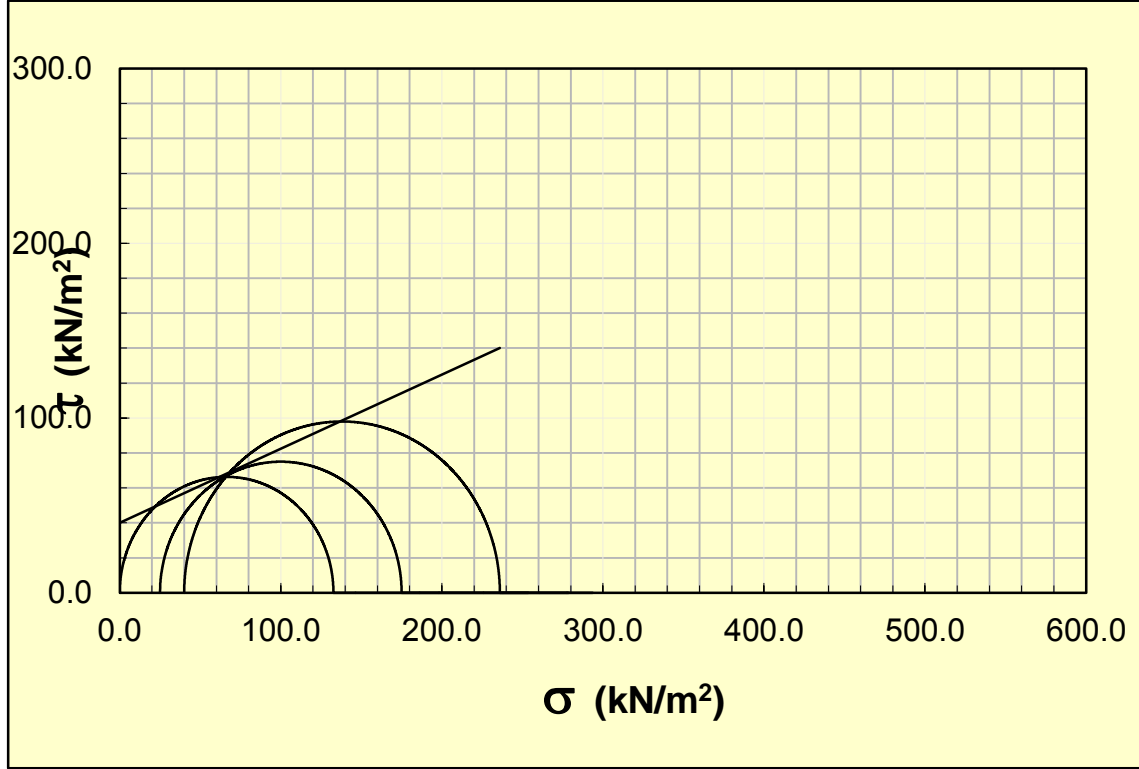
Şekil 4.10. Bir donatılı ile sıkıştırılmış Z1 grubu örneklerin UU deney sonuçları.

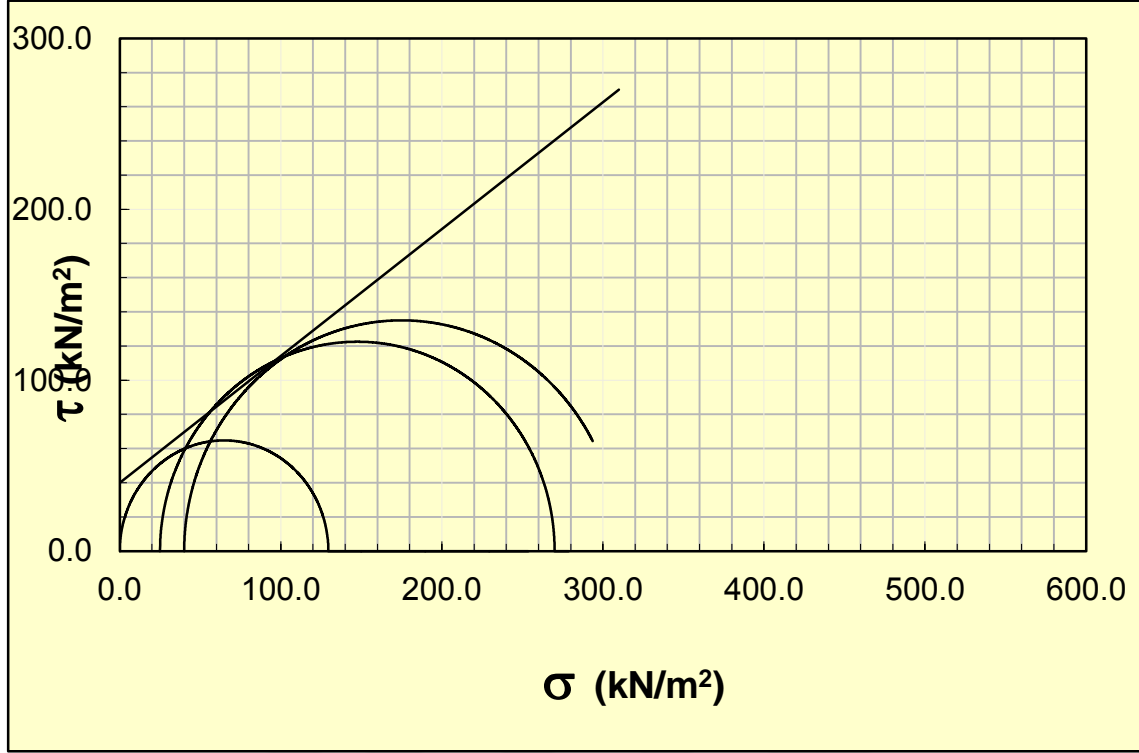


Şekil 4.11. İki donatı ile sıkıştırılmış Z1 grubu örneklerin UU deney sonuçları.

#### 4.5.2. Z2 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları

Z2 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin üç eksenli basınç dayanımı deneyinde elde edilen Mohr daireleri Şekil 4.12-4.14'te verilmiştir.

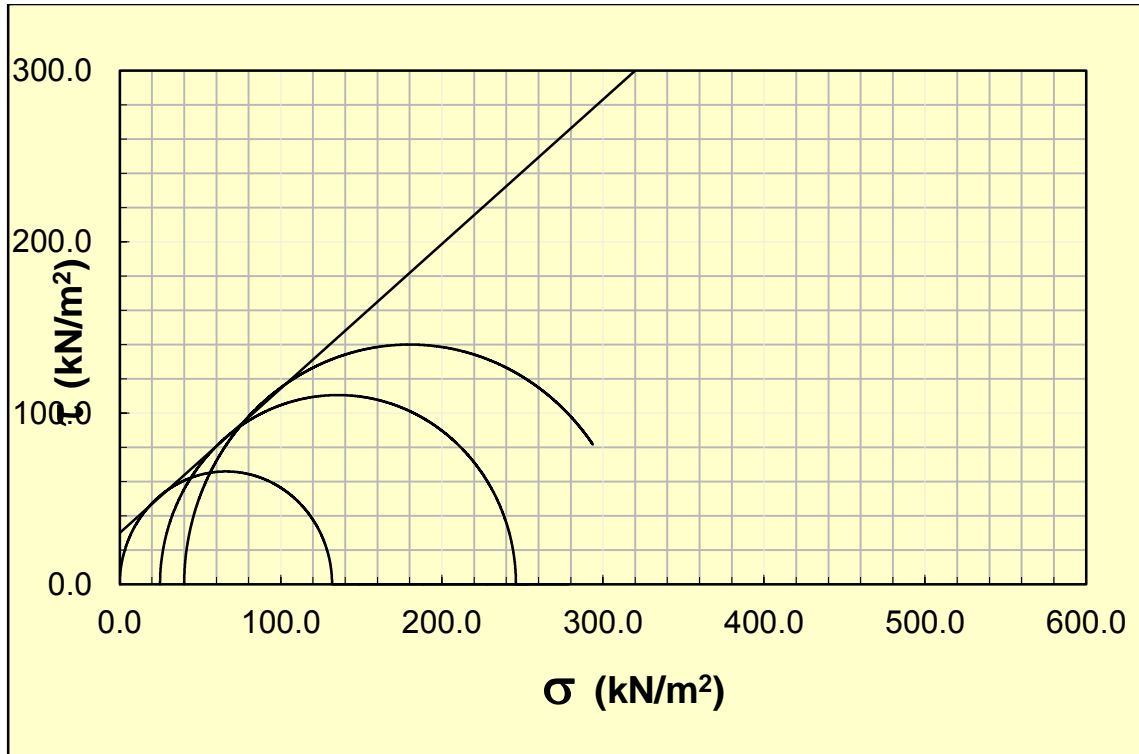




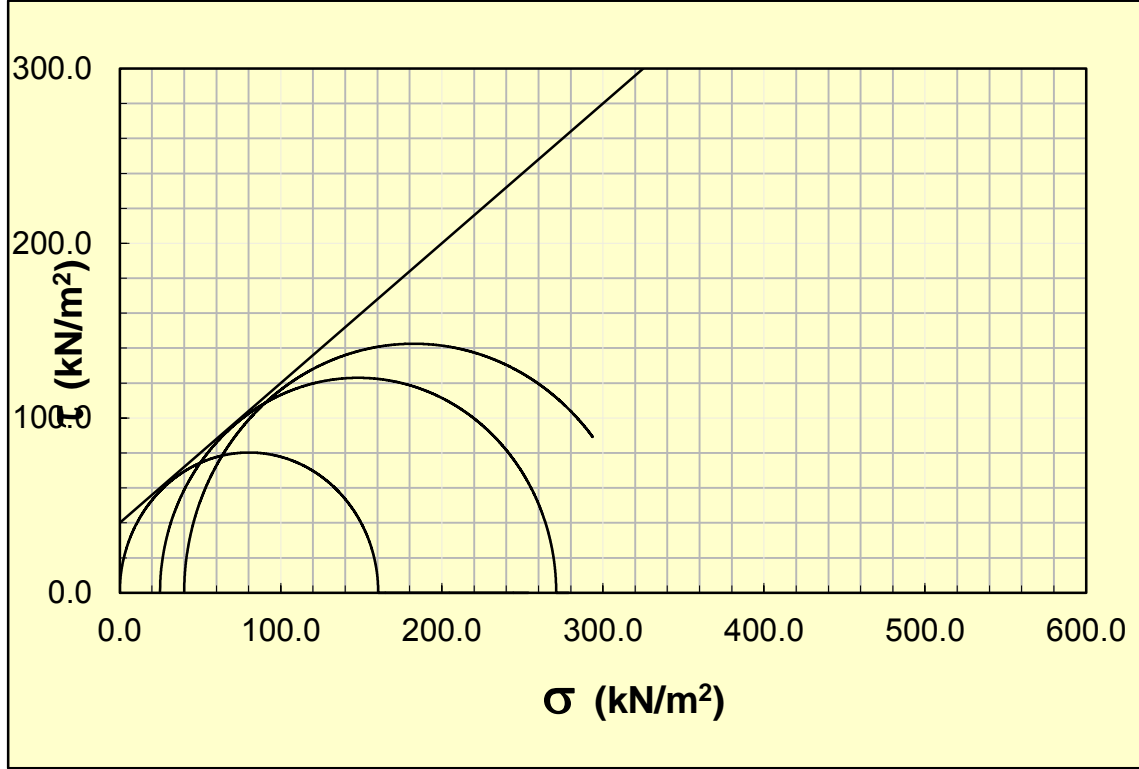
Şekil 4.14. İki donatı ile sıkıştırılmış Z2 grubu örneklerin UU deney sonuçları.

#### 4.5.3. Z3 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları

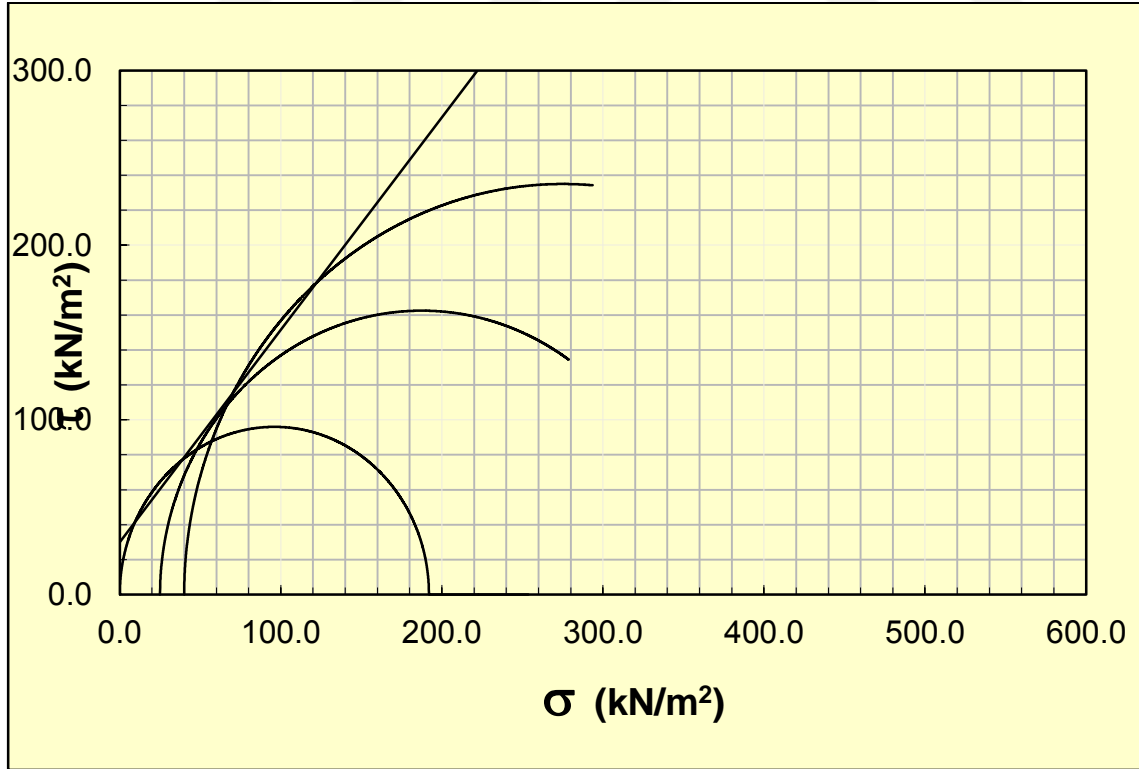
Z3 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin üç eksenli basınç dayanımı deneyinde elde edilen Mohr daireleri Şekil 4.15-4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.15. Donatısız olarak sıkıştırılmış Z3 grubu örneklerin UU deney sonuçları.



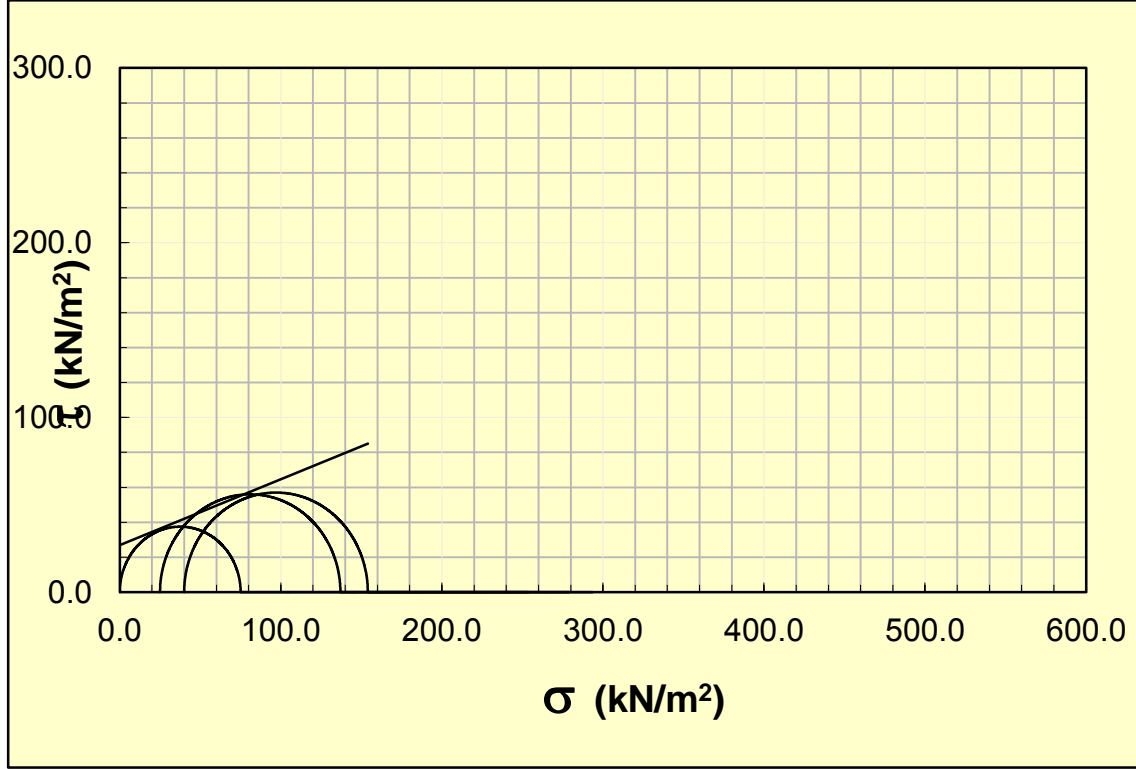
Şekil 4.16. Bir donatılı ile sıkıştırılmış Z3 grubu örneklerin UU deney sonuçları.



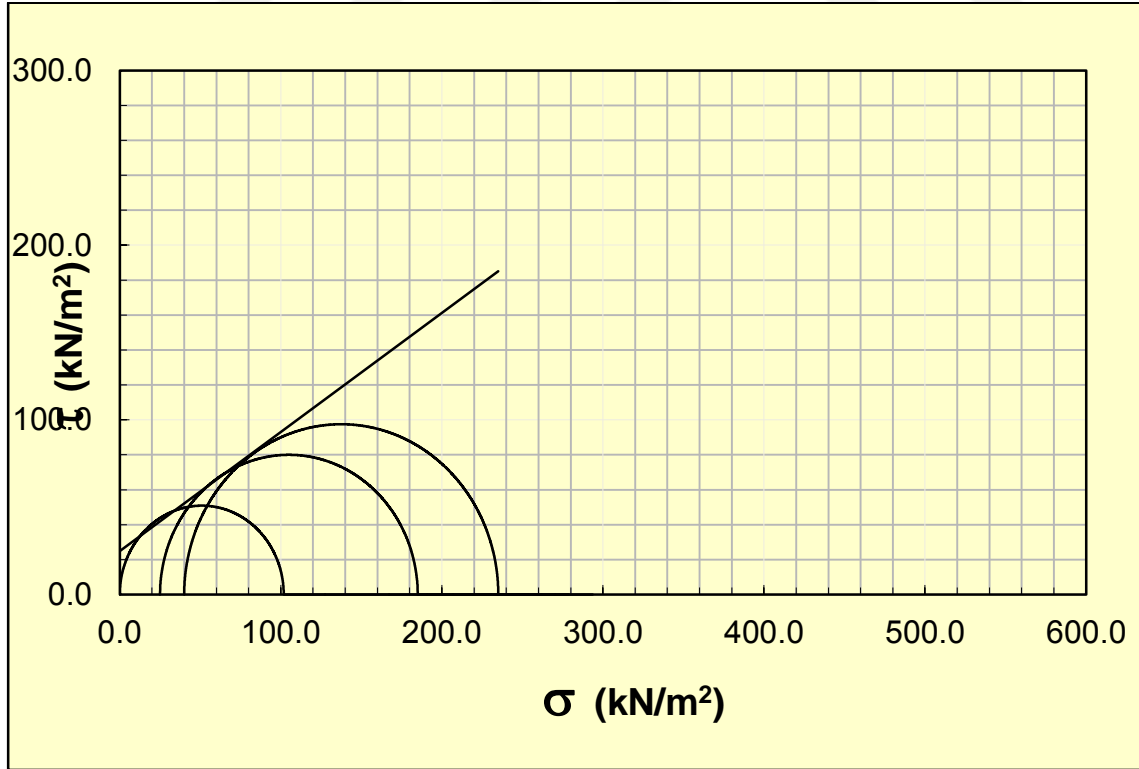
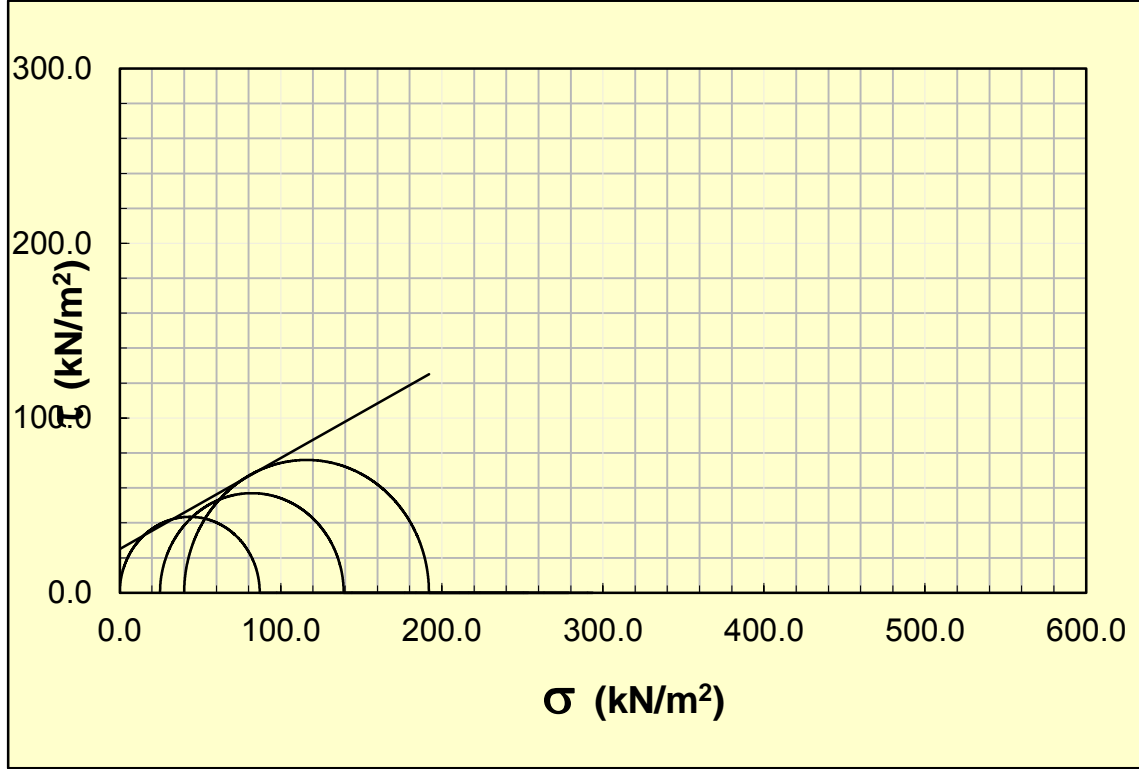
Şekil 4.17. İki donatılı ile sıkıştırılmış Z3 grubu örneklerin UU deney sonuçları.

#### 4.5.4. Z4 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları

Z4 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin üç eksenli basınç dayanımı deneyinde elde edilen Mohr daireleri Şekil 4.18-4.20’de verilmiştir.

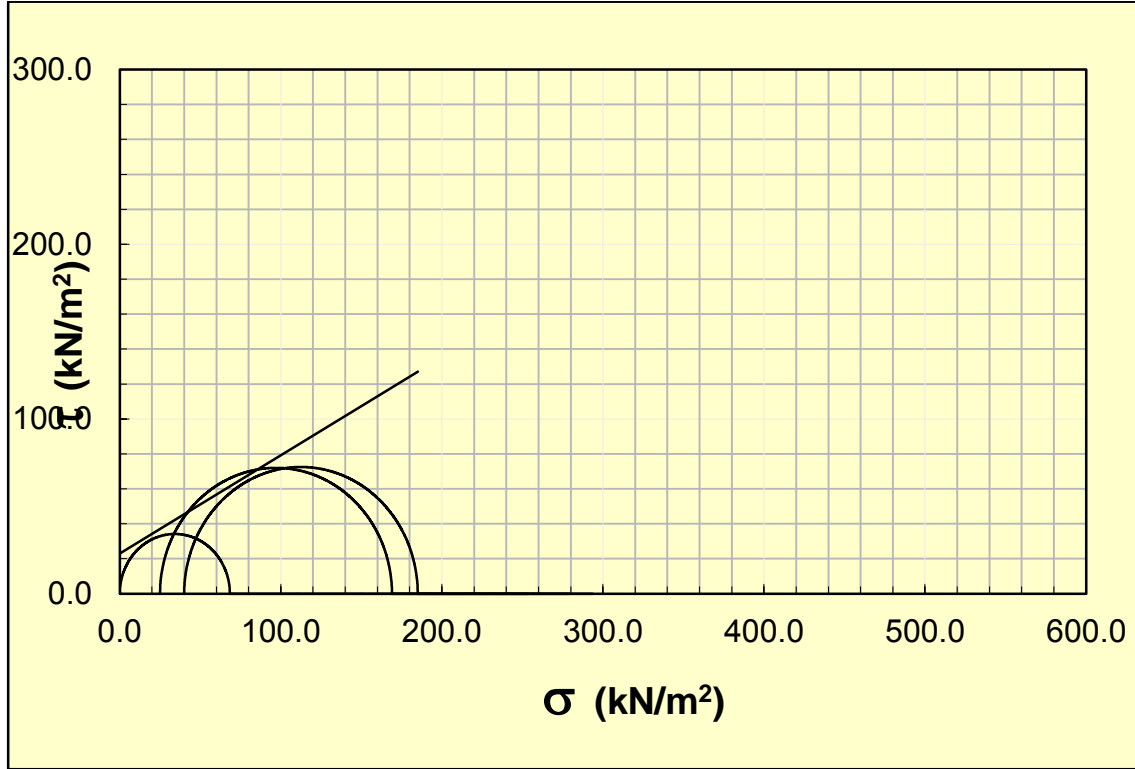


Şekil 4.18. Donatısız olarak sıkıştırılmış Z4 grubu örneklerin UU deney sonuçları.

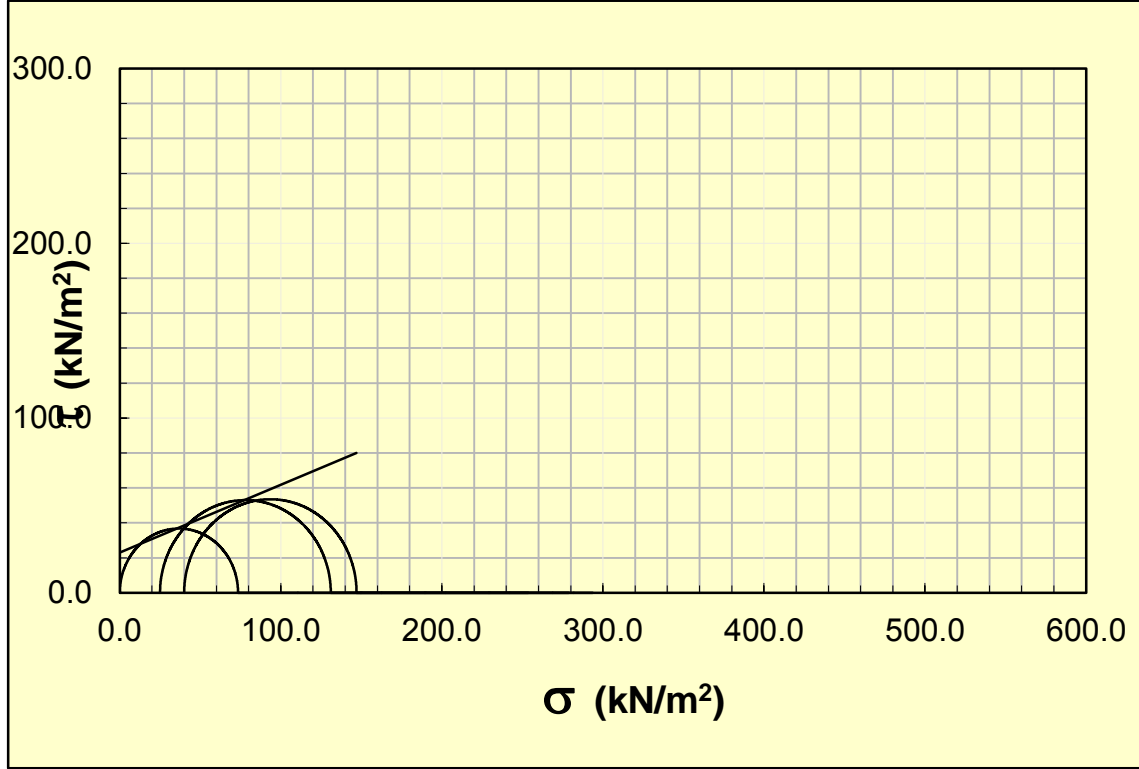


#### 4.5.5. Z5 Grubu Örneklerin Üç Eksenli Deney Sonuçları

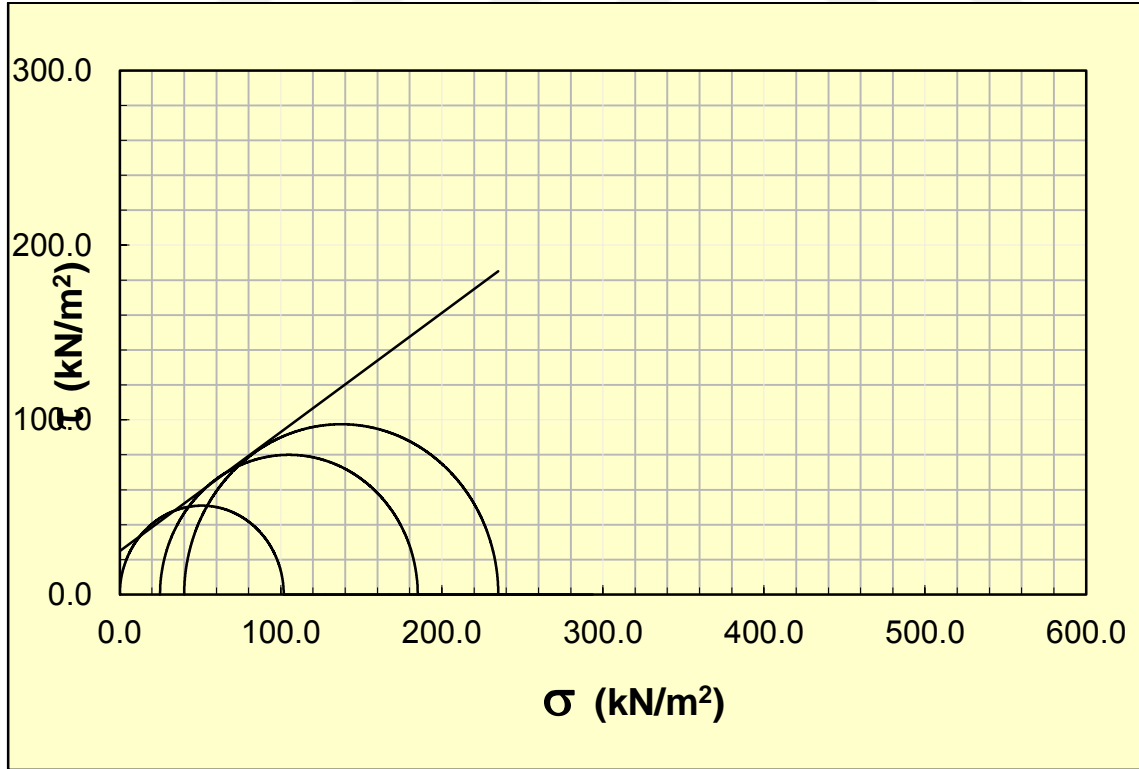
Z5 grubunda donatısız (0D), bir kenevir donatılı (1D) ve iki kenevir donatılı (2D) sıkıştırılmış örneklerin üç eksenli basınç dayanımı deneyinde elde edilen Mohr daireleri Şekil 4.21-4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.21. Donatısız olarak sıkıştırılmış Z5 grubu örneklerin UU deney sonuçları.



Şekil 4.22. Bir donatılı ile sıkıştırılmış Z5 grubu örneklerin UU deney sonuçları.



Şekil 4.23. İki donatılı ile sıkıştırılmış Z5 grubu örneklerin UU deney sonuçları.

Zemin gruplarında donatılı ve donatısız olarak hazırlanmış, sıkıştırılmış örneklerin UU deneyinden elde edilen  $c$  ve  $\phi$  değerleri ile, kenevir donatı ile sıkıştırılmış örneklerin sonuçlarının donatısız örneklerin sonuçlarına göre değişimleri Tablo 4.9'da özetlenmiştir.

**Tablo 4.9.** UU deney sonuçlarının özeti.

Zemin	Donatı	$c$ (kPa)	$c$ değişim (%)	$\phi$ (°)	$\phi$ 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

#### 4.6. Kaliforniya Taşıma Oranı (CBR) Deneyi Sonuçları

Çalışmada kullanılan zeminler, genel olarak ince tane oranı yüksek ve düşük dayanımlı zemin özelliğinde olduğundan CBR deneyinde batmaya karşılık yük okumaları çok sağlıklı olarak alınamamıştır. İri taneli zemin sınıfındaki Z1 ve Z2'de deneyler güçlükle tamamlanabilmiştir. Bu sonuçlara göre zeminlerin CBR değerinin çok düşük, yaklaşık %5 civarında olduğu görülmektedir. Laboratuvarında kullanılan cihazın yük kapasitenin bu tip zeminler için yüksek, hassasiyetinin de düşük olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle CBR deneyleri diğer zeminler için uygulanamamıştır. Deneyin gerçekleştirilebildiği Z1 ve Z2 örneklerinde ise sıkıştırma esnasında kenevir donatı kullanılmasının anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir (Tablo 4.10).

**Tablo 4.10.** Z1 ve Z2 grubu örneklerin CBR deney sonuçları.

Zemin	Donatı	2.5 mm batma için basınç (kg/cm <sup>2</sup> )	2 mm için CBR (%)	5 mm batma için basınç (kg/cm <sup>2</sup> )	5 mm için CBR (%)
Z1	0D	3.5	5	5.2	5
	1D	4.4	6.3	6.2	5.6
	2D	4.1	6.6	6	6.2
Z2	0D	4.1	6.6	6	6.2
	1D	3.5	5.3	4.2	4.2
	2D	Okunamadı		Okunamadı	

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Sınıflandırma deneyleri sonucunda 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) sınıfında çıkmıştır.

Zeminlerin en iyi sıkışma koşulların 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.

Tüm zeminlerdeki deney sonuçları incelendiğinde, bir kenevir dolgu 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. En az artış Z5 en çok artış ise Z1 grubundadır.

UU deneyi için donatılı ve donatısız olarak sıkıştırılmış örneklerin kayma dayanımı; Z5 (CH) grubu zeminde örneklerde donatı kullanılmasıyla kayma dayanımı parametreleri arasında anlamlı bir ilişki gözlenmemiştir. Z1 ve Z2 gruplarında; donatı kullanıldığında kohezyon değişmemiş ancak içsel sürtünme açısından bir donatılı durumda sırasıyla %13 ve %27, iki donatılı durumda ise sırasıyla %39 ve %42 artış olmuştur. Z3 grubunda; bir donatılı durumda kohezyonda (%33), iki donatılı durumda ise içsel sürtünme açısından (%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).

CBR deneyi sadece Z1 ve Z2 grubunda yapılmıştır. Zeminler çok düşük CBR dayanımına sahip olup, donatılı ve donatısız örneklerin dayanım değerleri arasında anlamlı bir ilişki belirlenmemiştir. Bu durumun, örneklerin zayıf olmasından, deney aletinin kapasitesinin yüksek hassasiyetinin düşük olabileceğinden ve donatı katman sayısının az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde; serbest basınç ve üç eksenli basınç deneyi sonuçlarına göre sıkıştırılacak dolgu zeminlerde kenevir donatı kullanımının zemin dayanımı üzerinde olumlu yönde bir etkisi olduğu söylenebilir. Zemin türünün sonuçlar üzerindeki etkisi göz ardı edilmemelidir. Örnek hazırlama sırasında kenevir geotekstil katman sayısı artırılarak incelemeler devam ettirilmelidir. Kenevir donatının atmosferik şartlara dayanımı ve bu özelliklerin iyileştirilmesi gibi konular da proje ömrü açısından göz ardı edilmemelidir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; kenevir ipliklerinden üretilen geotekstillerin zeminlerin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi üzerinde olumlu katkıları olduğu ortaya konmuştur. Ancak genel geçer sonuçlara ulaşabilmek için, daha çok zemin örneği ve farklı tipte ve katman sayısında kenevir geotekstil kullanılarak çalışmalar devam ettirilmelidir. Bu nedenle, bu çalışmanın çok daha fazla sayıda zemin üzerinde denenmesi önemli bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca, kenevirden üretilecek geotekstilin petrol ürünlerinden üretilen geotekstiller yerine kullanılabilmesinin çevresel ve ekonomik katkı sağlayacağı unutulmamalıdır.

## 6. KAYNAKLAR

- Acar, M. ve Dönmez, A. (2016). Kenevire Farklı Bir Bakış. 2. Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu bildiriler kitabı, 265-270, 27-30 Eylül. Samsun.
- Acar, M. (2022). Kenevire Farklı Bir Bakış. [https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/End%C3%BCstriyel%20Kenevir%20Ger%C3%A7e%C4%9Fi%20Paneli%20Sunular%C4%B1/ekg\\_2.pdf](https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/End%C3%BCstriyel%20Kenevir%20Ger%C3%A7e%C4%9Fi%20Paneli%20Sunular%C4%B1/ekg_2.pdf) (Ağustos 2022).
- Aksoy, İ. M. (1993). Modern yol inşaatında geotekstil ve geogrid uygulaması konularında araştırma. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ.
- Akyüz, İ. (2009). Donatılı ve Donatısız Zemin Güçlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ,58-73.
- Binquet, J. and Lee, K.L. (1975a). Bearing capacity tests on reinforced earth slabs. Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE, 101:1241-1255.
- Çiçek, E., Güler, E. ve Yetimoğlu, T. (2012). Geotekstil ve Geogrid donatılı kum zemin üzerindeki bir yüzeysel şerit temel modeli, 5. Ulusal Geosentetikler Konferansı, İstanbul.
- Das, B.M. and Omar, M.T. (1994). The effects of foundation width on model tests for the bearing capacity of sand with geogrid reinforcement, Geotechnical and Geological Engineering, 12(2):133-141.
- Das, S.C., Paul, D., Fahad, M.M., Islam, T. and Nizam, E.H. (2017). Geotextiles A Potential Technical Textile Product, Journal of Scientific and Engineering Research, 4(10):337-350.
- Demiröz, A. ve Karaduman M. (2009). Zemin iyileştirme metodları. Selçuk-Teknik Dergisi, 8 (3), 176-192.
- Haeri, S.M., Nourzad, R. and Oskrouch, A.M. (2000). Effect of geotextile reinforcement on the mechanical behavior of sands, Geotextiles and Geomembranes, 18, 6, 385-402.
- Karataş, Ş. (2019). Endüstriyel Kenevir Forumu I-II. Aydın Üniversitesi.
- Kostic, M., Pejic, B. ve Skundric, P. (2008). Quality Of Chemically Modified Hemp Fibers - Bioresource Technology 99: 94-99.
- Sağlamer, A. (1985). Zemin Islah Metotları, Dolgu Barajlar Yönünden Zemin Mekaniği Semineri, Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Adana, 1985.
- Şahan, M. (2016). Yapım İşlerinde Zemin İyileştirme Yöntemleri, Uzmanlık Tezi, İller Bankası Anonim Şirketi, Ankara.
- Tan, S.A. Chew, S.H. and Wong, W.K. (1998). "Sand-geotextile interface shear strength by torsional ring shear tests", Geotextiles and Geomembranes, Vol.16, No.3, 161-174.

Toğrol, E., Güler, E. ve Merdin, E. (1985). Zemin Mekaniki Uygulamalarında Geotekstillerin Kullanılması, TMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Türkiye İnşaat Mühendisliği 8.Teknik Kongresi.

Tremiř, E.İ. (2003). Geotekstillere ve Plaxis Sonlu Elemanlar Programı. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, 98s.

TS, 2006a. TS 1900-1: 2006. İnşaat mühendisliđinde zemin laboratuvar deneyleri - Bölüm 1: Fiziksel zelliklerin tayini.

TS 2006b. TS 1900-2: 2006. İnşaat mühendisliđinde zemin laboratuvar deneyleri - Bölüm 2: Mekanik zelliklerin tayini.



