



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ARKASINDA GEOTEKSTİL İLE  
GÜÇLENDİRİLMİŞ DONATILI KUM ZEMİN BULUNAN  
İSTİNAT DUVARI DAVRANIŞININ ANALİZİ**

**RAMAZAN ALTUN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2011**

**T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ARKASINDA GEOTEKSTİL İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ  
DONATILI KUM ZEMİN BULUNAN İSTİNAT DUVARI  
DAVRANIŞININ ANALİZİ**

**RAMAZAN ALTUN**

**Bu tez,  
İnşaat mühendisliği Anabilim Dalında  
YÜKSEK LİSANS  
Derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2011**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Ramazan Altun tarafından hazırlanan “Arkasında geotekstil ile güçlendirilmiş donatılı kum zemin bulunan istinat duvarı davranışının analizi” adlı bu tez, jürimiz tarafından 08/07/2011 tarihinde oy birliği ile İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Ünvan, Ad ve Soyad (DANIŞMAN)

Anabilim Dalı, Üniversite Adı

DOÇ. DR. CAFER KAYADELEN

İNŞ. MÜH. ANA BİLİM DALI

SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

Ünvan, Ad ve Soyad (ÜYE)

Anabilim Dalı, Üniversite Adı

DOÇ.DR. OSMAN SİVRİKAYA

İNŞ. MÜH. ANA BİLİM DALI

NİĞDE ÜNİVERSİTESİ

Ünvan, Ad ve Soyad (ÜYE)

Anabilim Dalı, Üniversite Adı

YRD. DOÇ. DR. REMZİ GEMCİ

TEKS. MÜH. ANA BİLİM DALI

SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

PROF. DR. M.HAKKI ALMA

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.

RAMAZAN ALTUN

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaktan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak gösterilmeden kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

**ARKASINDA GEOTEKSTİL İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ DONATILI KUM ZEMİN  
BULUNAN İSTİNAT DUVARI DAVRANIŞININ ANALİZİ  
(YÜKSEK LİSANS TEZİ)**

**RAMAZAN ALTUN**

**ÖZ**

Bu çalışmada laboratuvarında model deney düzeneği ile istinat duvarı arkasındaki geotekstil donatılı zeminin istinat duvarı davranışı üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Geotekstil en uygun yerleşim düzeninin tespitine yönelik deneysel program uygulanmıştır. İstinat duvarı üzerine sıfır mesafe ile etki eden şerit temel kullanılmıştır. Bu sayede kullanılan geotekstilin etkisinin daha belirgin hale gelmesi amaçlanmıştır. İstinat duvarının hareketinin serbest olması için istinat duvarı ile kum zemin arasına körüklü bir sistem kullanılmıştır. Bu sayede sürtünme etkisi ortadan kaldırılmış serbest hareketinin sağlanması amaçlanmıştır. Temel üzerine yüklemeler yapıp şerit temeldeki oturmalar ölçülmüştür. İstinat duvarının bu yükleme ve temeldeki çökmeye karşı önlenmesi ölçülmüş ve bu ölçümler geotekstilin ebatları ve zemine serilme derinliği kaç tabaka serilmesi gerektiği ve tabakalar arası mesafe deneylerin sonuçlarının kıyaslamaları yapılmış ve istinat duvarı için geotekstilin ilk serilme derinliği optimum tabaka sayısı tabakalar arası mesafe ve serilecek olan geotekstilin ebatları tespit edilmiştir. Geotekstil haricinde geogrid ve çuvallar için de deneyler yapılmış ve kullanılan geosentetikler içerisinde hangisinin değerlerinin daha iyi olduğu kıyaslamalarında yapılmıştır. Kullanılan geosentetikler içerisinde özellikle geotekstile ağırlık verilmiştir. Deneylerde kum zemin kullanılmıştır

**Anahtar Kelimeler:** Geotekstil , Donatılı zemin , istinat duvarı , temel , yükleme , taşıma gücü , önlenme , oturma

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
İnşaat mühendisliği Anabilim Dalı, 06 / 2011

Danışman: DOÇ. DR. CAFER KAYADELEN

Sayfa sayısı: 86

**SAND REINFORCED WITH GEOTEXTILE REINFORCED SOIL RETAINING  
WALL FOUND THE BACK OF BEHAVIOR ANALYSIS  
(MASTER'S THESIS)**

**RAMAZAN ALTUN**

**ABSTRACT**

This study will be created with model experiment in the laboratory, geotextile-reinforced retaining wall behind the retaining wall of mechanism behavior influence on. Geotextile has been applied to the most appropriate placement scheme for designating the experimental program. Retaining wall based on zero distance to the Strip that was used with the domain. This feature is intended to become more pronounced the effect used in geotextile. Retaining wall to be free of the ground was used for a system between the articulated with sand retaining wall. This feature has been removed to eliminate the effect of friction free movement is intended to be. On the Foundation and strip the underlying crashes. downloads The retaining wall of the installation and the underlying dimensions of the measured and measurements geotextile disaster involves displacing and how many layers of the ground layer laying depth and distance between the results of the experiments, and made the first of the retaining wall for geotextile benchmarks are based on laying which is the optimum distance between the number of layers of depth layer and laying geotextile dimensions have been identified. Geotextile has been used for experiments, and, except for the georgics with and geosynthetic in sacks, which is one of the values is better than the benchmarks use have been made. In particular geotextile used geosynthetic. Experiments have been used in the sand ground

**Key Words:** Geotextile, Accessory Floor, Retaining Wall, Foundation, Installation, Transport, Power, Shift, Crash

Kahramanmaraş Sutçu Imam University  
Institute for Graduate Studies in Science and Technology  
Department of Civil Engineering 06 / 2011

Supervisor: ASSOC. PROFESSOR DR. CAFER KAYADELEN

Page number: 86

# ARKASINDA GEOTEKSTİL İLE GÜÇLENDİRİLMİŞ DONATILI KUM ZEMİN BULUNAN İSTİNAT DUVARI DAVRANIŞININ ANALİZİ

## ÖZET

Zeminlerin güçlendirilmesinde geosentetik malzemeler yaygın olarak kullanılmaktadır. Önemli bir ekonomik kazanç sağlamaktadır. Düşük maliyetinin oluşu güvenilir ve basit uygulamaya sahip olması tercih edilmelerindeki önemli bir etkidir. Çok çeşitli olarak üretilen geosentetik malzemeler zeminlerin güçlendirilmesi, geçirimsizliğin sağlanması, filtre – drenaj farklı zemin tabakalarını birbirinden ayırma için kullanılmaktadır. Bu malzemelerden geotekstil ve geogrid en çok kullanılanı olarak öne çıkmaktadır. Yapı temellerinin güçlendirilmesi istinat duvarının stabilitesinin artırılması gibi uygulamalarında kullanılmaktadır. Kullanılan geotekstilin yapılan çalışmalarda temellerin taşıma gücünde çok ciddi artışların elde edildiği deneysel olarak gösterilmiştir. Diğer yandan istinat duvarlarının arkasına etki eden yanal gerilmelerin azaltılması amacı ile geotekstil kullanılmaktadır. Geotekstil ile donatılan zeminde istinat duvarına gelen yanal kuvvetler azalmakta ve böylece istinat duvarları daha stabil hale gelmektedir. Ancak geotekstil ile donatılan zeminde istinat duvarı ile ilgili tasarım parametreleri veya geotekstil uygulaması ile ilgili parametreler henüz tam anlamı ile ortaya konmuş değildir.

Bu çalışmada laboratuvarında deney düzeneği ile istinat duvarı arkasındaki geotekstil donatılı zeminin istinat duvarı davranışındaki etkisi araştırılmıştır. Deney düzeneği için kum kasası oluşturulmuş ve zemin için kum hazırlanmıştır. İstinat duvarı üzerine kullanılacak olan temel için şerit temel hazırlanmıştır. Şerit temel istinat duvarına sıfır mesafede yerleştirilerek serilecek olan geotekstilin etkisi daha belirgin hale getirilmesi düşünülmüştür. Kum kasası içerisinde istinat duvarının serbest hareketinin sağlanması amacı ile istinat duvarı kum kasasına körük yapılarak sürtünmesinin sıfıra indirilmesi serbest hareket etmesi deneyin daha hassas hale gelmesi sağlanmıştır. Temelin üzerine yükleme yapılarak yükleme değerleri temel üzerindeki çökme değerleri ve istinat duvarının hareketi ölçülerek bu ölçülen değerler için grafikler hazırlanarak geotekstilin zemin içerisine ilk serilme mesafesi kaç tabaka kullanılacağı tabakalar arası mesafe ve geotekstilin boyutları için en uygun olanı tespit edilmiştir.

# **SAND REINFORCED WITH GEOTEXTILE REINFORCED SOIL RETAINING WALL FOUND THE BACK OF BEHAVIOR ANALYSIS**

## **SUMMARY**

Floors of strengthening geosynthetic materials widely. Provide a significant economic gain Low cost, reliable, clean and simple is an important factor to be pre-programmed with the application strengthening the synthetic materials produced as a wide variety of soils, the filter, the provision of geo impervious strata used for distinguishing different ground drain This is the most favorite materials geotextiles and geogrids with excels Strengthening retaining wall of the building foundations are used in applications such as improving the stability of Move the power used in geotextiles studies foundations very serious hikes that produces a wide range of experimental shows On the other hand, with the aim of retaining walls to the back of the reduction of lateral stresses that are used in geotextiles Retaining wall from the lateral forces on the ground with the Geotextile accessory and thus retaining walls are becoming more stable running But the ground related to the design of retaining wall with geotextile, accessory or application-related parameters in the parameters with the meaning has not yet been fully geotextiles that are not

This study is to be created in a laboratory experiment on the mechanism of the geotextile-reinforced retaining wall with retaining wall behind the was surveyed in the behavior of the effect Experiment on the mechanism and the ground is prepared for the sand to sand deposit box created The basic Ribbon is designed to be used on the retaining wall Foundation The Ribbon is placed away from the base while retaining wall of the zero effect, intended to bring more pronounced drop on geo textile industry With the aim of ensuring the free movement with in the retaining wall of sand deposit box the retaining wall of sand, try the free download of the chassis of the bellows and friction to zero is provided to become more sensitive to Based on the values of the baseline installation by installing on slump and retaining wall of the movement, measured values, this is the first into the ground, preparing graphics for the measured values are geotextile, how many layers to use the distance between the distance of the sprawl and geotextile to the dimensions of the layers have been identified, the most appropriate one.



## **TEŞEKKÜR**

**Yaklaşık iki yıldır bana emek veren değerli hocam Doç. Dr. Cafer Kayadelen 'e  
öğrettiği her Őey için sonsuz teőekkürlerimi sunarım**

**Katkılarından dolayı çalışma arkadaşlarım Dilek UĞUR ve Gökhan AÇIKSARI' ya  
teşekkür ederim.**

# İÇİNDEKİLER

## Sayfa No

ÖZ.....	I
ABSTRACT .....	II
ÖZET .....	III
SUMMARY.....	VI
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER.....	VI
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	XI
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	XIV
1. GİRİŞ.....	1
1.1. GEOTEKSTİL HAMMADDELERİ.....	6
1.2. GEOTEKSTİL ÜRETİMİ .....	9
1.3. GENİŞLİK VE UZUNLUK .....	13
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	16
3. İSTİNAT DUVARI VE GEOTEKSTİL.....	19
3.1. İSTİNAT DUVARI.....	19
3.1.1. İSTİNAT DUVARI TANIMI.....	19
3.1.2. İSTİNAT DUVARLARININ KULLANILDIĞI YERLER.....	21
3.1.3. İSTİNAT DUVARI TİPLERİ.....	22
3.2. GEOSENTETİKLER.....	26
3.2.1. GENEL BİLGİ.....	26
3.2.2. GEOSENTETİK SINIFLARI.....	27
3.3. GEOTEKSTİLLER.....	29

4. MATERYAL VE METOT.....	37
4.1. DENEY DÜZENİ.....	37
4.2. DENEYİN YAPILIŞI.....	47
5. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	54
5.1. DONATI TABAKA SAYISININ (N) ETKİSİ.....	56
5.2. İLK DONATI TABAKASI DERİNLİĞİNİN ETKİSİ (U).....	60
5.3. İKİ DONATI TABAKASI ARASI DERİNLİĞİNİN ETKİSİ(h).....	63
5.4. DONATI GENİŞLİĞİNİN ETKİSİ(T).....	66
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	81
6.1. DONATISIZ DENEY SONUÇLARI.....	81
6.2. DONATILI DENEY SONUÇLARI.....	81
6.3. ÖNERİLER.....	82
KAYNAKLAR.....	84
EKLER.....	84
ÖZGEÇMİŞ.....	86

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<b>A</b> :	Alan
<b>ASTM</b> :	Amerikan Society for Testing Materials
<b>B</b> :	Temel Genişliği-Dayanma duvarının genişliği
<b>C</b> :	Kohezyonu
<b>Cc</b> :	Derecelenme katsayısı
<b>Cu</b> :	Üniformluk katsayısı
<b>D10</b> :	Efektif çapı
<b>D30</b> :	Gronülometri eğrisinde %30'a karşılık gelen dane çapı
<b>D60</b> :	Gronülometri eğrisinde %60'a karşılık gelen dane çapı
<b>Df</b> :	Temel Derinliği
<b>Dr</b> :	Röletif sıklık derecesi
<b>DSİ</b> :	Devlet Su İşleri
<b>EN</b> :	Avrupa Standartları
<b>EPS</b> :	Genleştirilmiş polistiren
<b>Fs</b> :	Sürtünme kuvveti
<b>GS</b> :	Güvenlik sayısı
<b>Gs</b> :	Özgöl ağırlık
<b>h</b> :	Geosentetik tabakalar arası mesafe
<b>HDPE</b> :	Yüksek yoğunluklu polietilen
<b>ISO</b> :	Uluslararası Standart Organizasyonu
<b>Ko</b> :	Sukunetteki toprak basıncı katsayısı
<b>Kp</b> :	Pasif zemin basınç katsayısı
<b>k1, k2</b> :	Temel Şekil katsayıları
<b>KSÜ</b> :	Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
<b>L</b> :	Geosentetik tabaka uzunluğu
<b>L/B</b> :	Donatı tabaka uzunluğu oranı
<b>N</b> :	Geosentetik Tabaka Sayısı
<b>Nc</b> :	Taşıma gücü katsayısı
<b>Nq</b> :	Taşıma gücü katsayısı
<b>Ny</b> :	Taşıma gücü katsayısı
<b>Ø</b> :	Kesme mukavemeti açısı
<b>O95</b> :	Filtrasyon çapı olarak ifade edilen

P :	.....	Taban Basıncı
PA :	.....	Poliamid (Naylon)
PE :	.....	Polietilen
Pp :	.....	Pasif Toprak Basıncı
PB :	.....	Polibütilen
PP :	.....	Polipropilen (PP)
Ppn :	.....	Pasif toprak basıncının normal bileşeni
PVC :	.....	Polivinilklorit
R :	.....	Bileşke kuvvet
q :	.....	Taban Basıncı
Q :	.....	Temelden zemine aktarılan düşey yük
qemin :	.....	Zemin emin taşıma gücü qemin
qs :	.....	Sınır taşıma gücü
qsınır :	.....	Sınır taşıma gücü
qtab :	.....	Birim alana gelen taban basıncı
qu :	.....	Serbest basınç mukavemetidir.
$\delta$ :	.....	Ötelenme
SP :	.....	İyi derecelenmiş (Üniform) kum
U :	.....	İlk Geosentetik (Donatı) Derinliği
U/B :	.....	İlk donatı derinliği oranı
W :	.....	Ağırlık
XPS :	.....	Sıkıştırılmış polistiren
$\gamma$ :	.....	Birim Hacim Ağırlık
$\gamma_k$ :	.....	Kuru birim ağırlığı
$\sigma_0$ :	.....	Normal gerilme
$\tau_0$ :	.....	Kayma gerilmesi
$\sigma_0$ :	.....	sükunetteki yatay toprak basıncı
$\sigma_d$ :	.....	düşey gerilme
K0 :	.....	sükunetteki toprak basıncı katsayısı
$\phi'$ :	.....	efektif kayma direnci açısı
OCR :	.....	aşırı konsolidasyon oranı
v :	.....	zeminin poisson oranı
Ka :	.....	aktif zemin basınç katsayısı
$\sigma_a$ :	.....	aktif yanal zemin basıncı

$\sigma_d$  : .....düşey gerilme  
 $\phi$  : .....kayma direnci açısı  
 $\sigma_p$  : .....pasif yanal zemin basıncı  
 $K_p$  : .....pasif zemin basınç katsayısı  
 $R$  : .....bileşke kuvvet  
 $P_a$  : .....aktif bileşke kuvveti  
 $\alpha$  : .....dayanma duvarının dolgu tarafındaki yüzeyinin yatayla yaptığı açı  
 $\delta$  : ..... duvarla dolgu arasındaki sürtünme açısı  
 $\beta$  : .....arka dolgunun yatayla yaptığı açı  
 $F_s$  : .....sürtünme kuvvetidir  
 $\mu$  : .....taban sürtünme katsayısı  
qsınır : .....sınır taşıma gücü (kN/m<sup>2</sup>)  
c : ..... temel zemininin kohezyonu (kN/m<sup>2</sup>)  
 $P_0'$  : .....temel taban düzeyindeki efektif gerilme (kN/m<sup>2</sup>)  
 $\gamma$  : .....temel zemininin birim hacim ağırlığı (kN/m<sup>3</sup>)

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	SAYFA
Şekil 1.1. Parseller Arası Kot Farkı .....	2
Şekil 1.2. Yıkılan İstinat Duvarı.....	4
Şekil 1.3. Monoflament Dokuma Geotekstiller.....	11
Şekil 1.4. Dokuma Multiflament.....	11
Şekil 1.5. Dokuma Geotekstil.....	11
Şekil 1.6. İgneleme İle Yatırma Dokusuz Geotekstil.....	12
Şekil 1.7. Isı İle Bağlanmış Nonwoven Geotekstil.....	13
Şekil 3.1. İstinat Duvarı ihtiyacı.....	20
Şekil 3.2. İstinat Duvarında Kayma (Uzuner,2005).....	25
Şekil 3.3. İstinat Duvarı (Uzuner,2005).....	25
Şekil 3.4. Geotekstil.....	27
Şekil 3.5. Geogrid.....	27
Şekil 3.6. Geomembran.....	28
Şekil 3.7. Örgülü Geotekstiller .....	28
Şekil 3.8. Geotekstil Kullanım Alanları .....	32
Şekil 3.9. Geotekstil Donatılı İstinat Duvarı .....	34
Şekil 3.10. Geotekstil Donatılı İstinat Duvarı .....	35
Şekil 4.1. Deneylerde Kullanılan İstinat .....	37
Şekil 4.2. Deneylerde Kullanılan İstinat.....	39
Şekil 4.3. Yükleme Halkası.....	40
Şekil 4.4. Beyaz Pet Geotekstilin Sem Görüntüsü.....	42
Şekil 4.5. Kahverengi Pet Geotekstilin Sem Görüntüsü.....	43

Şekil 4.6. Yeşil PE Çuvalın Sem Görüntüsü.....	43
Şekil 4.7. Beyaz PP Çuvalın Sem Görüntüsü.....	43
Şekil 4.8. Yükleme Halkasının Yerleştirilmesi.....	44
Şekil 4.9. Geotekstillerin Yerleştirilmesi.....	46
Şekil 4.10. Düzeneğin Yerleştirilmesi.....	48
Şekil 4.10. Deney Düzeneği.....	53
Şekil 5.1. $U/B = 0.3$ $T/H = 0.8$ $H/H=0.1$ İstinat – Yük Deformasyonu .....	57
Şekil 5.2. $U/B = 0.3$ $T/H = 0.8$ $H/H=0.1$ Temel – Yük Deformasyonu .....	57
Şekil 5.3. $T/H = 0.8$ $N=1$ İstinat – Yük Deformasyonu .....	61
Şekil 5.4. $T/H = 0.8$ $N= 1$ Temel – Yük Deformasyonu .....	61
Şekil 5.5. $U/B = 0.3$ $T/H = 0.8$ $N=1$ İstinat – Yük Deformasyonu .....	64
Şekil 5.6. $U/B = 0.3$ $T/H = 0.8$ $N=1$ Temel – Yük Deformasyonu .....	64
Şekil 5.7. $U/B = 0.3$ $N=1$ İstinat – Yük Deformasyonu .....	67
Şekil 5.8. $U/B = 0.3$ $N=1$ Temel – Yük Deformasyonu .....	67
Şekil 5.9. $U/B = 0.3$ Donatısız Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	70
Şekil 5.10. $U/B = 0.3$ Donatısız Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	70
Şekil 5.11. $U/B = 0.3$ $N=4$ tabakalı Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	71
Şekil 5.12. $U/B = 0.3$ $N=4$ tabakalı Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	71
Şekil 5.13. $U/B = 0.3$ $N=3$ tabakalı Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	72
Şekil 5.14. $U/B = 0.3$ $N=3$ tabakalı Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	72
Şekil 5.15. $U/B = 0.3$ $N=2$ tabakalı Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	73
Şekil 5.16. $U/B = 0.3$ $N=2$ tabakalı Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	73
Şekil 5.17. $U/B = 0.3$ $N=1$ tabakalı Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	74
Şekil 5.18. $U/B = 0.3$ $N=1$ tabakalı Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	74
Şekil 5.19. $U/B = 0.3$ $h=8cm$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	75



Şekil 5.20. $U/B = 0.3$ $h=8\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	75
Şekil 5.21. $U= 2.8\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	76
Şekil 5.22. $U= 2.8\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	76
Şekil 5.23. $U= 3.5\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	77
Şekil 5.24. $U= 3.5\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	77
Şekil 5.25. $T= 20\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	78
Şekil 5.26. $T= 20\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	78
Şekil 5.27. $T= 24\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	79
Şekil 5.28. $T= 24\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	79
Şekil 5.29. $T= 28\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	80
Şekil 5.30. $T= 28\text{cm}$ Deney Ve Plaxis Sonuçlarının karşılaştırılması.....	80

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	SAYFA
Çizelge 1.1. Polimer Grubu Özelliklerinin Karşılaştırılması .....	6
Çizelge 1.2. Geotekstil Üretiminde Kullanılan Ham Maddelerin Teknik Özellikleri	12
Çizelge 4.1. Elek Analizi Sonuçları (Özaydın 2010) .....	39
Çizelge 4.2. Piknometre Deneyi Sonuçları (Özaydın 2010) .....	39
Çizelge 4.3 Geotekstil Özellikleri (Özaydın 2010) .....	41

**1.GİRİŞ**

İstinat duvarı tasarımı kot farkı olan yapıların projelendirmesinde parseller arası yapılaşmalarda iki parselin birbirine tehlike arz etmeyecek durumda olması amacı ile belediyelerce son zamanlarda istinat duvarı ruhsatı mecburi hale gelmiş ve artık kot farkı olan her yapıda istinat duvarı yapılması yaygın bir hale gelmiştir. Bunun aynı zamanda mecbur tutulması gereklilik arz etmektedir. Parsel sahiplerinin hem yapılarını yapması hem de yapının çevresel emniyeti açısından istinat duvarı yapılması ekonomik açıdan büyük yükümlükler getirmektedir. Bu amaçla istinat duvarı yapımının daha cazip hale gelmesi için çeşitli araştırmalara girilmiş ancak bunlardan zeminin donatıl andırılması ve bu donatı malzemesinin piyasa açısından kolay bulunabilen ve fiyat olarak uygun olması araştırmaları geosentetiklere ve bunlardan da geotekstillere yönlendirmiştir.

Parsellerin yol cephesinden aşağı kotlarda yapılaşmaya gidilmesi veya iki yol arası çok fazla kot farkı olması yapılaşma için esas alınan kırmızı kotun aşağı yol kotundan alınması kotu yüksek yol cephelerinde istinat duvarı yapımına ve yolun güvenliği açısından da daha stabil bir istinat duvarının yapımını gerektirmektedir. Güvenliğin çok iyi algılanması ve parsel sahiplerinin kendi yapısı haricinde olan bu kısmın yapımı için maddi harcamaları en aza indirmek istemesi istinat duvarı için zeminin geotekstille güçlendirilmesi ve olabilecek bir tehlikeyi daha aza indirmek amacı ile kullanılması önem arz etmektedir.

Kahramanmaraş ili için yapılan istinat duvarlarını incelediğimizde yapımından bir veya iki yıl sonra uçtuğu veya belirli bir sehim yaptığı gözlemlenmektedir. Şekil 1.2. de görüldüğü üzere ana yol kenarına yapılan istinat duvarı iki yıl sonra devrilmiş ve aynı zamanda karşıdaki 3 dairede maddi zararlara neden olmuş site sakinlerinin devrilen bu istinat duvarı için 54.000TL harcamaları ve bununda devrilmesi sonucu paranın boşa gitmesi ve maddi zararlara neden olması ana yol kenarında olduğu için tekrar yapılması site sakinlerinden ücret toplanması ve yaklaşık üç yıldan beri yapılmaması yoldan geçen araçların o bölgeden geçerken tehlike arz etmesi istinat duvarı yapımında özellikle bu istinat duvarı yapımında yol zemininin geotekstil ile güçlendirilmesi gerektirmektedir.

Şekil 1.2. de görüldüğü üzere yıkılan istinat duvarının yapımının önemli olduğu ve yıllarca hizmet etmesi gerektiği önem göstermektedir. Yıkılması durumunda vermiş olduğu maddi hasar yapımından daha çok maliyete yol açmaktadır. Ayrıca kullanılacak olan istinat duvarı tipinin seçilmesi de önemlidir. Şekilde 1.2. görüldüğü üzere taş duvarı ile istinat duvarının yapılması ve su tahliye yollarının yapılmaması yapılan kesitin yetersiz olması konutun çekme mesafesinin yakın olması gibi bir çok ihmal istinat duvarının yıkılmasında ve maddi hasarın çok olmasında önemli etken olmuştur.



**Şekil 1.1** Parseller arası kot farkı

Bu çalışmalara başlamadan önce projelendirmesini yaptığımız organize sanayi bölgesinde ana yol kenarındaki istinat duvarı için yaklaşık 500.000 tl lik bir projelendirme yaptık ve yerinde uyguladık. Oysaki istinat duvarı için yapmış olduğumuz hafriyat işlemi sırasında yolun zemininin geotekstil ile güçlendirmesini yapmış olsaydık istinat duvarı daha az maliyetle projelendirmesini yapardık diye düşünüyorum.

İstinat duvarları fazla göz önünde olmamakla birlikte eksikliği devrilmesi veya hasar görmesi durumunda maliyetinden kat kat fazla maddi zarara ve daha da önemlisi can kayıplarına neden olabilmektedir.

Zemin iyileştirilmesinde zemin içerisindeki mevcut boşlukların mekanik araçlarla azaltılması zemin boşluklarının çeşitli birleşimlerdeki karışımlarla doldurulması yer altı su seviyesinin düşürülmesi veya zeminin su içeriğinin azaltılması çeşitli elemanların kullanılması ile mevcut zeminin güçlendirilmesidir.

Yapmış olduğumuz çalışmada geotekstil ile güçlendirilmiş olan zeminde istinat duvarı davranışı analiz edilmiştir. Yapılmış olan istinat duvarı hesaplamalarla devrilme hesabına göre ebadlandırılmıştır. Kayma etkisi sıfıra indirilmiştir. Bu ölçüler devrilme hesabında sınır değerlerde tutulmuş ve imalatı bu ebatlara göre yapılmıştır. Deneyle için zeminin önüne yerleştirilmiştir. Üzerine yapı yapılacağı düşünülerek şerit temel istinat duvarı üzerine sıfır mesafe ile yerleştirilerek çalışmalar yapılmıştır. Kum kasası içerisindeki istinat duvarının devrilme hareketinin serbest olması ve ölçümlerin daha hassas olması amacı ile istinat duvarı ile kum kasası arasına körük sistemi yapılmıştır. Çalışmalarda kurulan bu düzenekteki amaç geotekstilin zemine katkısının daha belirgin olarak anlaşılması ve ilk serilme mesafesindeki farkların, tabakalar arası mesafelerin, tabaka sayılarının ve geotekstilin ebatları arasındaki farkların daha belirgin olması ve en ideal ölçülere ulaşılması düşünülmektedir.



**Şekil 1.2.** Yıkılan istinat duvarı (www.insaatci.com)

Donatılı Duvar uygulamaları ülkemizde her geçen sene artan pazar büyüklüğü ile artık yaygın kullanılan bir uygulama haline gelmiştir. Geotekstil donatılı istinat yapısı uygulamalarının kısa sürede yaygın hale gelmesinin nedenleri kısa sürede basit teknoloji ile imal edilmeleri, oturmalara hassas olmaması, mimari açıdan geniş uygulama alanlarına sahip olması, betonarme kesitlere göre daha küçük kesitlere sahip olması, deprem etkilerine karşı hassas olmaması ve ekonomik açıdan uygun olması olarak sıralanabilir. Geotekstil donatılı olarak imal edilmiş zemin istinat duvarı ve toprak dolguların önceki yıllarda imal edilmiş ve şiddetli deprem etkisinde kalmış örnekleri bu depremlerde ya hasar görmemiş ya da az hasar görmüştür. Bunun nedeni geotekstil donatılı olan bu yapıların esnek olmaları dışında güvenlik tarafta kalmak için yüksek emniyet sayıları ile imal edilmiş olmalarıdır.(Öz aydın, 2010)

Geosentetik donatılı istinat duvarı (GİD) projelendirilirken donatı olarak ne kullanılıyor, Kullanılan donatı için belirlenen güvenlik faktörleri şartnamelere uygun mu? En önemli ve

en çok hata yapılan madde budur. Bu konunun özellikle incelenmesi gereklidir. Donatılı Duvar Projelen dirilirken kullanılan donatı malzemesinin kısa dönem mukavemet değeri bir takım güvenlik faktörlerine bölünerek azaltılır. Projede donatı mukavemeti olarak bu azaltılmış uzun dönem mukavemeti kullanılmalıdır. ([www.ymngrup.com/orgusuz\\_geotekstil](http://www.ymngrup.com/orgusuz_geotekstil))

$$P_{uzun} = \frac{P_{çekme}}{F_c \times F_h \times F_b \times F_d}$$

P çekme: Donatının bugün taşıyabildiği mukavemet.

P uzun: Projelendirme esnasında kullanılacak donatı mukavemeti

Fc: Sünme (creep) güvenlik faktörü

Fh: Uygulama hasar güvenlik faktörü

Fb: Çevresel etkiler için güvenlik faktörü

Fd: Dizayn güvenlik faktörü

Donatı olarak kullanılan malzemeler sürekli yük altında oldukları için uzun dönemde yük taşıma kapasitelerinde azalma olur. Aynı malzemenin bugün taşıyabildiği yük ile on yıl sonra ve elli yıl sonra taşıyabildiği yükler arasında fark vardır. Taşıma kapasitesi gittikçe azalır. Birçok

Geogrid üreticisi yaptıkları uzun araştırmalar sonucu kendi ürünlerinin Fc güvenlik katsayısını tespit etmişlerdir. Fc güvenlik faktörlerinin tespiti içinde bağımsız kuruluşlardan sertifika almış olabilirler. Bu durumda, projenizde kullanılan donatı için bu bağımsız kuruluşlardan alınan sertifikada belirtilen Fc değerinin kullanılmış olduğunu kontrol edin. Eğer kullanılan donatı için Fc değerini gösteren bir sertifika bulunmuyorsa bu durumda FHWA da belirtilen Fc değerlerini kullanmak uygun olacaktır. ([www.ymngrup.com/orgusuz\\_geotekstil](http://www.ymngrup.com/orgusuz_geotekstil))

Bu değerler aşağıda verilmiştir.

Kullanılan donatılın hammaddesi Polyester ise Fc: 2,5 ile 1,6 arasında olmalı

Kullanılan donatının hammaddesi Polipropilen ise Fc: 5 ile 4 arasında olmalı

Kullanılan donatının hammaddesi HDPE ise Fc: 5 ile 2,6 arasında olmalı

Burada dikkatinizi çekmiştir Polipropilen hammaddesini daha belirgin olarak yazdık. Bunun nedeni Polipropilen süneklik özelliği en zayıf malzemedir. Eğer Polipropilen örgülü geotekstil veya geogrid malzemeyi donatı olarak kullanacaksanız Fc katsayısına özellikle bakınız. ([www.ymngrup.com/orgusuz\\_geotekstil](http://www.ymngrup.com/orgusuz_geotekstil))

Geotekstil donatılı zemin istinat duvarlarının yapımında iç stabilite analizleri yapılmalı ve farklı göçme durumları için yapının güvenliği araştırılmalıdır. İç stabilite analizlerinde geotekstilde kopma veya sıyrılma olmaması için gerekli geotekstil donatı boyu, çekme dayanımı ve donatı aralığı hesaplanmaktadır. (Özaydın, 2010)

Geosentetik takviyeli istinat duvarının deformasyon tahmini üzerinde devam eden araştırma çalışmasında dokuma ve dokusuz geotekstillerin zemine yerleştirilmeden önce çekme-uzama testleri yapılacaktır. Zemine yerleştirilip yüklemeler sonrasında ise tekrar mukavemet ve patlama testleri yapılacaktır. Böylelikle geotekstilin hangi yüklemelere kadar dayanabileceği testi yapılmış olacaktır.

Yapacağımız çalışmada arkasında geotekstil ile güçlendirilmiş zeminde istinat duvarı davranışı analizi için farklı geotekstil ve malzeme kullanılacaktır. Kumlu zemine oturtulmuş istinat duvarını desteklemek için zemin iyileştirme yöntemi kullanılacaktır. Son yıllarda zemini iyileştirmek üzere çeşitli yöntemlerin yanında, geosentetiklerin kullanımına da başlanmış olup, kullanım alanları gittikçe artmaktadır.

### **Geotekstil hammaddeleri**

Fiber üretiminde kullanılan hammaddeler genel tüketim miktarlarına göre şöyle sıralanmaktadır:

- Polipropilen ( yaklaşık %65 )
- Polyester ( yaklaşık %32 )
- Poliamid ( yaklaşık %2 )
- Polietilen ( yaklaşık %1 )



Bu malzemelerin temel özellikleri Tablo 1' de karşılaştırılmıştır. (Benek, 2006)

**Tablo 1.1.** Polimer grubu özelliklerinin karşılaştırılması (Benek, 2006)

<b>Polimer Özellikleri</b>	<b>Grubu</b>	<b>Poliester</b>	<b>Poliamid</b>	<b>Polipropilen</b>	<b>Polietilen</b>
Dayanım		<b>Yüksek</b>	<b>Orta</b>	<b>Düşük</b>	<b>Düşük</b>
Elastisite Modülü		<b>Yüksek</b>	<b>Orta</b>	<b>Düşük</b>	<b>Düşük</b>
Kopma	Uzama	<b>Orta</b>	<b>Orta</b>	<b>Yüksek</b>	<b>Yüksek</b>
Sünme		<b>Orta</b>	<b>Orta</b>	<b>Yüksek</b>	<b>Yüksek</b>
Birim Ağırlık		<b>Yüksek</b>	<b>Orta</b>	<b>Düşük</b>	<b>Düşük</b>
Maliyet		<b>Yüksek</b>	<b>Orta</b>	<b>Düşük</b>	<b>Düşük</b>

### **Polietilenteraftalat (PET)**

Bükülüp eğilmesi kolaydır. Yüksek dayanım modüllerine sahiptir. Sürtmeye karşı dayanıklıdır ve 200°C' ye kadar mekanik özelliklerini korur. Solventlere, deniz suyuna, asitlere karşı dayanım gösterir. Ancak pH'ın 11'den büyük olması durumunda bazik maddelere duyarlılık gösterir. Malzeme özelliklerini iyileştirmek için katkı maddesi kullanılabilir. (Benek, 2006) Poliester lifleri ve poliamid lifleri benzer yapıdadır. Poliamidlardan oluşan farklılık benzen halkalarından dolayıdır. Poliester yapısındaki aromatik halkalar nedeniyle poliamid ve polipropilenden daha rijittir. Çekme ve basınç dayanımı yüksektir. (Hockenberger, 2004)

### **Polipropilen (PP)**

PP çok iyi aşınma dayanımına sahip ve düşük maliyette olması nedeniyle yaygın kullanılan geotekstil materyalleri arasına girmektedir. Polipropilenden üretilen lifler oldukça yüksek dayanımları, alkali ortama çok iyi direnç göstermeleri ve düşük fiyatlarıyla önemli bir takviye malzemesi özelliği taşımaktadır. (Saraç, 2004) Geotekstil alanında düşük maliyet, düşük özgül ağırlıkları ve mukavemet özellikleri nedeniyle, PP elyafları, en önemli hammadde niteliğini taşır. Ancak, yüksek mukavemet gerektiğinde polyester kullanımı da

kaçınılmazdır. Maliyete karşı performans dengesinde polyester günümüzün en uygun hammaddesidir. Polipropilen ve polietilen ise, kimyasal açıdan en dirençli hammaddelerdir (Can, 2008).

**Polietilen(PE)**

Etilenin  $CH_2=CH_2$  polimerizasyonu sonucu elde edilir. Yüksek yoğunluklu, yüksek kristalin yapıda (%80 kristalinite gözlenir), uzun zincirli polietilen yapı elde edilir. PE lifi yüksek mukavemet ve düşük uzama gösterir. (Saraç, 2004) . Geotekstil üretiminde iki ayrı tip polietilen kullanılmaktadır;

LDPE: Düşük yoğunluklu polietilen (Yoğunluğu 920-930 kg/m<sup>3</sup>),

HDPE: Yüksek yoğunluklu polietilen (Yoğunluğu 940-960 kg/m<sup>3</sup> )

LDPE; Bükülgenliğin önemli olduğu ve su buharına karşı mukavemet istenen durumlarda kullanılır. HDPE; LDPE ile karşılaştırıldığında daha katı ve sert bir yapı elde edilir. Ayrıca HDPE'nin kimyasal dayanımı da LDPE'den yüksektir.

Polietilene de katkı maddesi ilave ederek özellikleri iyileştirebilir. Uzun süre ışık alması, yüksek sıcaklığa maruz kalması ya da nemli bir ortamda kalması halinde polietilen malzeme gevrekleşir ve bozulur. Bu sebeple PE ürünlerin saklanması dikkatli olunmalıdır. (Benek, 2006)

**Poliamid**

Poliamidler yaklaşık %50 kristalinite değerine sahiptirler. Yüksek mekanik dayanımı, aşınmaya karşı direnci, düşük sürtünme katsayısı ve yüksek sıcaklıklara kadar özelliklerini koruyabilmesi gibi birçok önemli özelliğe sahip bir malzeme türüdür. (Kazanaç, 2002)

PA sulu ortamlara karşı duyarlıdır. Nylon ürünlerin uzun süre su içinde tutulmaları durumunda mekanik özelliklerinde %20-30 arasında bir düşüş görülür. Diğer bir deyişle PA'nın mekanik özellikleri zemin neminden etkilenir. Geotekstil üretiminde PA6 ve PA6.6 kullanılmaktadır. Malzeme özelliklerini istenilen düzeye çıkarmak için, katkı maddeleri kullanılabilir. Bu şekilde ışık ve ısı etkisiyle bozulmaların önüne geçilebilir. (Benek, 2006)

**Geotekstiller**

Geo-tekstil yeryüzü-toprak anlamına gelen geo kelimesi ile tekstil kelimelerinin birleşiminden meydana gelmiştir. geo-tekstiller sadece tekstil materyallerinden oluşmuş geçirgen bir geo-sentetiktir. geo-tekstiller; binalarda temel malzemesi, toprak, kaya, yer ile ya da insan ürünü projelerin, yapıların ve sistemlerin entegre bir parçası olarak ilgili maddelerle birlikte her hangi bir geoteknik mühendisliğinde kullanılan tekstil ürünleridir.

İnşaat mühendisliği alanında, toprak içerisinde veya toprakla temas halinde kullanılan membranlar, “geosentetikler” olarak adlandırılmaktadır. Bu terim, geotekstilleri, plastik ızgaraları ve geçirgen olmayan membranları kapsamaktadır. geosentetiklerin içinde en önemlilerinin, geotekstiller olduğu kabul edilmektedir. geotekstiller, sürekli veya kesikli lifler şeklinde veya dokuma ve nonwoven kumaşlar şeklinde olabilmektedir. Kullanım amacına göre, geotekstillerin en önemli performans özellikleri çekme dayanımı, yırtılma dayanımı, delinme dayanımı, su geçirgenliği, hava geçirgenliği, yatay su geçirgenliği, ısı yalıtımı, gözenek boyutu, kalınlık, gramaj v.b., özelliklerdir. (Can, 2008)

Geotekstillerin hammaddeleri poliolefin, polyester, poliamid ve polivinilklorur olmak üzere dört ana polimer sınıfından oluşur. Poliolefin de kendi içinde polipropilen ve polietilen olarak ikiye ayrılır. geotekstillerin büyük kısmı polipropilen (PP); kalanı polyester, diğer polimerlerden üretilir.. geotekstil alanında düşük maliyet, düşük özgül ağırlıkları ve mukavemet özellikleri nedeniyle, PP elyafları, en önemli hammadde niteliğini taşır. Ancak, yüksek mukavemet gerektiğinde polyester kullanımı da kaçınılmazdır. Maliyete karşı performans dengesinde polyester günümüzün en uygun hammaddesidir. Polipropilen ve polietilen ise, kimyasal açıdan en dirençli hammaddelerdir.

Geotekstillerin kullanım alanları; yol inşaatları, kalıcı ve geçici yollar, park alanları, yol genişletme, asfalt yenileme, hava alanları, demiryolları, bina inşaatları, temelleri, taban betonları ses emme özelliği, teras çatılar, bahçe çatılar, zemin uygulamaları, borular ve kanalları, depolama alanları, spor sahaları, şevler, drenaj ve filtrasyon sistemleri, drenaj boruları, drenaj kanalları, yüzey drenajı, bina drenajları, hidrolik yapılar, kıyı koruma yapıları, barajlar, liman inşaatları, nehir yataklarının ve kanalların korunması, suni göletler,

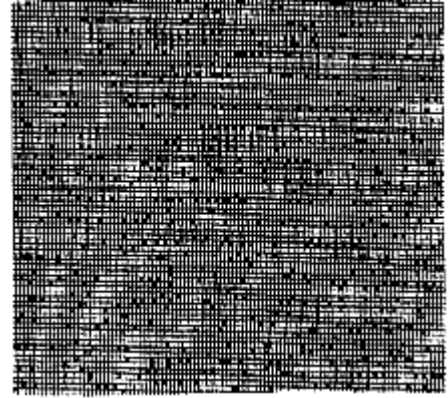
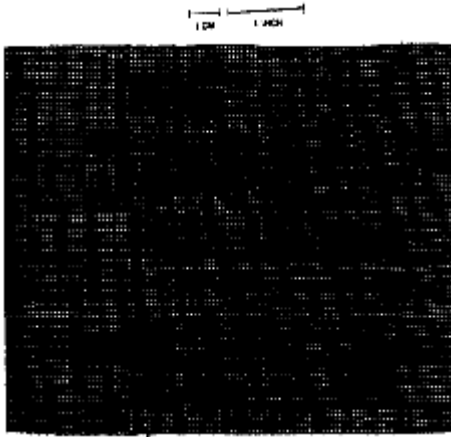
su rezervuarları, çöp ve atık depolama alanları olarak sıralanabilir. Gelişmekte olan ülkelerin altyapı yatırımları, tahmin edilenin üzerinde bir geotekstil ihtiyacı getirmektedir. Bir tek proje için bile çok miktarda kumaş kullanıldığından maliyet önem taşımaktadır. Geotekstiller konusundaki araştırmaların çoğu toprak dolguları, zehirli atık siteleri gibi uzun yıllar gömülü kalacak dayanırlıkta ve performanslarının sürekli olmasını gerektiren tekstiller üzerine yapılmaktadır. (Can, 2008)

Her yıl artan geotekstil ihtiyacı, ülke içinde bölgesel çapta yerel üretimleri de mantıklı kılmaktadır. Son yıllarda özellikle karayolu ihaleleri şartnamelerinde geotekstil kullanımının zorunlu hale getirilmesi, bu pazardaki talebin katlanarak artacağını göstermektedir. (Can, 2008)

## **1.2. Geotekstilin üretimi**

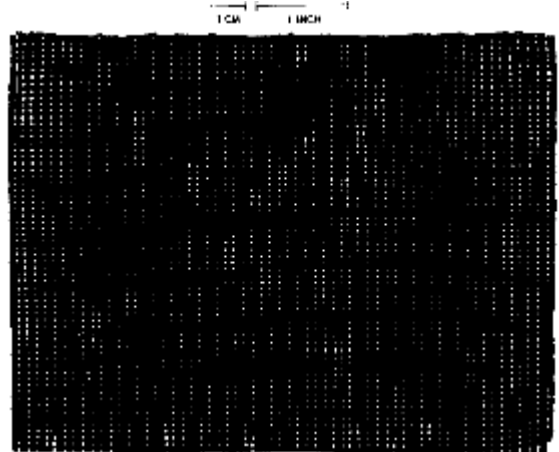
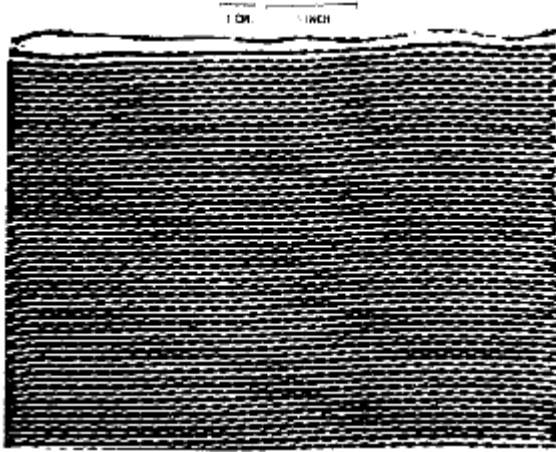
Dokuma yapılarında, geotekstil panelinin (makine yönünde) boyunca uzanan çözümlü iplikleri, (çapraz yönde) panelin uzunluğuna düşey yönde ipliklerin birbirinin arasından geçirilmesiyle oluşturulur.(Şekil 1.1) (armypubs.army.mil/eng/DR) Dokuma yapısı, çözümlüde yüksek modül ve mukavemetli geotekstiller oluşturur ve kopmada düşük uzama gösterir. Modüller çeşitlilik, geotekstillerin yüklendiği yöne ve orana bağlıdır. Dokuma geotekstiller verev şeklinde çekildiğinde, son kopma mukavemeti yükselebilmeye rağmen, modül düşer. Geotekstil yapısı çeşitlendirilebilir böylece biten geotekstil çözümlü içinde ve yönde eşit ve farklı mukavemetlere sahiptir. Dokuma yapısı, küçük gözenek yapılı ve lifler arasında gözenek boyutlarının dar çeşitliliğinde geotekstiller üretilir.

Dokuma geotekstiller yaygın olarak bez ayağı dokuma yapısındadır fakat bazen saten dokuma veya leno dokumada olur. Dokuma geotekstiller şekil 1.2'deki gibi monofilamentlerden veya multifilamentlerden oluşabilir. (armypubs.army.mil/eng/DR)



**Şekil 1.3.** Monofilament dokuma geotekstiller düşük gözenekliliğe sahip. ve yüksek gözenekliliğe sahip monofilament geotekstil (armypubs.army.mil/eng/DR)

Multiflament dokuma yapısı bütün yapının yüksek mukavemet ve modülünü üretir fakat yüksek maliyetlidir. Monofilament varyantı yarıklı-film veya şerit filamentli dokuma geotekstillerdir. Şekil 1.4 (armypubs.army.mil/eng/DR)



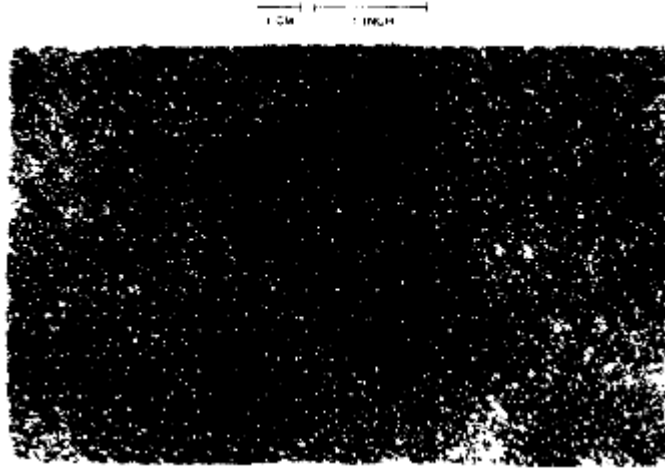
**Şekil 1.4.** Dokuma multiflament (armypubs.army.mil/eng/DR)

**Şekil 1-5.** Dokuma geotekstil.

Dokuma geotekstillerin bu çeşidi diğerlerine göre maliyeti daha düşüktür ve ayırmada, toplamada kullanılır. Literatürlerde dokuma geotekstillerden geniş çapta bahsedilir. Dokusuz yüzey geotekstiller dokuma prosesinden farklı olarak üretilir ve genellikle dokuma geotekstillerden daha kalındır. Bu geotekstiller sürekli veya kesikli filamentlerden

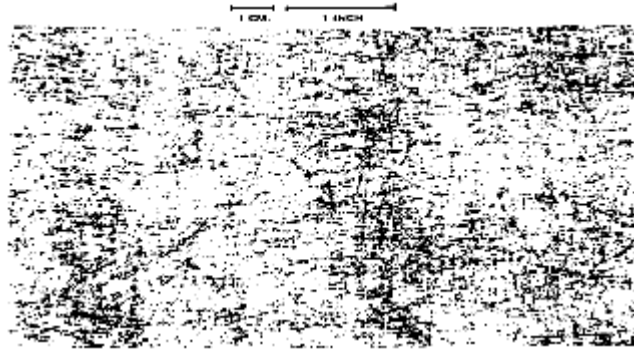
yapılabilir. Lifler geotekstil düzlemi içerisinde genellikle rastgele yönlendirilir fakat mükemmel bir oryantasyona sahiptir. Eğirme prosesinde, lifler uzatılır ve hareket eden kayış üzerine doğrudan yatırılır. Proseslerden bazıları aşağıda tanımlanmıştır: (armypubs.army.mil/eng/DR)

**İğnelemeyle yatırma(punching):** İğneleme yöntemiyle bağlama liflerin bir yada birkaç tabakasının bir çok kancalı iğne tarafından itilmesiyle oluşturulur. Proses mekanik olarak liflerin karıştırılmasından oluşur. Şekil 1.5 (armypubs.army.mil/eng/DR)



**Şekil 1-6.**İğnelemeyle yatırma dokusuz geotekstil (armypubs.army.mil/eng/DR)

**Isıyla bağlama:** Bu bazı polimer çeşitlerini içererek yapılır fakat keçe içerisinde farklı erime noktalarına sahiptirler veya karışık filamentleri kullanarak, yani, keçe içerisindeki lifler bir çeşit polimerden oluşur veya düşük erime noktalı polimerle kaplanır. Isıyla bağla geotekstil şekil 1.6 da gösterilmiştir. (armypubs.army.mil/eng/DR)



**Şekil 1-7.** Isıyla bağlanmış nonwoven geotekstil (armypubs.army.mil/eng/DR)

**Reçineyle bağlama:** Reçine lif keçesinin içine yerleştirilir, liflerle kaplanır ve lifler arası bağ kurulur. (armypubs.army.mil/eng/DR)

**Birleştirme yöntemi:** Bazen birleştirme teknikleri kolaylaştırma tekniği veya istenilen özelliklerde elde etmede kullanılır. (armypubs.army.mil/eng/DR) Kompozit geotekstilller, üretim tekniklerinin iki ya da daha fazla birleşimi olan materyallerdir. En yaygın kompozit tekstil, iğneleme yöntemiyle bağlanmış dokusuz keçedir. (armypubs.army.mil/eng/DR)

**Tablo 1.2.** Geotekstil üretiminde kullanılan hammaddelerin teknik özellikleri (Benek, 2006)

<b>Özellik</b>	PA 6	PA6.6	PET	PP	LDPE	HDPE
Birim hacim ağırlık Kg/m <sup>3</sup>	1 140	1 140	1380	900-930	920-930	940-960
Kiristallik(%)	60	60	30-40	60-70	40-55	60-80
Erime Sıcaklığı (°C)	215-220	250	250-260	160-165	110-120	125-135
Müsaade edilen maksimum proses sıcaklığı(°C)	190	200	200	130	90	100
Müsaade edilen minimum proses sıcaklığı(°C)	-60	-60	-60	-40	-40	-40
Su absorpsiyonu, 20 ° C de %65 bağıl nemde (%)	4	4	0,4	0	0	0
Su absorpsiyonu, 20 ° C de su içinde (%)	10	10	1	0,01	0,01	0,01
Elastisite modülü (N/mm <sup>2</sup> )	3-4	3-4	12-18	2-5	Değişken	Değişken
Çekme dayanımı(N/mm <sup>2</sup> )	700-900	700-900	800-1200	400-600	80-250	350-600
Kopma uzaması(%)	18-25	15-28	8-15	10-40	20-80	10-45
Çekme dayanımı ıslak (N/mm <sup>2</sup> )	600-800	600-800	800-1200	400-600	80-250	350-600
Kopma uzaması ıslak(%)	20-30	18-30	8-15	10-40	20-80	10-45



**1.3. Genişlik ve uzunluk**

Dokuma ve dokusuz yüzey geotekstiller için üretim yapılacak maksimum genişlik 5,5m – 6m civarındadır. Bu genişlik üretimi yapan makinenin kapasitesi ile ilgilidir. Geotekstilin boyu ile ilgili bir standart mevcut değildir. Malzemenin boyu ve eni hassas olarak belirtmek istendiğinde gerilmesiz koşullar dikkate alınmalıdır. (Benek, 2006)

**Tez çalışması aşağıda özetlenen bölümlerden oluşmaktadır.**

İkinci bölümde istinat duvarları ile geotekstillerle ilgili yapılmış olan önceki çalışmalar incelenmiştir. Literatürdeki mevcut deneysel çalışmalar arazi ve laboratuvar deneyleri ile ilgili çalışmalar olmak üzere iki ana başlıkta incelenmiştir.

Üçüncü bölümde materyal ve metot olarak istinat duvarları ve özellikleri geotekstillerle ilgili çeşitleri ve özellikleri konusuna ayrıca deneysel çalışmalar anlatılmaktadır. Deney düzeneği deney kumu ve model istinat duvarı ile ilgili ayrıntılı bilgiler verilmiştir. Geotekstillerle ilgili özelliklerin belirlendiği deneyler ve bu deneylerden elde edilen sonuçlar yükleme ve ölçüm sistemlerinin kalibrasyonları ve deneylerin yapılması sırasında uygulanacak adımlarda bu bölüm başlığı altında sunulmuştur.

Dördüncü bölümde uygulanacak deney programı deneysel çalışmalardan elde edilen verilerin nasıl değerlendirileceği gerekli hesaplamaların nasıl yapılacağı anlatılmış ve deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

Beşinci bölümde deneylerden elde edilen sonuçlar ve öneriler anlatılmıştır. Geotekstillerin uygulanabilmesi için izlenmesi gereken adımlar açıklanmıştır. Geotekstil donatılı ve donatısız deney sonuçları anlatılmıştır. Önerilerde bulunulmuştur.

**2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR**

Geotekstillerin en önemli uygulaması hidrolik mühendisliğindedir (Cedergren,1977). Geçirimsiz olması işlevini zamanla kaybetmemesi geotekstillerin önemini arttırmaktadır. (Önalp, 1983).

Filtrasyonda da kullanılabilen, zemin parçalarının geçemeyeceği kadar açıklıklara sahip olan geotekstillere de bulunmaktadır (Tunç, 2001)

Geotekstillerin en önemli uygulaması hidrolik mühendisliğindedir. (Tumluer,2006) 2006 yılında yaptıkları çalışmada yüzeysel şerit temelin donatılı ve donatısız kumda davranışını inceleyen kullanılan geotekstilin, temelin taşıma gücünü artırdığını bildirmiştir. (Uzuner 2000)

Geotekstil ile güçlendirilen kumun davranış kapasitesinin deneysel ve sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Yapılan çalışmada kullanılan geotekstil ile zeminin taşıma kapasitesinin arttığı belirtilmektedir (Mandal ve diğ. 1990).

Geogrid donatılı kum şevde oturan şerit temeli incelemişler ve zemin taşıma gücünün, uygun donatı yerleşimine bağlı olarak, donatısız duruma göre arttığını bildirmişlerdir. (Laman ve diğ. 2007)

Yılında yaptıkları çalışma ile geotekstil ve geogrid donatılı zeminlerin istinat duvarlarının projelendirilme yöntemlerini açıklamışlardır. Aklık ve Sezer (2002)

Yılında geosentetiklerin kullanım alanları ve örneklerini bildirmiştir. Jones (2007)

İstinat duvarlarına depremden dolayı etkiyecek zemin basınçlarını belirlemeye yönelik ilk çalışma tarafından yapılmıştır. Eşdeğer statik basınç adıyla anılan bu yöntem Coulomb kayma kaması teorisinden yararlanılarak geliştirilmiştir. (Mononobeve ve Matsuo 1929) ve (Okabe 1924)

Yöntemindeki hesapları istinat duvarları için önerildiğinden diğer duvarlar tipleri için tam olarak geçerli olmamaktadır. Mononobe ve Matsuo (1929)

Taşıma gücü yüksek olmayan zeminlerde yapılan temel ve istinat yapılarında mutlaka güçlendirme yöntemleri uygulanmaktadır. Kullanılan çeşitli yöntemler arasından zemini geosentetikler ile donatılendirma yöntemi hem ekonomik hem de uygulama açısından en makul olanıdır (Quiming Chen,2007).

Zeminde geotekstil kullanımının temel amacı sağladığı çekme dayanımı sayesinde zemin içerisindeki dayanımı artırması ve sonuç olarak yatay deplasmanları azaltıp sistemin stabilizesini artırmasıdır ( Mohiuddin,2003).

Kullanılan donatılar zeminin taşıma gücü kapasitesini artırır, aynı zamanda zayıf zemine direkt gelen basıncı dağıtarak farklı oturmaları azaltmaktadır (membran etkisi). Köprü yaklaşım dolgularında geotekstil donatılı zemin kullanımı özellikle son yıllarda tercih edilmektedir. Bu şekilde, oluşacak farklı oturmaların önüne geçilmekte ve birçok köprüde görülen ve trafik için problemlili olabilecek tümsekler ile şişmeler engellenebilmektedir (Gordon vd.2007).

Geosentetikler özellikle artan bir ilgi gören ürün olmuştur. Son yıllardaki projelerde geotekstillere deneme yanılma yöntemi ile kullanılmışlar ancak bu ürünlerin doğru ve beklenen davranışı, fonksiyonları daha iyi kavranarak açıklanmıştır. Özellikle son 15 yıldan bu yana gerçek arazi koşullarını çok iyi tanımlayabilen teorik modeller geliştirilmiştir. Donatı ile zemin arasında sürtünme gerilmeleri oluşturularak zemin güçlendirilmektedir (Uzuner,2000).

Kohezyonsuz zeminlerde donatılendirma amaçlı geosentetikler kullanılmaktadır. Kumlu zeminlerde temellerin taşıma gücünü yükseltmek amacı ile geosentetik malzemeler kullanılmıştır. Bu araştırmacılar da geosentetik malzeme kullanımının, taşıma gücüne ciddi katkıları olduğunu gözlemlemişlerdir. Koerner (1980) ve Önal (1983)

Sonuç olarak mekanik ve hidrolik olarak iki ana grupta incelenebilen; donatılabilir ve güçlendirme ile ayırma, yalıtım, filtrasyon ve drenaj özelliklerine sahip olan geosentetiklerin son yıllarda kullanımları giderek artmakta ve inşaat mühendisliği ile ilgili problemlerin çözümlerinde etkin oldukları bir gerçektir. Geleneksel yöntemlerin yerine çok çeşitli işlerde kullanılabilen bu malzemeler zemine doğal olarak sahip olmadığı yeni özellikler kazandırarak mühendislik parametrelerini iyileştirmekte, geri kazanımlara neden olmaktadır. Yapılacak olan yapının özellikle istinat duvarının daha ekonomik ve daha uzun ömürlü yapılandırılması ve her hangi bir stabil olmayan durumda can kayıplarının önlenmesi maddi zararların azaltılması öngörülmektedir. (Yıldız,2005)

Yapılacak olan istinat duvarı büyük maliyetler getirmekte ve bu sebepten dolayı yapımında aksaklıklara veya yapılmamasına neden olmaktadır. Oysa geosentetiklerle yapılan güçlendirme bu maliyeti aşağı indirmekte ve istinat duvarı yapımı ile alınması gereken önlemlerin uygulanmasını daha cazip hale getirmektedir. Geotekstil kullanımının belkide en önemli sayılabilecek diğer katkısında, sismik yüklere karşı (deprem durumunda) istinat duvarlarının stabilite kazanmasıdır. (özaydın 2010)

### **3.1. İstinat Duvarları**

#### **3.1.1. İstinat duvarı tanımı**

Düsey ya da düşeye yakın toprak tutucu olarak inşa olunan yapılara istinat duvarı denilmektedir.

İstinat duvarı kot farkının bulunduğu yerlerde zeminlerin doğal şev açılarını önlemek yayılmalarını engellemek için yapılan yapılardır. Yapılan istinat duvarlarına zemin yanal basınç uygulayarak duvarı kaydırmaya veya devirmeye çalışır. İstinat duvarı ise bu kuvvetlere karşı koyan kalıcı yapılardır.

Zemini farklı iki yüzeyde tutan ve yanal zemin basınçlarının etkisinde olan istinat duvarlarının hesaplanması (boyutlandırılması-projelendirilmesi) için gelen yanal toprak basınçlarının bilinmesi gerekir. Her yapıya bir yanal toprak basıncı gelir mühendisler olarak yapılara gelen yanal toprak basınçlarını karşılamak için yapılar yapılmaktadır.

İstinat duvarı çeşitleri

- 1- İstinat duvarı
- 2- Palplanş perdesi
- 3- Kazı perdesi
- 4- Fore kazıklar
- 5- Ankrajlar



**Şekil 3.1.** İstinat duvarı ihtiyacı (www.insaatci.com)

Yanal etki altındaki yapı elemanlarının projelendirilmesi uygulamacılar için devamlı karşılaşılan önemli mühendislik problemleridir. Genellikle toprak etkisine maruz yapıların projelendirmeleri yapıya etki eden zemin tabakalarının davranış belirsizliğinden ötürü daha da önem kazanmaktadır.

Zeminlerin yanal basınçlarının hesaplanabilmesi için çeşitli teoriler geliştirilmiştir.

- 1- Rankine teorisi
- 2- Coulomb kama teorisi

Rankine teorisinde

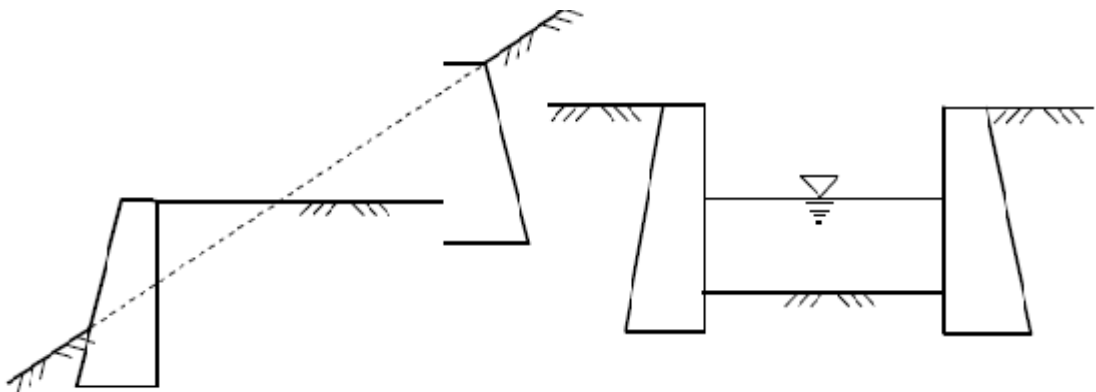
- 1- Zemin kütlesi homojen ve izotoptur kohezyon, kayma direnci açısı ve birim hacim ağırlık zeminin her yerinde aynıdır.
- 2- Kayma yüzeyi düzlemseldir. Zemin yüzeyi düzlemseldir.
- 3- Dayanma yapısı sonsuz uzunluktadır ve problem düzlemsel olarak çözülebilir.
- 4- Dayanma yapısı aktif ve pasif gerilmelerin oluşabileceği miktarda hareket eder.
- 5- Dayanma yapısına etkiyen bileşke kuvvet dolgu eğimine paralel olarak etki eder.

Coulomb kama teorisinde

- 1- Zemin ; homojen izotrop kohezyonlu ve kayma açısı olan bir malzemedir.
- 2- Kayma yüzeyi ve dolgu yüzeyi düzlemseldir
- 3- Kayma kaması rijit bir cisim olarak dikkate alınır
- 4- Sürtünme kuvvetleri kayma düzlemi boyunca üniform olarak dağılmaktadır.
- 5- Duvar yüzeyi ile zemin arasında sürtünme vardır.
- 6- Kırılma bir düzlem şekil değiştirme problemidir ve birim genişlik dikkate alınabilir.

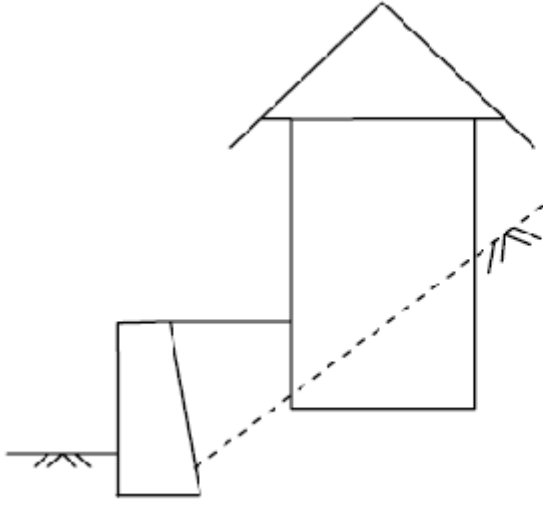
### 3.1.2. İstinat duvarının kullanıldığı yerler

- 1- Eğimli arazilerde araziden yararlanmak için şev açısından daha dik açıyla tutmak için
- 2- Kayma ve göçme ihtimali olan zeminlerin yıkılmasını engellemek
- 3- Bodrum katı olan yapıları zemin (toprak) etkisini engellemek
- 4- Kıyıların erozyon ve taşkınlardan korunması
- 5- Kanal yapımı için
- 6- Derin çukurların yan duvarlarını tutmak
- 7- Yol inşaatlarında şev düzlenmesi için
- 8- Büyük yarma ve dolgu gerektiren yollarda

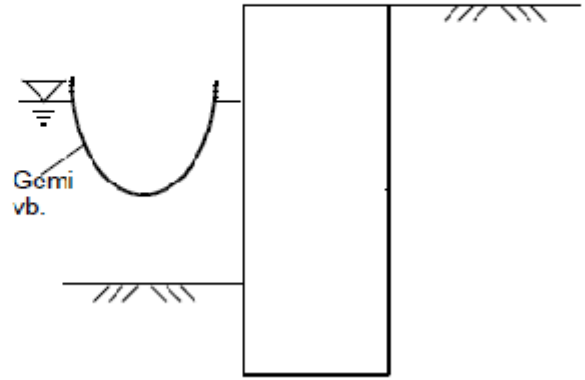


a) Yol projelerinde dolgu yarma oluşturmak

b) Kanal yapımı için



c) Bina yapımı için



d) Sahillerde rıhtım yapımı

### 3.1.3. İstinat duvarı tipleri

Yapılacak olan istinat duvarı yapılacağı arazi şekline amacına kot farkına dolgu yapılmasına göre projelendirilip projedeki istinat duvarı tiplerine göre yapılandırılır. Dolayısı ile istinat duvarı tipleri istenilen amaç (yapılmasının sebebi) larına göre şekillenir istenilen yüksekliğe göre istinat duvarı türü belirlenir. Bunun gibi birçok etken istinat duvarı tipleri olarak en uygun türün Belirlenmesin de etkendir. Yanlış seçilen istinat duvarı tipleri çok maliyet getireceği gibi istenmeyen sonuçlarda doğurabilir.

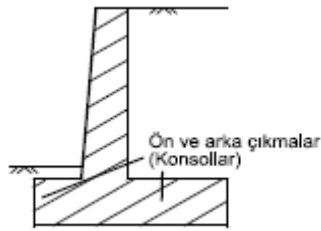
Kullanılan yapı malzemesi ve sistemi olarak sıralanabilir.

- 1- Taş ağırlıklı istinat duvarları
- 2- Beton ağırlıklı istinat duvarları
- 3- Yarı ağırlık istinat duvarları
- 4- Betonarme istinat duvarı
- 5- Donatılı zemin istinat duvarları
- 6- Kafes istinat duvarı
- 7- Sandık istinat duvarı
- 8- (Ön veya arka) Payandalı istinat duvarı

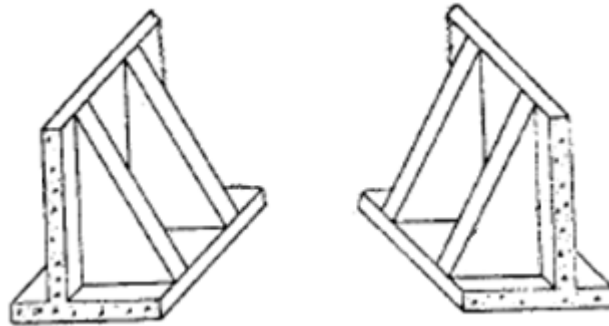


İstinat duvarı yapımlarında seçilen tiplere göre kullanılan malzemelerde belirlemektedir. Taş, tuğla, briket, beton gibi malzemeler kullanılmaktadır

İstinat duvarının yapılacağı yükseklikte tiplerini belirlemektedir. Taş ağırlıklı istinat duvarı 4-5 metreye kadar yüksekliklerde kullanılmalıdır.



Konsol istinat duvarı (Aytekin, 2004)



Payandalı istinat duvarı (Tunç, 2002)

İstinat duvarlarında ağırlık türü yatay etkiyi önleyecek en büyük kuvvet duvarın kendi ağırlığıdır. Duvar tabanına gelen bu kuvvet tabanla zemin arasındaki sürtünmeden dolayı ortaya çıkan harekete ters yöndeki yatay sürtünme kuvvetlerini oluşturur. Bu sürtünme kuvvetleri duvara gelecek olan yatay kuvvetler ile karşılanacaktır.

Duvar zeminden dışarı doğru hareket edecek olursa zemin aktif hale geçer ve duvara aktif toprak basıncı uygulanır.

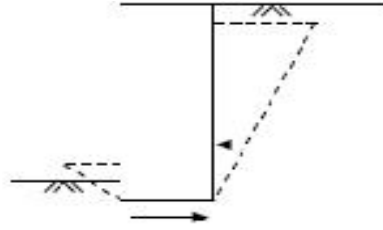
İstinat duvarının tabanı zemine gömülü olduğundan duvarın öne doğru hareketi sırasında temel zemine doğru hareket edeceğinden stabilize hesaplarında olumlu etki yapacak pasif basınç gerilmeleri de taban üzerinde ortaya çıkacaktır. Depremi doğurduğu yatay ivme istinat duvarında ani yanal basınç artmalarına sebep olur.

İstinat duvarı arkasında hiçbir zaman yer üstü ve yer altı sularının toplanması istenmez bu suların duvarda yapacağı hidrostatik basıncın göz ardı edilmemesi gerekir. Ayrıca suyun zemin tanelerini yüzdürme kuvveti de hesaplara dahil edilmelidir.

İstinat duvarı projelendirmelerinde aşağıdaki tahkikler yapılmalıdır.

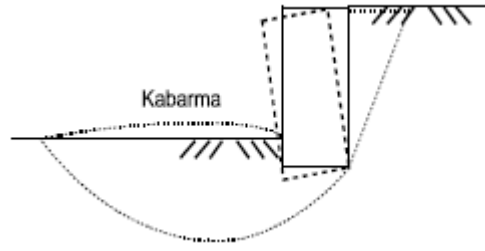
- 1- Kayma tahkiki
- 2- Devrilme tahkiki
- 3- Taşıma gücü tahkiki
- 4- Toptan göçme tahkiki
- 5- Oturma tahkiki

Kaymaya karşı güvenlik kat sayısı kaymaya karşı koyan kuvvetlerin kaydıran kuvvetlere oranı olarak 1.5 katından büyük olmalıdır.



**Şekil 3.2** İstinat duvarında kayma (Uzuner,2005)

Devrilmeye karşı koyan kuvvetlerin istinat duvarı burun noktasına göre momentleri toplamının deviren kuvvetlerin momentleri toplamına oranı 1.5 katından büyük olmalıdır.



**Şekil 3.3** İstinat duvarı (Uzuner,2005)

**3.2. Geosentetikler****3.2.1. Genel bilgi**

Polipropilen, polietilen, poliester, poliamid (nylon) ve polivinil klorid gibi sentetik maddelerden imal edilmektedir. Zemin içerisinde kullanılanlara genel anlamda geosentetik malzemeler olarak adlandırılmaktadırlar. Her bir geosentetik farklı özelliklere sahip olduklarından dolayı farklı amaçlar için farklı kullanım yerleri vardır. Geosentetiklerden çalışmalarımızda kullanacağımız geotekstillere birbirini dik açıyla kesen ipliklerin örülmesi ile oluşturulan lifli ve %100 UV-dayanımlı polipropilenden üretilen malzemelerdir. Yüksek çekme kuvveti altında düşük uzama oluşturarak iyi bir yük dağılımı sağlar. Geotekstillere ayırma donatılı duvar ve zemin iyileştirmelerde kullanılır.

**3.2.2. Geosentetik sınıfları**

- 1- Geotekstil
- 2- Geogrid
- 3- Geomembran
- 4- Geokompozit
- 5- Geonet

Olarak sınıflandırabiliriz

Geotekstillere birbirini dik açıyla kesen ipliklerin örülmesi ile oluşturulan lifli ve %100 UV-dayanımlı polipropilenden üretilen malzemelerdir. Yüksek çekme kuvveti altında düşük uzama oluşturarak iyi bir yük dağılımı sağlar. Geotekstillere ayırma donatılı duvar ve zemin iyileştirmelerde kullanılır.



**Şekil 3.4.** Geotekstil

Geogridler polyester liflerinden üretilmektedir. Polimer kaplamalıdır. Bu ürünün az bir uzamada yüksek gerilme dayanımı sağlaması en önemli özelliğidir. Bu özelliği sayesinde granür dolgularındaki iyi sürtünme açısı sağlar. Geogridler donatılı duvar zemin iyileştirme asfalt ve beton donatısı olarak kullanılır. En önemli fonksiyonu güçlendirmedir.



**Şekil 3. 5.** Geogrid

Geomembranlar yalıtım ve yüzey koruma sağlamak için sentetik ham maddelerden yapılmış malzemelerdir. Kimyasal maddelere karşı yüksek dirence sahiptir. Çekme mukavemeti yüksektir. Geçirgenliği düşüktür. Delinme ve çatlamalara karşı dayanıklıdır.

Geomembranlar genelde geçirimsizlik sağlamak amacıyla kullanılır. En önemli fonksiyonu yalıtım ve yüzey korumadır.



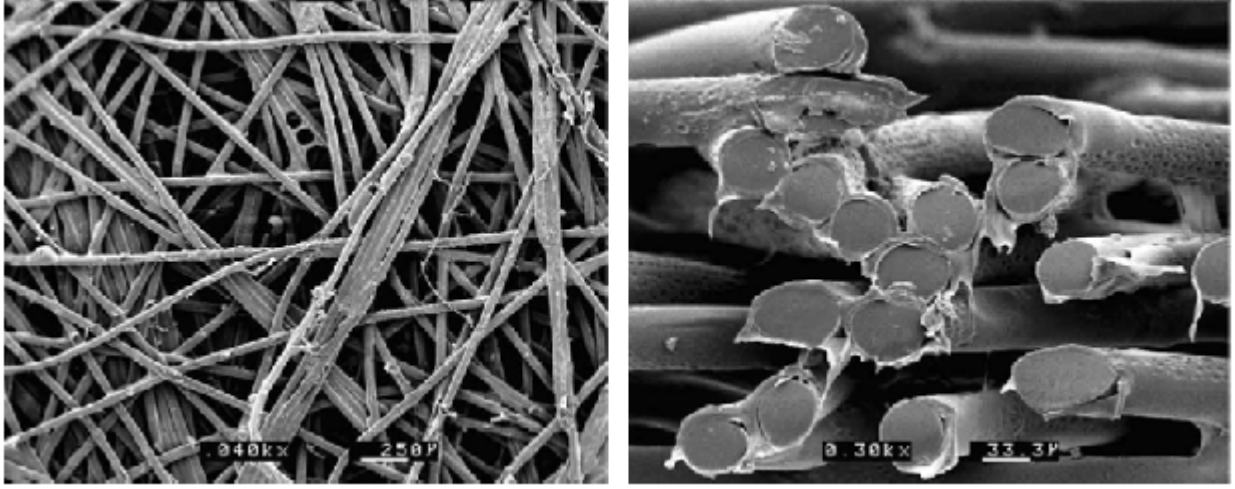
**Şekil 3.6.** Geomembran

### **3.3. Geotekstiller**

Geotekstil bir tekstil ürünüdür. Geçirimli geosentetik olarak tanımlanmaktadır. Zemin, kaya veya diğer geoteknik mühendisliği ile ilgili birlikte kullanılan geçirimli tekstil ürünü olarak tanımlanır. Geotekstil , geosentetiklerin içerisinde en çok kullanılanıdır. En fazla kullanım alanına sahiptir. Geotekstiller iki çeşit olarak üretilmektedir.

- 1- Örgülü
- 2- Örgüsüz

Örgülü geotekstiller: ipliklerin dokuma tezgâhlarında örülmesi ile elde edilir. Bir yönde uzatılan lif veya şeritler arasından onlara dik olarak lif veya şeritler geçirilmesiyle oluşturulur. Monofilament, multiflament ve şerit veya film örgülüler olmak üzere üç gruba ayrılırlar. Monofilament örgülüler tek kalın iplikten oluşurlar. Multiflament örgülüler ince liflerin bir araya gelmesi ile oluşurlar. Şerit veya film örgülüler ince uzun filmlerin şerit halinde kesilmesi ile oluşurlar.



Şekil 3.7. Örgülü geotekstiller (Özaydın 2010)

Örgüsüz geotekstiller: polimer ipliklerin mekanik ısı veya kimyasal yolla birleşmesiyle oluşur. Mekanik bağlamada henüz gevşek durumdaki lifler taşıyıcının üzerine serilir. Taşıyıcı hareket ederken kancalı iğnelerle dolu bir tabakanın altından geçirilen lifler iğnelerin aşağı yukarı hareketiyle yer değiştirir. Ve karışırlar. Bu iğnelerin dağılımı ayarlanarak geotekstilin sıklığı artırılıp azaltılabilir. Isı yoluyla bağlamada polimer ipliklerden oluşan ağın üstü fırından yada sıcak rulolar arasında geçirilerek eritilir. Ve lifler birbirine bağlanır. Kimyasal bağlamada lifler önce akrilik banyosuna yatırılır yada üzerine akrilik püskürtülür. Fırından geçirilerek birbirine bağlanır. Örgüsüz geotekstiller sonsuz lifler ve parça lifler olmak üzere ikiye ayrılır. Örgüsüz geotekstiller kalıcı yol yapımlarında asfalt yenilemek gibi yol inşaatlarında bina inşaatlarında kanallar veya şevler gibi zemin uygulamalarında kullanılmaktadır.

Geotekstillerin özellikleri açısından inşaatlarda kullanılması yönüyle fiziksel, mekanik, ve hidrolik özellikleri ön plana çıkmaktadır. Kullanılan polimerlerin özelliğine ve geotekstilin üretim sürecine bağlı olarak değişmektedir. Bu özellikler test sonuçları alınarak değerlendirilmelidir. Geotekstille ilgili ağırlık ifade edildiğinde birim alana düşen ağırlık anlaşılmaktadır. Bu rakam geotekstilin 1 metrekaresindeki gram cinsinden malzeme miktarıdır. Geotekstiller 135- 680 gr/m<sup>2</sup> arasında sonuç verirler. Dokumanın maliyeti ve

dayanımı ağırlığıyla yakından ilgilidir. Örgülü tipler daha ağır ve daha yüksek dayanımlıdır.

Örgülü ve örgüsüz geotekstiller için üretim yapılacak maksimum genişlik 5-6 metre civarındadır. Üretim yapılan makine nin kapasitesi ile ilgilidir genişliği geotekstillerin boyu ve genişliği ile ilgili bir standart mevcut değildir. Kalınlık olarak incelendiğinde alt ve üst yüzey arasındaki mesafedir kalınlık genellikle geotekstillerin kalınlıkları 0,2-10 mm arasında değişmektedir.

Geotekstillerin mekanik özellikleri yük ve deformasyon arasındaki ilişkidir. Geotekstilin kendi düzleminde sıkışma kuvvetine karşı direnci zayıftır. Bunun nedeni geotekstili oluşturan elemanlar olan elyafın yada ipliğin kolayca eğilip bükülebilmesidir. Örgülü geotekstillerin mekanik özellikleri fiber yapışma, ipliklerin çapına ve üretim şekline bağlıdır.

Geotekstiller kullanım amaçlarını aşağıdaki gibi sıralaya biliriz.

- 1- Ayırma
- 2- Güçlendirme
- 3- Filtrasyon
- 4- Drenaj
- 5- Koruma
- 6- Yalıtım

**Ayırma** : Birbirine benzemeyen iki malzemeyi birbirine karıştırmamak için kullanılmaktadır. Geotekstil dolgu ile doğal zeminin birbirine karışmaması için kullanılır. İki farklı dolgu zemininin birbirine karışmaması içinde kullanılır. Geotekstil demir yolu ve kara yolu yapımında kullanılarak yük taşıma kapasitesini korur, alt temel malzemesinin zeminle ayırma birbirine karışmasını engellemede kullanılır. Suyun doğal akışına engel olmayan geotekstil sayesinde borulanma önlenmektedir.

**Güçlendirme** : Geotekstilin kullanım amaçlarından en önemlisi güçlendirmedir. Güçlendirme uygulamalarında geotekstil en çok kuvvetler etkisiyle zeminin çekme veya



kayma kuvvetlerine karşı durabilmesini sağlamak amacıyla kullanılır. Güçlendirme sağlamak için geotekstil belli bir dayanıma ve çekme kuvvetlerine karşı koyabilecek ebatlara sahip olmalıdır.

**Filtrasyon** : Geotekstilin filtrasyon amacıyla kullanılması en eski ve en çok bilinen yöntemdir. Filtrasyon amacıyla yapılan uygulamalarda suyun akış yönüne karşı yerleştirilen geotekstil suyun akmasına izin verirken zemin tanelerini tutar. Su ile birlikte kullanılan geotekstilin açıklıklarından daha küçük malzemeler filtreden geçer eğer bu ince malzemeler tutulursa daha az geçirimli bir tabaka oluşacak ve suyun geçişi engellenecektir. Boşluk suyu basıncını artıracığı için geotekstilin uygulanacağı zemin kadar geçirgen olması gereklidir.

**Drenaj** : Geotekstiller sıvı yada gaz hareketi için bir kanal boru gibi kullanılmaktadır. Drenaj için kalın örgüsüz geotekstil kullanımı tercih edilmelidir. Ürünün seçilmesinde geotekstilin basınca yüksek dayanım göstermesi ve iyi filtre özelliğine sahip olması gerekmektedir.

**Koruma** : Koruma amacıyla yapılan uygulamalarda geotekstil deformasyonu ve gerilmeyi azaltmak veya yaymak için kullanılmaktadır. Zemin üzerine yerleştirilen geotekstil ile malzeme hava koşulları trafik gibi etkenlerden korunabileceği gibi geotekstili iki malzeme arasına yerleştirilerek malzemeler arası bir koruma şeridi oluşturulabilir.

**Yalıtım** : Drenaj yada güçlendirme kadar tercih edilmesede hem örgülü hem örgüsüz geotekstiller yalıtım amacıyla kullanılmaktadır. Bitüm polimerik karışımlar ve plastik yalıtım ürünleriyle birlikte kullanıla geotekstil geçirimsiz bir malzeme oluşturularak bir çeşit membran görevi görür. Kullanılacak geotekstilin yeterli miktarda nüfus etme özelliğine sahip olması gerekmektedir.



Şekil 3.8. Geotekstil kullanım alanları ([www.insaatci.com](http://www.insaatci.com))

Geotekstil kullanım alanları aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- 1- Kaplamasız yollarda
- 2- Karayolları ve hava alanlarında
- 3- Demiryollarında
- 4- Barajlarda
- 5- Asfalt takviye işlerinde
- 6- Dren ve hendeklerde
- 7- Şev ve kıyı korumalarında
- 8- Spor sahalarında
- 9- Katı atık depolama tesislerinde
- 10- Su yalıtımında

Geotekstilin ilk ve en yaygın kullanım alanlarından biri kaplamasız yollardır. Geçici yollar tali yollar şantiye yolları ve orman yolları gibi bu tür yollar temel zemini üzerine belirli kalınlıkta sıkıştırılmış agrega serilerek oluşturulur. Temel zemininin yumuşak kohezyonlu bir zemin olması durumunda veya yağışlı mevsimlerde araç yükleri neticesinde zeminde yerel çökmeler gözlenebilir. Bu durumda agrega tabakasının yumuşak zemine karışması veya batması geotekstil kullanımı ile önlenmektedir. Kaplamalı yol ve uçuş pistlerinin yapım safhasında yumuşak zemin üzerine agrega filtre tabakası serildiği durumlarda dahi geotekstil uygulamaları yapılmaktadır.

Geotekstiller filtrasyon drenaj seperatör ve takviye amaçlı olarak balast altlarına serilerek demiryollarında uygulanmaktadır. Geotekstillerin yaygın uygulama alanlarından

biride asfalt tamir işlerinde kullanılır. Geotekstil kullanıldığında bitümlü püskürtme asfaltını emerek geçirimsiz hale gelen geotekstilin esas işlevi suyun alt tabakalara geçmesini önlemektir.

Geotekstiller spor sahaları gibi geniş alanların drenajının yapılmasında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır. Geotekstiller su yalıtımında koruyucu ve drenaj elemanı olarak kullanılmaktadır. Özellikle taşıma gücü yüksek olmayan zeminlerin temellendirme yapılırken mutlaka güçlendirme yöntemleri kullanılmalıdır. Bu yöntemlerden biri olan geotekstil ile zeminin donatılandırılması hem ekonomik hem de uygulama açısından en uygun olanıdır.

Kullanılan geotekstiller zeminin taşıma gücünü artırır. Aynı zamanda zayıf zemin bölgesine gelen basıncı dağıtarak farklı oturmaları azaltmaktadır. Özellikle bizim yapmış olduğumuz çalışma da ise geotekstilin kullanımı zeminin geotekstil ile güçlendirilmesi en önemli geotekstilin uygulama alanlarındanıdır.

Temeller iki gruba ayrılırlar

1- Yüzeysel Temeller (Tekil Temel, Sürekli Temel Gibi)

2- Derin Temeller (Kazıklar Gibi)

Temeller inşa edilecek olan zeminin şartlarına ve özelliklerine bağlıdır. Zeminler sert bazıları yumuşaktır. Sert zeminler suyla ıslandığında yumuşayabilirler, şişebilirler ve yüzeysel temelleri kaldırabilirler, zemin göçebilir ve temel içine batabilir iyi bir temel tasarımı tüm olumsuz koşul ve değişimlerde kendisinden beklenen fonksiyonu yerine getirecek şekilde yapılan tasarımıdır. Önemli bir yapının temel sisteminin tasarımında yapılan hatalar veya yanlış uygulamalar bir şekilde ortaya çıkacaktır. Bu aşamada zeminin iyi tanınması ve avantajları çok olan geotekstilin zeminde kullanılması önem içermektedir.



**Şekil 3.9.** Geotekstil donatılı istinat duvarı (Roven – Fransa 1971)

Zemin aralarındaki temas noktalarında oluşan sürtünme kuvvetleri etkisiyle çok daha duyarlı ve kompozit bir yapı oluşturmaktadır.

Geotekstil donatılı istinat duvarlarının avantajları

- 1- ekonomik olması
- 2- imalatın kolay ve hızlı olması
- 3- taşıma kapasitelerinin artımı
- 4- temele daha az yük aktarmaları
- 5- dönmeye karşı emniyet sağlamaları
- 6- esnek olması deprem yüklerine karşı uygun olması
- 7- korozyon tehlikesinin olmaması
- 8- estetik olması

Kullanılan geotekstil bütün yüzeyi kapladığı için noktasal zayıflıklardan doğabilecek problemler en aza indirilmiş olacaktır. Sürtünme yüzeyi artmaktadır. Donatılı istinat duvarları dolgu malzemesi ile yüzey elemanlarının birlikte kullanılmasıyla oluşurlar. Önce temel kazısı ve topuk kirişi yapılır. Birinci sırada yüzey elemanları yerleştirilip

geçici olarak iksası yapıldıktan sonra ilk tabaka dolgu yapılır. Bunun üzerine serilen donatı yüzey elemanları ile bağlanır ve daha sonra ikinci sıra dolgu yapılır. Ardışık olarak donatı ve dolgu tabakalarının yerleştirilmesiyle duvar oluşturulur.

En yaygın kullanılan geotekstilin özelliklerini şöyle sıralayabiliriz.

- 1- minimum birim alan ağırlığı 190 g/m<sup>2</sup>
- 2- minimum çekme kuvveti 40 kN/m
- 3- Minimum çekme kuvveti 18 KN/m
- 4- Çekme kuvveti altındaki maksimum deformasyon %22
- 5- Minimum statik delme deneyi 4 KN
- 6- Maksimum delme çapı 12 mm
- 7- minimum permeabilite  $1 \times 10^{-3}$  m/s
- 8- maksimum karakteristik açıklık büyüklüğü 250 mikron



Şekil 3.10. Geotekstil donatılı istinat duvarı (Roven-Fransa, 1971)

Sonuç olarak geotekstiller mekanik ve hidrolik olarak iki ana grupta incelenebilen donatı güçlendirme ayırma yalıtım filtrasyon ve drenaj fonksiyonlarına sahip olabilen geosentetiklerin son 20-30 yılda kullanımlarının giderek artmakta ve inşaat mühendisliği ile ilgili problemlerin çözümlerinde etkin oldukları bir gerçektir.

Geleneksel yöntemlerin yerine çok çeşitli işlerde kullanılabilen geotekstiller zemine doğal olarak sahip olmadığı yeni özellikler kazandırıp mühendislik parametrelerini geliştirmekte direkt ve endirekt avantajlar sağlamakta ve muhtelif geri kazanımlara neden olmaktadır.

Geotekstillerin kullanım sonuçları olarak

#### Avantajları

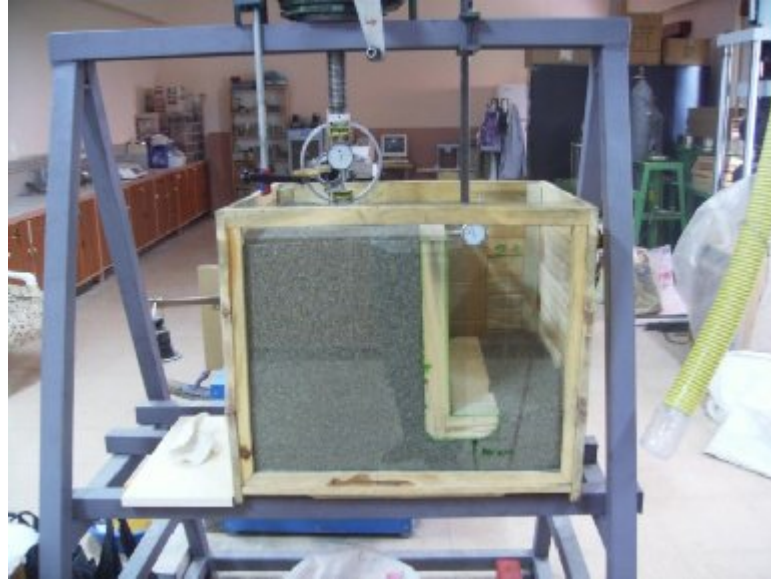
- 1- ucuzluk
- 2- 40-100°C arası hizmet
- 3- Asit ve alkalilere direnç
- 4- Bakteri ve çürümeye direnç
- 5- Özel işçilik ve ekipman gerektirmemesi

#### Dezavantajları

- 1- uygun tipin seçilemeyebilmesi
- 2- deliklerin tıkanabilmesi
- 3- güneş ışığına karşı uzun sürede bozulabilmesi
- 4- ithaltın zorluğu

**4.1. Deney düzeni**

Deneyisel çalışma, arkasında geotekstil ile güçlendirilmiş zeminde istinat yapısı davranışlarının analizini sağlayacak model plaka yükleme deneylerini içermektedir. Model temel olarak şerit temel kullanılmıştır. Model istinat duvarı olarak 53cm eninde 40cm yüksekliğinde 5cm temel derinliğinde 5cm kalınlık ve 10cm temel pabucu genişliğinde ahşap malzeme kullanılmıştır. Donatı malzemesi olarak geotekstil kullanılmıştır. Geotekstiller farklı tabaka sayıları ve farklı ebatlarda kullanılmıştır. Geotekstilin donatılardırılması ve taşıma gücü üzerindeki etkisi araştırılmıştır.



**Şekil 4.1.** Deneylerde kullanılan istinat (Özaydın 2010)

Bu bölümde deney düzeni deneylerde kullanılan zemin donatı özellikleri ile bu çalışmalarda izlenen deney programları açıklanmıştır. Daha sonra deneylerden elde edilen sonuçlar sunulmuştur.

**Deney kasası**

Geotekstil donatılı kum zeminler üzerine yapılan deneyisel çalışmalar KSÜ inşaat mühendisliği laboratuvarında yapılmıştır. Deneylerde kum kasası olarak 55cm genişliğinde

66cm uzunluğunda ve 55cm derinliğindeki dikdörtgen kesit kullanılmıştır. Deney kasası ahşap malzemedен yapılmış olup ön kısmı cam levhadır. Deney kasası 2010 yılı yüksek lisans çalışmalarında nail yılmaz tarafından yaptırılmıştır.(Yılmaz 2010 ve Özaydın 2010)

#### **Kullanılan istinat duvarı**

Şekil 4.1. de görüldüğü gibi Deneysel çalışmada pabuçlu istinat duvarı kullanılmıştır. Model istinat duvarının boyutları 53cm en 40cm yükseklik 5cm temel derinliği 5cm kalınlık ve 10cm pabuç eni şeklinde imal edilmiştir. Yapılan deneylerde aynı istinat kullanılmıştır. İstinat duvarı ahşaptan imal edilmiştir.

İstinat duvarı boyutlandırılmasında hesaplamaları yapılmış ve bu boyutların taşıma için yetersiz olduğu gözlemlenmiştir. Ek olarak 10kg yük ilave edilmiş ve bu ilave yük ile sınır değerde taşıma kapasitesi oluşturulmuştur. Güvenli bölgede kalınması amacıyla 10kg yerine 15 kg yük istinat duvarına yerleştirilmiştir. İstinat duvarı serbest halde olması sağlanmıştır.

Yapıldığın da hemen ötelenme hareketine başladığı belirli bir yükten itibaren ötelenmediği sınır boyutlarda olduğu için ötelenme hareketinin hemen başladığı gözlenmiştir. Toplam 23kg ağırlığa ulaşan istinat duvarının yapılan hesaplarında dönmeye karşı güvenlik katsayısı 1.14 olarak hesaplanmış ve sınır değer tercih edilmiştir. Kaymaya karşı güvenlik katsayısı 1.76 olarak hesaplanmıştır. Bu sayede yükleme yapıldığında istinat duvarının ötelenme hareketine hemen başladığı ve ölçümlerin hassas ortamda yapıldığı gözlenmiştir.





**Şekil 4.2.** Deneyleerde kullanılan istinat (Özaydın 2010)

#### **Kullanılan temel plakası**

Deneysel çalışmada temel tipi olarak şerit temel kullanılmıştır. Temel uzunluğu 52cm ve eni 7cm olarak St37 çelik plakadan yapılmıştır. Et kalınlığı 2cm olarak imal edilmiştir. Kullanılan şerit temel 6kg ağırlığındadır. Temelin yükleme olarak merkezinden yükleme yapılması için 2mm derinliğinde oturma çukuru açılmıştır.

#### **Yükleme sistemi**

Deneyleerde kullanılan yükleme sistemi arazi tipi CBR kullanılmıştır. Arazi CBR düzeneği komple mekanik el ile çevirmeli dişli kutusu 50 kN kapasiteli yük halkası 0.01mm hassasiyetli ve 25mm kurs boylu penetrasyon saati 4500gr delikli ağırlık ve 4500gr yarıklı ağırlık ile birlikte kullanılmaktadır.

#### **Yükleme halkası**

Şekil 4.2. de görüldüğü gibi Deneyleerde temel plakasına uygulanan yük değerleri ve istinat duvarında oluşan ötelenmeyi okumak amacıyla yük halkası kullanılmıştır.



**Şekil 4.3.** Yüklem halkası

Yüklem halkasının kalibrasyonu yapılmış ve 0.367 olarak belirlenmiştir. 0.01gr ölçüm hassasiyetiyle ölçülmüş yüklem değerleri istinat duvarı ötelenmesi 8mm oluncaya kadar devam edilmiş ve bu kısımda sonlandırılmıştır. Yük değerleri için okunan değerler kg olarak okunmuş ve grafikler için bu değerler kN/m<sup>2</sup> birimine çevrilmiştir.

### **Zemin özellikleri**

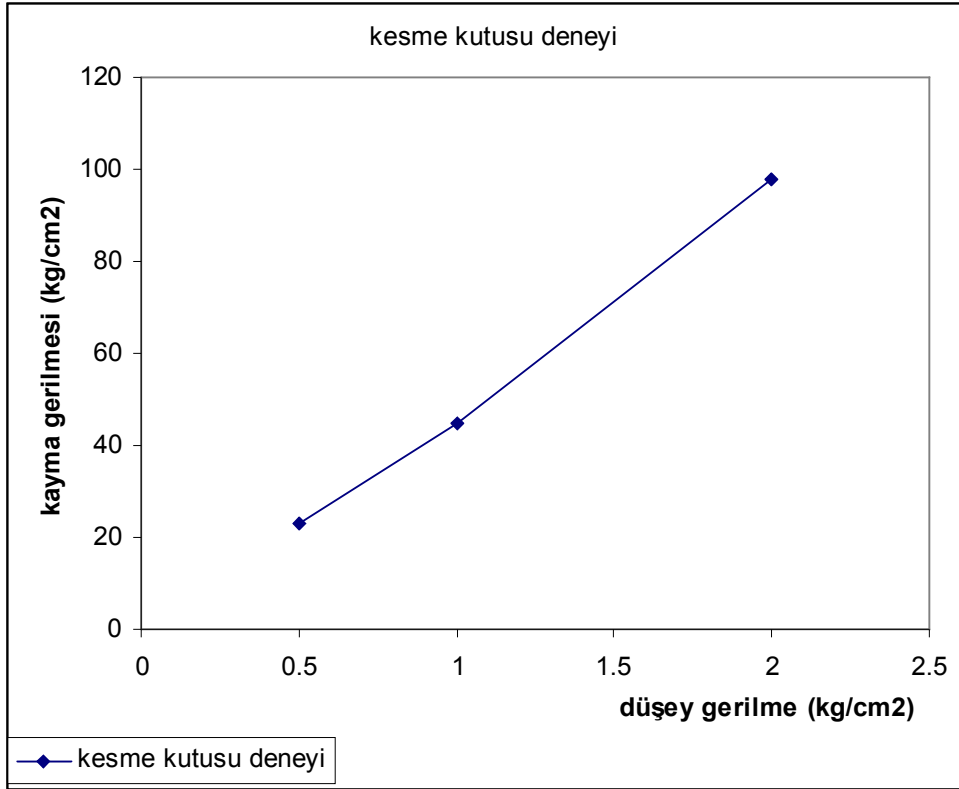
Deneyel çalışmalarda kullanılan zemin kum ocağından alınan 18 nolu elek ve 35 nolu elek arasında kalan kumlardan oluşmaktadır. Kullanılan zemin 1mm çapı ile 0.5mm çapı arasında kum tanelerinden oluşmaktadır. Kum numuneleri üzerinde kesme kutusu deneyi düzenlenmiş ve deney kumunun kayma mukavemeti açısı  $\phi 35^\circ$  bulunmuştur. (Özaydın 2010)

Çizelge 4.1. Elek analizi sonuçları (Özaydın 2010)

Granülometre Parametreleri	birim	değer
Kaba Kum Yüzdesi	%	16,8
Orta Kum Yüzdesi	%	78,5
İnce Kum Yüzdesi	%	4,7
Efektif Dane Çapı D10	mm	0,5
D30	mm	0,6
D60	mm	0,71
Üniformluk Katsayısı, Cu		1,42
Derecelenme Katsayısı, Cc		1,014
Zemin Sınıfı		SP

Çizelge 4.2. Piknometre deneyi sonuçları (Özaydın 2010)

Örnek NO	Piknometre Ağırlığı(g) ( $W_1$ )	Piknometre + örnek ağırlığı (g) ( $W_2$ )	Piknometre + örnek + su ağırlığı (g) ( $W_3$ )	Piknometre + su ağırlığı (g) ( $W_4$ )	özgül ağırlık ( $G_s$ )
1	54,05	81,60	170,08	152,96	2,64
2	54,37	78,13	168,09	153,00	2,74
3	53,01	73,34	164,44	151,72	2,67



Şekil 4.4. Kesme kutusu deneyi (Özaydın 2010)

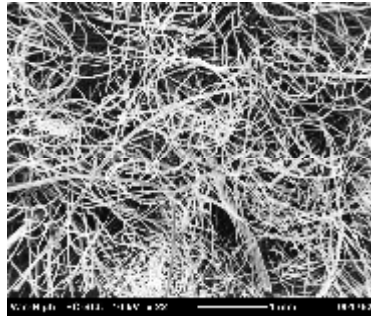
#### Deneylerde kullanılan geotekstilin özellikleri

Kullanılan beyaz geotekstil kum zeminini güçlendirmek için kullanılacak olan geotekstil AHED plastik san. Tic. Ltd. şti. tarafından üretilmiştir.

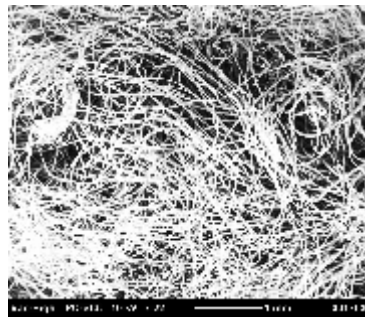
Kullanılan geotekstillerin hammaddesi FTIR cihazında okunmuştur;

<b>Beyaz geotekstil;</b> Poly(ethylene terephthalate) TG =81 1m <sup>2</sup> ağırlığı=5,28gr
<b>Kahverengi geotekstil;</b> Poly(ethylene terephthalate) TG =81 1m <sup>2</sup> ağırlığı=3,95gr
<b>Yeşil çuval hammaddesi:</b> PE Atkı sıklığı: 3 Atkı/cm Çözü sıklığı: 3 Çözü/cm 1m <sup>2</sup> ağırlığı=1,45gr
<b>Beyaz çuval hammaddesi:</b> PP TG=-26 Atkı sıklığı: 4 Atkı/cm Çözü sıklığı: 4 Çözü/cm 1m <sup>2</sup> ağırlığı= 0,99gr

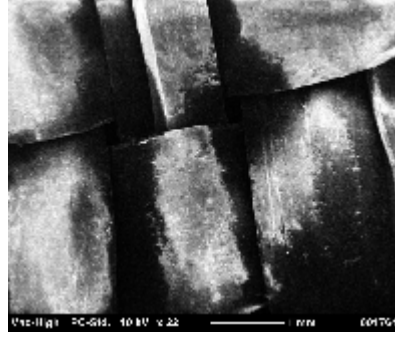
Kullanılan geotekstillerin ayrıca SEM cihazında görüntüsü alınmıştır;



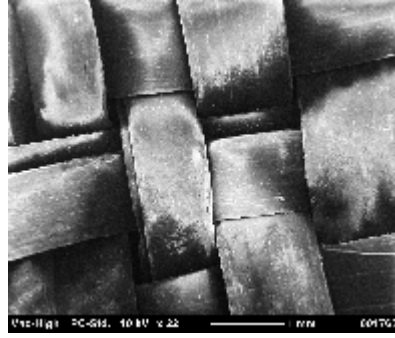
Şekil 4.4. Beyaz PET geotekstilin SEM görüntüsü



Şekil 4.5. Kahverengi PET geotekstilin SEM görüntüsü



Şekil 4.6. Yeşil PE çuvalın SEM görüntüsü



Şekil 4.7. Beyaz PP çuvalın SEM görüntüsü

Çizelge 4.3 Geotekstil özellikleri (Özaydın 2010)

yapılan deneyler	numune deney sonuçları	
	en yönünde	boy yönünde
çekme mukavemeti (N/b cm) V=200 mm/dak. L <sub>0</sub> =200 mm DIN 53857/2	299	378
uzama oranı (%) DIN 53857/2	122	62
statik delinme mukavemeti(N) V=50 mm/dk.Q50 mm DIN 54307	455	

**Aletlerin kalibrasyonu**

Deneyler sırasında yapılan yük ve deplasman ölçümlerinin doğru bir şekilde yapılabilmesi için yük halkası ve deplasman aletlerinin kalibrasyonu yapılmıştır. Yük halkası kalibrasyonun da yük halkasına uygulanan yükler sonucun da 5 kg için 14 değeri 10 kg için 28 değeri ve 15 kg için 42 değeri okundu ve bu değerler neticesinde yükleme halkası için  $10/28 = 0.367$  değeri elde edilmiştir. Çökme değerlerini okumak amacıyla 0.01mm duyarlıklı ölçer kullanılmıştır.

**Deneyin yapılması**

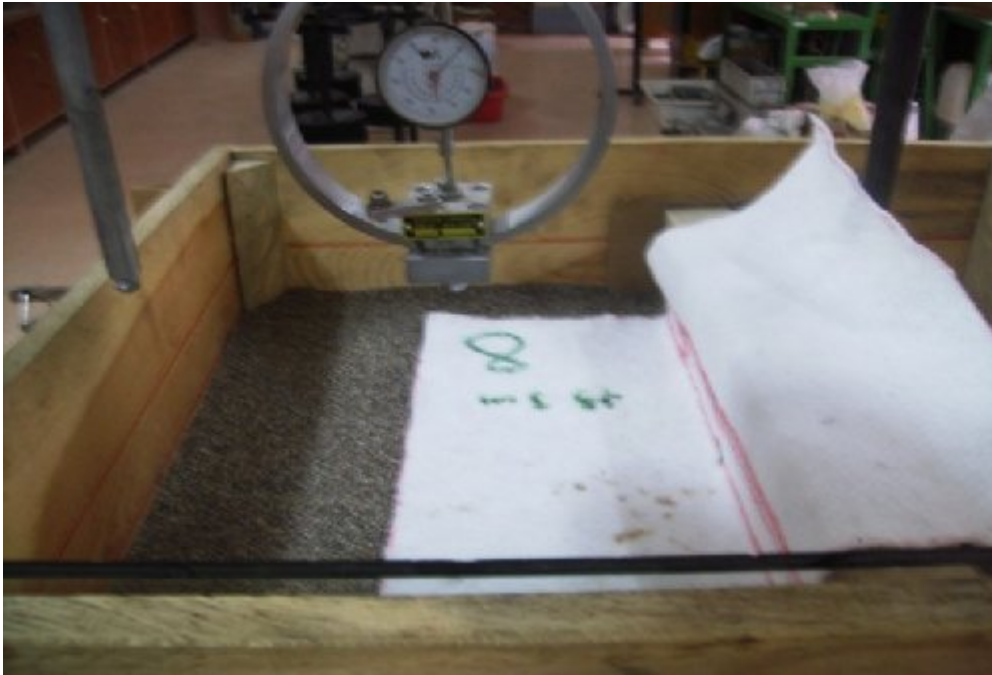
Kum numuneler kasa içerisine 5cm lik tabakalar halinde ve yüzeyden 5cm yükseklikten serbest düşüşü yapılarak yerleştirildi. Deney kasasının içerisi ölçülendirilmiştir. Geotekstil serme seviyesine ve yükleme seviyesine ulaşıldığında su terazisi ile zemin yüzeyinin düzgünlüğü kontrol edildi. Geotekstil donatı tabakaları istinat duvarı arkasına kumun yerleştirilmesi sırasında belirlenen mesafelere gelindiğinde serilerek kumun yerleştirilmesine devam edildi. Geotekstil için serilmesi hangi deneyin yapılacağı işlemine göre serilmiştir. Öncelikle geotekstilin ilk serilme mesafesinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde kullanılacak olan geotekstil için belirlenen seviyeye kadar kumla doldurulur. Seviyeye gelindiğinde kullanılacak olan geotekstil serilir. Tekrar kum zeminin doldurulmasına devam edilir. Şerit temel zeminin üzerine yerleştirilip orta noktasına yükleme yapılarak okuma değerleri alınır.

İstinat duvarının kumun ve geotekstilin yerleştirilmesi işlemi tamamlandıktan sonra zemin yüzeyine üst noktasına belirlenen mesafeye temel plakası yerleştirilmiş ve su terazisi ile yüzeyin düzgün olması kontrol edilerek temelin düz yerleştirilmesi sağlanmıştır. İstinat duvarında meydana gelen ötelenmeleri ölçmek için ölçüm aleti yerleştirildi. Temeldeki oturmaları ölçmek için ölçüm aleti yerleştirildi. Deneyler ölçümleri yapılması için hem istinat duvarı hem temel hem de yüklemeyi ölçebilmek için 3 kişi ile deney ölçümleri yapıldı. Model temelin yerleştirilmesinden sonra yük halkası model temelde açılan çukura gelecek şekilde yerleştirilerek deneyler yapılmıştır. Yük istinat duvarı arkasında sıfır mesafe ile temelin merkezine düşey yönde ve statik olarak

uygulanmıştır. Yük kademeli olarak artırılmış ve deney sırasında yükleme hızı sabit tutulmaya çalışılmıştır. Ölçüm aletlerinden okunan değerler istinat duvarında oluşan 0.8 cm lik ötelenmeye kadar alınmıştır.



**Şekil 4.8.** Yük halkasının yerleştirilmesi



**Şekil 4.9.** Geotekstillerin yerleştirilmesi



**4.2. Deney yapılışı****Deney verilerinin yorumlanması**

Her deney sonrasında yük-ötelenme eğrileri çizilerek belirli bir derinlikteki geotekstil için 0.8cm lik ötelenme miktarına kadar göçme ve yükün değişimi belirlenmiştir. Elde edilen verilerin yorumları yapılmıştır.

**Deney programı**

Deneysel çalışmada arkasında geotekstil donatılı kumlu zemin bulunan istinat duvarının davranışları analiz edilmeye çalışılmış değiştirilen ilk donatı tabaka derinliği donatı sayısı donatı eni ve boyu donatı tabaka arası derinliği parametreleri ile istinat duvarında oluşan ötelenme deformasyonları belirlenerek bütün bu parametrelerin taşıma kapasitesine olan etkisi araştırılmıştır.

Kullanılacak olan her hangi bir malzeme için en uygun parametrelerinin belirlenmesi kullanılacak olan malzemeden en yüksek verimin alınmasını sağlar. Geotekstil malzemesi zemin güçlendirmesi için kullanılan bir malzemedir. Bu malzemenin kullanılma parametrelerinin belirlenmesi geotekstilden en iyi verimin alınmasını sağlayacaktır. Deneylerimizde yapmış olduğumuz çalışmalar geotekstilin istinat duvarı üzerindeki en uygun parametrelerinin belirlenmesi ve bu parametreler doğrultusunda en iyi verimin alınması amaçlanmaktadır. Bu doğrultuda en iyi ilk serilme mesafesi en iyi tabaka sayısı tabakalar arası en uygun mesafe ve geotekstilin en uygun ebatlarının belirlenmesi en iyi verimi almamızı sağlayacaktır. Kullanılan geotekstilin en iyi parametrelerle kullanılması zeminin de en iyi şekilde donatılandırılmasını sağlayacaktır. Taşıma gücü kapasitesinin en iyi artırımı elde edilmiş olacaktır. Bu değerler ışığında geotekstilin zemine katkısı belirlenmiş olacaktır. Deneylerden elde edilen yük – ötelenme eğrilerinden geotekstil ile güçlendirilen kumlu zeminlerin göçme türü nihai taşıma kapasitesi ve göçme anındaki ötelenme miktarları belirlenmiştir.



**Şekil 4.10.** Düzenegın yerleştirilmesi

Deneylerle ilgili olarak

İlk olarak donatısız kum zeminde terazi ile düzlenerek şerit temel yerleştirilmiş ve yükleme yapılarak okumaları yapılmıştır. Donatısız olarak geotekstil kullanılmadan temelde meydana gelen çökme ve istinat duvarındaki ötelenme ölçülmüştür.

İlk serilme mesafesi  $U$  nun belirlenmesi için öncelikle  $U/B$  oranı 0.3 için deneylere başlanmış ve değerleri okunmuştur.  $B$  = temelin eni kullanılan temelimizin eni 7cm dir  $U/B= 0.3$  için  $U$  değeri 2.1cm olarak alınmış istinat duvarının 2.1cm aşağısına gelinceye kadar kum serilmiş ve 2.1cm seviyesinde geotekstil serilmiş ve üzeri kum la doldurulmuş ve terazi ile düzlenmiş ve temel yerleştirilmiş deneye başlanmıştır. İlk serilme seviyesi  $U$  nun belirlenmesi amacıyla kullanılan geotekstilin ebatları 52cm uzunluğunda şerit temel boyunca ve istinat duvarı boyunca kullanılmış en olarak ise 32cm eninde kullanılmıştır.

İkinci deney olarak U 'nun belirlenmesi için U/B oranı 0.4 için deneylere başlanmış U = 2.8cm için yapılmıştır. İstinat duvarının üst seviyesinden 2.8cm aşağısında geotekstil serilmiş ve üzeri kum zeminle doldurulup terazi ile düzlenip şerit temel üzerine yerleştirilerek deney yapılmıştır. Geotekstil ebatları olarak 52cm boyunda ve 32cm eninde önceki deneylerle aynı ebatlar kullanılmıştır. Her deney için ayrı geotekstiller kullanılmıştır.

Üçüncü deney olarak U/B oranı 0.5 için deneyler yapılmıştır. U = 3.5cm olarak belirlenmiş ve istinat duvarı üst seviyesinin 3.5cm aşağısına geotekstil serilmiş ve üzeri kum zeminle doldurulup terazi ile düzlenip şerit temel yerleştirilmiş deneylere başlanmıştır. Geotekstil ebatları diğer deneyler gibi aynı ebatlar kullanılmış geotekstilin boyu 52cm eni ise 32cm olarak kullanılmıştır.

Dördüncü deney olarak U/B oranı 0.6 için deneyler yapılmıştır. U = 4.2cm olarak belirlenmiştir. İstinat duvarı üst seviyesinden 4.2cm aşağısına geotekstil serilerek üzeri kum zeminle doldurularak terazi ile düzlenmiş ve şerit temel üzerine yerleştirilerek deneylere başlanmıştır. Geotekstil ebatları olarak boyu 52cm ve eni 32cm olarak diğer deneylerdeki geotekstil ebatları ile aynı ebatlar kullanılmıştır.

Yapılan dört deney en uygun U (geotekstilin ilk serilme mesafesi) değeri için yapılmış ve deney sonuçları üzerinde yapılan tartışmalar ve çizilen grafikler neticesinde en iyi verim alınacak U mesafesi belirlenmiştir.

h/H oranı değerleri elde edilerek en iyi (h) serilecek olan iki geotekstil arası mesafe belirlenmesi için deneylere başlanmıştır.

Yapılan birinci deneyde h/H oranı 0.1 için ( H = istinat duvarı yüksekliği) H = 40cm dir. Bu değerler ışığında h = 4cm deneyler yapılmıştır. Bu deneyde iki adet geotekstil kullanılmış ve bu iki geotekstil arası mesafe 4cm olarak yapılmıştır. İlk serilme mesafesi için 2.1cm kullanılmıştır. İstinat duvarı üst seviyesinden 6.1cm aşağısına ilk geotekstil serilmiş ve daha sonra kum zeminle doldurularak istinat duvarı üst seviyesinden 2.1cm aşağısına ikinci geotekstil serilerek kum zeminle doldurulmuş terazi ile düzlenerek şerit

temel yerleştirilmiş ve denylere başlanmıştır. Bu deneyde yine geotekstil ebatları için boyu şerit temel boyunca olan uzunluğu 52cm kullanılmış eni olarak 32cm kullanılmıştır. Diğer deneylerdeki geotekstille aynı ebatlar tercih edilmiştir. İkinci deney olarak  $h/H = 0.2$  için deneyler yapılmış  $H = 40$ cm olduğundan  $h = 8$ cm için deneyler yapılmıştır. İstinat duvarı üst seviyesinden 10.1cm aşağısına birinci geotekstil serilmiş istinat duvarının üst seviyesinden 2.1cm aşağısına kadar kum zeminle doldurulmuştur. İlk serilme mesafesi bu deney için önceki deneyle aynı mesafe olan 2.1cm olarak kullanılmıştır. 2.1cm seviyesine ikinci geotekstil serilerek üzeri kum zeminle doldurulup terazi ile düzlenmiş şerit temel yerleştirilerek deneylere başlanmıştır.

Yapılan bu iki deneyde serilen iki geotekstil arası en iyi mesafe belirlenmeye çalışılmış ve iki deneyin sonuçları grafikleri üzerinden tartışılmıştır. Deneyler sonucu en iyi ilk serilme mesafesi ve iki geotekstil arası en iyi mesafe belirlenmiş olacaktır. Zemine serilecek olan geotekstillerin kaç tabak serileceğini belirlemek için birinci deneyde öncelikle bir tabaka geotekstil serilmiştir. Serilen bir tabaka geotekstil için ilk serilme mesafesi istinat duvarının üst seviyesinden 2.1cm olarak diğer deneylerdeki ile aynı seviye kullanılmıştır. 2.1cm seviyesine serilen geotekstil serildikten sonra üstü kum zeminle doldurulup terazi ile düzlenip üzerine şerit temel yerleştirilmiş ve deney okumaları yapılmıştır. İkinci deneyde tabaka sayısı olarak iki tabaka serilmiştir. Serilen iki tabaka için tabakalar arası mesafe 4cm olarak kullanılmıştır. İlk serilme mesafesi 2.1cm diğer deneylerle aynı değer kullanılmıştır. İstinat duvarının üst seviyesinden 6.1cm seviyesinden ilk geotekstil serilerek 2.1cm seviyesine kadar kum zeminle doldurulmuş ve 2.1cm seviyesine ikinci geotekstil serilerek üzeri kum zeminle doldurulup terazi ile düzlenip şerit temel yerleştirilerek deney okumalarına başlanmıştır.

Üçüncü deneyde  $N =$  tabaka sayısı üç olarak deneylere başlanmıştır. Geotekstillere arası mesafe 4cm olarak diğer iki deneyde aynı değer alınmıştır. 3 tabaka serileceğinden ve ilk serilme mesafesi 2.1cm diğer değerlerle aynı değer alındığından toplam istinat duvarı üst seviyesinden 10.1cm aşağısına ilk geotekstil serilmiş ve 6.1cm seviyesine kadar kum zeminle doldurulmuş ve 6.1cm seviyesine ikinci geotekstil serilmiş 2.1cm seviyesine kadar kum zeminle doldurulmuş ve 2.1cm seviyesine üçüncü geotekstil serilmiştir. Üzeri

kum zeminle doldurulup terazi ile düzlenip üzerine şerit temel yerleştirilip deney okumalarına başlanmıştır.

Dördüncü deneyde serilen tabaka sayısı dört tane olarak yapılmıştır. Kullanılan dört tane geotekstilin ebatları diğer deneylerdeki geotekstil ebatları ile aynı ebatlarda geotekstil hazırlanmıştır. Geotekstilin boyu şerit temel boyunca 52cm olarak ve eni 32cm olarak hazırlanmıştır. Geotekstiller arası mesafe önceki deneylerle aynı 4cm olarak seçilmiştir. İlk serilme mesafesi yine 2.1cm olarak yapılmıştır. İlk serilme payı ile geotekstiller arası mesafe hesaplandığında istinat duvarı üstünden itibaren 14.1cm aşağısına ilk geotekstil serildi ve üzeri kum zeminle 10.1cm seviyesine kadar dolduruldu. İkinci geotekstil serildi ve üzeri 6.1cm seviyesine kadar kum zeminle dolduruldu ve üçüncü geotekstil serildi ve üzeri 2.1cm seviyesine kadar kum zeminle dolduruldu 2.1cm seviyesine dördüncü geotekstil serildi ve üzeri kum zeminle doldurulup terazi ile düzlendi ve şerit temel üzerine yerleştirilip yüklemesi yapılarak değerleri okundu

Yapılan dört deney sonunda serilen geotekstil tabakaları değerlendirmeleri grafikleri hazırlanarak karşılaştırmaları yapıldı. Bir tabaka geotekstil serilen deney grafikleri ile iki tabaka serilen geotekstil deneyi grafiği ile üç tabaka serilen geotekstil deneyinin grafiği ile dört tabaka serilen geotekstil deneyi grafiği arasında kıyaslamalar yapılarak en iyi tabaka sayısı belirlenmeye çalışılmıştır.

Deneylerde kullanılan geotekstilin ebatlarının belirlenmesi amacıyla T/H oranı ile geotekstilin eninin belirlenmesi amaçlanmıştır. Geotekstilin boyu temel boyuncadır. H istinat duvarı yüksekliğidir. Deneylerde kullandığımız geotekstil 40cm yüksekliğindedir. T/H oranları 0.5 için ilk deneyimiz için kullanacağımız geotekstilin eni 20cm olarak belirlenmiştir.

Geotekstilin boyu ise 52cm şerit temel boyuncadır. İlk deneyde 20x52 ebatlarında geotekstil hazırlanmış ve ilk serilme seviyesi 2.1cm olarak yapılmıştır. 1 tabaka geotekstil kullanılmıştır. İstinat duvarının 2.1cm yüksekliğine kadar kum zeminle doldurulmuş ve bu seviyeye geotekstil serilmiş üzeri kum zeminle doldurulup terazi ile üstü düzlenerek şerit temel üzerine yerleştirilmiş yükleme yapılarak deney okumaları yapılmıştır.

İkinci deneyde ise geotekstilin eni T/H oranı 0.6 alınarak deneyde kullanacağımız geotekstilin eni 24cm olarak belirlenmiştir. Geotekstilin boyu 52cm şerit temel boyunca olarak hazırlanmıştır. İlk serilme seviyesi bir önceki deneyle aynı 2.1cm olarak belirlenmiştir. İstinat duvarının 2.1cm yüksekliğine kadar kum zeminle doldurulmuş ve hazırlanan geotekstil serilmiş üzeri kum zeminle doldurulmuş üzeri terazi ile düzlenmiş ve şerit temel yerleştirilerek yükleme yapıp deney okumaları yapılmıştır.

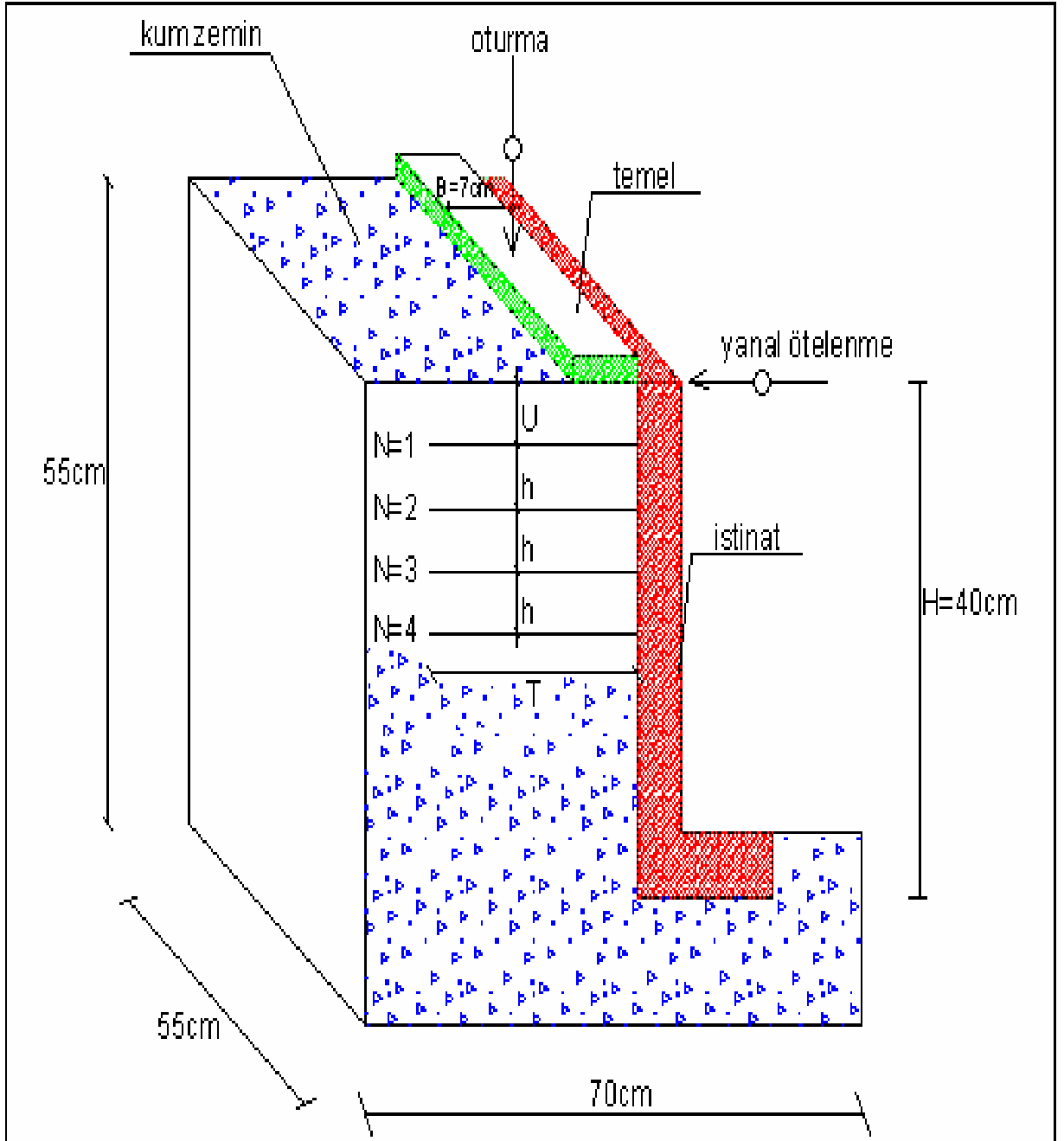
Üçüncü deneyde T/H oranı 0.7 olarak alındı. Alınan 0.7 oranına göre geotekstilin eni 28cm olarak belirlendi geotekstilin boyu ise 52cm şerit temel boyu olarak belirlenmiştir. Geotekstilin ilk serilme yüksekliği önceki deneylerle aynı yükseklik 2.1cm olarak kullanılmıştır. İstinat duvarının 2.1cm yüksekliğine kadar kum zeminle doldurulmuş ve hazırlanan geotekstil serilip üzeri kum zeminle doldurulmuştur. Terazi ile üstü düzlenerek şerit temel yerleştirilmiş ve yükleme yapılarak okumaları yapılmıştır.

Dördüncü deneyde ise T/H oranı 0.8 olarak alınmıştır. Bu orana göre geotekstilin eni 32cm olarak belirlenmiştir. İlk serilme seviyesi olarak 2.1cm önceki deneylerle aynı seviye alınmıştır. Geotekstilin boyu ise yine şerit temel boyunca 52cm olarak hazırlanmıştır. İstinat duvarının 2.1cm seviyesine kadar kum zeminle doldurulmuş ve geotekstil serilerek üzeri kum zeminle doldurulmuş terazi ile düzlenerek şerit temel yerleştirilmiş yüklemeleri yapılarak okumalar alınmıştır.

Yapılan dört deney sonunda ilk olarak 20x52 ebatlarındaki geotekstilin grafiği oluşturulmuş daha sonra 24x52 ebatlarındaki geotekstilin grafiği oluşturulmuş daha sonra 28x52 ebatlarındaki geotekstilin deney sonuçları grafiği çizilmiş son deneyde ise 32x52 ebatlarındaki deney sonucu grafiği çizilip bu dört deney sonundaki değerler karşılaştırılarak kullanılan geotekstiller içerisinde en uygun ebatlardaki geotekstilin belirlenmesi yapılmıştır.

Yapılan dört aşamalı deneylerde ilk olarak geotekstilin ilk serilme yüksekliği ikinci olarak serilecek olan geotekstiller arası mesafe belirlenmiş üçüncü olarak kaç tabaka geotekstil serilmesi gerektiği ve en son olarak kullanılacak olan geotekstilin ebatlarının ne olması gerektiği belirlenmeye çalışılmıştır.

Geosentetiklerin, donatılı zemin uygulamalarında kullanımı dayanma yapıları için önemli olanaklar yaratmış olup bu kapsamda sağlanan yararlar da aşağıda söz konusu edilmektedir:



Şekil 4.11. Deney düzeneği

**5. BULGULAR VE TARTIŞMA**

Yapılan deneylerde ilk önce kumlu zeminlerde donatı tabaka sayısının taşıma gücü kapasitesine etkisi araştırılmıştır. Daha sonra ilk donatı derinliğinin taşıma gücüne etkileri incelenmiştir. İki donatı tabakası arası derinlik tespit edildikten sonra donatı genişliği ve uzunluğunun taşıma kapasitesine olan etkisi araştırılmıştır.

Deneylerden elde edilen temelin yük deformasyonu ilişkisi ve istinat duvarının yük deformasyonu eğrilerinden geotekstil ile güçlendirilen kumlu zeminlerde istinat duvarı davranışı nihai taşıma kapasitesi ve göçme anındaki ötelenme miktarı belirlenmiştir.

İstinat duvarının yapmış olduğu ötelenme değerleri göçme sınır değerindeki almış olduğu yük değerleri her parametre için yapılan deneylerin eğrileri çizilerek her parametre için en iyi değerleri belirlenerek geotekstil için en uygun parametrelerin elde edilmesi ve projelendirilen istinat duvarlarında kullanılacak olan geotekstillerin uygulanma parametrelerinin belirlenmesi sağlanmıştır.

Geotekstilin uygulanması yapılacak olan istinat duvarı içerisindeki en iyi değerlerin elde edilmesi ve uygulama mesafelerinin tespiti için gerekli olduğunu düşündüğümüz değerlerin bulunması sağlanmıştır. Sahada kullanılacak olan geotekstil için gerekli olduğunu düşündüğümüz ilk serilme mesafesi kaç tabaka serilmesi gerektiği ve tabakalar arası mesafelerin ne olması gerektiği ve kullanılacak geotekstilin ebatlarının ne olması gerektiği elimizde bulunan parametre değerlerine göre belirlenmiştir.

Deneylerde geotekstil ile ilgili ilk serilme mesafesinin tespiti için temel genişliği B değerine bölünerek (U/B gibi) ifade edilmiştir. Böylece deneylerden elde edilen sonuçlar değerlendirilirken donatı ile ilgili optimum değerler temel genişliği cinsinden ve boyutsuz olarak verilmiştir.

Temel genişliği(B), ilk geotekstil (donatı) derinliği(U), geotekstil tabakaları arası mesafe (h), tabaka sayısı (N), istinat duvarı yüksekliği (H), güçlendirilmiş zemin toplam



derinliği(d), geotekstil tabaka uzunluğu (L), geotekstil tabaka genişliği (T) olarak belirlenmiştir.

Temelin yapılan deneyler sırasında yapmış olduğu oturma değerlerinin temel enine oranı Z olarak kullanılmıştır. Grafiklerde kullanılacak olan Z değerlerinin temel boyutları olan 7cm x 52cm için alanı 364 cm<sup>2</sup> ye oranı bulunup yüzdesi alınarak grafik çizimlerinde kullanılacaktır.

İstinat duvarının deneylerde yapmış olduğu ötelenme değerlerinin istinat duvarı yüksekliğine bölünmesi sonucu elde edilen değerler X olarak belirlenmiştir. Grafiklerde kullanılacak olan X değerlerinin oranı bulunup yüzdesi alınarak grafik çizimlerinde kullanılacaktır.

Çizilmiş olan grafikler uygulanan düşey gerilme ve çökme oranları olarak çizilmiş ve bu grafik çizimler içinde grafik eğrilerine bakılarak yorumları yapıp ideal değerler elde edilmeye çalışılmıştır.

Yapılan çalışmamızda 4 adet geotekstil tabaka sayısını (N) belirlemek için deney yapılmış ve grafikleri çizilerek yorumları yapılmış ve donatı tabaka sayısı belirlenmiştir. İkinci olarak ilk serilme mesafesi (U) değeri için 4 adet deney yapılmış ve grafikleri çizilerek geotekstilin ilk serilme mesafesi belirlenmiştir. Üçüncü olarak iki geotekstil arası mesafenin (h) belirlenmesi için 3 adet deney yapılmış ve grafikleri çizilerek iki geotekstil arası serilme mesafesi belirlenmiştir. Dördüncü olarak serilecek olan geotekstilin boyutlarını belirlemek için 4 adet deney yapılmış ve grafikleri çizilmiş ve geotekstil ebadı belirlenmiştir.

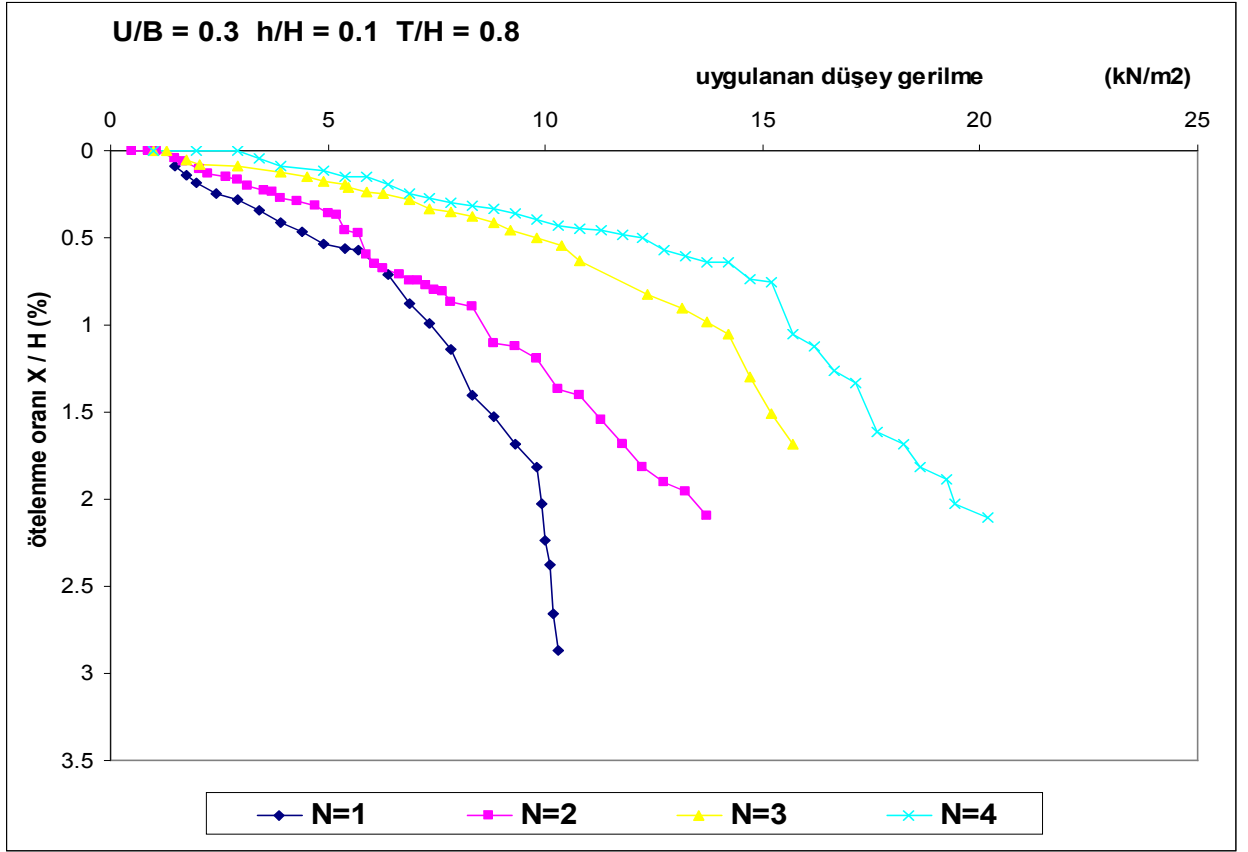
**5.1. Donatı tabaka sayısının (N) etkisi**

Geotekstil donatı tabaka sayısının (N), taşıma kapasitesine etkisini araştırmak amacıyla donatısızda dahil olmak üzere N= 1.2.3.4 donatılı olmak üzere bir seri deney yapılmıştır.

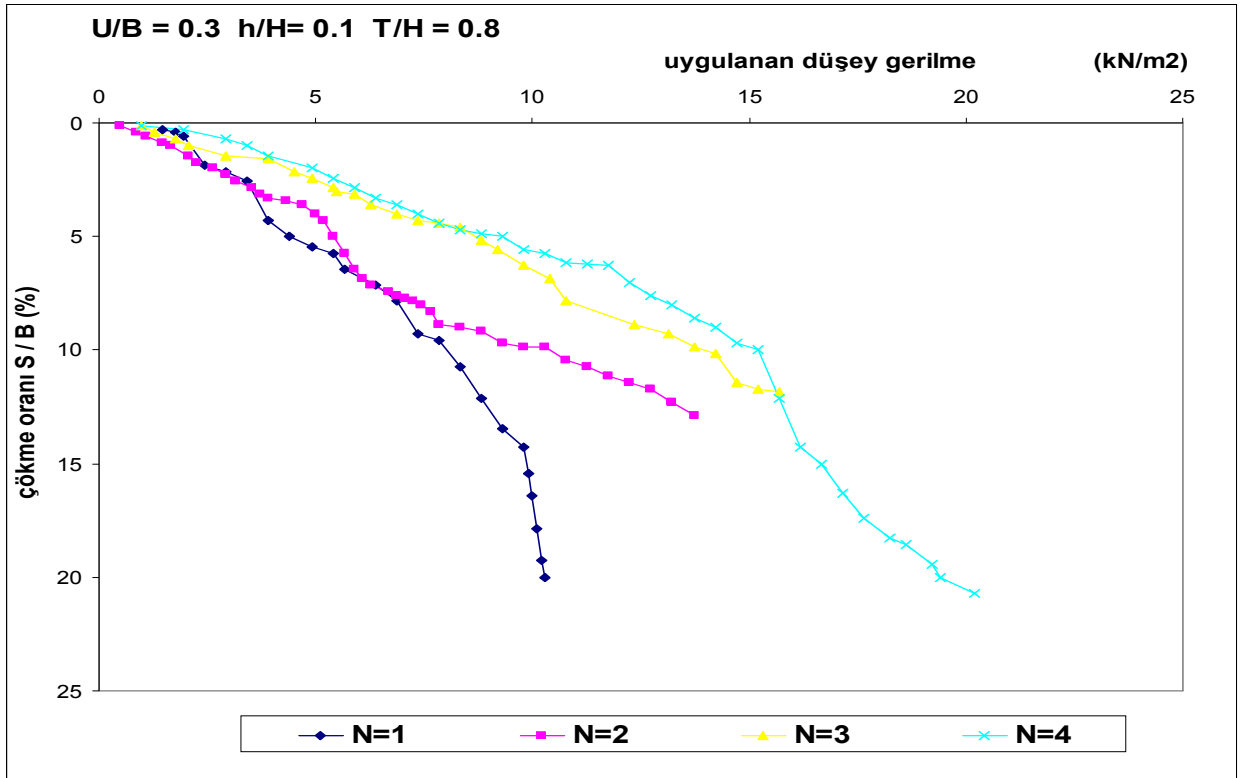
Deneyle ilgili parametreler  $U/B = 0,3$ ,  $h/H = 0,1$ ,  $T/H = 0,8$ , olmak üzere sabit tutulmuştur. geotekstilin boyu şerit temel boyunca 52cm olarak alınmıştır. İlk deneyde N=1 tabaka için başlanmış ve geotekstil ebadı 32x52 kesilip hazırlanmış ve kum zemin üzerine serilmiştir. İlk serilme mesafesi 2.1cm olarak istinat duvarı üst noktasından 2.1cm alınıp işaretlenmiş ve geotekstil bu mesafeye serilerek yapılmış daha sonra N=2,N=3 ve N=4 tabaka sayıları için 4cm ara ile geotekstiller serilerek yükleme sonucu istinat duvarı ötelenmesi ve temel çökme değerleri yorumlanmıştır.

Donatı sayısı için yapılan deneylerde istinat duvarı ötelenmesi yüze oranı ve basıncı ve temel içinde çökme oranı yüzdesi ve basıncı için ayrı iki grafik ve grafiklerde serilen 4 adet ayrı donatı tabaka sayısı için veri değerlerinin eğrileri çizilerek yorumlar yapılarak en uygun geotekstil donatı tabaka sayısına ulaşılmıştır.

4 adet deney olması geotekstil donatı tabaka sayısı belirlenmesi için yeterli olacağı düşünülmüş ve uygulama açısından yapılacak istinat duvarı için 4 tabakadan fazla geotekstilin serilmesinin zor olacağı ve daha önceki yapılan çalışmalarda ise 4 tabaka sayısı için yapıldığı düşünülerek deneyler 4 adet N=1, N=2, N=3 ve N=4 için yapılmıştır.



Şekil 5.1. U/B = 0.3 h/H = 0.1 T/H = 0.8 istinat duvarının yük deformasyonu eğrisi



Şekil 5.2. U/B = 0.3 h/H = 0.1 T/H = 0.8 temel yük deformasyonu ilişkisi

Donatı tabaka sayısının taşıma kapasitesine etkisini araştırmak için yürütülen deneysel çalışmalarda aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir

Donatı tabaka sayısı (N) arttıkça donatılı zeminlerin taşıma gücü kapasitesi de artmaktadır. Donatı sayısı 2 ye ulaşıldığında taşıma gücü kapasitesinin de yaklaşık iki katı arttığı gözlemlenmiştir. 3 ve 4 tabaka donatı sayısı arttığında zeminlerin taşıma gücü kapasitesinin de 3-4 katı arttığı gözlemlenmiştir. Bu veriler ışığında donatı sayısı için en ideal olanı N = 4 tabaka sayısı uygun bulunmuştur.

Optimum donatı sayısı N = 4 olarak bulunmuştur. Tabaka sayısı attıkça taşıma gücünün de önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir. optimum donatı sayısında taşıma kapasitesi donatısız zemindekine oranla artış sağladığı gösterildiğinden N = 4 donatı tabaka sayısı ideal kabul edilmiştir. Fakat bundan sonraki deneylerde geotekstil verilerinin daha belirgin halde olması için N = 1 tabaka sayısı olarak devam edilmiştir.

Çizilen istinat duvarı basıncı – ötelenme oranı deformasyonu ve temel basıncı – çökme oranı deformasyonu grafiklerinde istinat duvarındaki ötelenme değerleri için almış oldukları maksimum yük değerleri kıyaslanarak istinat duvarı dayanımı için en iyi tabaka sayısı (N) 4 tabaka olarak belirlenmiştir. İstinat duvarının göçmüş olması için istinat duvarının %2 lik mesafede ötelenme olması yeterlidir. İstinat duvarı yüksekliğimiz 40cm olduğu için ötelenmesi 8mm olarak belirlenmiştir. 8mm ötelenme istinat duvarı göçme mesafesidir. Bu mesafede 8mm de istinat duvarının almış olduğu yük kıyaslandığında N = 4 tabaka sayısının en ideal olduğu belirlenmiştir.

İstinat duvarı göçme kriteri TS500' e göre yük altındaki en büyük sehim değeri aşağıdaki formüller ile verilmiştir.

$$\Delta M_t / L_t < 0.00005 L_t / H \quad 1)$$

$$\Delta M_t < 0.25 \Delta M_1 \quad 2)$$

bu çalışmada kullanılan istinat duvarı modelleri için yukarıda verilen formüllerden göçme değeri 8mm olarak hesaplanmış ve bu da istinat duvarı ötelenme oranı değerlerine göre göçme oranı %2 olarak belirlenmiştir. Grafiklerde %2 değerine karşı gelen değerler karşılaştırılmıştır.

Yapılan deney parametreleri içerisinde donatı tabaka sayısı olarak  $N=4$  ün kullanılması gerektiği belirlenmiştir. Yapılacak olan her hangi bir istinat duvarı için deneyde kullanılan parametrelere göre geotekstilin uygulanması önerilmektedir. Yapılacak temel boyuna göre  $U/B=0.3$  geotekstilin ilk serilme mesafesi belirlenecek ve geotekstiller arası donatı mesafesi  $h/H = 0.1$  yapılacak olan istinat duvarının yüksekliği dikkate alınarak belirlenebilir. Kullanılacak olan geotekstilin boyutu için ise  $T/H = 0.8$  parametresine göre yapılacak olan istinat duvarı yüksekliği (H) ne göre belirlenerek uygulanır.

%2 lik ötelenme oranına karşılık gelen değerlere bakıldığında  $N= 1$  tabaka için 9.898 kN/m<sup>2</sup> ,  $N= 2$  tabaka için 13.72 kN/m<sup>2</sup> ,  $N= 3$  tabaka için 16.24 kN/m<sup>2</sup> ve  $N= 4$  tabaka geotekstil için 19.40 kN/m<sup>2</sup> uygulanan düşey gerilme değerleri belirlenmiş ve bu değerlerden  $N= 4$  donatı tabaka sayısı en uygun donatı tabaka sayısının olduğu belirlenmiştir.

%10 temel göçme oranı değerlerine bakıldığında  $N = 1$  tabaka için 8.33 kN/m<sup>2</sup> ,  $N = 2$  tabaka için 10.29 kN/m<sup>2</sup> ,  $N= 3$  tabaka için 13.72 kN/m<sup>2</sup> ve  $N= 4$  tabaka geotekstil için 15.19 kN/m<sup>2</sup> uygulanan düşey gerilme değerleri belirlenmiş ve bu değerlerden  $N=4$  tabaka donatı sayısının en uygun olduğu belirlenmiştir.

**5.2. İlk donatı tabakası derinliğinin etkisi (U)**

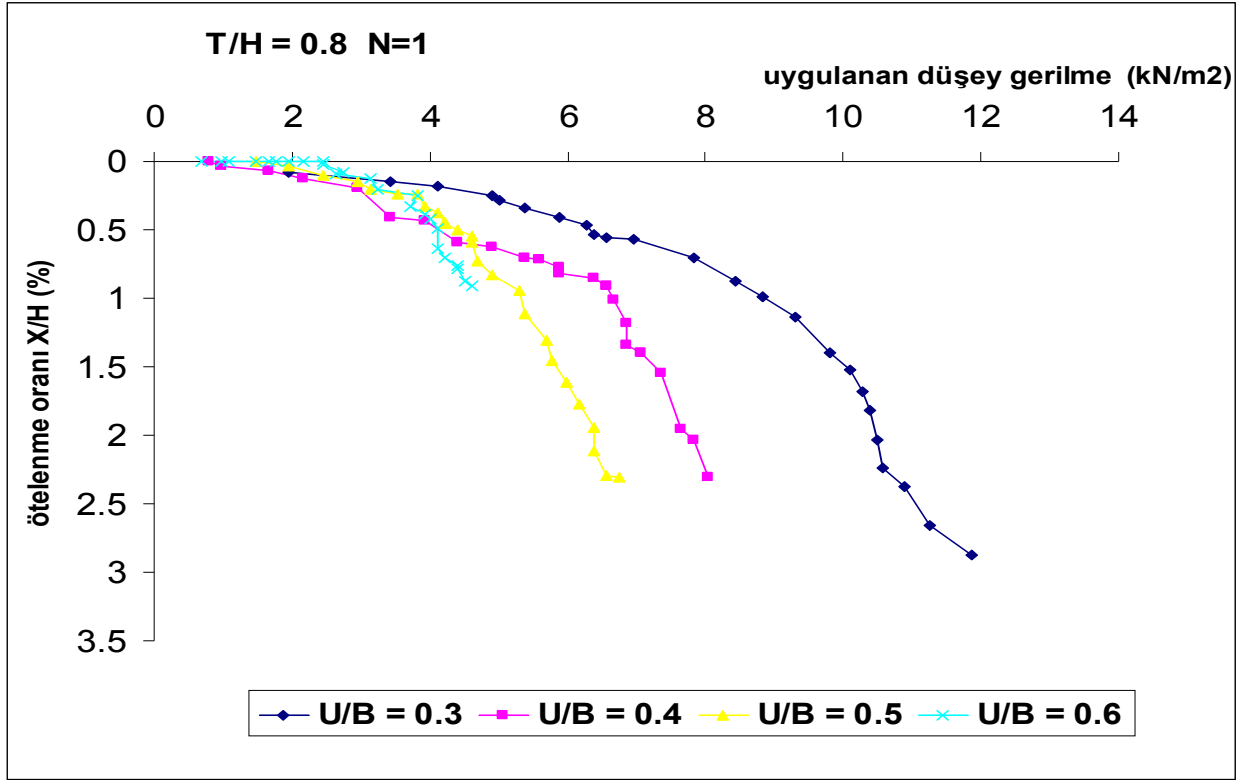
İlk donatı tabakası derinliğinin (U) taşıma kapasitesine etkisini araştırmak amacıyla farklı U değerlerinde bir seri deney yapılmıştır. Deneylerde donatı tabaka sayısı  $N = 1$  donatı tabaka boyu şerit temel boyunca 52cm olarak donatı tabaka sayısı genişliği  $T = 0.8H$  olmak üzere sabit tutulmuştur.

Bu yapılan dört deney değerleri ışığında elde edilen değerler U değeri olarak kullanılacak olan geotekstilin ilk serilme mesafesi belirlenmiş olacaktır.

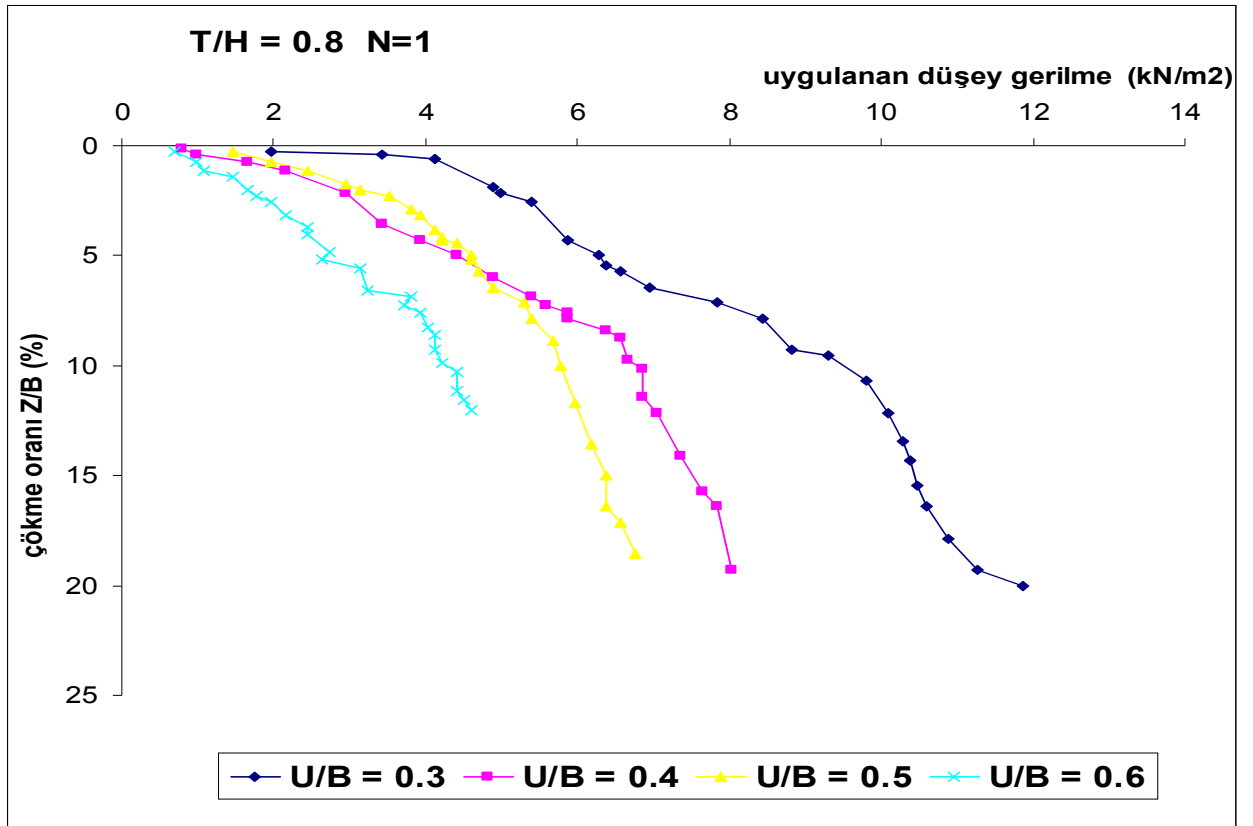
İlk donatı tabakası derinliğinin (U) taşıma kapasitesinin etkisini araştırmak için  $N = 1$  tabaka donatı kullanılarak yapılan deneysel çalışmalardan hem ilk donatı derinliği belirlenmiş olup ve taşıma gücü üzerindeki etkileri de incelenmiştir.

Yapılan dört deney sonucunda diğer parametreler aynı tutularak ve yapılan deneyler için istinat duvarı basıncı – ötelenme oranı ve temel basıncı – çökme oranı grafikleri hazırlanarak yorumlamaları yapılmıştır.

Serilecek olan donatının ilk serilme mesafesinin önemi yapılacak olan istinat duvarının zemininin istinat duvarı üst kısmından ölçülüp serilmesi gereken mesafe olarak belirlenmiş ve ilk donatının serilmesi istinat duvarının ötelenme hareketine karşı ilk direncin gösterileceği bölge olacağı için bu mesafenin belirlenmesi ilk karşı hareket ve istinat duvarı ötelenme hareketini önlemesi veya durdurması için önem arz etmektedir.



Şekil 5.3. N = 1, T/H = 0.8 istinat duvarının yük deformasyonu eğrisi



Şekil 5.4. N = 1 T/H = 0.8 temel – yük deformasyonu ilişkisi

İlk donatı tabakası derinliğinin (U) taşıma kapasitesine etkisini araştırmak için deneysel çalışmalardan şu sonuçlar çıkarılmıştır :

İlk donatı derinliği  $U/B = 0.3, U/B = 0.4, U/B = 0.5, U/B = 0.6$  oranları arasındaki değerlerin seçilerek yapıldığı deneyler sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda  $U/B$  oranı azaldıkça taşıma kapasitesinin arttığı gözlemlenmiştir.  $U/B = 0.3$  oranında taşıma gücü kapasitesi yüksek çıktığından maksimum taşıma gücü kapasitesi  $U/B = 0.3$  olarak seçilmiştir.

Şekil 5.3. istinat duvarı basıncı – ötelenme oranı ve şekil 5.4. temel basıncı – çökme oranı grafiklerinde görüldüğü üzere Optimum ilk donatı tabakası derinliği  $U = 0.3B$  olarak seçilmiştir. İlk donatı tabakasının  $U = 0.3B$  derinliğinde olması durumunda taşıma kapasitesi donatısız oranla yaklaşık 3-4 kat artış olduğu gözlemlenmiştir.

İstinat duvarı ötelenme oranı %2 lik dilimine göre  $U/B = 0.6$  değeri için  $5.6 \text{ kN/m}^2$  ,  $U/B = 0.5$  değeri için  $6.37 \text{ kN/m}^2$  ,  $U/B = 0.4$  değeri için  $7.644 \text{ kN/m}^2$  ve  $U/B = 0.3$  değeri için  $10.486 \text{ kN/m}^2$  değerleri belirlenmiş ve uygulanan düşey gerilme değerleri için en uygun ilk donatı (geotekstil) serilme mesafesinin  $U=0.3B$  olduğu tespit edilmiştir.

Temel için %10 luk çökme oranı değerlerine bakıldığında  $U/B = 0.6$  değeri için  $4.214 \text{ kN/m}^2$  ,  $U/B = 0.5$  değeri için  $5.782 \text{ kN/m}^2$  ,  $U/B = 0.4$  değeri için  $6.86 \text{ kN/m}^2$  ve  $U/B = 0.3$  değeri için  $9.8 \text{ kN/m}^2$  değerleri belirlenmiş ve %10 luk temel çökme oranına bakıldığında uygulanan düşey gerilme değerlerine göre en uygun ilk donatı (geotekstil) serilme mesafesinin  $U=0.3B$  olduğu tespit edilmiştir.

Yapmış olduğumuz deneyler sonucunda yükleme yapılmaya başlandıktan sonra temelin çökmeye başlaması ve bu çökmenin ilk donatı tabakasına zemin içerisinde yüklemeye karşı temelin oturması ve istinat duvarının ötelenmesi azaldığı gözlemlenmiştir.



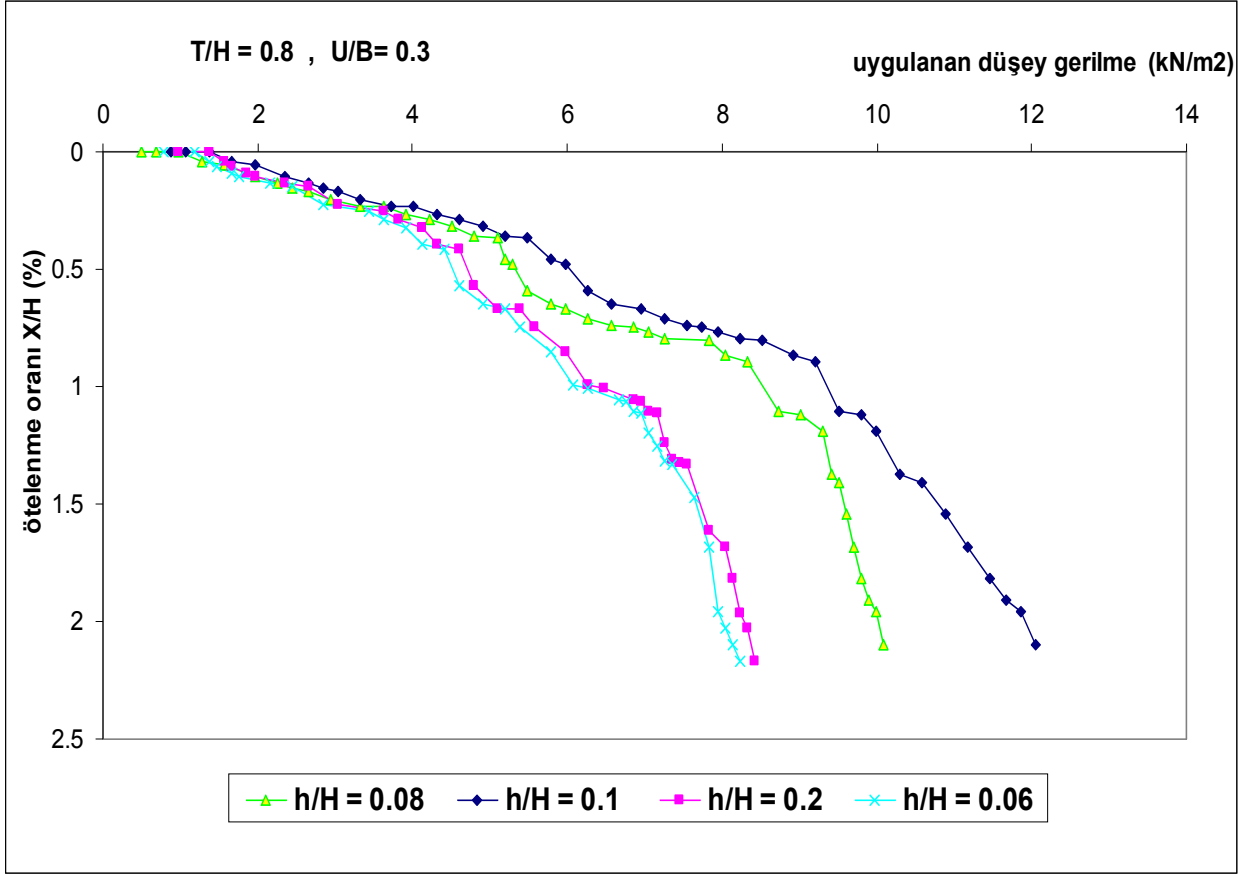
**5.3. İki donatı tabakası arası derinliğin etkisi (h)**

İki donatı arası mesafesinin (h) taşıma kapasitesine etkisini araştırmak amacıyla farklı h değerleri seçilerek bir seri deney yapılmıştır. Deneylerde diğer parametreler  $U/B = 0.3$ ,  $N = 2$ ,  $T/H = 0.8$  geotekstilin boyu şerit temel boyu 52cm olarak sabit tutulmuştur.

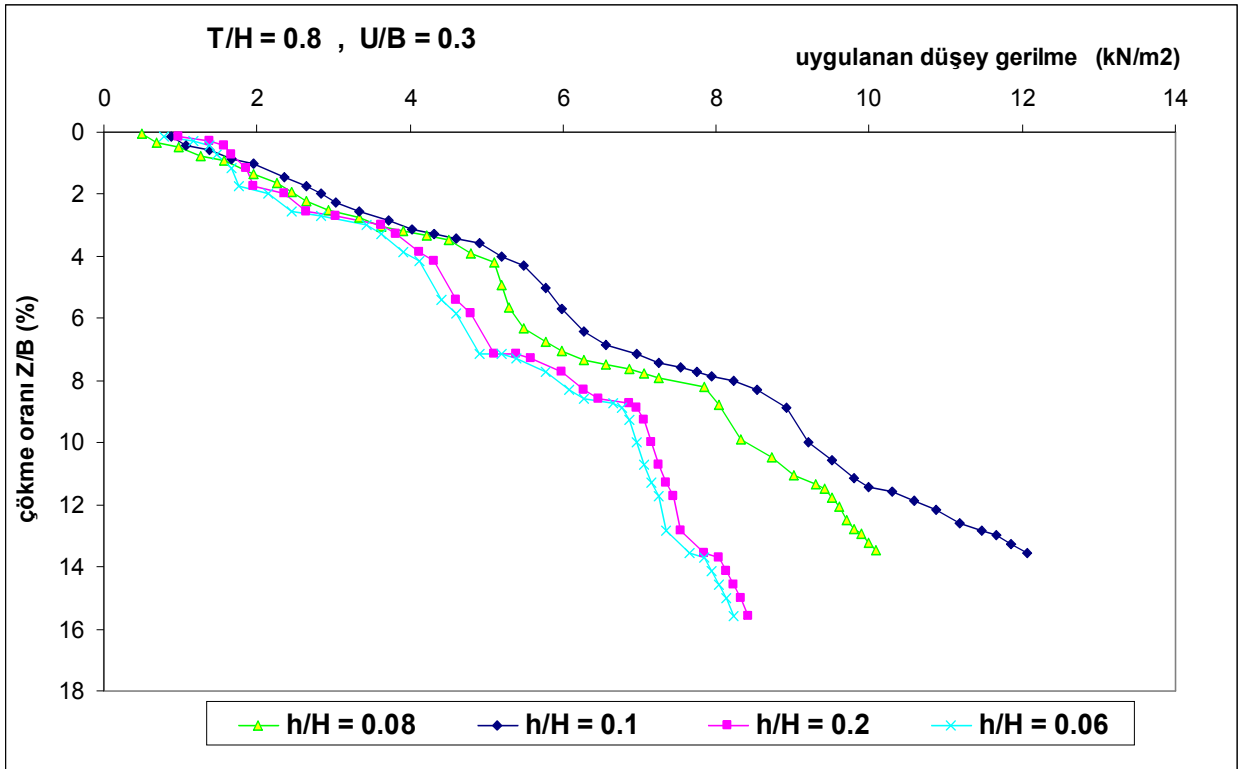
$h/H$  değerleri 0.06, 0.08, 0.1 ve 0.2 için dört adet deney yapılmış ve sonuçları olarak bu dört deneyin değerlerinin kıyaslamaları yapıldı ve iki donatı arası mesafe olarak en uygun olanı bulundu.  $h/H = 0.06$  için  $H = 40\text{cm}$  için  $h = 2.4\text{cm}$  olarak birinci deney yapılmıştır.  $h/H = 0.08$  için  $H = 40\text{cm}$  için  $h = 3.2\text{cm}$  olarak ikinci deney yapılmıştır.  $h/H = 0.1$  için  $H = 40\text{cm}$  (istinat duvarı yüksekliği) olduğundan  $h = 4\text{cm}$  olarak üçüncü deney yapılmıştır.  $h/H = 0.2$  için  $h = 8\text{cm}$  olarak dördüncü deney yapılmıştır.

İki donatı tabakası arası mesafe istinat duvarı yapılması düşünülen zeminin tabakalar halinde bölünmesi ve donatılar arası kalan zeminin ayrı bir tabaka parçası haline gelmesi ve temeldeki oturma istinat duvarındaki ötelenmeye karşı direnç göstermesi ve bu tabaka mesafesinin kısa tutulması önem göstermektedir.

Daha önceki yapılan çalışmalarda da geotekstiller arası mesafe tespiti için istinat duvarı yüksekliğine oranı üzerinden tespiti yapılmış ve istinat duvarı yüksekliğinin 0.1 katı ve 0.2 katı alınmıştır. Bizim yapmış olduğumuz çalışmalarda da yine aynı yönde hareket edilmiş ve istinat duvarı yüksekliğine bağlanarak değerler elde edilmiştir. Geotekstiller arası mesafenin tespiti için temel eni (B) ye oranı 0.3 , 0.4 , 0.5 ve 0.6 oranı alınacaktı ancak önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde geotekstiller arası mesafe temel enine değil istinat duvarı yüksekliğine oranlanmaya karar verildi. Yapılan çalışmalarda  $h = 0.06H$  ,  $h = 0.08H$  ,  $h = 0.1H$  ve  $h = 0.2H$  değerleri alınmıştır. 0.1H değerinin altında 0.08H değeri ve 0.06 için deney yapılmış ve iki geotekstil arası mesafenin birbirine çok yaklaşmasının etkisi ve bu yaklaşım değerinin hangi mesafede durdurulması gerektiği tespiti için yapılmış ve 0.1H değerinin uygun olduğu altında değerin uygun olup olmadığı tespiti için çalışılmıştır.



Şekil 5.5. N = 1 U/B = 0.3 T/H = 0.8 istinat duvarının yük deformasyonu eğrisi



Şekil 5.6. N = 1 U/B = 0.3 T/H = 0.8 temel – yük deformasyonu ilişkisi

İki donatı arası mesafenin taşıma gücüne etkisini araştırmak için yapılan deneysel çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

İki donatı arası mesafe  $h/H = 0.1$  ile  $h/H = 0.2$  oranları arasındaki değerlerin seçilerek yapıldığı deneyler sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda  $h/H$  oranı arttıkça taşıma kapasitesinin azaldığı gözlemlenmiştir.  $h/H = 0.1$  oranındaki taşıma gücü değeri maksimum taşıma gücü kapasitesi olarak seçilmiştir.

Şekil 5.5. uygulanan düşey gerilme – ötelenme oranı grafiklerinde ve şekil 5.6. uygulanan düşey gerilme – çökme oranı grafiklerinde görüldüğü üzere Optimum iki donatı tabakası arası mesafe  $h = 0.1H$  olarak seçilmiştir. İki donatı arası mesafenin  $h = 0.1H$  olması durumunda taşıma kapasitesi  $h = 0.2H$  dekine oranla yaklaşık 1.2 kat artış göstermektedir.

$h = 0.1H$  değerinin altında bir değere inildiğinde  $h = 0.06H$  ve  $h = 0.08H$  değerleri için deney yapıldı ve  $0.1H$  değerinin altına inildiğinde taşıma kapasitesinin değerlerinin önemli bir değişiklik olmadığı ve hatta  $0.1H$  değerinin altında ve birbirine çok yakın değerler olduğu iki donatı arası serilme mesafesi için en uygun değer  $0.1H$  olduğu belirlenmiştir.

Grafiklerde yapılan yorumlarda istinat duvarı yüksekliğinin  $0.1$  oranı olan 4cm geotekstil arası mesafenin istinat duvarı yüksekliğinin  $0.2$  oranı olan 8cm ye göre değerleri çok daha iyi olduğu görülmektedir.

%2 lik istinat duvarı ötelenme oranına göre grafiklerden okunan değerlere göre  $h/H = 0.06$  oranı için  $7.938 \text{ kN/m}^2$  ,  $h/H = 0.2$  oranı için  $8.33 \text{ kN/m}^2$  ,  $h/H = 0.08$  oranı için  $10.094 \text{ kN/m}^2$  ve  $h/H = 0.1$  oranı için  $11.858 \text{ kN/m}^2$  değerleri belirlenmiştir. Uygulanan düşey gerilme değerlerine göre  $h = 0.1H$  değerinin iki geotekstil arası serilme mesafesi olarak en uygun olduğu tespit edilmiştir.

%10 luk temel çökme oranına göre  $h/H = 0.06$  oranı için  $6.958 \text{ kN/m}^2$  ,  $h/H = 0.2$  oranı için  $7.154 \text{ kN/m}^2$  ,  $h/H = 0.08$  oranı için  $8.33 \text{ kN/m}^2$  ve  $h/H = 0.1$  oranı için  $9.212 \text{ kN/m}^2$  değerleri belirlenmiş ve uygulanan düşey gerilme değerlerine göre iki donatı arası serilme mesafesinin  $h = 0.1H$  değerinin en uygun olduğu belirlenmiştir.

**5.4. Donatı genişliğinin etkisi (T)**

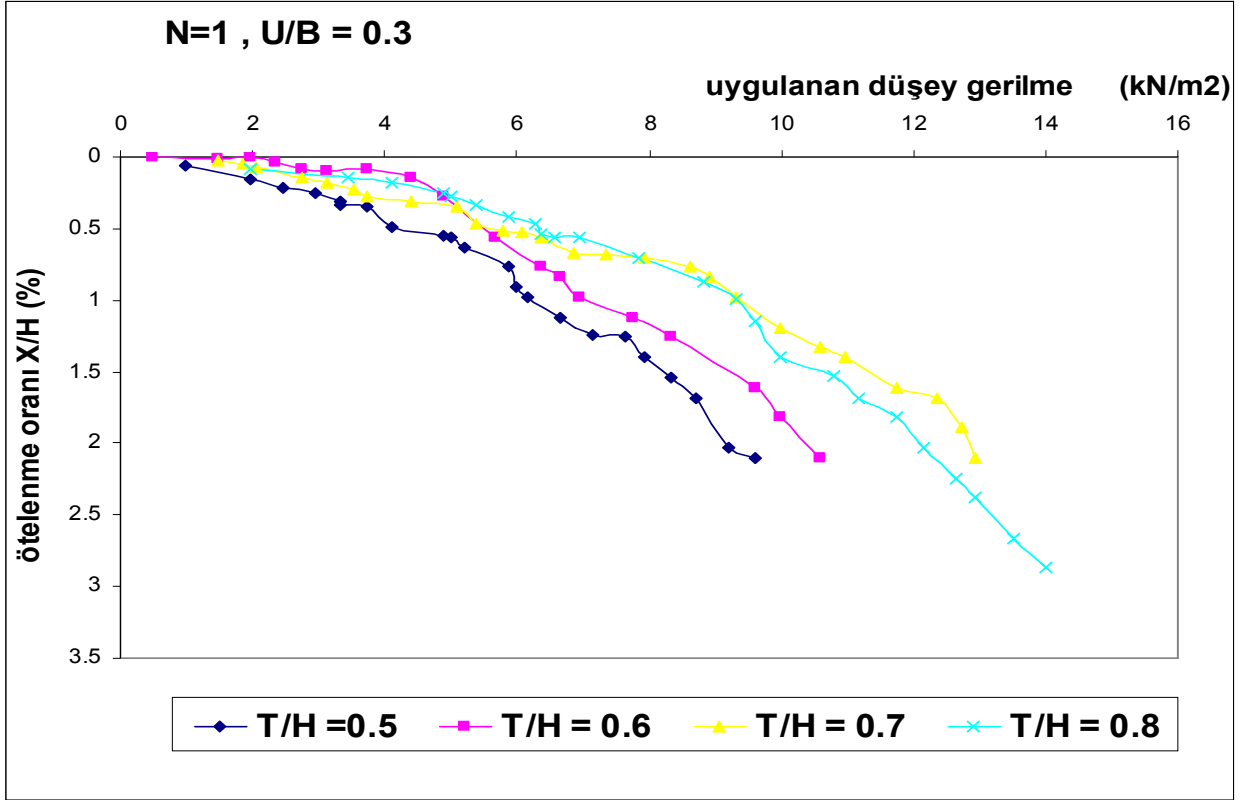
Donatı tabakası genişliğinin (T) taşıma kapasitesine etkisini araştırmak amacıyla farklı T değerleri seçilerek bir seri deney yapılmıştır. Deneylerde diğer parametreler  $N = 1$ ,  $U/B = 0.3$ ,  $h/H = 0.1$  olarak sabit tutulmuştur. Geotekstilin uzunluğu şerit temel uzunluğu ile aynı uzunlukta 52cm olarak alınmıştır.

Bütün deneylerde temel şerit halinde olduğundan ve istinat duvarı uzunluğu ile aynı uzunlukta olduğundan dolayı serilen geotekstil boyu hem istinat duvarı ile hemde şerit temel boyu ile aynı boyda olmuş 52cm olmuştur. Kullanılan geotekstil boyu en uzun mesafe olarak kullanılmış ve eninin etkisi daha belirgin hale gelmiştir.

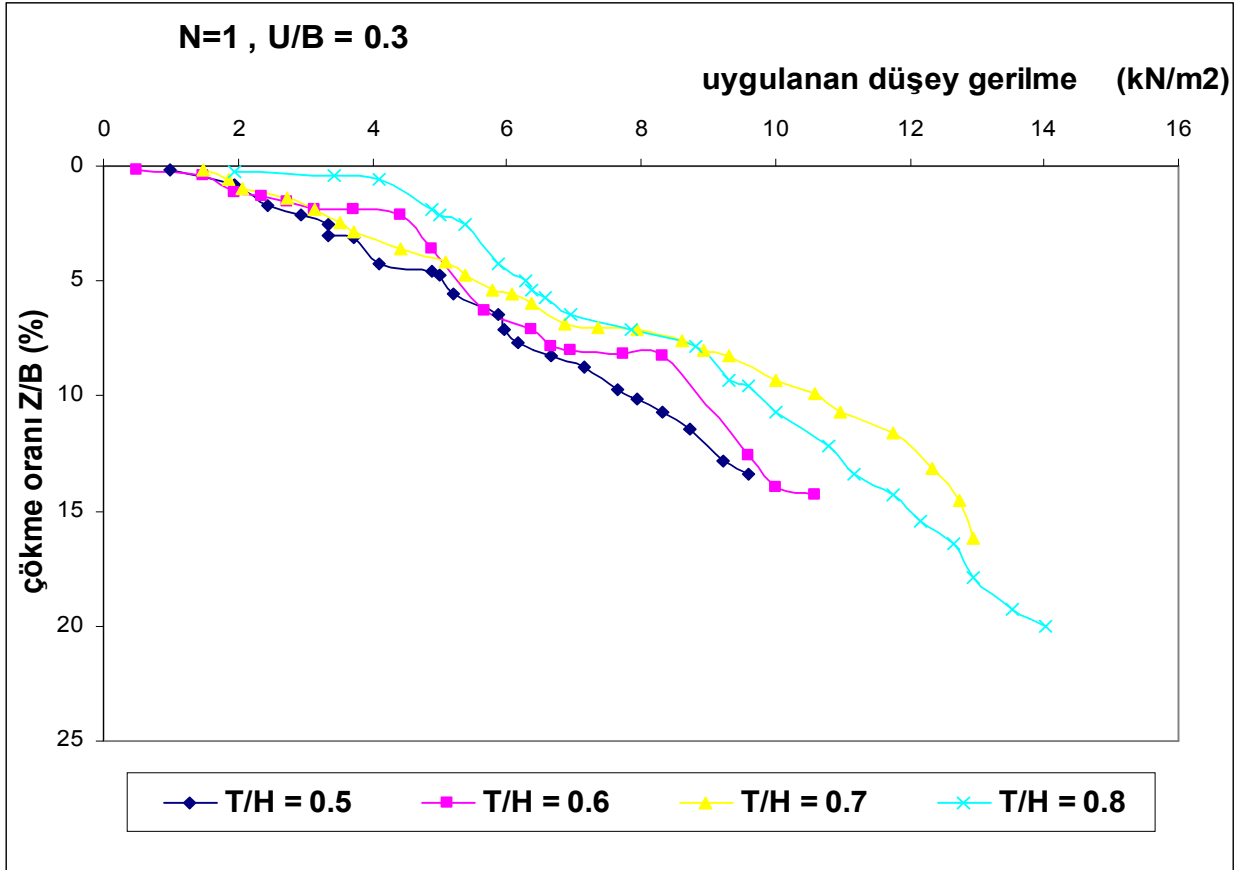
Geotekstil için kullanılabilir olan en uzun boy kullanıldığına göre en olarak istinat duvarı yüksekliğine oranı alınmış ve bu ölçülerde geotekstiller hazırlanmıştır. 1. deneyde istinat duvarı yüksekliğinin 0.8 katı olan ( $T/H = 0.8$ ) 32cm kullanılmış. 2. deneyde ise istinat duvarı yüksekliğinin 0.7 katı olan ( $T/H = 0.7$ ) 28cm kullanılmış ve 3. deneyde ise istinat duvarı yüksekliğinin 0.6 katı olan ( $T/H = 0.6$ ) 24cm kullanılmıştır. 4. deneyde ise istinat duvarı yüksekliğinin 0.5 katı olan ( $T/H = 0.5$ ) 20cm kullanılmıştır.

İstinat duvarlarında kullanılacak olan geotekstillerin boy ve en ebatlarının yapılacak olan istinat duvarı yüksekliğine oranlanması parametreleri olması daha önceki yapılan çalışmalarda incelendiğinde aynı şekilde geotekstil ebatlarının istinat duvarı yüksekliğine oranlandığı görülmüştür.

Yapılacak olan istinat duvarı uzunluğunda geotekstilin uzunluğunun da kullanılması önerilmekte ve deneylerimizde aynı şekilde istinat duvarı boyunca geotekstil boyu da kullanılmıştır.



Şekil 5.7. N = 1 U/B = 0.3 istinat duvarının yük deformasyonu eğrisi



Şekil 5.8. N = 1 U/B = 0.3 temel – yük deformasyonu ilişkisi

Donatı tabakasının genişliğinin (T) taşıma kapasitesine etkisini araştırmak için yürütülen deneysel çalışmalardan aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

Donatı tabaka genişliği (T) arttıkça donatılı zeminlerin taşıma gücü kapasitesi de artmaktadır. Donatı genişliğinin istinat duvarı yüksekliğine oranı 0.8 e ulaştığında taşıma gücündeki artış miktarı maksimuma ulaşmaktadır. Bu veriler doğrultusunda maksimum donatı genişliği  $T = 0.8H$  olarak bulunmuştur.

Optimum donatı genişliği  $T = 0.8H$  olarak bulunmuştur. T/H oranının 0.8 den fazla olmasının taşıma gücü kapasitesine önemli etkisi olmamaktadır. Optimum donatı genişliğinde taşıma kapasitesi  $T/H = 0.8$  oranındaki taşıma kapasitesine oranla yaklaşık olarak 1.5 – 2 kat artmaktadır.

Şekil 5.7. ve şekil 5.8. görüldüğü üzere Deneylede kullanılan geotekstil genişliğinin 20cm için 24cm için 28cm için ve 32cm için yapılmıştır. Anlaşılmıştır ki geotekstilin eni artıkça taşıma gücüne katkısı da artmaktadır. Ancak uygulama sahalarında temel genişliğinin üzerinde bir yaklaşık 4.5 katı gibi bir genişlikte olması uygulanabilir olmasını zorlaştırmaktadır. Bu sebeple kullanılacak olan geotekstilin kullanılabilir olan en geniş mesafede tutulması en uygun olacaktır.

Kullanılacak olan geotekstilin uzunluk olarak istinat duvarı boyunca kullanılması genişlik olarak maksimum kullanılabilir genişlikte tutulması taşıma gücü katkısında en uygun olacağı bilinmelidir.

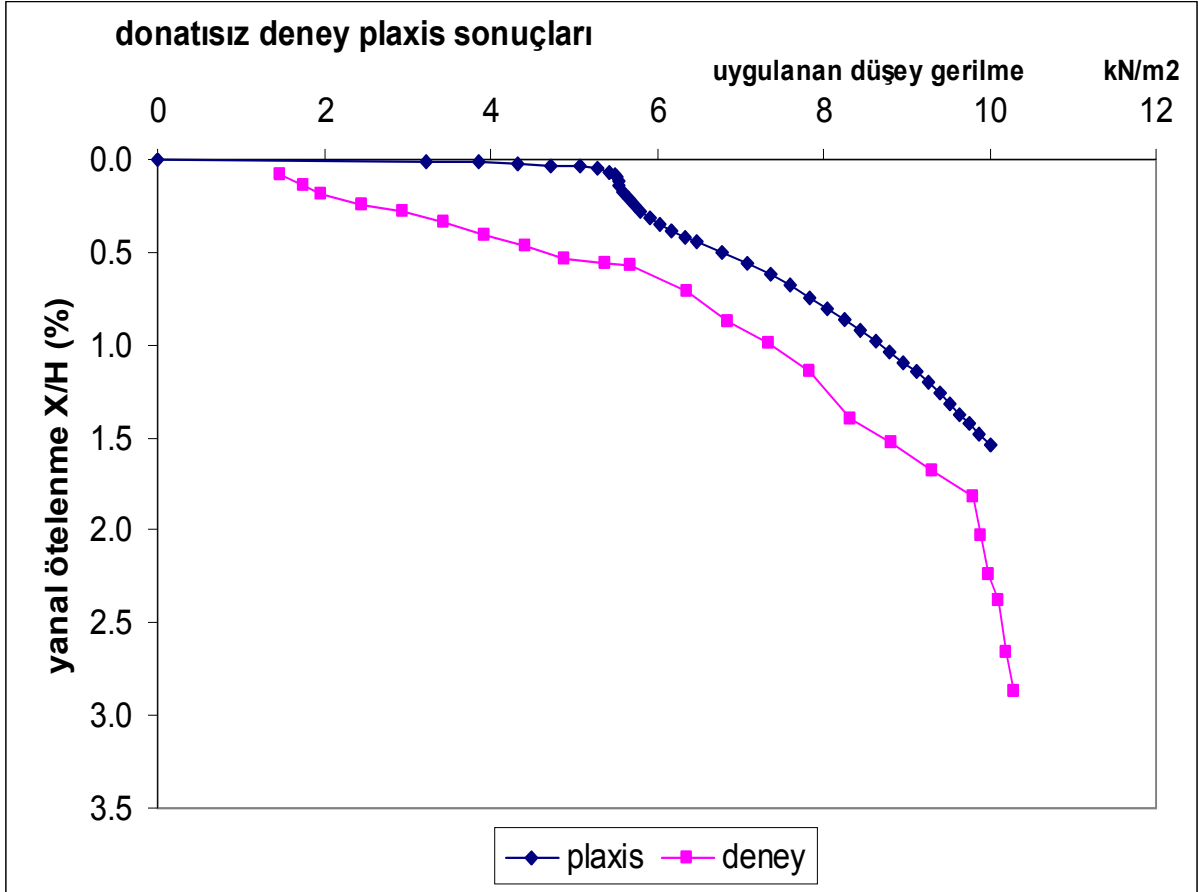
%2 lik istinat duvarı ötelenme oranı için uygulanan düşey gerilme değerleri belirlenmiş  $T/H = 0.5$  oranı için  $9.212 \text{ kN/m}^2$  ,  $T/H = 0.6$  oranı için  $10.584 \text{ kN/m}^2$  ,  $T/H = 0.7$  oranı için  $12.152 \text{ kN/m}^2$  ve  $T/H = 0.8$  oranı için  $12.936 \text{ kN/m}^2$  değerleri belirlenmiş ve bu değerlerden  $U = 0.8H$  değerinin en uygun olduğu belirlenmiştir. Uygulanan düşey gerilme değerlerine bakıldığında  $U = 0.8H$  değerinin diğer değerlere oranla uygulanan düşey gerilme değerinin belirgin olduğu ve bu değer en ideal olduğu belirlenmiştir.

Temel için çökme oranı %10 için grafik değerlerine bakıldığında  $T/H = 0.5$  oranı için  $7.938 \text{ kN/m}^2$  değeri ,  $T/H = 0.6$  oranı için  $9.604 \text{ kN/m}^2$  değeri ,  $T/H = 0.7$  oranı için  $9.996 \text{ kN/m}^2$  değeri ve  $T/H = 0.8$  oranı için  $10.976 \text{ kN/m}^2$  değerleri belirlenmiş ve bu değerlerden geotekstil donatı eni (T) için en uygun olanın  $T=0.8H$  değerinin olduğu belirlenmiş ve bu değer diğer değerlere göre düşey uygulanan gerilme değerlerinden çok farklı olduğu ve en iyi sonuçların elde edildiği gözlemlenmiştir.

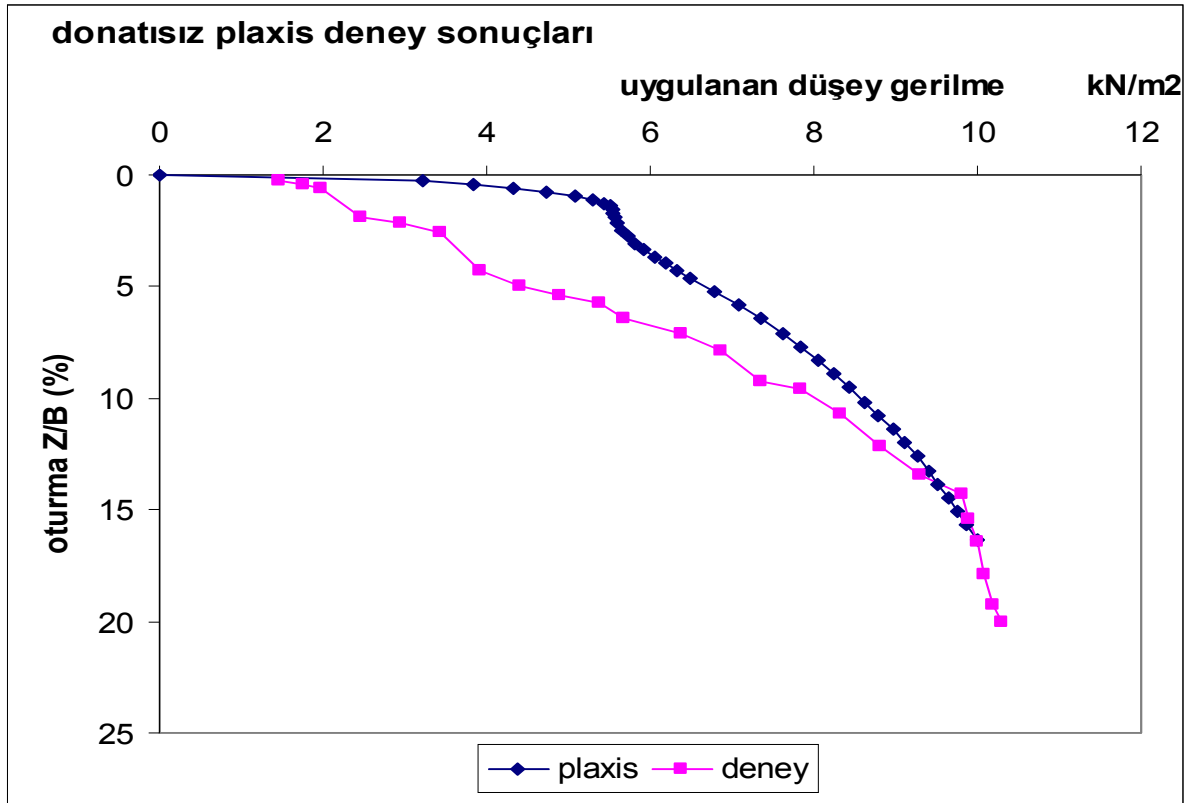
#### **Deney sonuçlarının sonlu elemanlar yöntemi ile karşılaştırılması**

Deney sonuçları sonlu elemanlar tabanlı plaxis (finite element code for soil and rock analyses) paket programı kullanılarak karşılaştırılmıştır. Şekil olarak benzerlik göstermektedir. Plaxis ile deney sonuçları arasında farklılıklar göstermektedir.

Plaxis programı diferansiyel denklemlerle ifade edilen mühendislik problemlerinin analizi için geliştirilen nümerik bir çözüm yöntemidir. Sonlu eleman yönteminde analiz adımları eleman seçimi ve ortamı elemanlara ayırma, yaklaşım modeli seçimi, malzeme bünye davranışı, eleman denklemlerinin elde edilmesi, eleman denklemlerinin birleştirilerek sistem denklemlerinin elde edilmesi, sistem denklemlerinin çözülerek birincil bilinmeyenlerin bulunması, birincil bilinmeyenlerden ikincil bilinmeyenlerin hesaplanması ve sonuçların yorumlanması adımlarından oluşan bir programdır. (www.betonarme.com)

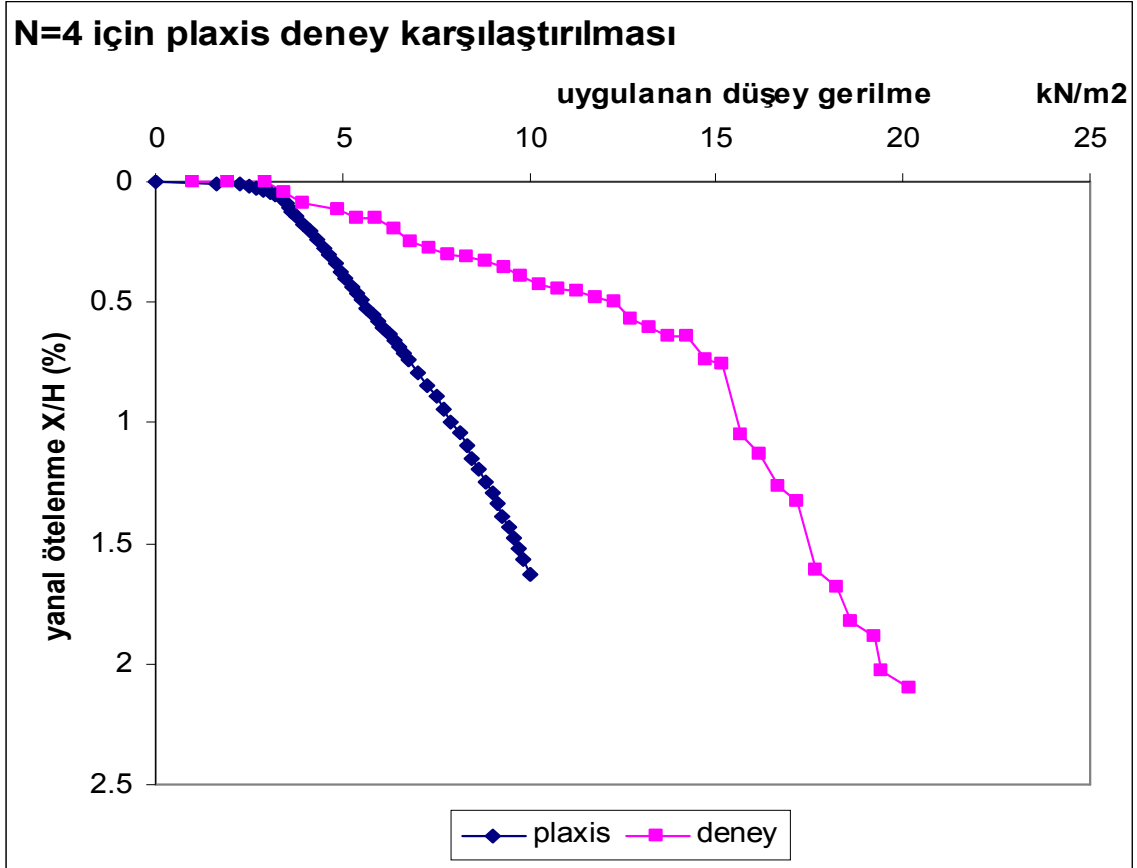


Şekil 5.9. Donatısız deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması

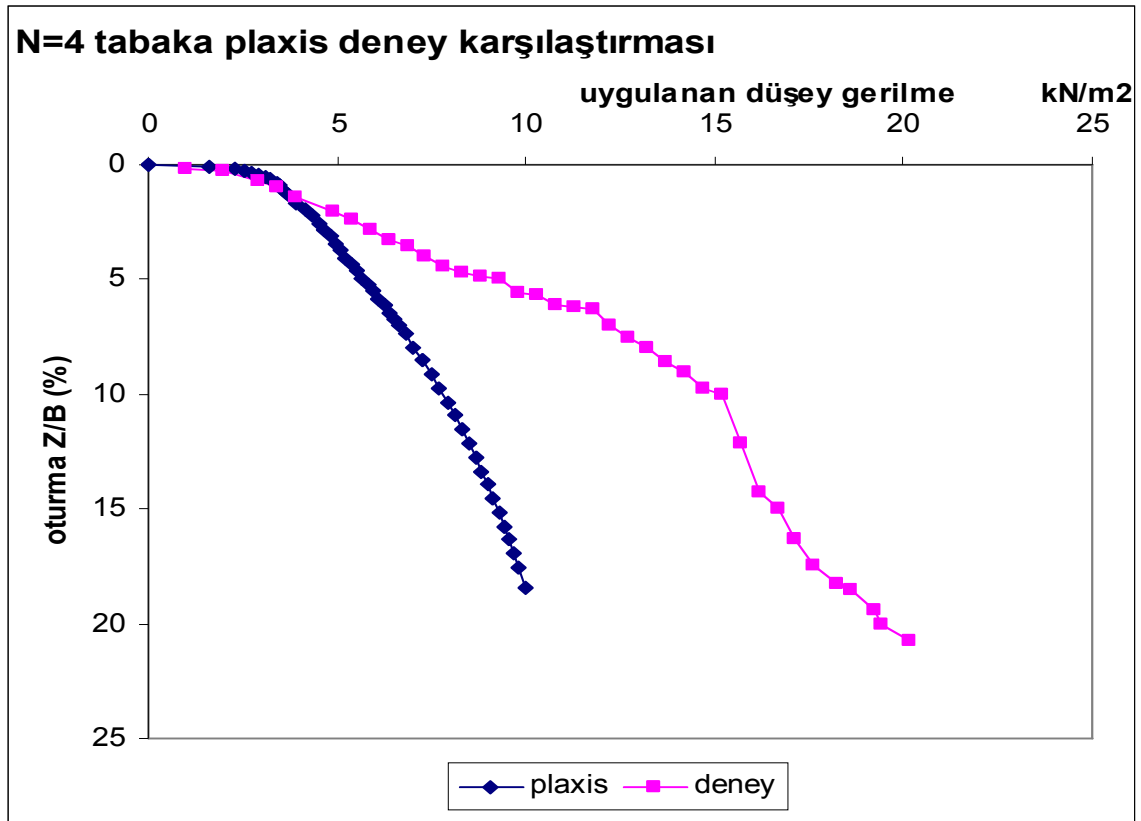


Şekil 5.10. Donatısız deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması

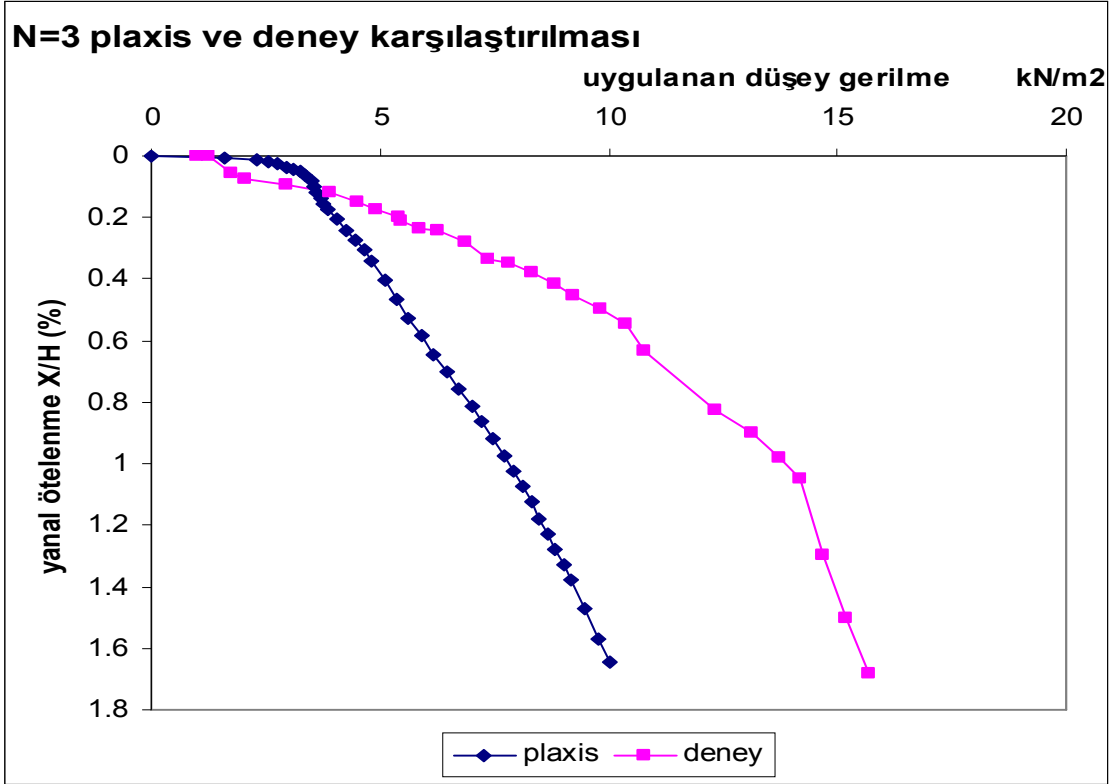




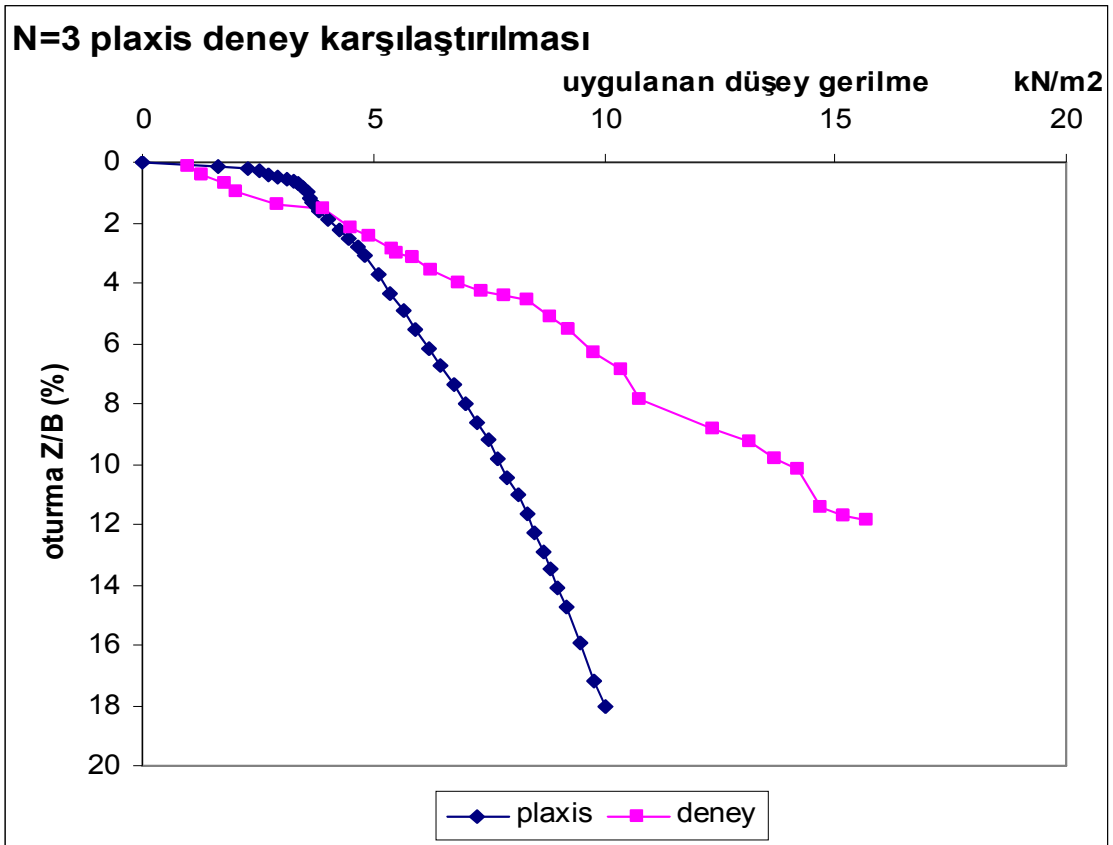
Şekil 5.11. N=4 tabaka deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



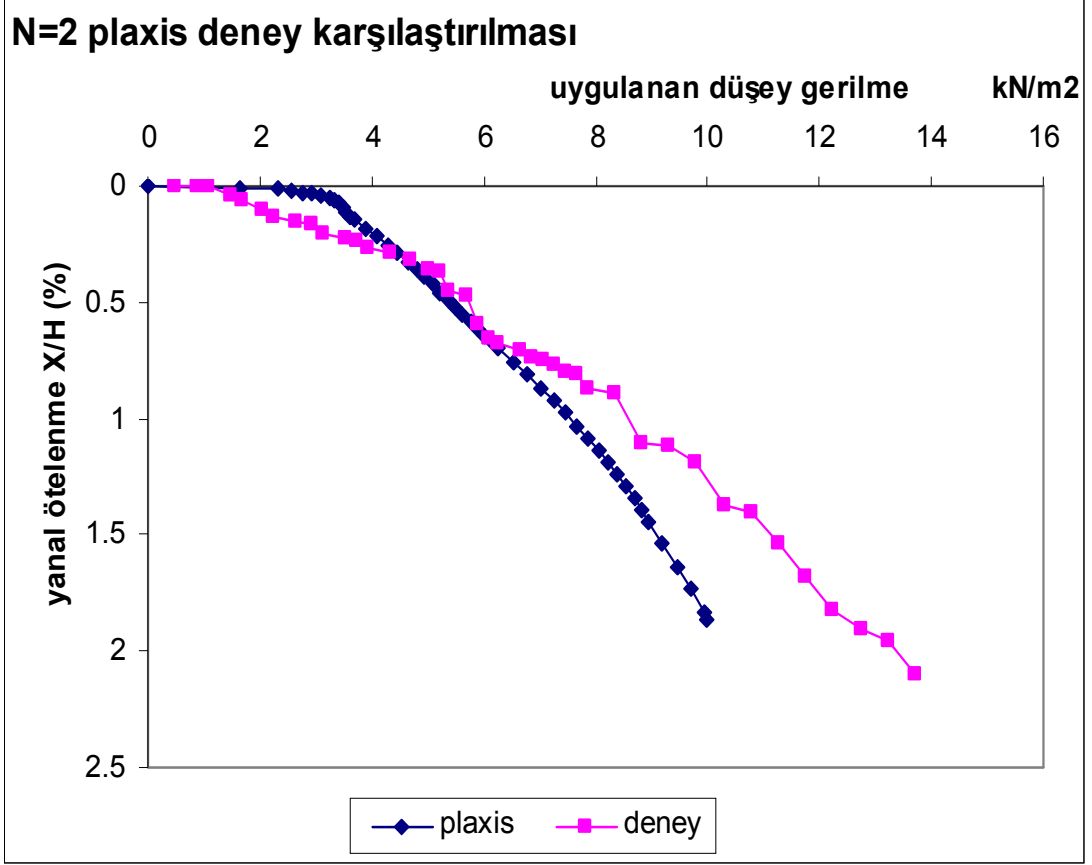
Şekil 5.12. N=4 tabaka deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



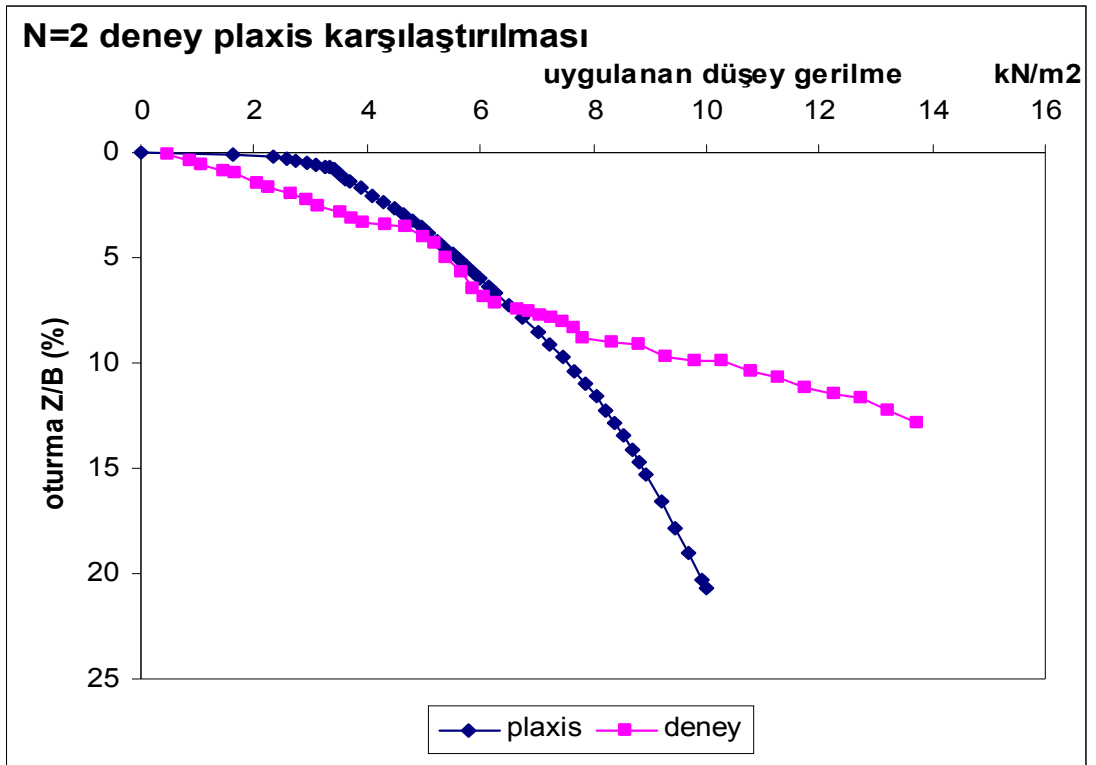
Şekil 5.13. N=3 tabaka deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



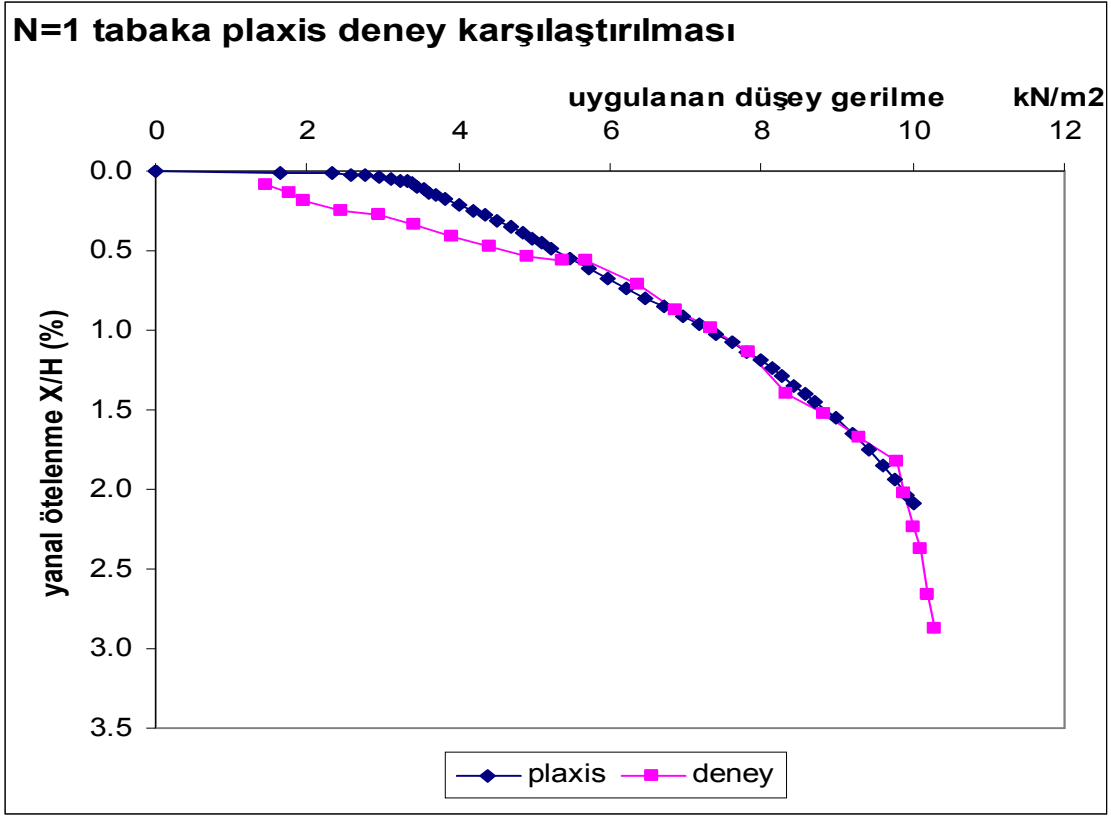
Şekil 5.14. N=3 tabaka deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



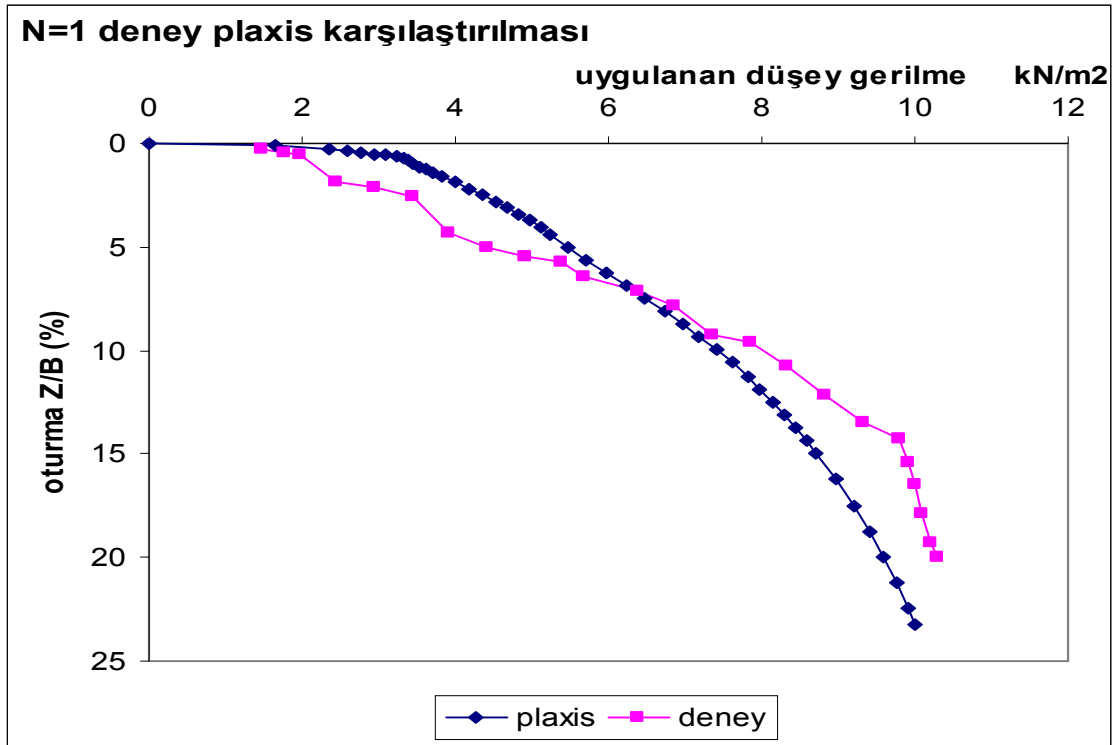
Şekil 5.15. N=2 tabaka deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



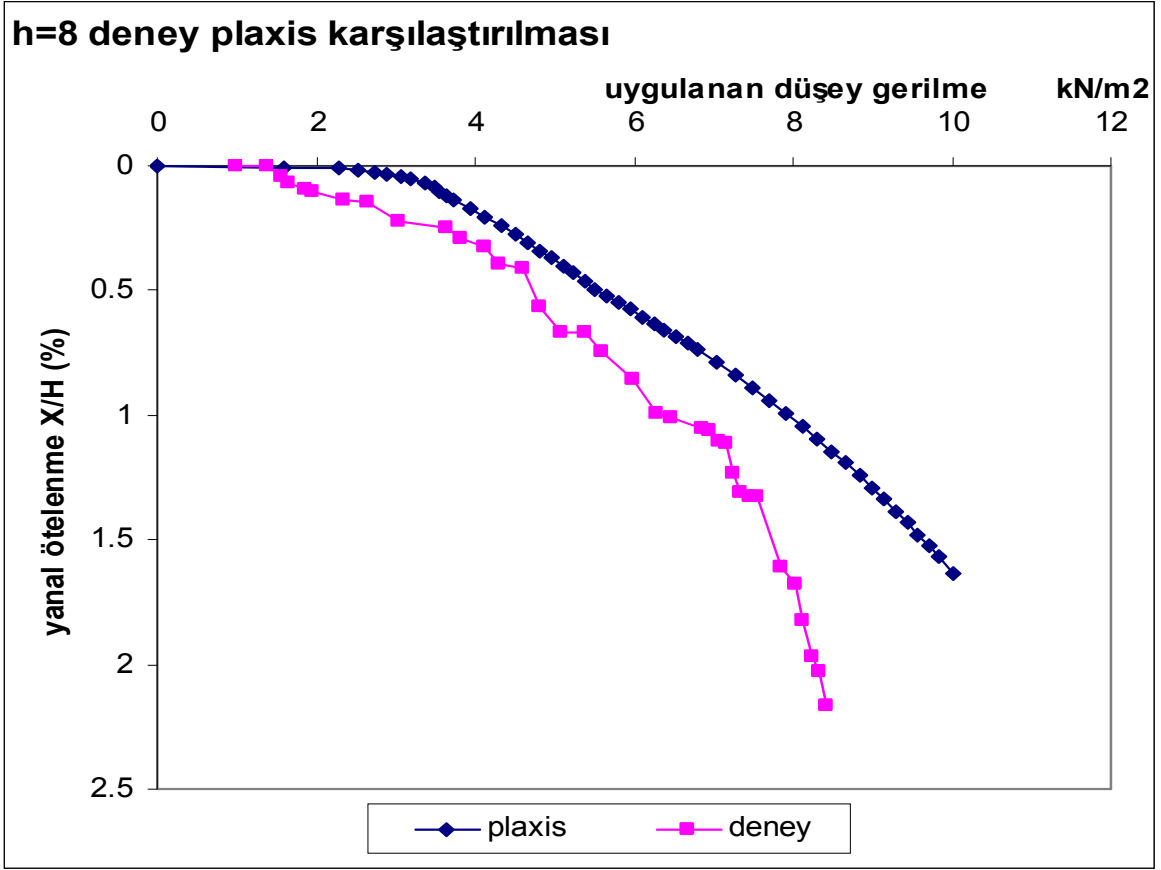
Şekil 5.16. N=2 tabaka deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



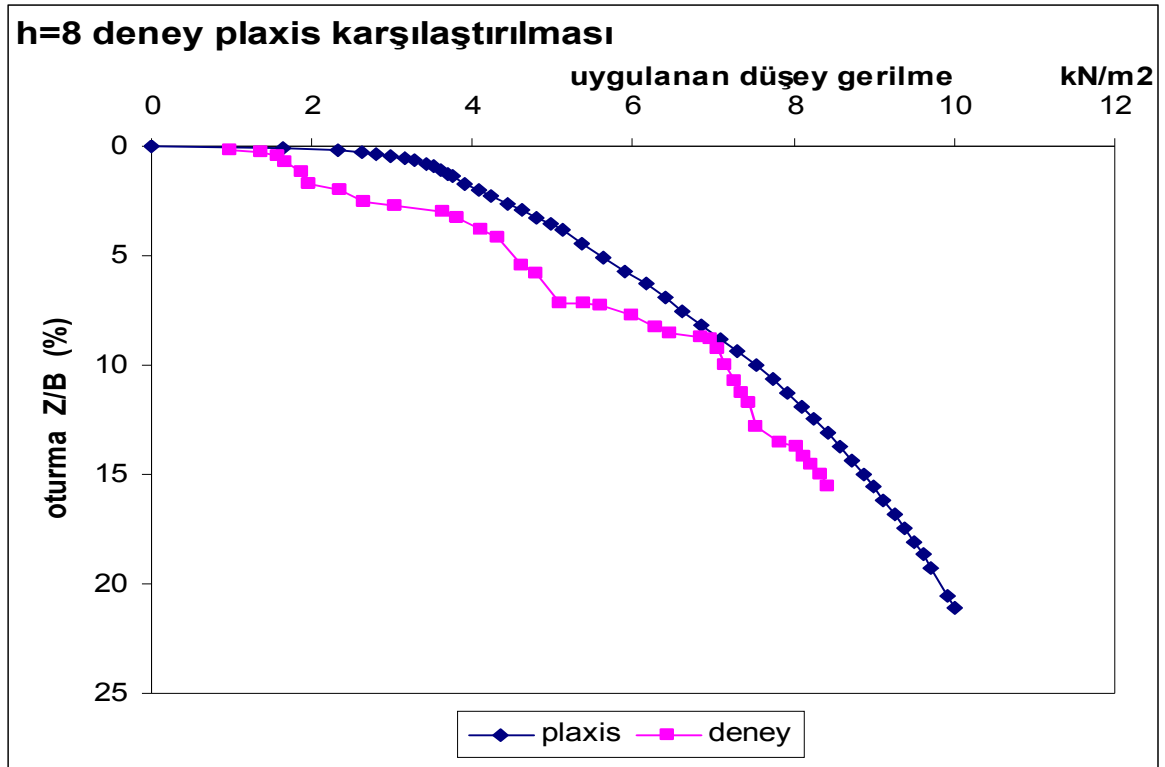
Şekil 5.17. N=1 tabaka deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



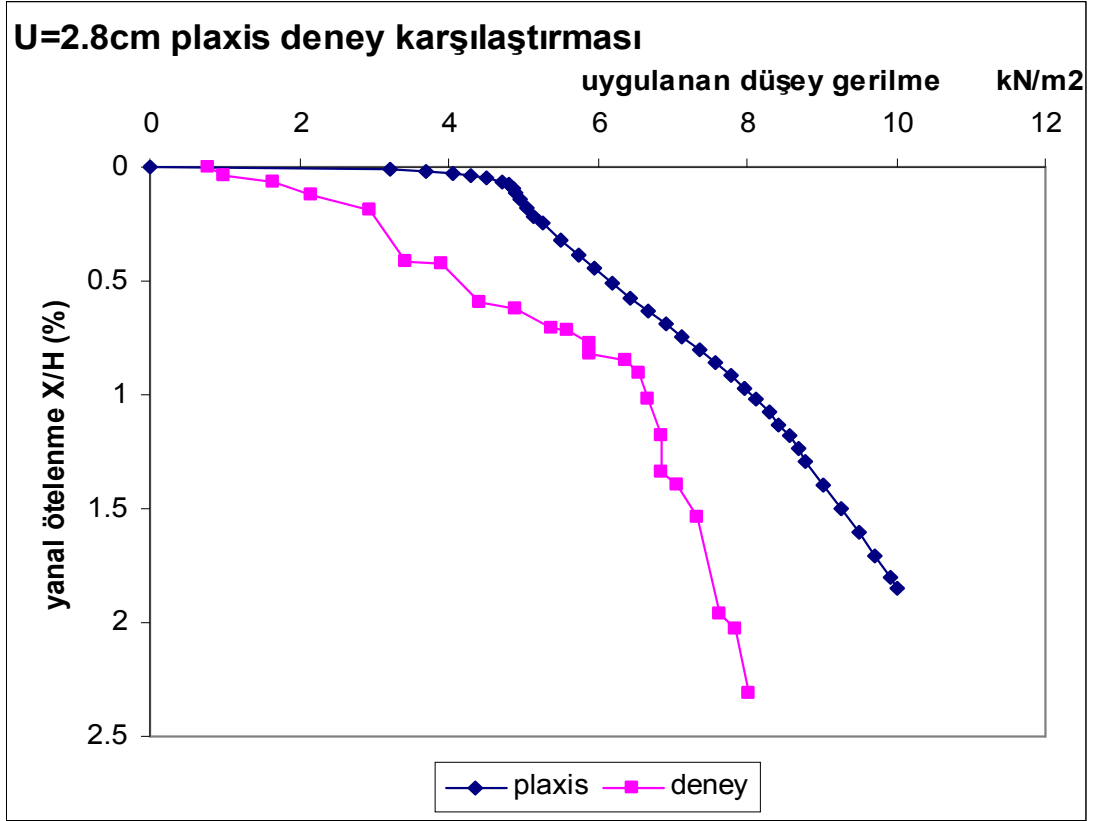
Şekil 5.18. N=1 tabaka deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



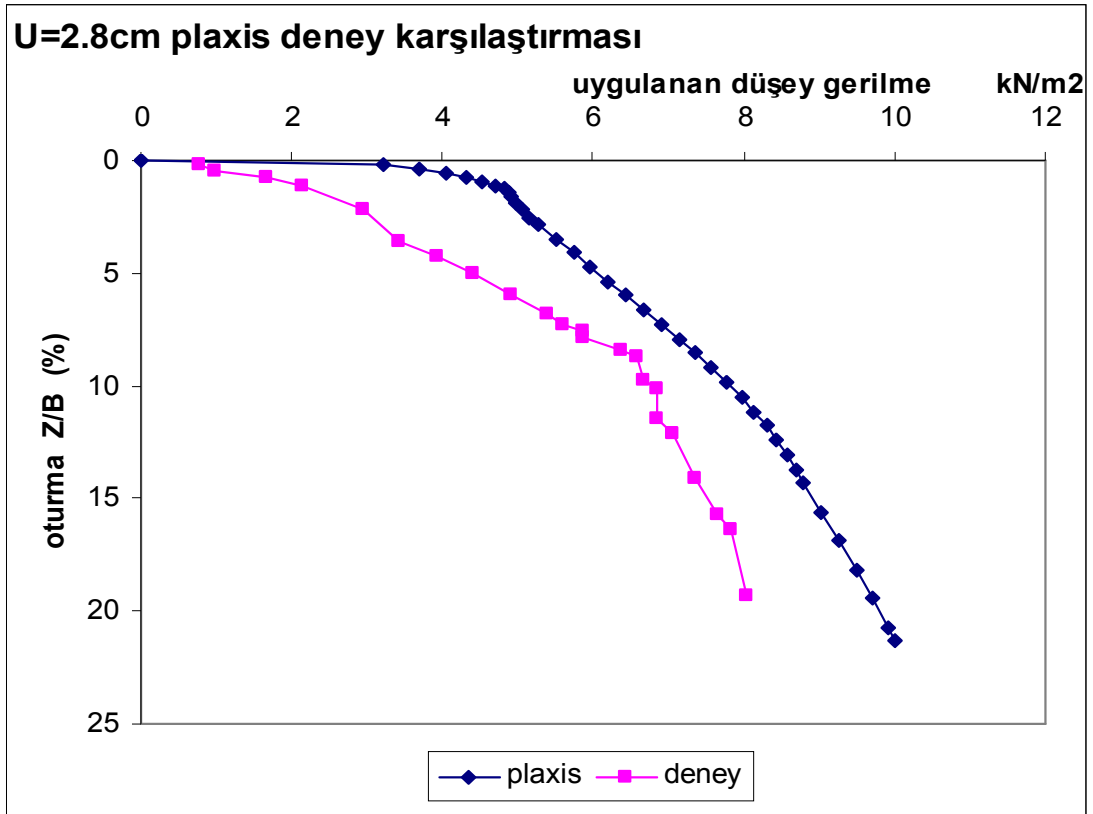
Şekil 5.19. h=8cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



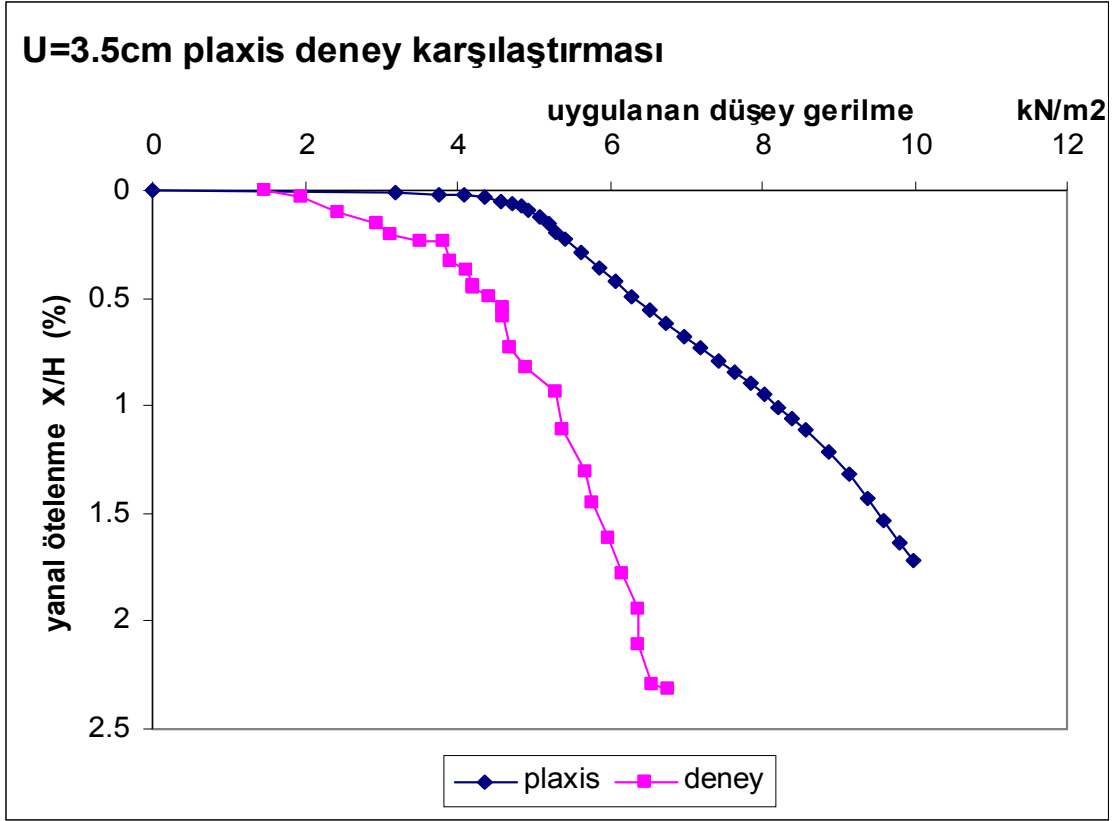
Şekil 5.20. h=8cm Deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



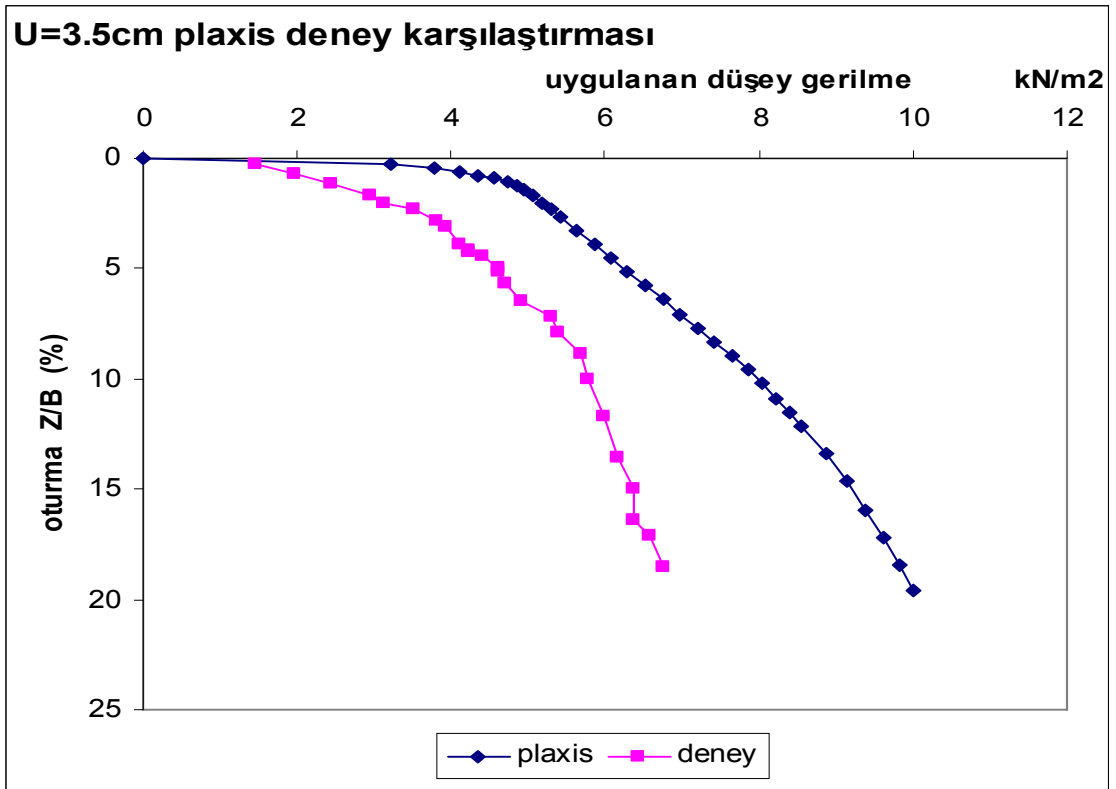
Şekil 5.21. U=2.8cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



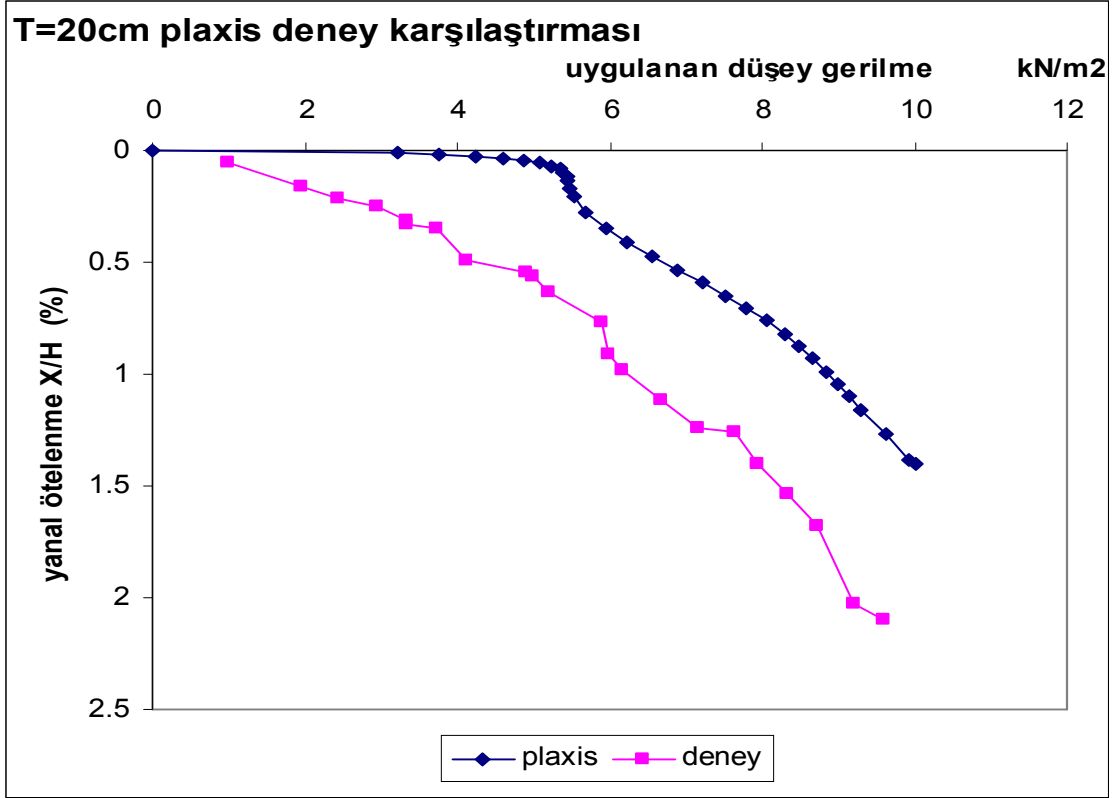
Şekil 5.22. U=2.8cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



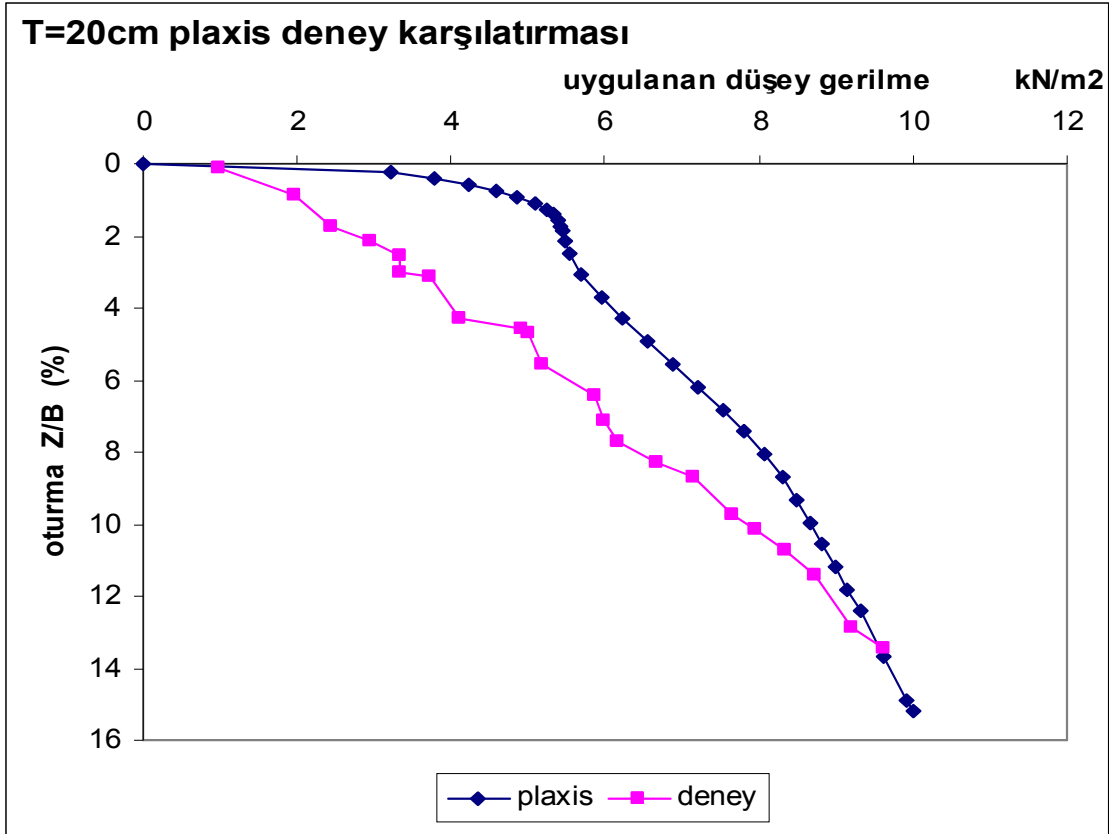
Şekil 5.23. U=3.5cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 5.24. U=3.5cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması

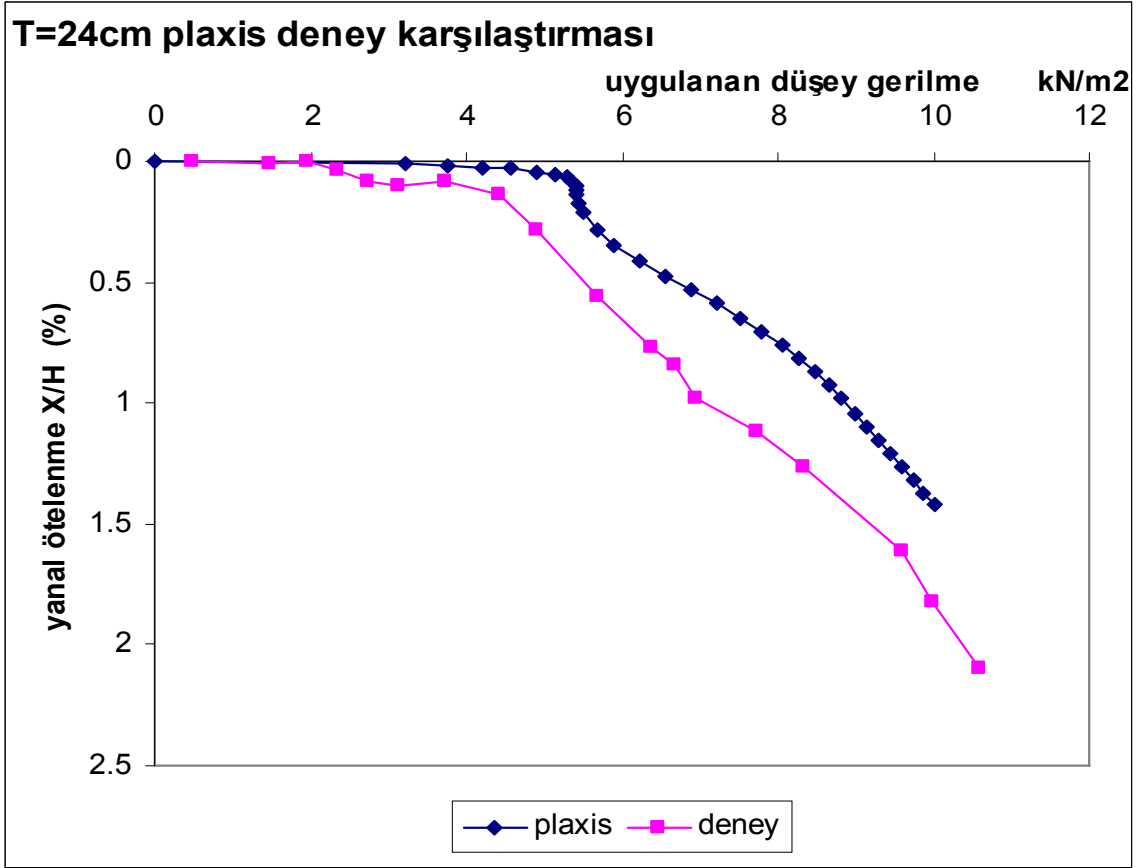


Şekil 5.25. T=20cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması

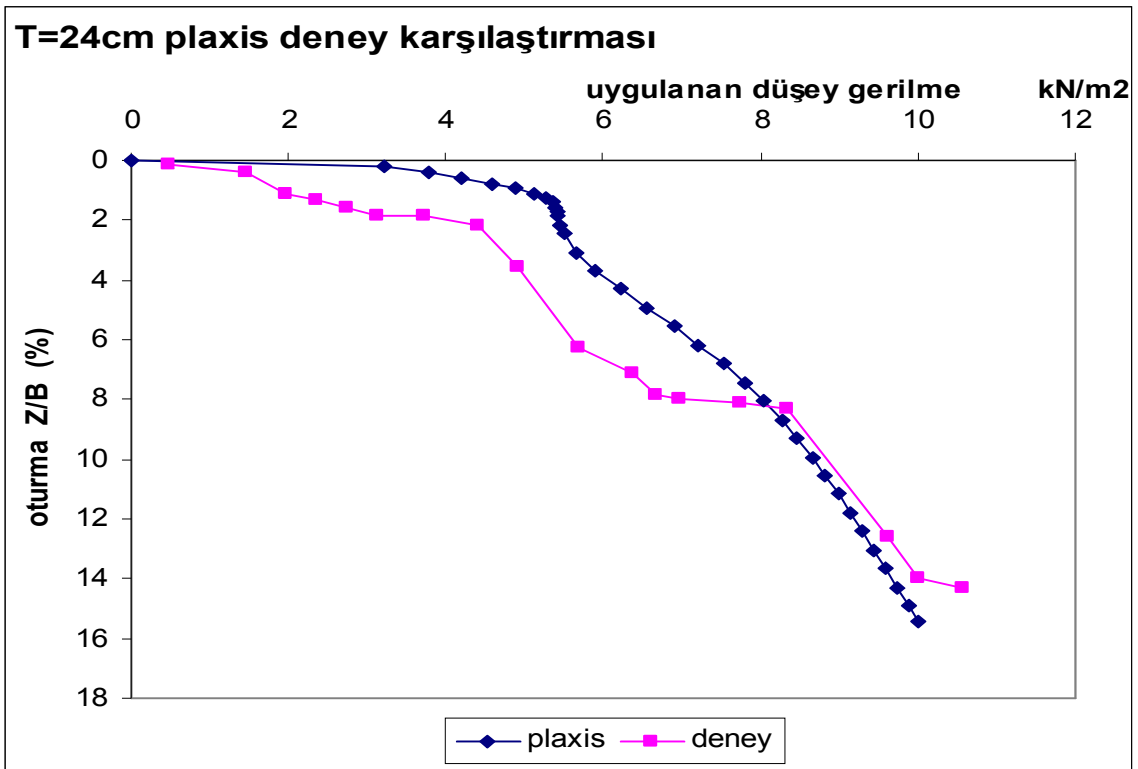


Şekil 5.26. T=20cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması

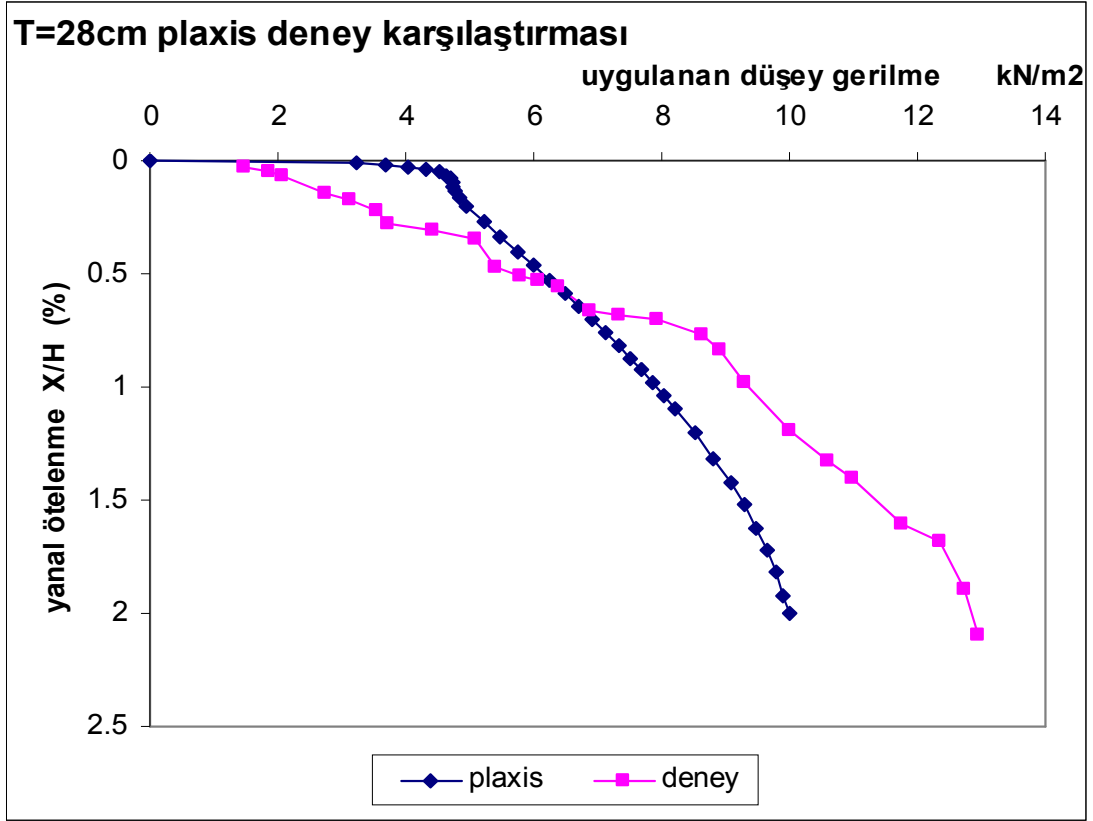




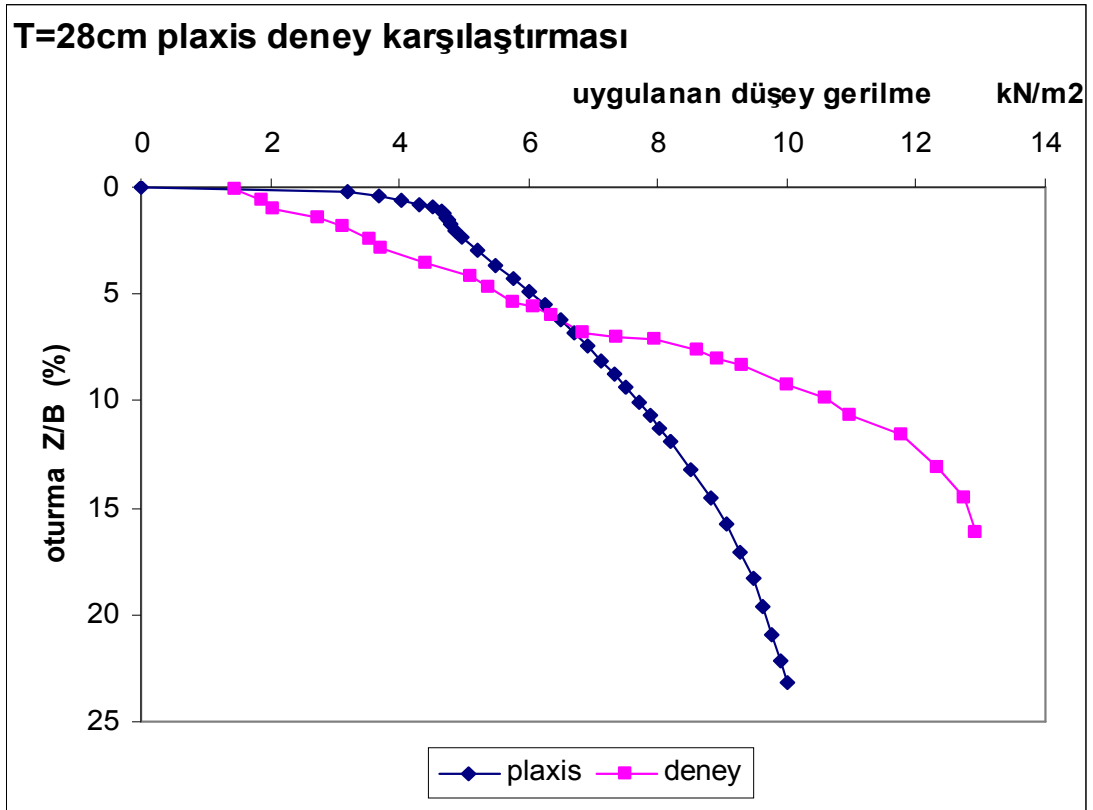
Şekil 5.27. T=24cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 5.28. T=24cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 5.29. T=28cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması



Şekil 5.30. T=28cm deney ve plaxis sonuçlarının karşılaştırılması

**SONUÇ VE ÖNERİLER**

Kahramanmaraş ili aksu çayı üzerinde bulunan kum ocağından elde edilen kum zeminle 53cm genişliğinde 40cm yüksekliğinde ve 5cm temel derinliği 5cm kalınlık ve 10cm temel pabucu olan model istinat duvarı ile donatılı ve donatısız olarak yapılan model taşıma gücü deneyleri sonucunda ölçülen değerlerden ve yapılan değerlendirmelerden edinilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

**6.1. Donatısız deney sonuçları**

Donatısız kum zemin üzerine yapılan yükleme sonucunda istinat duvarında ötelenme meydana gelmiş ötelenme miktarı 8mm olarak ölçülmüştür. Deney sonuçlarında istinat duvarının ötelenme hareketi 8mm olduğu zaman istinat duvarında göçme meydana gelmiştir. İstinat duvarı yüksekliğine ve uzunluğuna bağlı olarak TS500'e göre 8mm üzerinde ötelenme yaşaması göçmesi anlamına gelmektedir. Donatısız deney sonuçlarında bu hareketin daha az yükleme ile gerçekleştiği gözlenmektedir.

**6.2 Donatılı deney sonuçları**

Donatı tabaka sayısı (N) arttıkça donatılı zeminlerin taşıma gücü kapasitesi de artmaktadır. Optimum donatı sayısı  $N = 4$  olarak bulunmuştur. Optimum donatı sayısında taşıma kapasitesi donatısız zemindekine oranla artış gösterdiğinden  $N = 4$  donatı tabaka sayısı ideal kabul edilmiştir.

U/B oranı azaldıkça taşıma kapasitesinin artmaktadır.  $U/B = 0.3$  ,  $U/B = 0.4$   $U/B = 0.5$  ve  $U/B = 0.6$  oranlarında taşıma gücü değerleri incelendiğinde maksimum taşıma gücü kapasitesi  $U/B = 0.3$  olarak seçilmiştir. İlk donatı tabakasının  $U = 0.3B$  derinliğinde olması durumunda taşıma kapasitesi donatısıza oranla artış göstermektedir.

Optimum iki donatı arası derinlik  $h/H = 0.1$  oranı olarak seçilmiştir.  $h/H = 0.1$  oranında taşıma kapasitesinde donatısıza oranla artış göstermiştir.

Donatı tabaka genişliği (T) arttıkça donatılı zeminlerin taşıma gücü kapasitesi de artmaktadır. Donatı genişliğinin istinat duvarı yüksekliğine oranı  $T/H = 0.8$  olarak bulunmuştur. T/H oranının 0.8 den fazla olmasının taşıma gücü kapasitesine önemli bir etkisi olmamaktadır. Optimum donatı genişliğinde taşıma kapasitesi  $T/H = 0.5$  oranındaki taşıma kapasitesine oranla yaklaşık iki kat artmaktadır.

Donatı tabaka boyu hem istinat duvarı boyunca olacak şekilde hem şerit temel boyunca olacak şekilde hazırlanmış maksimum uzunluk kullanılmış ve en verimli taşıma gücüne maksimum katkı sağlayacak şekilde yapılmıştır ve bütün deneylerde aynı uzunluk kullanılmış ve en iyi verimin alındığı deneylerde görülmüştür. N = 4 tabaka, U = 2.1 ilk gömülme derinliği alınmış, h = 4 iki geotekstil arası mesafe ile serilmiş olarak yapılmış olan deneyin sonuçlarının çok iyi değerler ve deneylerdeki en iyi verimin alındığı gözlemlenmiş ve uzunluğun da maksimum uzunluk kullanılması taşıma gücünü önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir.

Daha önceki çalışmalarla yapılan deneylerde elde edilen taşıma gücü değerleri arasında farklılıklar tespit edilmiştir. Bu durum deney programında uygulanan geotekstil ile güçlendirilmiş temel zemininde parametrelerin yerleşim konumuna bağlı olarak değişkenliği nedeni ile kaynaklanmaktadır.

Deneylerimizde geotekstil malzemesi kullanımından sonra diğer malzemelerle olan karşılaştırmalarını yapmak amacı ile N = 2 h/H = 0.1 T/H = 0.8 kriterlerine göre beyaz çuval, yeşil çuval, farklı dokudaki geotekstil ve geogrid için deneyler yapılmış yapılan deneyler sonucunda grafikleri çizilerek malzeme seçiminde kullanılması için en ideal malzemenin tespitine çalışılmıştır. Yapılan deneylerde görüldüğü üzere değerlerin yapmış olduğumuz yorumlarından geotekstilin zaman içerisinde deformasyonunun daha iyi olduğu diğer malzemelerin kullanıldıktan sonra zaman içerisinde özelliğini yitirip taşıma gücüne katkısını kaybetmekte oysaki geotekstilin doğrusal bir özellik gösterip malzemenin taşıma gücüne etkisi zamanla doğru orantılı özellik kazandırdığı gözlenmiştir.

**6.3 Öneriler**

Zemin, temel ve istinat duvarı tipleri için bu konunun parametreleri dikkate alarak ve daha farklı güçlendirme ( zemin iyileştirme ) malzemeleri kullanılarak detaylı bir çalışma yapılması önerilmektedir. Bizim deneylerimizde araştırdığımız parametreler harici başka parametrelerde araştırılıp taşıma gücü artırımına katkısı olacak çalışmalar yapılmalıdır.

Günümüz şartlarında henüz daha tam olarak kullanılmayan istinat duvarlarının geotekstil ile donatılabilmesi işleminin yapmış olduğumuz çalışmalar ışığında kullanılması ve bundan sonraki yapılacak olan istinat duvarlarında geotekstil kullanılmasına dikkat edilmesi ve kullanırken çalışmalardaki parametrelere dikkat etmesi önerilmektedir.

Arazide uygulanan geotekstilin uygulanabilir açısından geotekstil ile yapılan çalışmalarda zeminin güçlendirilmesi ekonomi emniyet ve estetik yönleriyle diğer zemin güçlendirme yöntemleri ile kıyaslamaları yapılması önerilmektedir.

- AKLIK P.,SEZER A.,(2002) Donatılı Zeminlerin Değişik Mühendislik Uygulamalarında Projelendirme Yöntemleri, Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, Seri A-Yerbilimleri C.1,S.2,Aralık 2002
- CEDERGREN H.R.,(1977) Seepage,Drainage and flow nets (Harry R.Cedergren),1977
- HOLTZ R.D.,(2001) "Geocomposite Capillary Barriers Reduce Frost Heave in Soils",Canadian Geotechnical Journal,Vol 38,2001
- JONES J.F.P.,(2007) Multifunctional Uses of Geosynthetics In Civil Engineering, Woodhead Publishing Ltd,2007
- KOERNER R.M.,(1980) Durability of Geotextiles,Selected Geotechnical Papers of James K.Mitchell,1980
- KOERNER R.M.,(1990) Geosynthetics In Geotechnical Engineering,1990
- LAMAN M.,YILDIZ L.,KESKİN M.S,UNCUOĞLU E.,(2007) Donatılı Kum Şeve Oturan Şerit Temelin deneysel olarak İncelenmesi,İMO Teknik Dergi,2007 4197-4217
- MANDAL J.N., MHAISKAR S.Y. , MANJUNATH V.R, (1990) Experimental and Finite element analysis on bearing capacity of geosynthetic reinforced sand, Indian Institute of Technology Bombay,1991
- MOHUIDDIN,(2003) Geo Jordan 2004: advances in geotechnical engineering with emphasis on dams,2003
- MONONOBE, N. AND H. MATSUO, (1929). On the determination of earth pressure during the earthquake. Proceeding of the World Engineering Conference, pp: 177-185.
- OKABE, S., (1924). General theory on earth pressure and seismic stability of retaining walls and dams. J. Japanese Soc. Civil Eng., 10: 1277-1323.
- ÖNALP A.,(1983) "İnşaat Mühendislerine Geoteknik Bilgisi",Cilt II, KTÜ ,Trabzon, 1983
- TS 500 şubat 2000 Betonarme yapıların tasarım ve yapım kuralları
- TUMLUER G.,(2006) Çimento Katkılı Kumlu Zeminlerin Mukavemeti,Gülsen Tumluer İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı,2006
- TUNÇ A.,(2001) Yol Mühendisliğinde Geoteknik ve Uygulamaları,2001
- UZUNER B.A.,(2000) Temel Zemin Mekaniği,2001
- YILDIZ L.,(2005) Donatıyla Güçlendirilmiş Şevli Zemine Oturan Yüzeysel Temel Analizi, Levent Yıldız Yüksek Lisans Tezi, Adana,2005

WELSH,(1980) 55 Typical Cross Section of Fabric Retaining Wall, Selected Geotechnical Papers of James K.Mitchell,1980

QIMING, CHEN, (2007), An Experimental Study On Characteristics and behavior of reinforced soil foundation, Tongji University, China, B.S., Nanjing Architecture and Civil Engineering Institute

## ÖZGEÇMİŞ

### **Kişisel Bilgiler**

Adı, soyadı : RAMAZAN ALTUN  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 15.04.1978 Kahramanmaraş  
Medeni hali : Evli 3 Çocuk Babası  
Telefon : 0 (532) 525 56 81  
e-posta : [ramazanaltun-insaat@hotmail.com](mailto:ramazanaltun-insaat@hotmail.com).

### **Eğitim**

<b>Derece</b>	<b>Eğitim Birimi</b>	<b>Mezuniyet tarihi</b>
Yüksek lisans	KSÜ /İnşaat Müh. Bölümü	2011
Lisans	Erciyes Üni./ İnşaat Mühendisliği Böl.	2001
Lise	Hoca Ahmet Yesevi Lisesi	1995

### **İş Deneyimi**

<b>Yıl</b>	<b>Yer</b>	<b>Görev</b>
7	KAHRAMANMARAŞ	Statik proje ve ruhsat alımı
2	KAHRAMANMARAŞ	Enerji üretim santrali kurulması

### **Yabancı Dil**

İngilizce