

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



**İRİ TANELİ ZEMİNLERDE DİREK KESME DENEYİ KULLANARAK
KAYMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Sayed Mansoor ZAFAR

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı**

Aralık 2019

**T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**



**İRİ TANELİ ZEMİNLERDE DİREK KESME DENEYİ KULLANARAK
KAYMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Sayed Mansoor ZAFAR
(Y1813.090018)**

**İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı
İnşaat Mühendisliği Programı**

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Kaveh DEHGHANIAN

Aralık 2019

ONAY FORMU

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ



YÜKSEK LİSANS TEZ ONAY FORMU

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı İnşaat Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1813.090018 numaralı öğrencisi Sayed Mansoor ZAFER'in "İRİ TANELİ ZEMİNLERDE DİREK KESME DENEYİ KULLANARAK KAYMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 06.12.2019 tarihli ve 2019/02 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından oybirliği/oyçokluğu ile Tezli Yüksek Lisans tezi 24.12.2019 tarihinde kabul edilmiştir.

	<u>Unvan</u>	<u>Adı Soyadı</u>	<u>Üniversite</u>	<u>İmza</u>
ASIL ÜYELER				
Danışman	Dr. Öğr. Üyesi	Kaveh DEGHANIAN	İstanbul Aydın Üniversitesi	
1. Üye	Dr. Öğr. Üyesi	Saed MOGHIMI	İstanbul Aydın Üniversitesi	
2. Üye	Dr. Öğr. Üyesi	Ali ETEMADI	İstanbul Gelişim Üniversitesi	
YEDEK ÜYELER				
1. Üye	Doç. Dr.	Cem AYDEMİR	İstanbul Aydın Üniversitesi	
2. Üye	Doç. Dr.	Suleiman Ali Süleiman Mohammed KHATRUSH	İstanbul Gelişim Üniversitesi	

ONAY

Prof. Dr. Ragıp Kutay KARACA
Enstitü Müdürü

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans bitirme tezi olarak sunduğum “**İri Taneli Zeminlerde Direk Kesme Deneyi Kullanarak Kayma Davranışının İncelenmesi**” adlı bitirme tez çalışmasının, tezin proje aşamasından neticesine kadar bütün aşamalarda bilimsel ahlak ve kurallara karşı veya uygun olmayan bir yardıma kalkınmadan yazdığım ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim.

SAYED MANSOOR ZAFAR

Yetiştirdigin oğlun her zaman kim olduğu ve ne olduğu icin gurur duyacaktır. Daha sonradan karmaşık ama derin tarafının olduğunu fark eden bir adam olarak bđyüdü ve bu adamın tutunması ve anlaşılması gerekiyordu.

Kıymetli ve sevgili merhum babama Sayed Najibullah Zafar,

ÖNSÖZ

Ailemin maddi ve manevi destekleri olmadan bu yolculuğun mümkün olamayacağını kabul etmeliyim. Annemin soğuk kış gecelerinde kıyafetlerimi ütülerken ve Afganistan'ın sabah ayazında erken kalkarak beni okula uğurladığı o günleri asla unutamam. Yaşamım boyunca hayallerimin peşinden gidebilmem uğruna benim için hiçbir fedakarlıktan kaçınmayan sevgili anneciğime ve babacığımın şükranlarımı sunuyorum. Ailemin bana olan inancını ve benim için en iyisini istediğinden hiçbir şüphem yok. Bana hayatımda doğru yolu, sadakati, vefakar olmayı öğreten, beni ben yapan değerlerleri kazandıran ve kazandırdığı değerler sayesinde insanları tanıyabilen ve anlayabilen biri olmayı öğrettikleri için aileme minnettarım. Ömrümün sonuna kadar bana kazandırdığınız değerleri kaybetmeyeceğime ve bana kattığınız değerlerle olmamı istediğiniz bir insan olmak için çalışıp sizi gururlandıracığımdan şüpheniz olmasın. Bir babadan ziyade öğretmen gibi beni eğiten, hayata hazırlayan çok kıymetli, saygıdeğer Babacığım Sayed Najibullah'a ayrıca teşekkür ederim. İlim yolunda ülkemi ve milletimi uluslararası alanda en iyi şekilde temsil edeceğime, başta ailem ve akrabalarım olmak üzere tüm milletime sadık ve vefakar bir insan olmak için çalışmaya devam edeceğime söz veriyorum. Afganistan'ın altyapısının yeniden inşa ve modernize edilmesine, doğal kaynaklarla kritik tesisler ve büyük inşaat projelerinin yürütülmesine zemin ve geoteknik açısından çok ihtiyacı var. Deprem gibi doğal afet ihtimalleri karşısında geoteknik ve zeminin incelenmesi, olumsuz etkilerinin dikkate alınması hususları yüksek düzeyde önem arz etmektedir.

Tez çalışmam boyunca desteklerini benden esirgemeyen, zamanını, bilgi ve tecrübelerini benimle paylaşan tez danışman hocam Sayın Dr. Öğr. Üyesi Kaveh DEHGHANIAN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Tezimin bilimsel araştırma projesi kapsamında beni destekleyen ve tüm deneylerimde beni yalnız bırakmayan hocalarım; Beste Kocak DİNÇ, Emrah ÇALTILI, Hakan Murat SOYSAL'a teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu eğitim yolculuğunda destekleriyle tanıdığım tüm akademisyenlere destekleri için ayrıca teşekkür ederim.

Aralık 2019

Sayed Mansoor ZAFAR

(İnşaat Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	ix
İÇİNDEKİLER	x
SİMGE LİSTESİ.....	xiii
KISALTMALAR	xv
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xvi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET.....	xix
ABSTRACT	xx
1. GİRİŞ	1
1.1 Genel	1
1.2 Amaç ve Kapsam	3
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	5
2.1 Zemin Sınıflandırma Sistemleri	5
2.2 Amerikan karayolları zemin sınıflandırma sistemi (AASHTO)	5
2.3 Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS)	6
2.4 Kaya parçacıkları ile uyumlu yapışkan zemin	9
2.5 Büyük Ölçekli Kesme Deneyleri Kullanılarak Kaya Dolgusunun Kayma Direnci ve Kaya Dolgu Malzemelerinin Kesme Mukavemetini Etkileyen Parametreler	11
2.5.1 Normal ve sınırlayan basınç.....	12
2.5.2 Su muhtevası ve sıkıştırma	13
2.5.3 Derecelendirme efektifi.....	14
2.5.4 Üniformluk katsayısı.....	14
2.5.5 Maksimum tane büyüklüğü.....	14
2.5.6 Parçacıkların kökeni ve şekli etkisi.....	15
2.5.7 Yoğunluk.....	16
2.5.8 Tane kırılmasının etkisi.....	17
2.6 Mohr-Coulomb Göçme Hipotezi	17

2.6.1	Efektif gerilmeler ve kayma mukavemeti	18
2.6.2	Granül malzemenin genişliği	19
2.6.3	ASTM-D2487 standardına göre birleşik zemin sınıflandırma sistemi	21
2.6.4	Kil.....	21
2.6.5	Çakıl	21
2.6.6	Derecelenme katsayısı.....	22
2.6.7	Üniformluk katsayısı.....	22
2.6.8	Elek analizi.....	23
2.7	Kesme Mukavemeti	23
2.7.1	Direk kesme deneyi.....	24
2.7.2	Konsolide drene koşullar altında zeminlerin direk kesme deneyi	25
2.8	Terminoloji.....	26
2.8.1	Yenilme	26
2.8.2	Nominal gerilim	26
2.8.3	Nominal kesme gerilim	26
2.8.4	Bağlı yanal yerdeğiştirme (%)	26
2.8.5	Önkesme.....	26
2.8.6	Bağlı yanal yerdeğiştirme	26
2.8.7	Deney yönteminin özeti	26
2.8.8	Önemli kullanım şartlar	27
2.8.9	Gözenekli Ekler.....	28
2.9	Yükleme Cihazları	29
2.9.1	Normal kuvvetin uygulanması ve ölçülmesi için cihaz	29
2.9.2	Numune kesme cihazı	29
2.9.3	Kesme kutusunun üst yarısı	29
2.9.4	Normal kuvvet ölçüm cihazı	29
2.9.5	Deformasyon göstergeleri	30
2.9.6	Direk kesme kutusu.....	30
2.9.7	Kalibrasyon	30
2.9.8	Yeniden yapılandırılan numune	30
2.10	Konsolidasyon.....	31
2.10.1	Kesme oranının belirlenmesi.....	32
2.10.2	Hesaplama	33
2.10.3	Deplasman oranı.....	34
2.10.4	Yüzde rölatif yasal yerdeğiştirme.....	34
2.10.5	İri taneli malzemenin kesme mukavemeti.....	34
2.10.6	Kaya parçacıkları ile yapışkan zemin	36

2.11 İri Taneli Zeminin Kesme Mukavemetini Belirleme Yöntemleri.....	37
2.11.1 Geri analiz yöntemi	37
2.11.2 Fiziksel özellikler değişikliği	38
2.11.3 Paralel yöntem.....	38
2.11.4 Değiştirme yöntemi.....	38
2.11.5 Matris yöntemi	38
2.11.6 Ampirik yöntem	39
2.11.7 Analitik yöntem.....	39
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
3.1 Malzeme ve Yöntem	41
3.2 Yöntem.....	42
3.3 Deneysel Çalışmalar.....	43
3.3.1 Su muhtevası	43
3.3.2 Birim hacim ağırlık	44
3.3.3 Tane yoğunluğu deneyi (Özgül ağırlık deneyi)	45
3.3.4 Dane çapı dağılımı (Granülometri) Deneyi (Elek analizi deneyi)	46
3.3.5 Direk kesme deneyi.....	49
3.3.6 İri taneler	51
3.3.7 İnce taneler	51
4. DENEYSEL SONUÇ VE DEĞERLENDİRİLMESİ	52
4.1 Farklı Gerilmeler Altında İnce Gevşek Numunelerin Değerlendirilmesi	52
4.2 Farklı Gerilmeler Altında İnce Sıkıştırılmış Numunelerin Değerlendirilmesi	55
4.3 Farklı Gerilmeler Altında Kaba Gevşek Numunelerin Değerlendirilmesi	59
4.4 Farklı Gerilmeler Altında Kaba Sıkıştırılmış Numunelerin Değerlendirilmesi	61
KAYNAKLAR	65
5. Ekler	69
6. ÖZGEÇMİŞ.....	146

SİMGE LİSTESİ

\circ	: Derece
γ_s	: Dane birim hacim ağırlığı
σ_n	: Normal gerilme
σ'	: Efektif normal stress
τ	: Nominal kesme gerilimi (lbf /in ² , kPa)
τ	: Kesme mukavemeti
τ'	: Efektif kesme gerilmesi
τ	: Kayma gerilmesi
τ_{mak}	: Maksimum kayma gerilmesi
ϕ	: Kayma mukavemeti açısı
ϕ'	: Efektif sürtünme açısı
A	: Numunenin başlangıç alanı (in ² , mm ²)
c	: Kohezyon
C	: Kil
C _c	: Derecelenme Katsayısı
C _u	: Üniformluk Katsayısı
CH	: Yüksek plastisiteli kil
CL	: Düşük plastisite kil
D	: Kesme yönünde numune çapı veya yanal boyut inç. (mm) (3 SD)
d _f	: Tahmini bağıl yanal yerdeğiştirme yenilme durumunda, inç / [mm]
d _h	: Bağıl yanal yerdeğiştirme (inç/mm)
D ₁₀	: Zemin içindeki daneleri %10'nın daha küçük olduğu çap değeri
D ₃₀	: Zemin içindeki danelerin % 30'nın daha küçük olduğu çap değeri
D ₆₀	: Zemin içindeki danelerin % 60'nın daha küçük olduğu çap değeri
F _n	: Numuneye etki eden normal kuvvet (KN)
F _s	: Kesme kuvveti (N)
G	: Çakıl
G _s	: Zeminin dane birim hacim ağırlığı
H	: Yüksek Plastisite
I _p	: Plastisite indisi
i _m	: Matris için strese bağıl dilatasyon açısı
i _r	: Genel kesme düzlemi için dilatasyon açısı, kaya parazitini hesaba
L	: Düşük Plastisite
M	: Silt
MH	: Yüksek plastik kil
ML	: Düşük Plastisite-Silt
O	: Organik zemin

OH	: Organik Kil / Organik Silt
OL	: Düşük plastisiteli organik zemin
P	: Kotu Dereceli
P_d	: Yüzdeye bağlı yanal yerdeğiştirme % 3 SD
PT	: Turba
R_d	: Deplasman oranı, inç / dakika [mm / dakika]
S	: Kum
SC	: Kili kum
SM	: Siltli kum
SP	: Kötü derecelenmiş kum
SP- SM	: Kötü Derecelenmiş kum - Siltli kum
SW	: İyi derecelenmiş kum
SW- SM	: İyi derecelenmiş kum – Siltli kum
t_e	: Geçen deneyim süresi (dakika)
t_f	: Toplam tahmini geçen yenilme süresi, dakika,
t₅₀	: Numunenin maksimum normal gerilme artışı altında yüzde 50 konsolidasyona ulaşması için gereken süre, dakika
t₉₀	: Numunenin maksimum normal gerilme artışı altında yüzde 90 konsolidasyon elde etmesi için gereken süre, dak
V	: Hacim
w	: Su muhtevası
W_L	: Likit limit
W_P	: Plastik limit

KISALTMALAR

AASHTO	: Amerikan karayolları zemin sınıflandırma sistemi (Amerikan Devlet Karayolu ve Taşımacılık Görevlileri Birliği)
ASTM	: Amerikan test ve materyaller topluluğu
GI	: Grup indeksi
SD	: Anlamli rakam
USCS	: Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: A. Casagrande (1942) tarafından önerilen Birleşmiş Zemin sınıflandırma Sistemi ve Sembolleri	6
Çizelge 2.2: Sürtünme açısını etkileyen faktörlerin özeti.....	17
Çizelge 2.3: Kohezyonsuz zeminlerin göreceli yoğunluğu ve sürtünme açısı arasındaki ilişki	25
Çizelge 2.4: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi	33
Çizelge 3.1: Zemin numunesinin geoteknik özellikleri	41
Çizelge 3.2: Su içeriğinin belirlenmesi.....	43
Çizelge 3.3: İnce ve İri taneli zeminlerin birim hacim ağırlığın sonuçları.....	44
Çizelge 3.4: Numune özgür ağırlık deneyi sonuçları	46
Çizelge 3.5: Numune özgür ağırlık deneyi sonuçları	46
Çizelge 3.6: Elek serisinden eleme sonucu laboratuvarından elde edilen sonuçlar.....	48
Çizelge 3.7: İri taneli zeminlerin üzerinde yapılan 30 deneyin sonucu	51
Çizelge 3.8: İnce- taneli zeminlerin üzerinde yapılan 30 deneyin sonucu	51

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Plastisite Tablosu.....	6
Şekil 2.2: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Şeması-ASTM D2487-11	7
Şekil 2.3: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Şeması-ASTM D2487-11	8
Şekil 2.4: Gradasyon analizi ile gösterilen paralel yöntem	12
Şekil 2.5: Coulomb göçme zarfı	18
Şekil 2.6: Toplam ve efektif gerilme daireleri kırılma zarfları.....	19
Şekil 2.7: Üç eksenli Basınç Deneyinde Eksenel yükleme sırasında ve Zemin . genişletme	20
Şekil 2.8: Kümülatif Parçacık -Boyut Çizimi.....	22
Şekil 2.9: Direk kesme deney testin cihazlarının şematik diyagramı ve sürtünme . açısını elde etmek için test sonuçlarının çizimi.....	24
Şekil 3.1 : Granülometri Eğrisi.....	41
Şekil 3.2: Paralel yöntem ve gradasyon analizi eğri üzerinde gösterimi (kaynak)	42
Şekil 3.3: Kuru numune kütlesi	43
Şekil 3.4: (a) Elek analiz deneyinde elekler, (b) ince ve (c) iri taneler	47
Şekil 3.5: İnce ve İri tane boyutu dağılımı eğriler	48
Şekil 3.6: Eleme sonucu elde edilen değerlerin gösterimi.....	49
Şekil 3.7: (a) Kesme Trac-II Tür Makinesi, (b) Direk kesme deneyin kurması ve . (c) numunenin kesme kutusunun üst ve alt kısmı yanal yük uygulandıktan . sonrası	50
Şekil 4.1:100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme altındaki ince gevşek numunenin eğrisi	52
Şekil 4.2:100, 200 ve 300 kPa normal gerilme ve kesmenin ilişkisi	54
Şekil 4.3:100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme altındaki ince gevşek numunenin yatay . ve düşey yerdeğiştirmesi	55
Şekil 4.4:100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme altındaki ince konsolidasyonlu..... . numunenin eğrisi	56
Şekil 4.5: 100, 200 ve 300 kPa normal gerilme ve kesmenin ilişkisi	57
Şekil 4.6: 100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme Altındaki ince konsolidasyonlu..... . numunenin yatay ve düşey yer değiştirmesi	58
Şekil 4.7:100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme Altındaki kaba gevşek numunenin eğrisi	59
Şekil 4.8: 100, 200 ve 300 kPa normal gerilme ve kesmenin ilişkisi	60
Şekil 4.9:100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme Altındaki kaba gevşek numunenin yatay . ve düşey yerdeğiştirmesi	61

Şekil 4.10:100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme Altındaki kaba konsolidasyon.....	
. numunenin eğrisi.....	62
Şekil 4.11:100, 200 ve 300 kPa normal gerilme ve kesmenin ilişkisi	63
Şekil 4.12:100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme Altındaki kaba konsolidasyon.....	
. numunenin yatay ve düşey yerdeğiştirmesi	64
Şekil A.1 : ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için.....	71
Şekil A.2: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için....	74
Şekil A.3: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için....	76
Şekil A.4: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için....	78
Şekil A.5: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için....	80
Şekil A.6: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için....	82
Şekil A.7: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için....	84
Şekil A.8: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için....	86
Şekil A.9: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için....	88
Şekil A.10: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için..	90
Şekil A.11: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için..	92
Şekil A.12: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için..	94
Şekil A.13: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için..	96
Şekil A.14: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için..	98
Şekil A.15: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için	100
Şekil A.16: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için	102
Şekil A.17: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için	104
Şekil A.18: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için	106
Şekil A.19: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için	109
Şekil A.20: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için	112
Şekil A.21: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için	114
Şekil A.22: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için	116
Şekil A.23: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için	118
Şekil A.24: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için	120
Şekil A.25: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için	122
Şekil A.26: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için	124
Şekil A.27: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için	126
Şekil A.28: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için	128
Şekil A.29: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için	131
Şekil A.30: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için	133
Şekil A.31: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için	135
Şekil A.32: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için	137
Şekil A.33: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için	139
Şekil A.34: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için	141
Şekil A.35: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için	143
Şekil A.36: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için	145

İRİ TANELİ ZEMİNLERDE DİREK KESME DENEYİ KULLANARAK KAYMA DAVRANIŞININ İNCELENMESİ

ÖZET

İri taneli zeminlerin mekanik özellikleri, laboratuvar deneylerinden direk kesme deneyi ile elde edilir. Ölçülen önemli parametrelerden biri, numunenin yenilme düzleminde mühim bir rol oynayan parçacıkların “iç sürtünme açısı” (ϕ) dır. Bu çalışmada, İstanbul'daki taş ocaklarından elde edilen zemin malzemeleri üzerinde sabit 0,5 mm/dakika kayma oranı kullanılarak toplam 120 deney yapılmıştır. Test edilen zemin parçacıkları 0,075 mm ila 8 mm arasında olmuştur. Numuneler, gevşek ve sıkıştırılmış zemin koşullarında 100 kPa, 200 kPa ve 300 kPa normal gerilmeler altında test edilmiştir. Direk kesme deney kutusu aparatı, ASTM D 3080 tarafından sağlanan şarta uygun olarak (100 mm x 100 mm x 45 mm) seçildi. Deneysel testler ince ve iri taneli zeminlerde yapılmıştır. Test koşullarına göre spesifik deneyimin yokluğunda, ASTM-D 3080-11'e göre yanal yer değiştirme 10 mm kullandık. Bu çalışmada direk kesme deneyi ile numunenin iç sürtünme açısı karşılaştırıldı ve değerlendirildi. Granül malzemelerin kayma mukavemetinin partikül boyutuna, şekline, bağl yoğunluğa ve dereceye bağlı olduğunu gözlenmiştir. Kırılmış granüler parçacıklar için hesaplanan iç sürtünme açısı (ϕ) değerleri önemli ölçüde yüksektir, bu da bu malzemelerin bolluğu ve yüksek sürtünme açıları nedeniyle kullanılabileceğini gösterir.

Anahtar Kelimeler: *Direkt Kesme Mukavemeti, İri Taneli Zemin, İçsel Sürtünme Açısı*

INVESTIGATING THE SHEAR STRENGTH BEHAVIOR OF GRANULAR SOILS USING DIRECT SHEAR TEST

ABSTRACT

The mechanical properties of coarse-grained soils were obtained by the direct shear test in laboratory. One of the important measured parameters is the “internal friction angle” of the particles (ϕ), which plays a significant role on shear failure plane of the specimen. In this study, totally 120 tests were performed on soil materials acquired from quarries in Istanbul by using a fixed shearing rate of 0.5 mm/min. The tested soil particle sizes were between 0.075 mm and 8 mm. The specimens were tested under 100 kPa, 200 kPa, and 300 kPa of normal stresses in loose and compacted soil conditions. The direct shear test box apparatus was chosen as (100 mm by 100 mm by 45 mm), which was consistent with the requirements provided by ASTM D3080. The experimental tests are conducted on granular soils of fine and coarse grain sizes. In the absence of specific experience relative to the test conditions, we used lateral displacement 10 mm according to ASTM-D3080-11. In this research by the direct shear test, the internal friction angle of the specimen was compared and evaluated. It was observed that shear strength of granular materials depends on the particle size, shape, relative density and gradation. For crushed granular particles, calculated ϕ values are significantly high which indicates that these materials can be used due to their abundance and high friction angles in most of the cases.

Keywords: *Direct Shear Test, Granular soil, Internal Friction Angle*

1. GİRİŞ

1.1 Genel

Granüler malzemeler gibi büyük parçacıklar, açık deniz yapılarında, siperlerde, zemin tutma yapılarında, baraj yapımında, havaalanlarında, yol temellerinde yaygın olarak kullanılır ve aynı zamanda yüksek mukavemetleri ve suyu hızla tahliye etme kabiliyeti nedeniyle dolgu olarak da kullanılır. Bu iri taneli zeminler, ana kayadan püsküren büyük, granüler ve açılmal kaya malzemeleridir. Zemin mekaniği ve geoteknik mühendisliğinde, iri taneli zeminlerin kesme mukavemetinin belirlenmesi, güvenli ve ekonomik geoteknik yapılar üretmek için tasarım çalışmaları için hayati ve yararlıdır. Geoteknik tasarım için gerekli parametrelerin ölçülmesinde en önemli ve yaygın yaklaşımlardan biri, granüler zeminin kesme mukavemetidir. Direk kesme deneyi, 1776'da Mohr-Coulomb göçme zarfı tarafından tanımlanan granüler malzemelerin kesme mukavemetini bulmak için yaygın olarak kullanılan bir prosedürdür ve mukavemet parametrelerini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Granül malzemelerin kesme mukavemeti çeşitli parametrelerden etkilenir. Yu ve ark. (2006) kaya dolgu malzemeleri üzerinde direk kesme deneyi kullanılarak yapılan araştırma ve granül malzemelerin kesme mukavemeti gradasyon, parçacık şekli, boyutu, bağli yoğunluk, parçacık gücü ve numunenin doygunluk derecesine bağli olduğunu gözlemledi. Direk kesme deneyi, granül malzemenin kesme mukavemeti parametrelerini tanımlamak için ekonomik ve kolay bir yöntemdir. Direk kesme aparatının düzenlenmesi karmaşık değildir, deneyin gerçekleştirilmesi kolaydır ve gerekli parametreleri bulmak oldukça kolay çıktı kayıtlarına erişir [1].

İri taneli zeminlerin parçacık boyutu 0,8 m-1,0 m'ye ulaşabilir ve bazı koşullarda 1,2 m'ye ulaşabilir. Geleneksel deneylerde, maksimum parçacık boyutunun sınırlandırılması, deney cihazının boyut sınırlaması nedeniyle sadece 60 mm'dir [6]. İzin verilen maksimum parçacık boyutu, büyük ölçekli deney aparatına ilerleyerek 0,2 - 0,3 m'ye ulaşabilir, yine de, orijinal alan dereceli iri zeminlerin direk deney yapmak mümkün değildir.

Bu nedenle, orijinal dereceli granüler malzemelerin boyutunu uygun deney boyutuna indirmek için çeşitli ölçek yöntemleri (örneğin, paralel derecelendirme yöntemi, kombinasyon yöntemi ve eşdeğer yerine yöntemi) önerilmiştir. Bununla birlikte, farklı yaklaşımlar veya ölçek yöntemleri kullanılacaksa sonuç ve mekanik parametreler farklı olacaktır ve bu duruma "ölçek etkisi" denir [7].

Bununla birlikte, direk kesme deneyinin ekipmanının iri taneli zemin parçacıklarına göre küçük boyutlu olduğuna ve parçacıkların kesin kesme mukavemetini bulmak için bir sorun olabileceğine inanıyordu. Standart direk kesme deney kutusu (60 mm x 60 mm) iri taneli malzemeleri deney etmek için uygun değildir. Bu nedenle, iri granül malzemelerin kesme mukavemetinin belirlenmesi, uygun bir büyük ölçekli direk kesme deney aparatına ihtiyaç duyar, bu nedenle sonuçlar doğru olabilir [4].

Çalışmamızın amacı, iri taneli malzemelerin kesme mukavemeti üzerindeki parçacık boyutunun etkinliğini değerlendirmektir. Bu konuyu araştıran, [8] parçacık boyutunun etkisini araştırdı ve deneysel sonuçlar şöyle tarif edildi: parçacık boyutunun artmasıyla, maksimum kayma mukavemeti artar, ayrıca iç sürtünme açısı ve normal yük önemli bir kural oynar. Daha küçükten daha büyük, iç sürtünme açısı ve maksimum kesme mukavemeti artar. Kademeli parçacıkların maksimum kesme mukavemeti, üniform parçacıklara göre daha yüksektir, önceki çalışmalar ise parçacık boyutunun kesme mukavemeti üzerindeki etkisine ilişkin farklı sonuçlar verir.

W. M. KirkPatric [9] tane boyutunun ve derecelendirmenin, süzölmüş üç eksenli deneylerle granüler malzemelerin paylaşım davranışı üzerindeki etkisini inceledi. Sonuç, tane boyutu azaldıkça iç sürtünme açısının arttığını gösterdi.

R.J. Marsal [10] test edilen üç kumun ortalama parçacık çapındaki artışın sürtünme açısında hafif bir azalmaya neden olduğunu belirtti. Bu arada, literatürde tartışılmalı sonuçlar vardır; bazıları parçacıkların boyutundaki bir artışın sürtünme açısını da arttırdığını belirtmektedir.

T. Nakao, and S. Fityus [12] araştırmalarını paylaştı ve iri örneklerin daha yüksek kesme mukavemetine ve sürtünme açısına sahip olduğunu ortaya koydu. Boyut <4,75 mm numuneleri olan parçacıklar için kalıntı ve tepe etkili açılar sırasıyla 31,6 derece ve 32,8 derece iken, <19 mm numune deneyleri için kalıntı ve tepe mukavemeti 34,2 derece ve 37,1 derece olarak çok daha yüksekti. Başka bir araştırmada, parçacık büyüklüğü dağılımının birikim zeminin kesme mukavemeti üzerindeki etkilerini gösterilmiştir. Deney sonuçları, parçacık boyutu ve çakıl içeriğindeki artışla kesme direncinin açısının arttırıldığını belirtmektedir [13].

1.2 Amaç ve Kapsam

Çalıştığımız bilimsel araştırmada iri taneli zeminlerin mekanik özellikleri direk kesme deneyi ile sonuçlar elde alınmıştır. Numuneler farklı yük altında test edilmiştir. İstanbulun Cebece bölgesinden alınan taş ocağın numunenin üzerinde 120 deney laboratuvarında gerçekleşmiştir. Ölçülen önemli parametrelerden biri, numunenin kesme yenileme düzleminde önemli bir rol oynayan parçacıkların (ϕ) iç sürtünme açısıdır. 0,075 mm- 8 mm taneler aşağıdaki gibi iki kategori olarak deneyim yapılmıştır.

- İri taneler (4 mm, 6 mm, 8 mm)
- İnce taneler (0,075 mm, 0,425 mm, 4 mm)

Numunelerin üzerinde deneyler 100 kPa, 200 kPa ve 300 kPa normal gerilme altında gevşek ve konsolidasyonlu durumunda yapılmıştır. Direk kesme kotosununun cihaz ölçümleri (100 mm 100 mm 45 mm) ASTM D3080 standartlarına göre seçilmiştir.

Birinci aşamada laboratuvarında numunelerin üzerinde özgül ağırlık deneyi, elek analizi deneyi, birim hacim ağırlığı ve su muhtevaları yapılmıştır.

İkinci aşamada 500 gr ince ve 500 gr iri tanelerin ayrı ayrı ölçümlerinde direk kesme deneyimiz aşağıdaki gibi yapılmıştır. Bu numuneler (ince ve iri) 100 kPa, 200 kPa ve 300 kPa altında 3'er deney gevşek ve sıkı halinde yapılmıştır.

- İri taneli malzemeler: (4.75mm – 6mm) 250gr, (6mm – 8mm) 250 gr
- İnce taneli malzemeler: (0,075mm – 0,425) 125gr, (0,425mm – 2mm) 250gr, (2mm – 4,25mm) 125gr

Bu bilimsel araştırma toplam beş bölüm halinde düzenlenmiştir. Birinci bölümde iri taneli malzemelerin kullanımı ve önemi anlatılmıştır. İkinci bölümde yapılan farklı araştırmaların kullanım yerleri ve araştırmaların sonuçlarının gözden geçirilmesi anlatılmıştır. Üçüncü bölümde ise araştırmalarda kullanılan malzeme ve yürütülen yöntemlerden bahsedilmiştir. Dördüncü bölümde araştırmaların sonuçları ve değerlendirmeleri karşılaştırmalarıyla birlikte tartışılmıştır. Son bölüm olan Beşinci bölümde ise çalışmada kullanılan bütün kaynaklar belirtilmiştir. Çalışmanın EK kısmında ise deneysel analizden elde edilen bütün çizelgeler, veriler ve resimler yer almaktadır.

2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

2.1 Zemin Sınıflandırma Sistemleri

Zemin sınıflandırma sistemleri, tanecik boyutu dağılımı, likit limit ve plastik limit gibi ortak mühendislik özelliklerine göre zeminleri gruplara ve alt gruplara ayırır. Şu anda kullanımda olan iki ana sınıflandırma sistemi vardır. (1) Amerikan Devlet karayolu ve ulaşım yetkilileri Birliği (AASHTO) ve (2) Birleşik zemin Sınıflandırması (USCS). AASHTO sistemi esas olarak karayolu alt sınıflarının sınıflandırılması için kullanılır. Temel yapımında kullanılmaz.

2.2 Amerikan karayolları zemin sınıflandırma sistemi (AASHTO)

AASHTO zemin sınıflandırma sistemi aslen karayolu araştırma Kurulu'nun alt sınıflar ve granüler tip yollar için malzemelerin sınıflandırılması komitesi tarafından önerilmiştir [15]. Bu sistemin mevcut formuna göre, zeminler, tana boyutlu dağılımı, likit limit ve plastisite indisi dayanarak, A-1'den A-7'e kadar yedi ana gruba göre sınıflandırılabilir. A-1, A-2 ve A-3 gruplarında listelenen zeminler iri taneli malzemelerdir ve A-4, A-5, A-6 ve A-7 gruplarındaki zeminler ince taneli malzemelerdir. Turba, bataklık zemin ve diğer yüksek organik zeminler A-8 altında sınıflandırılır. Bunlar görsel muayene ile tanımlanır.

A-7 grubunun iki tür zemin içerdiğini unutmayın. A-7-5 tipi için, zeminin plastisite indisi eksi 30 likit limitine eşit veya daha azdır. A-7-6 tipi için, plastisite indisi eksi 30 likit limitinden daha büyüktür. Karayolu subgrade bir malzeme olarak bir zemin çekiciliği nitel değerlendirme, grup dizini olarak da geliştirilmiştir. Belirli bir zemin için Grup indisi değeri ne kadar yüksekse, zayıf olan zeminin bir alt sınıf olarak performansı olacaktır. 20 veya daha fazla grup indisi çok zayıf bir alt sınıf malzemesini gösterir. Grup dizini için denklem 1 de yazılabilir [15].

$$GI = (F200 - 35) [0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F200 - 15) (PI - 10) \quad (1)$$

Grup indeksi en yakın tam sayıya yuvarlanır ve zemin grubunun yanında parantez içinde yazılır;

örneğin,

Zemin Grubu ----- A-4 , Grup İndisi ----- (5)

A-1-A, A-1-b, A-3, A-2-4 ve A-2-5 gruplarına düşen zeminler için Grup indeksi her zaman sıfır

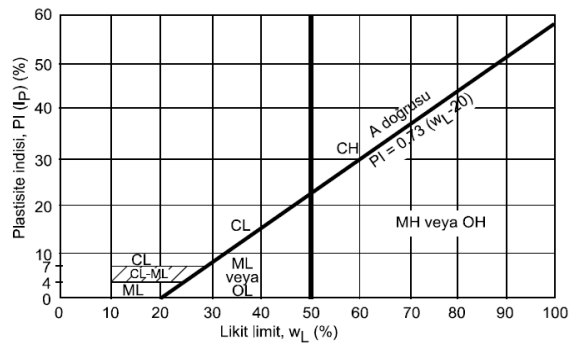
2.3 Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi (USCS)

Birleşik zemin sınıflandırma sistemi başlangıçta A. Casagrande tarafından 1942'de önerildi ve daha sonra Amerika Birleşik Devletleri ıslah bürosu ve ABD Ordu mühendisleri tarafından revize edilip ve kabul edildi. Sistem şu anda hemen hemen tüm geoteknik çalışmalarda kullanılmaktadır. Birleşik sistemde, tanımlama için aşağıdaki semboller kullanılır:

Çizelge 2.1: A. Casagrande (1942) tarafından önerilen Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi ve Sembolleri

Sembol	G	S	M	C	O
Açıklama	Çakıl	Kum	Silt ve kil	Kil	Organik Silt
Sembol	PT	H	L	W	P
Açıklama	Turba ve çok Organik Zeminler	Yüksek Plastisite	Düşük Plastisite	İyi Dereceli	Kotu Dereceli

Plastisite tablosu Şekil 2.1 ve Çizelge 2.1, çeşitli zemin türleri için grup sembollerini belirleme prosedürünü göstermektedir. Bir zemini sınıflandırırken, genellikle zemini tanımlayan grup adını grup sembolü ile birlikte verdiğinizden emin olmalıdır. Şekil 2.2 iri taneli zemin için grup isimlerini elde etmek için akış şemaları gösterilmiştir.



Şekil 2.1: Plastisite Tablosu [48]

Bu sisteme, A hattın üzerinde olan zeminler kil ve Altındaki zeminler silt adlanıyorlar.

ANA GRUPLAR (75 mm'den iri malzeme hariç tutulmuştur.)		Tipik isimler	
İRI TANELİ ZEMİNLER (Malzemenin % 50'nden çoğu, 200 No'lu elekten geçmez.)	ÇAKIL (İri kısmın % 50'nden çoğu, 4 No'lu elekten geçmez.)	GW	İyi derecelenmiş çakıllar, kumlu çakıllar (İncesi az veya hiç yok)
		GP	Kötü derecelenmiş çakıllar, kumlu çakıllar (İncesi az veya hiç yok)
		GM	Siltli çakıllar, killi kumlu çakıllar
		GC	Killi çakıllar, killi kumlu çakıllar
İNCİ TANELİ ZEMİNLER (Malzemenin % 50'nden çoğu, 200 No'lu elekten geçer.)	KUM (İri kısmın % 50'nden çoğu, 4 No'lu elekten geçer.)	SW	İyi derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar (İncesi az veya hiç yok)
		SP	Kötü derecelenmiş kumlar, çakıllı kumlar (İncesi az veya hiç yok)
		SM	Siltli kumlar
ÇOK ORGANİK ZEMİNLER	SİLTLER VE KİLLER (Likit Limit > 50) SİLTLER VE KİLLER (Likit Limit < 50) Plastisite grafiği kullanılır.	ML	İnorganik siltler, inorganik siltli veya killi ince kumlar (Düşük plastisiteli)
		CL	İnorganik killler, inorganik siltli killler (Düşük plastisiteli)
		OL	Organik siltler ve organik siltli killler (Düşük plastisiteli)
		MH	İnorganik siltler (Yüksek plastisiteli)
		CH	İnorganik killler (Yüksek plastisiteli)
		OH	Organik killler (Yüksek plastisiteli)
Pt	Turba veya diğer çok organik zeminler (Koyu renkli, kokulu, lifli içerir.)		

200 No'dan geçen ince malzeme yüzdesine göre iri taneli zeminler şöyle sınıflandırılır:
% 5'den az: **GM, GP, SW, SP**
% 5-12 arası sınırdır: **GC, SM, SC**
% 12'den fazla: **GM, GC, SM, SC**

Laboratuvar sınıflandırma ölçütleri

$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 4$ ve $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}} = 1-3$

GW'nin granülometri şartlarını karşılamayanlar

GM: A hattının üstünde ve altında veya $I_p < 4$
Her iki sembol beraber kullanılır.

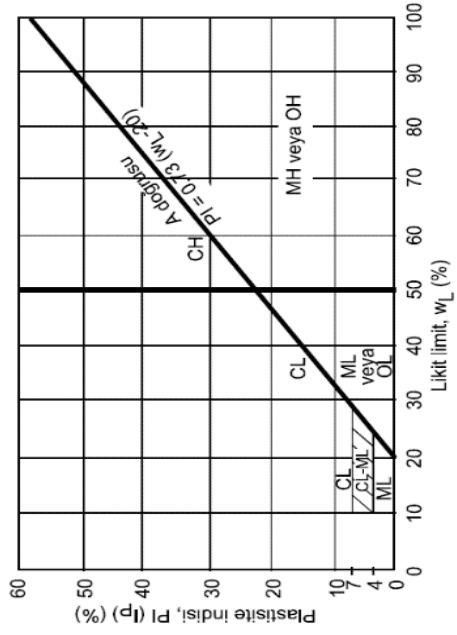
GC: Aterberg limitleri A hattının üstünde ve $I_p > 7$

SW: $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} > 6$ ve $C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10}D_{60}} = 1-3$

SP: SW'nin granülometri şartlarını karşılamayanlar

SM: Aterberg limitleri A hattının altında veya $I_p < 4$
Aterberg limitleri A hattının üstünde veya $I_p > 7$

SC: Aterberg limitleri A hattının üstünde ve $I_p = 4-7$ ise sınırdadır. Her iki sembol beraber kullanılır.



Şekil 2.3: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Şeması [48]

Yüzey pürüzlülüğünün etkileri Vellerga ve arkadaşları (1957) tarafından eşit sıkıştırma çabası altında kesilmiş cam boncuklarla değerlendirildi. Kazınmış yüzeylere sahip boncuklar, iç sürtünme açısından önemli bir artış gösterdi. Tersine, düşük kesme mukavemeti kohezyonsuz zeminler, yuvarlak şekilli taneler ve pürüzsüz bir yüzey ile gevşektir. Bu malzemelerin yoğunluğu, zeminin derecelendirilmesi ve gerilmenin sınırlandırılması da dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenir [19].

Komşularıyla temas halinde olan kaya parçacıklarının mukavemet özellikleri, 1960'lı ve 70'li yıllarda barajlarda ve setlerde kaya dolgularının yaygın kullanımı ile birlikte kapsamlı bir şekilde incelenmiştir [20]. Leslie (1963) çakıllı zeminlerden yapay olarak üretilen derecelendirme ilişkilerinin önemli bir hacmini inceledi ve kesme direnci açısından en yüksek değerlerinin en büyük maksimum boyut parçacıklarıyla en yoğun numuneden elde edildiğini buldu [21].

Yazarlar ayrıca, herhangi bir gözeneklilik için, daha küçük maksimum boyutlara sahip daha düzgün örneklerin, iç sürtünme açısından daha yüksek değerlerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Marachi ve ark. (1972) 1) artan su içeriği, 2) artan tekdüzellik, 3) artan açısallık, 4) azaltılmış parçacık mukavemeti, 5) artan etkili sınırlayıcı basınç, 6) belirli bir sınırlayıcı basınç altında artan kesme gerilmeni, 7) düzlem gerilme deneyine kıyasla üç eksenli bir hücrede Deney ve 8) artan parçacık boyutları [20].

Marsal (1967) [22] ayrıca artan parçacık boyutlarının kesme mukavemetini azalttığını gözlemledi, ancak Leussink (1965) [23] marsal'ın deney yaklaşımı ve araştırma sonuçlarına itiraz etti ve çalışmalarının mukavemet ve gözeneklilik arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu belirtti. Başka bir çalışmada, Morgan ve Harris (1967), artan maksimum parçacık boyutu nedeniyle önemli bir güç artışı olmadığı sonucuna vardı [24].

2.4 Kaya parçacıkları ile uyumlu yapışkan zemin

Killi zeminin mukavemeti, boşluk oranı, bileşimi ve kesme direncinin açısından etkilenir. Doygunluk derecesi de güç belirlemede önemli bir rol oynamaktadır. Kohezyonlu zeminlerin kompozisyon özellikleri, plastisite açısından tanımlanır; burada daha yüksek plastisite genellikle daha düşük kesme direnci açıkları verir.

kil-kaya karışımından elde edilen kesme mukavemeti verileri genellikle en az 30,5 cm'lik büyük zemin örneklerini deney etmek için üç eksenli bir aparatın geliştirilmesine odaklanmıştır. Killi kumlu çakıl ile çakıl arasında değişen çeşitli örnekler deney edildi. kaya parçacıklarının etkisi ile ilgili herhangi bir sonuç alınmadı,

ancak verilerin incelenmesi, artan çakıl içeriği ile güçte bir artış olduğunu açıkça gösteriyor. Değişen konsantrasyonlarda kaya parçacıklarının yapışkan zemin-kaya karışımlarının kesme mukavemeti üzerindeki etkisi araştırılmış, bu deneyler, parçalanmış bir gnays'tan yeniden kalıplanmış nehir kumu ve kumlu kilin konsolide, öğütülmemiş üç eksenli örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Kum ve kil karışımları %0 ila %100 arasında değişiyordu. Her numune maksimum kuru yoğunluğuna ve optimum nem içeriğine sıkıştırılmıştır. Deneyler, kohezyonsuz materyaldeki artışların %67'ye kadar makaslama direnci açısı üzerinde hiçbir etkisi olmadığını, ancak numunenin kohezyonunda 67 ila %74 kohezyonsuz zemin arasında kademeli bir azalma olduğunu, iç sürtünme açısının arttığını ve kohezyonun önemli ölçüde azaldığını gösterdi. 74'ün ötesinde, iç sürtünme açısı kademeli bir oranda yükseldi.

Kesme mukavemetindeki %67 ila %74 kohezyonsuz malzeme arasındaki dramatik değişiklikler, killi bir matrisin pahasına mukavemeti kontrol eden granüler yapının bir sonucudur. Maalesef, bu deneyler nispeten yüksek etkili normal stres (>200 kPa) ve optimum sıkıştırma koşullarında gerçekleştirildi.

Dabbah ve ark. (1969) maksimum parçacık boyutunun kesme mukavemeti üzerindeki etkisini inceledi. Bu deneylerde kullanılan zemin, kil, silt ve kum karışımları içeriyordu. Çakıl boyutları arttıkça kayma mukavemeti artar üretilen koymuştur. Deneysel kil-kaya karışımlarının yoğunluğu yaklaşık %50 çakıl içeriğinde maksimuma ulaştı, daha sonra artan çakıl konsantrasyonları ile hızla azaldı. Bu noktada, parçacık temas nedeniyle mevcut boşluk alanlarda kil sınırlı kullanılabilirliği hakim olması gerekir [25].

Mühendisler Ordusu Kolordusu (Donaghe ve Torrey, 1979) hem traşlama hem de değiştirme yöntemlerinin (daha sonra tarif edilecek) zemin/kaya karışımlarının kesme mukavemeti üzerindeki etkilerini değerlendirdi. Deneyler, çakıl-kum-kil karışımlarının 38,1cm numunelerinde konsolide edilmemiş üç eksenli deneyler olarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler, standart sıkıştırma maksimum kuru yoğunluğunun %95'ine sıkıştırıldı. Çakıl boyutları 0,4 ila 7,6 cm arasında değişiyordu ve 20, 40 ve %60 konsantrasyonlarında deney edildi. Burada yine, kesme direncinin efektif açısı (ϕ) artan çakıl içeriği ile artmıştır [26].

2.5 Büyük Ölçekli Kesme Deneyleri Kullanılarak Kaya Dolgusunun Kayma Direnci ve Kaya Dolgu Malzemelerinin Kesme Mukavemetini Etkileyen Parametreler

Büyük taneli parçacıkların deney edilmesi, deney aparatının boyutuyla karşılaştırıldığında parçacıkların boyutuyla ilgili ölçek etkilerini önlemek için büyük bir deney aparatı gerektirir. Uygulamada, saha durumunu simüle eden kontrollü yükleme ile bu tür deneylerin yapılması zordur, bu nedenle deneylerin çoğu gerçek durumu yansıtmayan küçük bir ölçekte gerçekleştirilmiştir. Mevcut parametreleri kullanan rockfill'in gücünü tahmin etmek için ampirik modeller geliştirilmiştir, ancak bunların güvenilirliği net değildir. Bu parametreler kesme mukavemetini ve dolayısıyla sürtünme açısını (ϕ) etkiler. kaya dolgusunun kesme mukavemeti direk normal etkili stres, kuru yoğunluk, parçacık pürüzlülüğü, parçacık ezme mukavemeti ve tane boyutu, derecelendirmenin tekdüzeliği ve parçacık şekli ile ters olarak değişebilir [10]. Bir laboratuvar örneğinde, maksimum parçacık boyutu (d), numunenin (D) minimum boyutuna göre belirlenir.

Laboratuvar örneklerinin hazırlanmasında dört farklı yöntem vardır: paralel gradasyon tekniği, scalping yöntemi, kuadratik gradasyon eğrisi yöntemi ve replasman tekniği [28].

Mühendisler tarafından yaygın olarak kullanılan ilk iki yöntem, parçacık boyutunun direk kesme deneyi üzerindeki etkisini araştırmak için benimsenmiştir. Paralel dane dağılımı tekniğinde, şekil 2,5 görülebileceği gibi, orijinal örneklenen malzemeye paralel boyut dağılımları ile indirgenmiş parçacık boyutu laboratuvar örnekleri oluşturulmuştur.

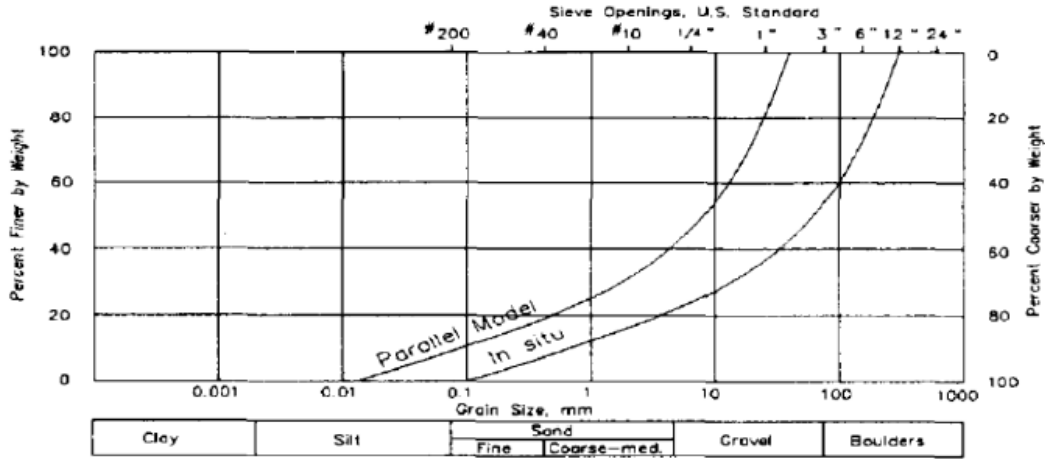
Traşlama yönteminde, büyük boy olarak kabul edilen tüm parçacıklar orijinal malzemedan çıkarıldı (scalped). Gerçekten de, traşlanmış gradasyon, orijinal yerine eşdeğer derecelendirme olarak deney için kabul edilir. Bu teknikler, deneylerdeki örneklerin derecelendirilmesini ve kesme kutularının ölçeği ile ilgili sayısal simülasyonları belirlemek için kullanılmıştır [29].

Her iki yöntemde de, bazı zeminlerin kesme mukavemeti özelliklerini etkileyen yaratıcı derecelendirmenin bir kısmı göz ardı edilecektir [30].

Numunelerin maksimum parçacık boyutları, ASTM-D3080'e göre kutuların boyutuna göre seçilmektedir. ASTM'ye göre, dairesel numuneler için minimum numune çapı veya kare numuneler için genişlik 2,0 inç (50mm) olmalıdır, veya en az on kat maksimum parçacık boyutu çapı, hangisi daha büyük olduğunu. Minimum ilk numune

kalınlığı 0,5 inç (13mm) olmalıdır, ancak maksimum parçacık çapının altı katından az olmamalıdır.

Minimum numune çapı kalınlık veya genişlik-kalınlık oranı 2: 1 olacaktır. Jewell ve Wroth (1987) [31], kesme kutusu uzunluğunun 50 ila 300 aralığında ortalama parçacık boyutuna oranını önerdi. Japon standardına göre, büyük bir kesme kutusu deneyi için izin verilen maksimum parçacık boyutunu belirlemek için üç yaklaşım vardır: a) kutu uzunluğunun 1/10–1/5'i, (b) kutu yüksekliğinin 1/7-1/5'i ve (c) Uygun boyutun seçildiği kutu uzunluğunun veya yüksekliğinin küçüklüğünün 1/9-1/5'i [32].



Şekil 2.4: Gradasyon analizi ile gösterilen paralel yöntem [27]

2.5.1 Normal ve sınırlayan basınç

Stres seviyesi kaya dolgu malzemesinin davranışını etkiler. Bazı yazarlar, kaya dolgusu için kesme mukavemeti eğrisinin, özellikle düşük sınırlayıcı basınçlarda doğrusal olmadığını belirtmişlerdir. Bu nedenle, literatürde, bu malzemenin yenilme zarfını tanımlamak için doğrusal olmayan bir ilişkinin uygulanması gerektiği belirtilmektedir. Normal stresin artması, pik sürtünme açısını (azalan oranlarda) ve dilatasyon açısını azaltır. Normal stres arttıkça azalma oranı azalır. Bu davranış, çok düşük sınırlayıcı streslerde olduğu gibi açıklanabilir, kaya dolgu parçacıkları birbirine göre nispeten serbesttir ve dilatancy etkisi iç sürtünme açısında önemli bir artışa neden olabilir [33].

Dilatasyon açısı, plastik kesme sırasında geliştirilen bir miktar plastik hacimsel gerinim kontrol eder ve plastik verme sırasında sabit kabul edilir. Sınırlayıcı stres arttıkça, dilatancy etkileri parçacık ezmesi nedeniyle yavaş yavaş kaybolur ve iç sürtünme açısının kayda değer bir şekilde azalmasına neden olur. Kaya dolgunun bu kavisli mukavemet zarfı, sabit sürtünme açısı kullanıldığında sıg kayma yüzeyi için

daha düşük bir güvenlik faktörü üretileceğinden dolayı rockfill barajının stabilite analizi üzerinde büyük bir etkiye sahiptir [33-34].

Deneysel öncesi ve sonrası malzeme geçişlerinin karşılaştırılması, deneyler sırasında parçacık kırılmasının meydana geldiğini ve kırılma miktarlarının normal stresin artmasıyla arttığını göstermektedir. Bu malzemenin davranışını da tahmin etmek için bir dizi korelasyon önerilmiştir. Marachi ve arkadaşları (1969), yüksek açısal argillit, ezilmiş bazalt ve yuvarlak amfibolit üzerinde büyük ölçekli üç eksenli deneyler gerçekleştirdi ve $\sigma_n = 4.5$ Mpa'nın ötesinde önemli ölçüde azalmadığını tespit etti. 4.5Mpa'nın sınırlayıcı basıncının ötesinde deneyler yapmadıklarına dikkat edilmelidir [35-36] greywacke kaya dolgun ve basalt ballast üzerinde yapılan deneyler. Yenilme zarfının kesme mukavemetinin 500 kPa'dan daha düşük gerilimleri sınırlamak için oldukça kavisli olduğunu buldular. Indraratna, kesme mukavemetinin 1.5 Mpa'dan daha yüksek gerilimlerde (yukarıdaki 4.5 Mpa'nın Marachi değerine kıyasla) doğrusal bir Mohr-Coulomb kriteri ile yaklaşılabileceğini belirtti. Ayrıca, bu deneylerin sonuçlarının aynı malzeme üzerindeki üç eksenli deneylerin sonuçları ile karşılaştırılması, direk kesme deneylerinden kesme mukavemeti ve tepe sürtünme açısının üç eksenli deneylerden daha yüksek olduğunu göstermiştir [37] ve [32].

2.5.2 Su muhtevası ve sıkıştırma

Parçacıkların kökeni olarak su içeriği çift bir sonuca sahiptir. Başlangıçta, su içeriğinin artması, suyun yoğunlaştığı parçacıkların yüzeyini etkileyecektir. Parçacıkların yüzeyini etkileyerek, parçacıklar arası sürtünme açısını direkt etkiler ve sonuç olarak, kesme mukavemetinde bir azalma elde edilebilir. İkinci sonuç, parçacıkların kuvvetini etkileyen ve ezmeyi kolaylaştıran parçacıkların mikro çatlaklarındaki suyun yoğunlaşmasıyla ilgilidir.

Doymuş örneklerde bir eğilim gözlemlendi, ancak nemlendirme ile mukavemet azaldı. Doymuş numunelerin kesme mukavemeti, tepe sürtünme açısı, dilatasyon açısı ve parçacık kırılması kuru numunelerinkinden daha azdı. Kuru doymuş deneylerde benzer deneylerin yapılması, mukavemet parametrelerinin daha az olduğunu, ancak parçacık kırılmasının doymuş deneylerden daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu deneylerde, doygunluğa bağlı ani yerleşme ve kayma gerilmesi [38] ve [10].

2.5.3 Derecelendirme efektifi

Birkaç araştırmacı, kaya dolgularının üniformluk katsayısını (C_u) değiştirerek kesme mukavemeti üzerindeki derecelendirme etkisini araştırmıştır. Marachi ve arkadaşları (1969) [20], daha iyi dereceli bir kaya dolgusunun üniform kaya dolgusuna kıyasla daha büyük bir sürtünme açısına sahip olduğunu belirtti. eski bir daha iyi birbirine ve daha az parçacık kırılması nedeniyle, iyi dereceli bir kaya dolgusunda daha fazla etkileşim bağı olduğu için iyi dereceli numunenin kırılma miktarı daha az dır. Bu araştırmacılara göre numune sınıflandırılmasının sürtünme açısı üzerindeki etkisi yaklaşık 2 ila 3 derecedir [39].

2.5.4 Üniformluk katsayısı

Genel olarak, kötü dereceli bir kaya dolgusunun (üniformluk katsayısı, C_u), her ikisi için de sabit bir boşluk oranı varsayarak iyi dereceli bir kaya dolgusundan daha yüksek bir mukavemete sahip olması beklenebilir. İyi dereceli bir malzemenin, daha küçük parçacıklarla doldurulan çakıl matrisindeki ‘boşluklar’ nedeniyle gerekli olan dilatasyon miktarını azaltma olasılığı daha yüksektir. Bununla birlikte, Marachi ve arkadaşları(1969), Her iki kaya dolgusunun maksimum yoğunluğuna sıkıştırılması durumunda, iyi derecelendirilmiş malzemenin daha büyük yoğunluğa sahip olacağı için daha güçlü olması beklenebileceğini iddia etmektedir [20].

2.5.5 Maksimum tane büyüklüğü

Bu konudaki literatürü değerlendirdikten sonra parçacık boyutunun kesme mukavemeti üzerine etkisi konusunda ortak bir anlaşma bulunmamaktadır. Farklı görünümler, bazıları artan parçacık boyutu ile kesme mukavemetinin azaldığını göstermektedir [20] [10], bazıları zıt görüşlere sahipken [40] veya hiç bir etkisi yoktur [41].

Bazı araştırmalar, parçacık boyutu artış parçacık başına düşen yükü artırır ve dolayısıyla kırma küçük kısıtlayıcı bir stres başlar ve sürtünme açısının azalmasına neden geometrik olarak benzer bir değerlendirme ile aynı yoğunluk sıkıştırılmış malzemeler için, küçük unsurları, malzemenin daha yüksek sürtünme açısı olduğunu, (1981) Barton gösterdi belirttiler [34]. Charles & Watts, (1980) tarafından hiç bir etki gözlenmedi [41].

Marshall (1976)[22] Her biri rockfill-silt ve rockfill-kum karışımlarında iki üç eksenli deney bildirir ve bunları sadece rockfill üzerinde bir deneyle karşılaştırır. Temiz kaya

dolgusu ve %10 kum-kaya dolgusu karışımları $\phi = 34.1^\circ$ iken %30 kum-kaya dolgusu $\phi = 39^\circ$ idi. Farkı %30 kum-kaya dolgu karışımındaki düşük başlangıç boşluk oranına bağlıdır. 10 % silt-kaya dolgu karışımı $\phi = 28.8^\circ$ ' de bir azalma gösterirken, 30 % silt kaya dolgu karışımı siltin mukavemet özelliklerine sahiptir.

2.5.6 Parçacıkların kökeni ve şekli etkisi

Şekil ve pürüzlülük gibi parçacıkların doğası çeşitli yazarlar tarafından incelenmiştir [10] ve [20]. Parçacıkların kökeni sadece mineralojik özellikleri değil, aynı zamanda ekstraksiyon koşullarını da ilgilendirir, örneğin, bir madenden çıkarılan, patlayıcılarla çıkarılan veya alüvyon malzemeleri gibi bir Beko ile çıkarılan malzemeler. Belirli bir maddenin kökeni çift şekilde.

Birincisi, parçacıkların yüzeyinin koşulları parçacıklar arasındaki sürtünme açısını etkiler ve ikincisi, elastik ve mukavemet özellikleri mineral özelliklerine bağlıdır. Parçacıkların mekanik özellikleri daha sonra bir kaya dolgusu örneği olarak eşdeğer bir sürekliliğin mekanik davranışı ile ilişkilidir. Araştırmacıların çoğu yüksek kaliteli kaya dolgularına odaklandı.

Kohgo ve arkadaşları [42] kaya %10'dan fazla düşük kaliteli malzemeler ve %3'ten az yüksek kaliteli malzeme su emme ile doldurur gerekiyordu [38], taş ocağı dolgu malzemeleri için kesme direncinin açılarının, taş dolgu parçacıklarının karşılaştırılabilir sınırsız sıkıştırılabilir mukavemetine sahip alüvyonlu kaya dolgu malzemeleri için olanlardan daha yüksek olduğunu gösterdi.

Ayrıca, alüvyon taş dolgu malzemesinin davranışı tam tersi olsa da, alüvyon taş Dolgu için bu açı maksimum parçacık boyutu ile artar. Buna rağmen, bu açı, alüvyon taş dolgu parçacıklarının sınırsız basınç dayanımındaki artışla birlikte artar. Parçacıkların kırılması veya ezilmesi durumunda, tane boyutu dağılım eğrisi değişir. Sonuç olarak, bir deneyin farklı aşamalarında ölçülen derecelendirme eğrisi, deney sırasında ezilmiş malzeme miktarı hakkında bilgi ortaya çıkarabilir.

Günümüzde, esas olarak plastisite teorisi üzerine geliştirilen çeşitli kurucu modeller, parçacıkların kırılmasının etkisini, örneğin Salim ve Indraratna [43] ve Kohgo [42]. Kohgo'nun modeli, hem kuru hem de doymuş halde deney edilen iki tür malzeme (volkanik tüf ve andezit) üzerinde yapılan oedometrik ve üç eksenli deneylere dayanmaktadır [42].

Tüf parçacıkları için kırılma yüklerinin su içeriği koşullarından güçlü bir şekilde etkilendiğini, ancak andezit için bu etkinin parçacıkların kırılma özelliklerindeki

farklılıktan kaynaklanabileceğini belirtti. Açısal bir kaya dolgusu, dilatasyonu azaltan ve daha az stres konsantrasyonuna sahip yuvarlak parçacıklardan daha düşük bir genel kaya dolgusu mukavemetine yol açan yüksek sınırlayıcı basınçlarda parçacıkların kırılmasına neden olan stres konsantrasyonlarına izin verebilir.

Tanelerin şeklinin etkisi, kompozite, sürtünme ve kırma özellikleri için önemli bir faktördür. Sürtünme özellikleri için, tane şeklinin etkisi, frossard[44], tarafından incelenmiştir. Bu parçacıklar arası sürtünme açısının açısal ile arttığı ve parçacıkların küreselliğinin hacimsel suşlar üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu sonucuna varmıştır. Sıkıştırılma için (yani, doldurulan hacim fraksiyonu), çünkü sıkıştırma sırasında daha uzun açısal parçacıkların yuvarlak düzenli parçacıklardan daha yoğun bir düzenlemeye konması daha zordur. Yükleme aşamaları sırasında, kusurlar stres konsantratörleri olarak hareket eder ve parçacığın geri kalanından daha kolay kırılır. Bu, malzemenin daha yüksek deformabilitesini temsil edecektir. Açısal parçacıklardaki kusurların varlığı ve yükleme sırasında kırılmaları nedeniyle, açısal malzemeler açısal olmayan malzemelerden daha ince parçacıklar üretebilir. Varadarajan ve arkadaşları tarafından bildirilen bazı deneysel sonuçlar.

Varadarajan A., (2003)[28] alüvyon (yuvarlak) ve taş ocağı (açısal) malzemelerle, her iki malzemenin kayma direnci ve deformasyon tepkisi ile ilgili davranışları arasında güçlü farklılıklar göstermektedir. Ayrık eleman analizinden, Nougier-Lehon ve frossard (2005), açısal parçacıkların yuvarlatılmış parçacıklardan daha az enerji dağıttığını gösterdi. Bu, yüz yüze temaslardan dolayı rotasyonların kısıtlanması ile açıklanmaktadır.

2.5.7 Yoğunluk

kaya dolgusunun kesme mukavemetinin daha yüksek bağıl yoğunlukta arttığı genel olarak kabul edilmektedir [18]ve [10]. Bağıl yoğunluğun sürtünme açısı üzerindeki etkisi, kaya dolgusunun yoğunlaşması fenomeni ile açıklanabilir; birbirine ne kadar büyük olursa, sürtünme açısının değeri de o kadar büyük olur.

Ayrıca, yenilme zarfının şekli bu faktörden etkilenir. Yoğun kaya dolgu numuneleri, sürtünme açısında belirgin bir düşüş ile gerilme-gerilme eğrisi üzerinde belirgin bir eğrilik gösterirken, gevşek kaya dolgu numuneleri minimum eğrilik gösterir ve sürtünmede düşer, çünkü gevşek malzeme, parçacık daha fazla hareket etme veya döndürme özgürlüğüne sahip olduğundan daha az genişleme gerektirir kesme sırasında. İki eğri çok yüksek sınırlayıcı basınçlarda birleştirme eğilimindedir.

2.5.8 Tane kırılmasının etkisi

Parçacık boyutu, şekli ve derecelendirmesi gibi faktörler, malzemelerin mekanik davranışlarına analitik olarak pek bağlı değildir. Bu nedenle, Barton ve Kjaernsli' in [34] çalışması olarak, parçacıkların boyutunu, şeklini ve direncini eşdeğer bir sürtünme açısına bağlı olup ve ilişkileri deneysel olarak yapılır.

Burada alınan yaklaşım nispeten farklıdır. Parçacığın boyutu, şekli ve derecelendirmesi gibi faktörlerin direk parçacıkların kırılmasını etkilediğine ve daha sonra parçacıkların kırılmasının kaya dolgu malzemelerinin mekanik davranışını etkilediğine inanılmaktadır. Tane kırılmasının granül malzemelerin mekanik davranışı üzerindeki etkisinin ayrıntılı bir analizi, bir sonraki bölümün ana konusudur.

Çizelge 2.2, farklı faktörlerin kırılma üzerindeki etkisi arasında şematik bir korelasyon sunmaktadır.

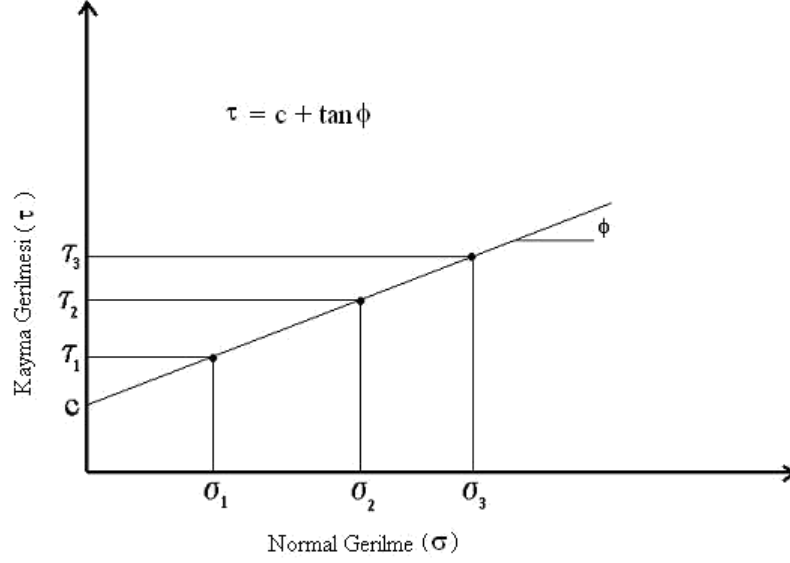
Çizelge 2.2: Sürtünme açısını etkileyen faktörlerin özeti (Douglas, 2002)

Parametre	Parametre artırırken ϕ üzerindeki etki	Yorum
Efektif Normal Stres (σ_n)	Azaltma	σ_n ' nın yükselmesi ile, ϕ hızla azalıyor
kayanın tek eksenli basınç dayanımı	Artma	Daha genişletme, yüksek kesme mukavemeti
Yoğunluk	Artma	Daha genişletme, yüksek kesme mukavemeti
Tane büyüklüğü (D50)	Azaltma	
Dmax / D50 oranı	Artma	
Köşeli olma	Artma	

2.6 Mohr-Coulomb Göçme Hipotezi

Göçmeye sebep olan normal gerilme ve kayma gerilmesinin ortak etkilerini inceleyen birden fazla hipotez geliştirilmiştir. Bu hipotezlerden en yalını, bilineni ve diğerlerine göre daha çok kullanılan hipotez Mohr-Coulomb göçme hipotezidir (Özaydın 2010)[49].

Mohr-Coulomb göçme ölçütüne göre zeminlerin kayma direnci;



Şekil 2.5: Coulomb göçme zarfı [49]

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (2)$$

şeklinde tanımlanır. Bu ifadeye göre, kayma direncini iki bileşenden meydana gelmiştir. Bileşenlerden bir tanesi normal gerilmeye bağlı ($\sigma \tan \phi$), bir değeri de (c) normal gerilmeden bağımsızdır (Şekil 2.6).

Zeminlerin kayma direncinin muhtemel bir göçme düzlemi süresince kaymaya karşı oluşan sürtünmeden dolayı olduğu görülmektedir. Bu direnç, o düzlem boyunca meydana çıkan sürtünmeden kaynaklanmaktadır.

Şekil 2.6'de bulunan bağıntıda birinci terimin (ϕ) zeminin kayma mukavemeti açısını, ikinci terimin ise ($\sigma \times \tan \phi$) sürtünme direncini göstermektedir. Kayma mukavemeti açısı (ϕ) dane yüzeylerinin birbiriyle sürtünmesinden oluşan direnci ve daneler arası hareketine mâni olan kilitlenme tesirini içeren toplam direnci göstermektedir. Diğer bir kayma mukavemeti parametresi (c) ise kohezyon olarak tarif edilebilir [50].

2.6.1 Efektif gerilmeler ve kayma mukavemeti

İnşaat mühendisliğinde stabilite sorunlarının çözümlerinin nasıl bir yaklaşımla yapılacağına zeminin türü, yükleme hızı ve drenaj koşullarına göre karar verilir. Yüksek geçirimsizliğe sahip olduğu için iri daneli zeminlerde drenajlı durumun gerilmeler olduğu kabul edilir [51].

Mühendislik uygulamalarında suya doygun killerin yükleme sırasında boşluk suyu basıncının sönümlenmesi ya da konsolidasyonun oluşması için zamanın yetersiz

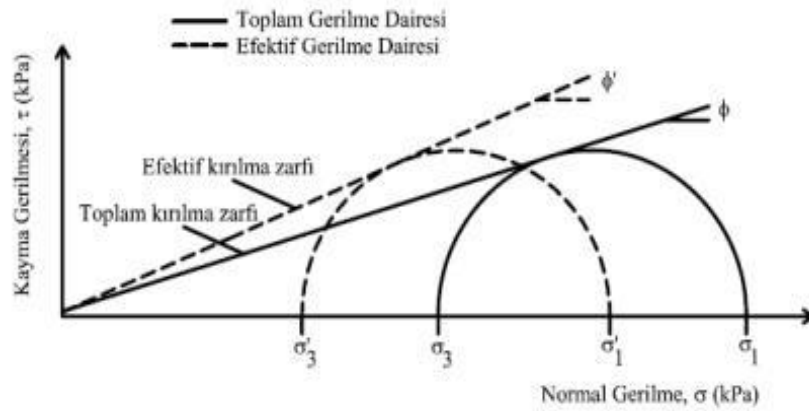
olduğu durumlar için, yüklemelerin mümkün olduğunca hızlı olduğu ciddi tasarım durumlarında drenajsız kayma mukavemeti, kullanılmaktadır.

Zeminlerin kayma direncinin bulunmasında boşluk suyu basıncının önemi büyüktür. Zeminin efektif ve toplam gerilme cinsinden anlatılan kayma mukavemetleri arasında önemli farklar görülebilmektedir. Mohr-Coulomb göçme kriterine bağlı olarak kayma mukavemetinin ifade eden bağıntı efektif gerilmeler türünden yazılırsa;

$$\tau_f = c' + (\sigma - u)\tan\phi' \quad (3)$$

olarak ifade edilmektedir. Bu eşitlikte, $(\sigma - u = \sigma')$ göçme düzlemine etkileyen efektif gerilmeyi, c' ve ϕ' efektif gerilmeler türünden kayma mukavemeti parametrelerini belirtmektedir.

Mohr gerilme dairelerini, toplam gerilmeler türüyle beraber efektif gerilmeler türünden de çizmek mümkün olmaktadır. Şekil 2.7'de toplam ve efektif gerilme daireleri ve bu dairelere teğet olan göçme zarfları gösterilmiştir.



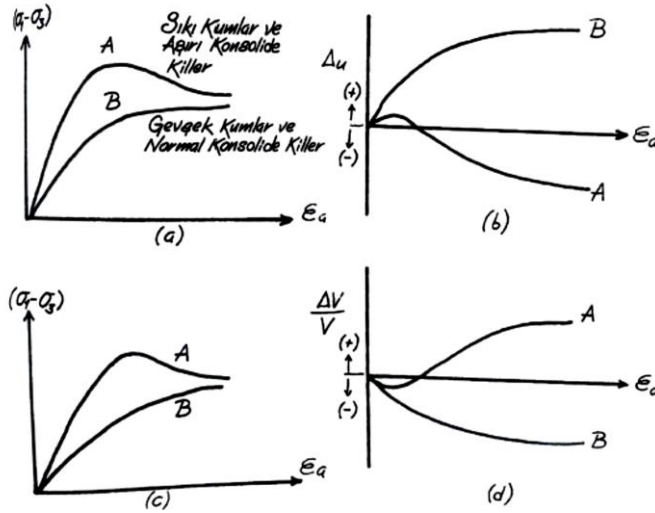
Şekil 2.6: Toplam ve efektif gerilme daireleri kırılma zarfları [49]

2.6.2 Granül malzemenin genişliği

Genişletme, granüler malzemelerde kayma deformasyonlarına maruz kaldıklarında gözlenen hacim değişimidir. Diğer katı malzemelerin çoğunun aksine, sıkıştırılmış yoğun granüler bir malzemenin eğilimi, makaslandığı gibi genişlemektir (hacim olarak genişler). Bu, sıkıştırılmış bir durumda tanelerin birbirine kenetlenmesi ve bu nedenle birbirinin etrafında hareket etme özgürlüğüne sahip olmaması nedeniyle oluşur. Vurgulandığında, malzemenin bir yığın genişlemesini üreten komşu taneler arasında

bir kol hareketi oluşur. Öte yandan, granüler bir malzeme çok gevşek bir durumda başladığında, kesme altında genişlemek yerine sürekli olarak sıkışabilir.

Bir malzemenin bir örneğine, artan kesme ile hacmi artarsa dilatatif ve artan kesme ile hacim azalırsa büzülme denir. genişletme zemin ve kumların ortak bir özelliğidir. Etkisi, sahilde yürüyen bir kişinin ayağının etrafındaki ıslak kumların kuruması durumunda görülebilir. Ayağın neden olduğu deformasyon Altındaki kumu genişletir ve kumdaki su, taneler arasındaki yeni boşluğu doldurmak için hareket eder. genişletme fenomeni, yoğun bir kum örneği üzerinde basit bir kesme deneyinde görülebilir. Deformasyonun ilk aşamasında, kesme gerilmesi arttıkça hacimsel gerinim azalır. Ancak stres tepe değerine yaklaştıkça, hacimsel gerilme artmaya başlar. Biraz daha kesildikten sonra, zemin örneği deneyin başlatıldığından daha büyük bir hacme sahiptir [52]. Dilatasyon miktarı, zeminin yoğunluğuna kuvvetle bağlıdır. Genel olarak, zeminin hacimi daha yoğun miktarda kesme altında genişlenir. Etkili normal stres azaldıkça iç sürtünme açısının da azaldığı gözlenmiştir. Dilatasyon ve iç sürtünme arasındaki ilişki tipik olarak dilatanlığın deneyere dişi modeli ile gösterilir; burada dilatasyon açısı, dişlerin yatay olarak yaptığı açığa benzerdir. Böyle bir model, gözlemlenen sürtünme açısının dilatasyon açısına ve sıfır dilatasyon için sürtünme açısına eşit olduğunu anlamak için kullanılabilir.



Şekil 2.7: Üç Eksenli Basınç Deneyinde Eksenel yüklemeye sırasında ve Zemin genişletme [49]

Çünkü dilatancy, bir tepe değerine ulaşına kadar hapsi arttıkça sürtünme açısı artar. Zeminin tepe mukavemeti harekete geçirildikten sonra sürtünme açısı aniden azalır. Sonuç olarak, bu tür zeminlerdeki yamaçların, temellerin, tünellerin ve kazıkların geoteknik Mühendisliği, zemin mukavemeti bu tepe değerine ulaştıktan sonra mukavemetteki potansiyel düşüşü dikkate almak zorundadır [17]. Plastik olmayan kumlara iz kumu olan kötü ve ya eşit dereceli silt, sert olduklarında bile inşaat sırasında zorluklarla ilişkilendirilebilir. Bu malzemeler genellikle granül gibi görünmektedir, çünkü silt çok iri ve bu nedenle yoğun ila çok yoğun olarak tanımlanabilir. Bu zemin tiplerinde su tablasının Altındaki dikey kazılar, kısmen matrik emme nedeniyle birçok yoğun kumlu zemin birikintisine benzer şekilde kısa süreli stabilite sergiler. Bununla birlikte, yerçekimi kuvvetleri nedeniyle aktif kamada zeminin kesilmesi meydana geldikçe, mukavemet kaybolur ve arıza oranı hızlanır. Bu, suyun (akar ve) aktif kamanın arkasında veya yakınında gerginlik çatlaklarında toplandığı yerlerde gelişen hidrostatik kuvvetler tarafından daha da şiddetlenebilir. Genellikle retrogressive spalling genellikle boru ve ya iç erozyon eşliğinde tezahür eder. Uygun filtrelerin kullanımı bu malzemelerin yönetimi için kritik öneme sahiptir [53] ve [54].

2.6.3 ASTM-D2487 standardına göre birleşik zemin sınıflandırma sistemi

Bu uygulama, parçacık boyutu karakteristikleri, sıvı sınırı ve plastisite indeksinin laboratuvar belirlenmesine dayalı olarak mühendislik amaçlı mineral ve organo-mineral zeminlerin sınıflandırılmasına yönelik bir sistemi tanımlar ve kesin sınıflandırma gerektiğinde kullanılır [48].

2.6.4 Kil

plastisite sergilemek için yapılabilecek bir No. 200 (75- μ m) ABD standart elek geçen zemin (macun benzeri özellikler) bir dizi su içeriği içinde ve hava kurduğunda önemli mukavemet sergiler. Sınıflandırma İçin Kil, ince taneli bir zemindir veya bir zeminin ince taneli kısmıdır, 4'e eşit veya daha büyük bir plastisite indeksi vardır ve plastisite indeksinin sıvı sınırına karşı çizimi "A" çizgisinin üzerine veya üzerine düşer.

2.6.5 Çakıl

Çakıl parçacıkları 4,75 ve 64 mm arasında değişmektedir. Elek ve aşağıdaki alt bölümleri ile bir No. 4 (4,75mm) eleğin üzerinde kalan.

- İri - 3inç (75 mm) geçer ve $\frac{3}{4}$ inç (19mm) elekte kalan.
- İnce - $\frac{3}{4}$ inç (19 mm) geçer ve No.4 (4,75mm) elekte kalan.

2.6.6 Derecelenme katsayısı

$$C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60}) \quad (4)$$

İçin

D_{60} = zemin içindeki danelerin % 60'nın daha küçük olduğu çap değeri

D_{30} = zemin içindeki danelerin % 30'nın daha küçük olduğu çap değeri

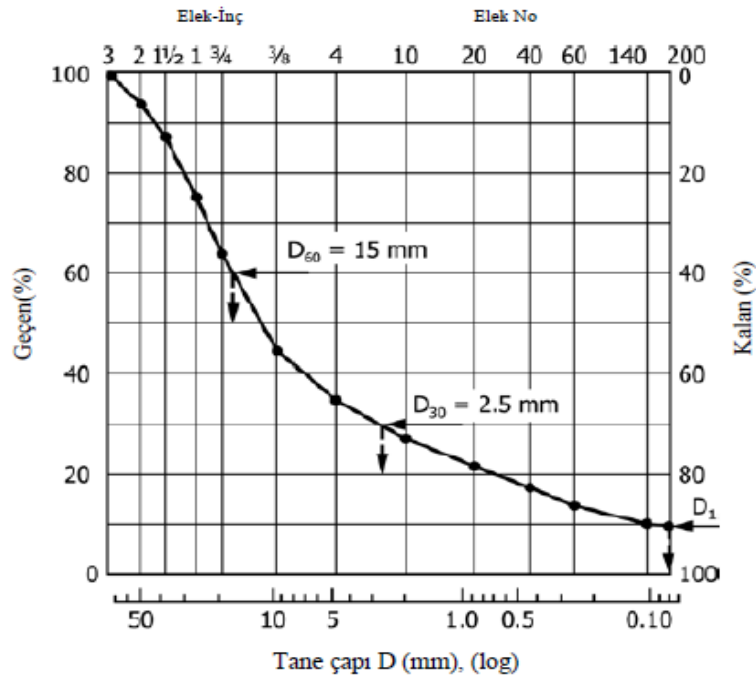
D_{10} = zemin içindeki danelerin % 10'nın daha küçük olduğu çap değeri

Derecelenme katsayısı denkleminde D_{60} , D_{30} ve D_{10} , sırasıyla kümülatif parçacık boyutu dağılım eğrisinde 60, 30 ve %10 daha ince olan parçacık boyutlarıdır [48].

2.6.7 Üniformluk katsayısı

$$C_u = D_{60} / D_{10} \quad (5)$$

Üniformluk Katsayısı denkleminde D_{60} ve D_{10} , sırasıyla kümülatif parçacık boyutu dağılım eğrisi üzerinde %60 ve %10 daha ince olan parçacık çaplarıdır [48].



Şekil 2.8: Kümülatif Parçacık -Boyut Çizimi [48]

2.6.8 Elek analizi

Bu çalışmada, İstanbul'un Cebeci ilçesinden granül (taş ocağı) malzemeler elde edilmiştir. Zeminin farklı geoteknik özellikleri çizelge 4,1'de özetlenmiştir ve parçacık boyutu dağılım eğrisi şekil 4.1'de gösterilmiştir. Elek analizinin sonucunu çizerek elde edilen partikül büyüklüğü dağılım eğrisi, zeminin 4,75 mm'den geçen %90.86 partikül içerdiğini ve No. 200 elek üzerinde %50'den fazla tutulduğunu gösterir, böylece zeminin kum kategorisine düştüğünü gösterir. Tekdüzelik katsayısı (C_u) 8,48 ve derecelenme katsayısı (C_c) 1,34 olduğundan, zemin SW, iyi dereceli kum olarak sınıflandırılır.

Birleşik zemin sınıflandırma sistemine ve ASTM'ye (Amerikan Deney Malzemeleri Derneği) göre, eğer tekdüzelik katsayısı altıya eşit veya daha büyükse ve derecelenme katsayısı bir ve daha küçük veya üçe eşitse, o zaman da derecelendirilmiş kum SW olarak adlandırılır.

Taş ocağı malzemesi, birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) ve (ASTM) standartlarına göre elek analizi ile laboratuarda ince ve iri boyutlara bölünmüştür. D2487-11 0,075 mm ila 8 mm aralığında. İnce parçacıklar için elek analizinin sonuçları (0,075 mm - 0,425mm - 2 mm - 4 mm), zeminin 4,75 mm'den geçen %90,84 partikül içerdiğini gösterir ve birleşik zemin sınıflandırma sistemi (USCS) standartlarına göre zemin kum kategorisinde düştüğünü gösterir, bu nedenle zemin SW, iyi dereceli kum olarak adlandırılır.

Aynı şekilde, (4mm - 6mm - 8mm) gibi iri parçacıklar için elek sonuçları zemin 81,80 mm geçen 8% parçacıklar zemin Birleşik zemin sınıflandırma sistemi (USCS) standartlarına göre çakıl kategorisinde düşer gösterir No. 4 Elek üzerinde tutulan iri fraksiyonun %50'den fazla olan elek olduğunu gösterir, bu nedenle zemin GP, kötü dereceli çakıl olarak belirlenmiştir. Numuneler 100kPa, 200kPa ve 300kPa normal gerilmeler altında gevşek ve sıkıştırılmış koşullar için iç sürtünme açısını, kesme stresini ve zemin malzemelerinin birleşimini kesme deney makinesi ile belirlemek için deney edildi. Tekdüzelik katsayısı dörtten az ise veya derecelenme katsayısı bir veya üçten az ise, o zaman zayıf dereceli çakıl GP olarak adlandırılır.

2.7 Kesme Mukavemeti

Efektif gerilme açısından tanımlanan bir zeminin kesme mukavemeti

$$s = c' + \sigma' \tan \phi' \quad (6)$$

İçin

σ' = kesme düzleminde etkili normal stres

c' = kohezyon, veya görünen kohezyon

ϕ' = efektif gerilme sürtünme açısı

Denklem (4) Mohr–Coulomb yenilme kriteri olarak adlandırılır. Kumlar ve normal olarak birleştirilmiş Killer için c' değeri sıfıra eşittir. Konsolide killer için, $c' > 0$.

Çoğu günlük çalışma için, bir zeminin kesme mukavemeti parametreleri (yani, c' ve ϕ') iki standart laboratuvar deneyi ile belirlenir: direk kesme deneyi ve Üç eksenli deney [14].

2.7.1 Direk kesme deneyi

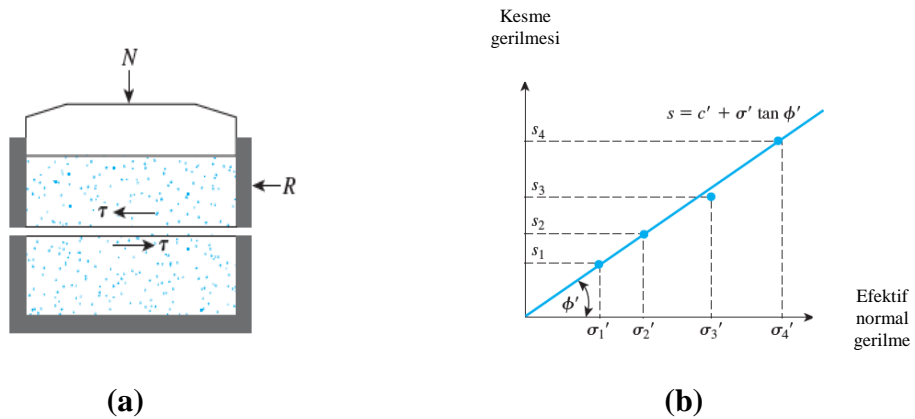
Kuru kum, direk kesme deneyleri ile rahatlıkla deney edilebilir. Kum, iki yarıya bölünmüş bir kesme kutusuna yerleştirilir Şekil 2.10.

Önce numuneye normal bir yük uygulanır daha sonra kumda arızaya neden olmak için kesme kutusunun üst yarısına bir kesme kuvveti uygulanır. Normal ve kesme gerilmeleri aşağıdaki gibidir:

$$\sigma' = N/A \quad (7)$$

$$s = R/A \quad (8)$$

burada A = zemindeki yenilme düzleminin alanı - bu, kesme kutusunun kesit alanıdır.



Şekil 2.9: Direk kesme deney testin cihazlarının şematik diyagramı ve sürtünme açısını elde etmek için test sonuçlarının çizimi [14]

Bu tip çeşitli deneyler normal yükü değiştirerek yapılabilir. Kumun sürtünme açısı, şekil 2.10'de gösterildiği gibi, σ' (kuru kum için σ') ' a karşı bir s grafiği çizerek veya

$$\phi' = \tan^{-1}\left(\frac{s}{\sigma'}\right) \quad (9)$$

Kumlar için, sürtünme açısı genellikle 26° ila 45° arasında değişir ve sıkıştırma nispi yoğunluğu artar. 1970'de Brinch Hansen [14], granüler zeminlerin ϕ' ' için aşağıdaki korelasyonu verdi.

$$\phi' \text{ (deg)} = 26^\circ + 10D_r + 0.4C_u + 1.6\log(D_{50}) \quad (10)$$

İçin

D_r = bağıl yoğunluk (%)

C_u = düzgünlük katsayısı

D_{50} = ortalama tane boyu, mm olarak (i.e., zeminin %50'sinin geçtiği çap)

Çizelge 2.3: Kohezyonsuz zeminlerin göreceli yoğunluğu ve sürtünme açısı arasındaki ilişki

Sıklık	Bağıl yoğunluk (%)	Sürtünme Açısı, ϕ' (deg.)
Çok gevşek	<15	<28
Gevşek	15-35	28-30
Sıkıştırmak	35-65	30-36
Sıkı	65-85	36-41
Çok Sıkı	>85	>41

2.7.2 Konsolide drene koşullar altında zeminlerin direk kesme deneyi

Bu deney yöntemi, bir zemin malzemesinin Direk Kesmede birleştirilmiş drene kesme mukavemetinin belirlenmesini kapsar. Deney, bir numuneyi, cihazın konfigürasyonu ile belirlenen tek bir kesme düzleminde veya yakınında kontrollü bir gerilme hızında deforme ederek gerçekleştirilir. Kesme gerilmeleri ve yer değiştirmeleri, numune içinde eşit olarak dağıtılmamaktadır. Kesme gerilme hesaplanması için uygun bir yükseklik tanımlanamaz. Bu nedenle, stres-gerilme ilişkileri veya herhangi bir ilişkili miktar modül gibi, bu deneyten belirlenemez.

2.8 Terminoloji

Gerçekleştirildiğimiz bilimsel araştırmamızda kullandığımız terimler ve kelimeler metinlerde geçen ağıdaki gibidir.

2.8.1 Yenilme

Bir deney örneği için yenilme stres durumudur. Yenilme genellikle elde edilen maksimum kesme stresine karşılık gelir veya tepe durumunun yokluğunda, yüzde 10 nispi yanal yer değiştirmede kesme stresine karşılık gelir. Zemin davranışına ve saha uygulamasına bağlı olarak, talep eden ajansın yönünde diğer uygun kriterler tanımlanabilir.

2.8.2 Nominal gerilim

Direk kesme deneyinde, uygulanan normal (dikey) kuvvet, kesme kutusunun alanına bölünür. Uygulanan kesme düzlemindeki numunenin temas alanı kesme sırasında azalır ve dolayısıyla gerçek normal stres bilinmemektedir.

2.8.3 Nominal kesme gerilim

Direk kesme deneyinde, uygulanan kesme kuvveti kesme kutusunun alanına bölünür. Uygulanan kesme düzlemindeki numunenin temas alanı kesme sırasında azalır ve bu nedenle gerçek kesme stresi bilinmemektedir.

2.8.4 Bağlı yanal yerdeğiştirme (%)

Kesme yönünde numunenin çapına veya yanal boyutuna göre göreceli yanal deplasmanın oranıdır.

2.8.5 Önkesme

Mukavemet deneyinde, numune konsolidasyon yükleme koşulu altında ve kesme aşamasına başlamadan hemen önce stabilize edildikten sonra bir deneyin aşaması. Faz ilişkilerini veya stres koşullarını değiştirmek için bir sıfat olarak kullanılır.

2.8.6 Bağlı yanal yerdeğiştirme

Üst ve alt kesme kutusu yarılarının yatay yer değiştirmesidir [16].

2.8.7 Deney yönteminin özeti

Bu deney yöntemi, deney numunesini direk kesme cihazına yerleştirmek, önceden belirlenmiş bir normal stres uygulamak, deney numunesinin ıslanmasını veya boşaltılmasını sağlamak veya her ikisini de, numuneyi normal stres altında konsolide

etmek, kesme kutusunu tutan kesme kutusunun yarılarının kilidini açmaktan oluşur. Kesme oranı, aşırı gözenek basıncının neredeyse tamamen dağılmasına izin verecek kadar yavaş olmalıdır.

2.8.8 Önemli kullanım şartlar

Direk kesme deneyi, konsolide süzölmüş mukavemet özelliklerinin nispeten hızlı bir şekilde belirlenmesine uygundur, çünkü deney numunesi boyunca drenaj yolları kısadır, böylece fazla gözenek basıncının diğere süzölmüş stres deneylerine göre daha hızlı dağılmasına izin verir. Deney tüm zemin malzemelerinde yapılabilir. Bozulmamış, remolded veya sulandırılmış numunelerin deney edilmesi için geçerlidir. Ancak, maksimum parçacık boyutuna. Dairesel numuneler için minimum numune çapı veya kare numuneler için genişlik 2,0 inç (50mm) olmalıdır. veya maksimum parçacık boyutu çapının 10 katından az olmamak üzere, hangisi daha büyükse ve genişlik-kalınlık oranına uygundur. Minimum numune çapı kalınlık veya genişlik-kalınlık oranı 2:1 olacaktır.

Deney sonuçları, mevcut normal stresler altında tam konsolidasyonun gerçekleştiğı bir alan durumunda gücü değerlendirmek için geçerlidir. Fazla gözenek basınçları dağılır böylece yenilme drene koşullar altında yavaş yavaş ulaşılır. Kesme oranı gereksinimleri karşılamalıdır. Çeşitli deneyler sonuçları konsolidasyon stres ve drene kesme gücü arasındaki ilişkiyi ifade etmek için kullanılabilir [16].

Direk kesme deneyi sırasında, alan koşullarını modelleyebilecek veya modelleyemeyen ana gerilmelerin dönüşü vardır. Ayrıca, zayıf düzlemde yenilme meydana gelmeyebilir, çünkü yenilme numunenin ortasında yatay bir düzlemde veya yakınında meydana gelmek zorunda kalır. Düzlemin deneyteki sabit konumu, zemin malzemesi içindeki tanınabilir zayıf düzlemler boyunca kesme direncinin belirlenmesinde ve farklı malzemeler arasındaki arayüzlerin deney edilmesinde bir avantaj olabilir.

Kesme gerilmeleri ve yer değıştirmeleri, numune içinde eşit olmayan bir şekilde dağıtılır ve kesme suşlarının veya ilişkili herhangi bir mühendislik miktarının hesaplanması için uygun bir yükseklik tanımlanmamıştır. Yavaş yer değıştirme oranı, fazla gözenek basınçlarının dağılmasını sağlar, ancak aynı zamanda yumuşak yapışkan zeminlerin plastik akışına da izin verir. Deney koşullarının araştırılan koşulları temsil etmesini sağlamak için dikkatli olunmalıdır.

Normal streslerdeki Aralık, kesme oranı ve genel deney koşulları araştırılan spesifik zemin koşullarına yaklaşmak için seçilmelidir.

Numuneyi, numuneye tork uygulanmayacak şekilde iki gözenekli ek parça arasında güvenli bir şekilde tutmak için cihaz. Kesme cihazı, numunenin yüzlerine normal bir stres uygulamak, numunenin kalınlığındaki değişimi ölçmek, numunenin üst ve alt sınırlarındaki gözenekli ekler yoluyla suyun drenajına izin vermek ve numuneyi suya batırmak için bir araç sağlayacaktır. Cihaz, Sudaki numuneye bir kesme kuvveti uygulayabilir. Cihaz, numunenin yüzlerine paralel olarak önceden belirlenmiş bir kesme düzlemi (tek kesme) boyunca numuneye bir kesme kuvveti uygulayabilir. Numuneyi tutan çerçeveler, kesme sırasında bozulmalarını önlemek için yeterince sert olacaktır. Kesme Cihazının çeşitli parçaları, zemintaki nem veya maddeler, örneğin paslanmaz çelik, Bronz veya alüminyum vb.ile korozyona tabi olmayan malzemeden yapılacaktır.

Galvanik aksiyona neden olabilecek farklı metallere izin verilmez [16] üst ve alttan drenaj hükümleri ile paslanmaz çelik, Bronz veya alüminyumdan yapılmış dairesel veya kare bir kesme kutusu. Kutu yatay bir düzlem ile dikey olarak hizalama vidaları ile birlikte monte edilen eşit kalınlıkta iki yarıya bölünür. Kesme kutusu ayrıca, kesme kutusundan önce kesme kutusunun üst ve alt yarısı arasındaki boşluğu (boşluğu) kontrol eden boşluk vidaları ile donatılmıştır. İki yarım, göreceli yanal yer değiştirme sırasında kesme düzlemi boyunca numune için bir yatak yüzeyi sağlamalıdır. Dairesel numuneler için minimum numune çapı veya kare numuneler için genişlik 2,0 inç olacaktır (50mm), veya en az 10 kez maksimum parçacık boyutu çapı, hangisi daha büyük ve uygun genişliği için kalınlığı oranı. Minimum başlangıç numune kalınlığı 0,5 inç olmalıdır (12 mm), ancak maksimum parçacık çapının altı katından az olmamalıdır. Minimum numune çapı kalınlık veya genişlik-kalınlık oranı 2:1 olacaktır [16].

2.8.9 Gözenekli Ekler

Gözenekli ekler, zemin örneğinden üst ve alt sınırlar boyunca drenaja izin vermek için işlev görür. Ayrıca, kesme gerilmesini ek parçadan aktarmak için de çalışırlar numunenin üst ve alt sınırlarına. Gözenekli ekler silisyum karbür, alüminyum oksit veya zemin maddeleri veya zemin nemi ile korozyona maruz kalmayan metal. Ekin uygun derecesi, test edilen zemine bağlıdır. Ekin hidrolik iletkenliği, zemintan önemli ölçüde daha büyük olmalıdır, ama eklemek gözenekleri içine zeminin aşırı saldırı

önlemek için yeterince ince dokulu olmalıdır. Üst gözenekli ekler veya plakanın çapı veya genişliği 0,01 ila 0,02 inç olmalıdır. (0,2 ila 0,5 mm) kesme kutusunun iç kısmınıninkinden daha az. Ekleme, yatay stresi zemine aktarmak için işlev görürse, kilit geliştirmek için yeterince iri olmalıdır. Kumlama veya takımlama yardımcı olabilir, ancak ek parçanın yüzeyi zeminta önemli stres konsantrasyonlarına neden olacak kadar düzensiz olmamalıdır. Gözenekli ekler düzenli olarak tıkanma için kontrol edilmelidir.

2.9 Yükleme Cihazları

2.9.1 Normal kuvvetin uygulanması ve ölçülmesi için cihaz

Normal kuvvet tipik olarak ölü ağırlıklar, ölü ağırlıklar (kütleler), pnömatik bir kuvvet silindiri veya vidalı bir aktüatör tarafından aktive edilen bir kol yükleme boyunduruğu ile uygulanır. Cihaz, belirtilen kuvvetin artı veya eksi yüzde 1'inde normal kuvveti koruyabilmelidir. Sabit değeri önemli ölçüde aşmadan yükü hızlı bir şekilde uygulamalıdır. Ölü ağırlık sistemleri düzenli bir programda kontrol edilmelidir. Ayarlanabilir kuvvet uygulamalarına sahip tüm sistemler (örn. pnömatik regülatör veya motor tahrikli vida), kanıtlama halkası, yük hücresi veya basınç sensörü gibi cihazları gösteren bir kuvvet gerektirir.

2.9.2 Numune kesme cihazı

Cihaz, numuneyi eşit bir deplasman hızında, artı veya eksi yüzde 5 sapmadan daha az kesme yeteneğine sahip olacaktır. Oran genellikle bir elektrik motoru ve dişli kutusu düzenlemesi ile korunur ve kesme kuvveti, bir kanıtlama halkası veya yük hücresi gibi cihazları gösteren bir kuvvet tarafından belirlenir.

2.9.3 Kesme kutusunun üst yarısı

Üst kesme kutusunun ağırlığı, kesme sırasında uygulanan normal kuvvetin yüzde 1'inden az olmalıdır: bu, üst kesme kutusunun sayaç kuvveti ile değiştirilmesini ve desteklenmesini gerektirebilir.

2.9.4 Normal kuvvet ölçüm cihazı

0,5'e lbf (2,5N) doğru Kanıtlayan bir halka veya yük hücresi (veya pnömatik yükleme sistemi kullanıldığında kalibre edilmiş basınç sensörü), ya da kesme sırasında normal kuvvetin yüzde 1'i, hangisi daha büyükse, normal kuvvet uygulamak için ölü ağırlıklar dışında bir şey kullanıldığında gereklidir.23.9.5 Kesme Kuvveti Ölçüm Cihazı

Bir kanıtlayan halka veya yük hücresi doğru 0,5 lbf (2,5 N), kesme kuvvetinin yüzde 1'i yenilmede, hangisi büyükse.

2.9.5 Deformasyon göstergeleri

Numunenin kalınlığındaki değişimi (normal yer değiştirme) ölçebilen kadran göstergeleri veya yer değiştirme transdüserleri, en az 0,0001 inç. (0,002 mm) okunabilirliği ile ve göreceli yanal yer değiştirmeyi için en az 0,001 in. (0,02mm) okunabilirliği ile ölçer.

2.9.6 Direk kesme kutusu

Kesme kutusunu destekleyen ve kesme kutusunun yarısının kısıtlandığı bir reaksiyon sağlayan metalik bir kutu veya kesme kutusunun yarısını hizalamak için sağlam bir taban, yatay bir düzlemde uygulanan kesme kuvveti ile çakışık hareket etmekte serbesttir.

2.9.7 Kalibrasyon

Kalibrasyon, konsolidasyon yüküne tabi tutulduğunda aparatın deformasyonunu belirlemektir, böylece her normal konsolidasyon yükü için aparat sapması gözlemlenen deformasyonlardan çıkarılabilir. Bu nedenle, tam deneyler için sadece örnek konsolidasyon nedeniyle deformasyon rapor edilecektir. Ekipman yükü için kalibrasyon-deformasyon özellikleri, ilk önce servise yerleştirildiğinde veya cihaz parçaları değiştirildiğinde cihaz üzerinde gerçekleştirilmelidir.

2.9.8 Yeniden yapılandırılan numune

Monte edilmiş kesme kutusunu, numuneyi, gözenekli ekleri ve kaseyi yük çerçevesine yerleştirin ve hizalayın. Kesme kuvveti yükleme sisteminin konumunu bağlayın ve ayarlayın yük ölçüm cihazına herhangi bir kuvvet uygulanmadığı. Kesme yükü ölçüm Cihazının sıfır değerini kaydedin. Pozisyon ve kesme deplasman ölçmek için kullanılan yatay deplasman ölçüm cihazı ayarlayın. İlk okuma elde edin veya ölçüm cihazını sıfır yer değiştirmeyi gösterecek şekilde ayarlayın.

Normal kuvvet yükleme boyunduruğunu yerine yerleştirin ve yükleme çubuğu hizalanacak şekilde ayarlayın. Ölü yük kolu yükleme sistemleri için kolu düzleştirin. Pnömatik yükleme sistemleri için, boyunduruğu yük transfer plakasındaki girintiye rahatça oturana kadar ayarlayın veya yük transfer plakasına bir rulman yerleştirin ve temas rahat olana kadar boyunduruğu ayarlayın.

Numuneye küçük bir oturma normal yükü uygulayın. Yükleme sisteminin tüm bileşenlerinin oturduğunu ve hizalandığını doğrulayın. Üst gözenekli ekleme ve yük transfer plakası, yük transfer plakasının kesme kutusuna hareketi engellenmeyecek şekilde hizalanmalıdır. Numune, bu oturma yükü altında önemli bir sıkıştırmaya tabi tutulmamalıdır.

Numuneye uygulanan oturma normal yükü, tüm bileşenlerin temas halinde ve hizalandığından emin olmak için yeterli olmalıdır, ancak numunenin sıkışmasına neden olacak kadar büyük olmamalıdır. Çoğu uygulama için, yaklaşık 1 lbf/in² ile sonuçlanan bir yükür. (5 kPa) yeterli olacaktır, ancak amacı karşılayan diğer değerler kabul edilebilir.

2.10 Konsolidasyon

Son konsolidasyon normal yük, malzemenin türüne, numunenin sertliğine ve nihai stresin büyüklüğüne bağılı olarak bir artış veya birkaç ara artış ile uygulanabilir. Sert yapışkan veya iri taneli malzeme için, tek bir artış normal olarak kabul edilebilir. Yumuşak malzemeler için, yük artış oranını birliğe sınırlamak ve birkaç ara yük artışı uygulamak gerekebilir.

Maksimum normal stres seviyesi ve son normal stres seviyesi için, normal yükü numuneye pratik olarak hızlı bir şekilde uygulayın ve normal deformasyon okumalarını geçen süreye karşı derhal yeniden kaydetmeye başlayın. Bu yük artışları için, deneyin bir sonraki aşamasına geçmeden önce birincil konsolidasyonun tamamlanmasını, normal deplasmanın zaman günlüğüne veya zamanın kareköküne (dak) göre yorumlayarak doğrulayın.

Deney spesifikasyonu, belirli bir strese konsolidasyon gerektiriyorsa ve daha sonra kesme işleminden önce daha düşük bir strese geri dönüş yaparsa, en az bir ikincil sıkıştırma döngüsü için maksimum stres korunmalıdır.

Kesme işleminden hemen önce ve son artışın birleştirilmesinden sonra, normal yer değiştirmeyi kaydedin ve daha sonra hizalama vidalarını veya pimlerini kesme kutusundan çıkarın. Kesme kutusu yarılarını, deney numunesindeki maksimum boyuttaki parçacıkların çapına veya 0,025 inç'e ayırmak için boşluk vidalarını kullanın. 0,64mm ince taneli malzemeler için minimum varsayılan değer olarak. boşluğu oluşturduktan sonra boşluk vidalarını geri çekin.

2.10.1 Kesme oranının belirlenmesi

Numune nispeten yavaş bir oranda kesilmelidir, böylece yenilmede önemsiz fazla gözenek basıncı vardır. Uygun deplasman oranının belirlenmesi, gözenek basıncı dağılımı ve yenilmeye ulaşmak için gerekli deformasyon miktarının gerekli olduğu zamanın bir tahminini gerektirir. Bu iki faktör malzemenin türüne ve stres tarihine bağlıdır. Aşağıdaki prosedürler, gerekli kesme oranını hesaplamak ve maksimum konsolidasyon artışının zaman eğrilerine karşı iyi tanımlanmış normal deformasyon verdiği ve malzemenin konsolidasyon oranının düşük olması durumunda yenilme sürelerini hesaplamak için kullanılmalıdır.

Maksimum konsolidasyon artışı için veriler, ikincil sıkıştırmaya uzanan günlük zaman eğrisine karşı iyi tanımlanmış bir normal deformasyon verdiği ve eğri D 2435 deney yönteminde olduğu gibi yorumlanmalı ve yenilme zamanı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmalıdır:

$$t_f = 50t_{50} \quad (11)$$

İçin

t_f = toplam tahmini geçen yenilme süresi, dak.

t_{50} = numunenin maksimum normal gerilme artışı altında yüzde 50 konsolidasyona ulaşması için gereken süre, dak.

maksimum konsolidasyon artışı için veriler denklemin (9) gereksinimlerini karşılamadığında, ancak kök zaman eğrisine karşı iyi tanımlanmış bir normal deformasyon verdiği ve eğri D2435 deney yönteminde olduğu gibi yorumlanmalı ve yenilme zamanı aşağıdaki denklemi kullanılarak hesaplanmalıdır:

$$t_f = 11,6t_{90} \quad (12)$$

İçin

t_{90} = numunenin maksimum normal gerilme artışı altında yüzde 90 konsolidasyon elde etmesi için gereken süre, dak.

maksimum konsolidasyon artışı için veriler denklemin (9) ve (10) gereksinimlerini karşılamadığında veya numune önemsiz olduğunda aşırı konsolidasyon oranı (OCR 2'den büyük) maksimum konsolidasyon stres altında, zaman arızası için varsayılan değerler, zemin için normal olarak konsolide edilmiş bir katsayıya göre

hesaplanmalıdır. zemine özgü konsolidasyon verilerinin yokluğunda, zaman zemin türüne dayanmalıdır. Aşağıdaki çizelge bu varsayılan değerleri sağlamış.

Çizelge 2.4: Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi

USCS Sınıflandırma (D2487)	Asgari Yenilme Süresi, t_f
SW, SP (<5% ince tane)	10 dak
SW-SM, SP-SM, SM (>5% ince dane)	60 dak
SC, ML, CL, SP-SC	200 dak
MH, CH	24 saat

Numunenin başarısız olması için gereken göreceli yanal yer değiştirmeyi tahmin edin. Bu yer değiştirme, malzemenin türü ve stres geçmişi de dahil olmak üzere birçok faktöre bağlı olacaktır. Deney koşullarına göre spesifik deneyimin yokluğunda, bir kılavuz olarak $d_f = 0,5$ inç kullanın. (10 mm) malzeme normal veya hafifçe aşırı çözülmüş ince taneli zemin ise, aksi takdirde $d_f = 0,2$ inç (5 mm) kullanın.

Uygun maksimum deplasman oranı denklemi

$$R_d = d_f / t_f \quad (13)$$

İçin

R_d = deplasman oranı, inç / dakika [mm / dakika]

d_f = tahmini bağıl yanal yerdeğiştirme yenilme durumunda, inç / [mm]

2.10.2 Hesaplama

Numune üzerinde etkili olan Nominal kesme gerilimi:

$$\tau = \frac{F_s}{A} \quad (14)$$

İçin

τ = nominal kesme gerilimi (lbf / in², kPa)

F_s = kesme kuvveti (lbf, N)

A = numunenin başlangıç alanı (in², mm²).

Numune üzerinde efektif olan Nominal normal stres:

$$\sigma_n = \frac{F_n}{A} \quad (15)$$

İçin

σ_n = nominal normal gerilimi (lbf/in², kPa)

F_n = numuneye etki eden normal kuvvet (lbf, KN).

2.10.3 Deplasman oranı

Kesme yüzeyi boyunca ortalama deplasman oranı

$$R_d = \frac{d_h}{t_e} \quad (16)$$

İçin

R_d = deplasman oranı (inç/dak, mm/dak),

d_h = bağıl yanıl yerdeğıştirme (inç/mm)

t_e = geçen deneyim süresi (dak).

2.10.4 Yüzde röletif yaral yerdeğıştirme

Kesme yüzeyi boyunca yüzde göreceli yanıl deplasman----- The percent relative lateral displacement along the shear surface is:

$$P_d = 100 \frac{d_h}{D} \quad (17)$$

İçin

P_d = yüzde bağıl yanıl yerdeğıştirme % (3 SD)

D = kesme yönünde numune çapı veya yanıl boyut inç. (mm) (3 SD)

İlk boşluk oranını, su içeriğini, kuru birim ağırlığını ve özgül ağırlığına göre doyunluk derecesini ve toplam numunenin kütesini hesaplayın. Numune hacmi, kesme kutusu uzunluklarının veya çapının ve numunenin ölçülen kalınlığının ölçümleri ile belirlenir.

2.10.5 İri taneli malzemenin kesme mukavemeti

Geoteknik tasarım için gerekli en önemli tasarım giriş parametrelerinden biri, zeminin kesme mukavemetidir. Kesme mukavemeti Mohr-Coulomb arıza zarfı ile tanımlanır:

$$\tau = \sigma_n \tan\phi + C \quad (18)$$

İçin

- τ : Kesme mukavemeti
 σ_n : Normal girilim
 ϕ : Kayma mukavemeti açısı
 C : Kohezyon

Zeminin karakteristik kesme mukavemeti, kesme direnci (ϕ) ve kohezyon (C) açısı ile tanımlanır. Islak veya kuru olsun, kohezyonsuz (granüler) zeminlerin mukavemeti, malzemenin sürtünme özelliklerine (ϕ) bağlıdır. Granüler sürtünme özellikleri, yüzey pürüzlülüğü ve birbirine geçme özellikleri ve parçacıkların boyutu, şekli ve mukavemetinden etkilenir [18].

Kaya dolgu baraj malzemeleri üzerinde üç eksenli deneylerin büyük bir veri tabanının değerlendirilmesinden bu faktörleri açıklamaya çalışılmış ve etkili kesme direnci açısı (ϕ) ile etkili normal stres (σ_n) arasında doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Bu veriler, düşük sınırlayıcı streslerdeki malzemelerin yüksek sınırlayıcı streslerden daha fazla güce sahip olduğunu gösterdi. Bunun nedeni, düşük efektif normal strete malzemenin genişlemesi ve yüksek strete azaltılmış dilatasyon ile temas noktalarının önemli derecede ezilmesinden kaynaklanıyordu.

Yüzey pürüzlülüğünün etkileri Vallerge ve arkadaşları [19] tarafından değerlendirilmiştir, eşit sıkıştırıcı güç altında kesilmiş cam boncuklar ile. Kazınmış yüzeylere sahip boncuklar, iç sürtünme açısında önemli bir artış gösterdi. Tersine, düşük kesme mukavemeti cohesionless zeminler gevşek, yuvarlak şekil ve pürüzsüz bir yüzey taneleri ile. Bu malzemelerin yoğunluğu, zeminin derecelendirilmesi ve stresin sınırlandırılması da dahil olmak üzere birçok faktörden etkilenir.

Komşularıyla temas halinde olan kaya parçacıklarının mukavemet özellikleri, 1960'larda ve 70'lerde baraj ve dolgulardaki kaya dolgularının yaygın kullanımı ile birlikte kapsamlı bir şekilde incelenmiştir [20].

Loslie, D.D, 1963 [21] çakıllı zeminlerden yapay olarak üretilen tonlama ilişkilerinin önemli bir hacmini gözden geçirdi ve kesme direnci açısının en yüksek değerlerinin en büyük maksimum boyut parçacıkları ile en yoğun örneklemeden elde edildiğini buldu. Yazarlar ayrıca, herhangi bir gözeneklilik için, daha küçük maksimum boyutlara sahip daha düzgün numunelerin, iç sürtünme açısının daha yüksek değerlerine sahip olduğunu bulmuşlardır.

Marachi, N.D., C.K. Chan, and H.B. Seed, 1972 [20] faktörlerin parçacık ezmesini etkilediğini gözlemledi, kapsayan 1) artan su içeriği 2) artan üniformalık 3) artan açısız 4) azaltılmış parçacık gücü 5) artan etkili sınırlayıcı basınç 6) belirli bir sınırlayıcı basınç altında artan kesme gerilmesi 7) düzlem gerilme deneyine kıyasla üç eksenli bir hücrede deney ve 8) artan parçacık boyutları.

Marsal, R.J., [22] ayrıca artan parçacık boyutlarının kesme mukavemetini azalttığını gözlemledi, ancak, [23] Marsal'ın deney yaklaşımı ve araştırma sonuçlarına itiraz ederek, çalışmalarının mukavemet ve gözeneklilik arasında doğrusal bir ilişki bulunduğunu belirtti. Başka bir çalışmada, Morgan, G.C. and M.C. Harris, [24], artan maksimum parçacık boyutu nedeniyle önemli bir mukavemet artışı olmadığı sonucuna vardı.

2.10.6 Kaya parçacıkları ile yapışkan zemin

Killi zeminin mukavemeti, boşluk oranı, bileşim ve kesme direncinin açısından etkilenir. Doygunluk derecesi de mukavemet belirlemede önemli bir rol oynar. Yapışkan zeminlerin kompozisyon özellikleri, daha yüksek Plastisitenin genellikle daha düşük kesme direnci açıları verdiği plastisite açısından tanımlanır. Üretilen kesme mukavemeti verileri, genellikle en az 30.5 cm'lik büyük zemin örneklerinin deney edilmesi için üç eksenli bir aparatın geliştirilmesine odaklanmıştır. Killi kumlu çakıldan çakıllara kadar değişen çeşitli örnekler deney edildi. kaya parçacıklarının etkisi ile ilgili herhangi bir sonuç çıkarılmamıştır, ancak verilerin incelenmesi, artan çakıl içeriği ile mukavemette bir artış olduğunu açıkça göstermektedir. Değişen konsantrasyonlarda kaya parçacıklarının yapışkan zemin-kaya karışımlarının kesme mukavemeti üzerindeki etkisi araştırılmış, bu deneyler, parçalanmış bir gnays'tan remolded nehir kumu ve kumlu kilin konsolide, öğütülmemiş üç eksenli örnekleri üzerinde gerçekleştirilmiştir. Kum ve kil karışımları %0 ila %100 arasında değişmektedir. Her numune maksimum kuru yoğunluğuna ve optimum nem içeriğine sıkıştırılmıştır. Deneyler, kohezyonsuz materyaldeki %67'ye kadar olan artışların kesme direnci açısı üzerinde hiçbir etkisi olmadığını, ancak örneklemin kohezyonsuz zeminin %67 ila %74'ü arasında, iç sürtünme açısının arttığı ve kohezyonun önemli ölçüde azaldığını gösterdi. 74% ' in ötesinde, iç sürtünme açısı kademeli bir oranda yükseldi. Kesme mukavemetinde %67 ila %74 kohezyonsuz malzeme arasındaki dramatik değişiklikler, bir kil matrisi pahasına mukavemeti kontrol eden granüler

yapının bir sonucudur. Ne yazık ki, bu deneyler nispeten yüksek etkili normal stres (>200 kPa) ve optimum sıkıştırma koşullarında gerçekleştirildi.

Dobbiah ve ark [25] maksimum parçacık boyutunun kesme mukavemeti üzerindeki etkisini inceledi. bu deneylerde kullanılan zemin, kil, silt ve kum karışımlarını içeriyordu. Yazarlar, üretilen çakıl boyutlarındaki artışların kesme mukavemetinde arttığını bulmuşlardır. Deneysel kil-kaya karışımlarının yoğunluğu yaklaşık %50 çakıl içeriğinde maksimuma ulaştı, daha sonra artan çakıl konsantrasyonları ile hızla azaldı. Bu noktada, parçacık temas nedeniyle mevcut boşluk alanlarda kil sınırlı kullanılabilirliği hakim olması gerekir. Mühendisler Ordusu Kolordusu [26], hem scalping hem de değiştirme yöntemlerinin (daha sonra tarif edilecek) zemin/kaya karışımlarının kesme mukavemeti üzerindeki etkilerini değerlendirdi. Deneyler, 38,1 cm'lik çakıl-kum-kil karışımı numunelerinde konsolide olmayan üç eksenli deneyler olarak gerçekleştirilmiştir. Numuneler, standart sıkıştırma maksimum kuru yoğunluğunun %95'ine kadar sıkıştırılmıştır. Çakıl boyutları 0,4 ila 7,6 cm arasında değişiyordu ve 20, 40 ve %60 konsantrasyonlarda deney edildi. Burada yine, kesme direncinin etkili açısı(ϕ) artan çakıl içeriği ile artmıştır.

2.11 İri Taneli Zeminin Kesme Mukavemetini Belirleme Yöntemleri

İri taneli zeminlerin veya zemin-kaya karışımlarının kesme mukavemetini belirlemek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. bu yöntemler aşağıdaki gibi kategorize edilir:

- Geri analiz,
- Fiziksel özellikler değişikliği
- Ampirik
- Analitik

Geri analiz yöntemi, bu hataları üretebilecek malzeme özelliklerinin aralıklarını tanımlamak için başarısız yamaçların gerçek geometrik özelliklerini kullanır. Fiziksel özellikler değiştirme yöntemi, eksik büyük boy kaya parçacıklarını hesaba katmak için numuneleri deney etmek için yapılan ayarlamalara dayanır. Analitik mukavemet yöntemleri kuvvet formüllerini ayarlarken, ampirik yöntemler kesme mukavemeti parametrelerini atamak için geçmiş deneyime veya büyük veritabanlarına dayanır. Her yöntemin daha ayrıntılı bir analizi takip eder [27].

2.11.1 Geri analiz yöntemi

Geri analiz yöntemi, in situ koşullarıyla birlikte kullanılma avantajına sahiptir. Geometrik koşullar-gibi 1) eğim açısı 2) malzeme türü, kalınlık, yoğunluklu ve 3)

yenileme düzleminin yeri- standart eğim stabilite programlarına bilinen girişlerdir. Parametrik çalışmalar daha sonra kesme mukavemeti parametrelerinin tahmin edilmesi ve birine eşit bir eğim emniyet faktörünün kontrol edilmesi ile gerçekleştirilir. Bu teknik, bu çalışmada laboratuvar tarafından belirlenen kesme mukavemeti değerlerinin yetersizliğini kanıtlamak için daha önce gösterilmiştir. Bu yöntemin dezavantajı, araştırmacıların 1) phreatic yüzeylerin yerini bilir ve , 2) yerleştirilmiş fenomenlerle (yoğunluk değişiklikleri, su yüzdesi, vb.).

2.11.2 Fiziksel özellikler değişikliği

Büyük parçacıkların kullanımı ile üç model zemin mukavemeti tayini önerilmiştir:

1) Paralel yöntem, 2) Değiştirme yöntemi ve 3) matris yöntemi.

2.11.3 Paralel yöntem

Kaya dolgu malzemesinin alan özelliklerini tahmin etmenin paralel modelleme yöntemi ilk olarak Lowe (1964) tarafından önerilmiştir [45]. Bu yöntemde, paralel gradasyonlu numuneler, 3,8 cm (1,5 in) maksimum parçacık boyutları ile inşa edilir ve büyük boyutlu parçacıkların uzaklaştırılmasını telafi etmek için para cezaları eklenir. Ne yazık ki, bu yöntemin, büyük boyutlu malzemenin şekli, ezilmesi ve yüzey pürüzlülüğü özelliklerini dikkate almaması nedeniyle tatmin edici olmadığı kanıtlanmıştır.

2.11.4 Değiştirme yöntemi

Değiştirme modelleme yöntemi, mühendisler Ordusu kolordusu (1970) tarafından tanıtıldı ve Üç eksenli deney odasının boyutunun 1 / 6'sından daha büyük parçacıkların çıkarılmasını öneriyor. Bu parçacıklar numunenin %10'dan fazla kuru ağırlığını oluşturursa, #4 elek üzerinde tutulan ancak izin verilen maksimum elek boyutundan daha az olan eşit bir malzeme yüzdesi numuneye dahil edilmelidir. Donaghe ve Torrey [26] bu süreci inceledi ve değiştirme prosedürlerinin genellikle etkili streslere dayalı zemin-kaya karışımları için muhafazakar mukavemet parametreleri sağladığını keşfetti.

2.11.5 Matris yöntemi

Siddiqi (1984) [46] tarafından tanıtılan matris modelleme yöntemi, büyük boyutlu parçacıkları numuneden çıkarır ve uzak alan zemin matrisini parçacıktan uzaklaştırır. Yapışık olmayan bir malzeme matrisindeki kaya parçacıklarının karışımın mukavemet

ve deformasyon özelliklerini önemli ölçüde etkilemediği varsayımına dayanır. Numunenin %40'ından azı kaya parçacıklarından oluştuğunda, parçacıklar arasında çok az temas olmalıdır. Bu durumda, uzak alan matrisi, yakın alandan daha büyük bir malzeme hacmi içerir; bu nedenle gerilmenin güç üyesidir. Tersine, kaya parçacıkları, numunenin %65'inden daha fazla oluşturduğunda, parçacık teması hakimdir. Zemin matrisi malzemesi, botla olmayan parçacıklar arasındaki köprü hareketi tarafından oluşturulan boşlukları doldurur. Daha yeni çalışmalar, kaya parçacıklarının yakın alan matrisi malzemesinin yoğunluğunu etkilediğini göstermiştir. Yazarlar, kaynaşmasız materyaldeki devlet koşulları için boşluk oranının kaya parçacıkları etrafında artması gerektiğini belirledi. Bu, ambalaj düzenlemelerine dayanan boşluk gelişimini teşvik eden kaya parçacıklarının bir sonucudur. Çalışmalar, ortalama matris yoğunluğu ölçümlerinin çok düşük güçlü yönler yol açtığını gösterdi. Yazarlar bulgularına göre malzemenin statik mukavemetini kontrol eden uzak alan zemin matrisinin yoğunluğunu belirlemek için bir yöntem önerilmiştir.

2.11.6 Ampirik yöntem

Kaya dolgun barajlarının kesme mukavemetini tahmin etmek için ilginç bir modelleme tekniği. Böylece aşağıdaki giriş verileri gerektirir:

1) kaya malzemesinin tek eksenli basınç dayanımı, 2) parçacık boyutu (D_{50}), 3) tanelerin pürüzlüğün derecesi, 4) gözeneklilik sıkıştırma tepkisi, ve 5) normal ilgi stresi. Bu yöntem, açısız taş ocağı veya çok yönlü çakıldan oluşup oluşmadığı, kaya dolgusunun tepe drene sürtünme açısının ön tahminlerini elde etmeye yarar. Bu örnek, temas halinde yüksek konsantrasyonlarda kaya parçacıkları bulunan zeminlerin sınırlı olmasına ve özellikle baraj tasarımı için yararlı olmasına rağmen, bu yaklaşımın karakterini ve pratik doğasını göstermektedir.

2.11.7 Analitik yöntem

Ampirik yöntemde olduğu gibi, analitik yöntem için birkaç örnek vardır. Hencher ve ark [47] blok boyutunda parça kolüviyun'un kesme mukavemetini hesaplamak için aşağıdaki formülü önerdi:

$$\tau' = \sigma' \tan (\phi' + i_m + i_f) \quad (19)$$

İçin,

τ' = Efektif kesme gerilmesi

σ' = Efektif normal stress

ϕ' = Efektif sürtünme açısı (dilatasyon için düzeltildi)

i_m = Matris için strese bağlı dilatasyon açısı

i_f = Genel kesme düzlemi için dilatasyon açısı, kaya parazitini hesaba katıyor

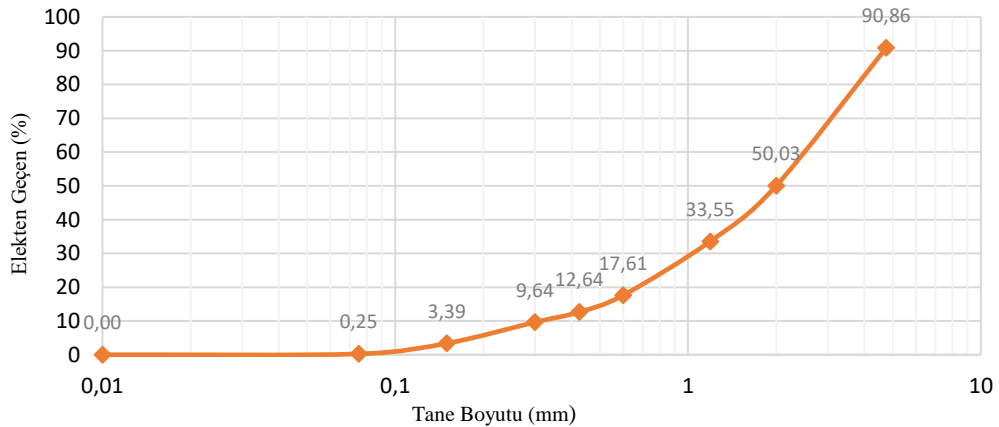
3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Malzeme ve Yöntem

Bu çalışmada, İstanbul'un Cebeci ilçesinden granüler (taş ocağı) malzemeler elde edilmiştir. Zeminin farklı geoteknik özellikleri Çizelge 3.1'de özetlenmiştir ve parçacık boyutu dağılım eğrisi Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Elek analizinin sonucu çizilerek elde edilen parçacık boyutu dağılım eğrisi, zeminin 4,75 mm'den geçen %90,86 partikül içerdiğini ve No. 200 elek üzerinde %50'den fazla tutulduğunu gösterir, bu nedenle zeminin kum kategorisine düştüğünü gösterir. Tekdüzelik katsayısı (C_u) 8,48 ve derecelenme katsayısı (C_c) 1,34 olduğundan, zemin iyi dereceli kum olan SW olarak sınıflandırılır.

Çizelge 3.1: Zemin numunesinin geoteknik özellikleri

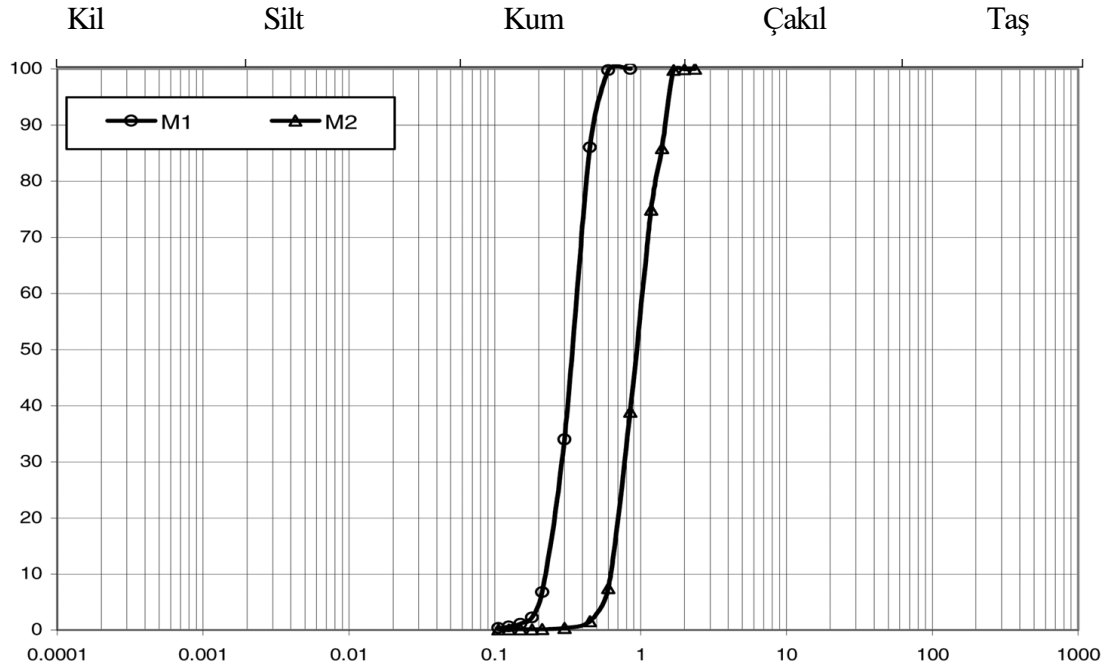
Su Muhtevası	%1,15
Özgül Ağırlık	2,93
Üniformluk Katsayısı (C_u)	8,48
Derecelenme katsayısı (C_c)	1,34
Zeminin Sınıflandırılması	SW
Birim Ağırlık (KN/m^3)	13,98



Şekil 3.1: Granülometri Eğrisi

3.2 Yöntem

Paralel yöntemi kullanarak araştırmamızı gerçekleştirdik. Birinci aşamada İstanbulun cebece ilçesinden laboratuvarında taş ocağı malzemeleri şeki 3.2'ye göre paralel yöntem teorisinin önerisine dayanarak 8 mm büyük parçacıkları ayırdık ve ASTM kurallara göre (0,075 mm – 8 mm) ince ve iri parçacıkları katagörisinde ayırdık. İnce (0,075 mm – 4,75 mm) ve iri (4,75 mm – 8 mm) parçacıkların gradyosunun elek analizeyi kullanarak tanelerin derecelenme ve üniformalık değerlerini elde edilmiştir.



şekil 3.2: Paralel yöntem ve gradisyon analizi eğri üzerinde gösterimi [27]

3.3 Deneysel Çalışmalar

Laboratuvarında birinci aşamada malzemelerin fiziksel özelliklerini bulmak için yapılan deneyler aşağıdaki gibidir:

1. Su Muhtevasi
2. Tane Yoğunluğu Deneyi (Özgül Ağırlık Deneyi)
3. Dane çapı Dağılımı (Granülometri) Deneyi (Elek Analizi Deneyi)
4. Birim hacim Ağırlık
5. Direk Kesme Deneyi

3.3.1 Su muhtevası

zeminin su içeriğini, 24 saat kurutulacak fırının içine koyduktan sonra kap ağırlığı ile 205,74gr ıslak numune ağırlığında belirledik. Zemin numunesi kurutulduktan sonra, zemin numunesini kuru halde, kabın ağırlığı dikkate alınarak ölçtük. 24 saat geçtikten sonra kurutulmuş zemin numunesine sahip olduğumuzda, toplam katı miktarını elde etmek için kabın kütlesini kurutulmuş örnek zemintan çıkardık. Su numunesini kurutulmuş zemintan çıkarmak bize su miktarını verir. Yüzde olarak ifade edilen su içeriği, %1,15 elde edilen belirli bir zemin kütlesindeki katıların ağırlığına su ağırlığının oranıdır.

Çizelge 3.2: Su içeriğinin belirlenmesi

Yaş Numune + Kap Kütlesi (m1),g	Kuru Numune + Kap kütlesi (m2), g	Kap Kütlesi (mc),g	Kuru Numune Kütlesi (md=m2- mc) g	Sü Kütlesi (mw=m1- m2) g	Sü Muhtevasi $W=100*\left(\frac{mw}{md}\right)\%$
205,74	203,47	6	197,47	2,27	1,15



Şekil 3.3: Kuru numune kütlesi

3.3.2 Birim hacim ağırlık

Gerçekleştirildiğimiz deneysel çalışmalarda, numunelerin gevşek ve sıkıştırılmış durumda birim hacim ağırlıklarını çizelge 3.3'e gösterilmiştir.

Çizelge 3.3: İnce ve İri taneli zeminlerin birim hacim ağırlığın sonuçları

Gevşek Halde	γ (ince gevşek)	14,22 kN/m ³
	γ (ince sıkıştırılmış)	14,60 kN/m ³
Sıkıştırılmış Halde	γ (çakıl gevşek)	14,19 kN/m ³
	γ (çakıl sıkıştırılmış)	14,17 kN/m ³

Hesaplamalar:

$$\gamma = \rho \times g \text{ (kN/m}^3\text{)} \quad (20)$$

Burada;

ρ : Yoğunluk

g : Yerçekimi kuvveti (9,81)

3.3.3 Tane yoğunluğu deneyi (Özgül ağırlık deneyi)

Deney edilen malzemenin özgül ağırlığı, suyun sıcaklığı laboratuarda 26,4 derece iken, başlangıçta birkaç dakika boyunca fırının içine tamamen kuruması için bir piknometre koyarak hesaplanır. Kurutulduktan sonra, cihazı soğuk olmak için nazikçe çıkardık. Sonra boş piknometreyi tartıyoruz ve bundan sonra numuneyi piknometrenin içine koyduk ve tekrar numunenin artı piknometrenin ağırlığını kaydediyoruz. Piknometre içine damıtılmış su dökmeye başlıyoruz ve suyu tamamen karıştırmak için numuneyle sallamaya başlıyoruz, bu nedenle havayı tamamen çıkarmak için bu çalkalama yeterli değil, böylece havayı çıkarmak için vakum makinesini kullanıyoruz. örnek. Havayı tamamen çıkardıktan sonra, damıtılmış suyu piknometrenin geleneksel seviyesine kadar doldururuz, daha sonra suyu dikkatli bir şekilde tesviye ettikten sonra, suyu, numuneyi ve piknometreyi hep birlikte tartarız. Son adımda, numune boyunca bir tavaya ve sonunda piknometreyi sadece geleneksel seviyeye kadar damıtılmış su ile dolduruyoruz, o zaman piknometrenin ağırlığını sadece su ile ölçüyoruz. İki örnek deney edilmiş ve örneklerin ortalaması değerlendirilerek Özgül Ağırlık %2,9325 olarak bulunmuştur.

Hesaplamalar:

Zemin tanelerinin özgül ağırlığı (G_s) aşağıdaki formülden hesaplanır:

$$G_s = \frac{\gamma_L (M_2 - M_1)}{\gamma_w [(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)]} \quad (21)$$

Burada;

M_1 : Yoğunluk şişesinin ağırlığı (g)

M_2 : Şişe ile kuru zeminin ağırlığı (g)

M_3 : Şişe, zemin ve sıvının ağırlığı (g)

M_4 : Şişenin sadece sıvı ile dolu ağırlığı (g)

γ_L : Kullanılan sıvının deney sıcaklığında yoğunluğu (g/cm^3)

γ_w : Suyun deney sıcaklığında yoğunluğu (g/cm^3)

Çizelge 3.4: Numune özgür ağırlık deneyi sonuçları

1. NUMUNE	
Piknometrenin kütlesi , m ₀ (gr)	180,86
Kontrol sıvısı ile dolu piknometrenin kütlesi , m ₁ (gr)	673,63
Kuru Numune ile Birlikte Piknometrenin Kütlesi, m ₂ (gr)	280,81
Kuru Numune ve Kontrol Sıvısı ile Dolu Piknometrenin Kütlesi , m ₃ (gr)	741,9
Deney Numunesinin Kuru Kütlesi (m ₄)= (m ₂ -m ₀) (gr)	99,95
Kontrol Sıvısının m ₁ kütlesinin belirlendiği sıcak. yoğunluğu (p _{L1})	0,99802
Kontrol Sıvısının m ₃ kütlesinin belirlendiği sıcak. yoğunluğu (p _{L3})	0,99802
Zemn Danelerin Yoğ. (Mg/m ³) P _s =((m ₄)/((m ₁ -m ₀)/p _{L1} -(m ₃ -m ₂)/p _{L3})*10 ⁹	3,155

Çizelge 3.5: Numune özgür ağırlık deneyi sonuçları

2. NUMUNE	
Piknometrenin kütlesi , m ₀ (gr)	363,430
Kontrol sıvısı ile dolu piknometrenin kütlesi , m ₁ (gr)	1,359,700
Kuru Numune ile Birlikte Piknometrenin Kütlesi, m ₂ (gr)	467,330
Kuru Numune ve Kontrol Sıvısı ile Dolu Piknometrenin Kütlesi , m ₃ (gr)	1422,91
Deney Numunesinin Kuru Kütlesi (m ₄)= (m ₂ -m ₀) (gr)	103,90
Kontrol Sıvısının m ₁ kütlesinin belirlendiği sıcak. yoğunluğu (p _{L1})	0,99802
Kontrol Sıvısının m ₃ kütlesinin belirlendiği sıcak. yoğunluğu (p _{L3})	0,99802
Zemn Danelerin Yoğ. (Mg/m ³) P _s =((m ₄)/((m ₁ -m ₀)/p _{L1} -(m ₃ -m ₂)/p _{L3})*10 ⁹	2,710

$$G_s = (G_{s1} + G_{s2}) / 2 = (3,155 + 2,710) / 2 = 2,933 \text{ (Mg/m}^3\text{)} \quad (22)$$

3.3.4 Dane çapı dağılımı (Granülometri) Deneyi (Elek analizi deneyi)

Ocaklı malzeme, 0,075 mm ila 8 mm aralığında birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemi(USCS) ve (ASTM) D2487-11 standartlarına göre elek analizi ile laboratuarda ince ve iri boyutlara bölünmüştür.

Elek analizin sonucunda, numunenin %50`den fazlası (%90,84) elek No.4`den geçtiği için, numune USCS standartlarına göre kum olarak sınıflandırılabilir. Ayrıca, C_u ve C_c, standardta belirtilen limitlerin üzerinde olduğu için iyi derecelenmiş kumlu zemin (SW) olarak adlandırılmıştır.

Aynı şekilde, (4 mm, 6 mm, 8 mm) olarak iri-taneli parçacıklar, elek analizinde No.4 elek üzerinde kalan kısım %81,80 olduğu için, USCS standartlarına göre çakıl (G) kategorisinde yer almaktadır. Ayrıca, C_u ve C_c şartlarını sağlamadığı için numunemiz kötü derecelenmiş çakıl (GP) olarak belirlenmiştir. Numuneler, kesme deney makinesi

ile zemin malzemelerinin içsel sürtünme açısını, kesme gerilmesini ve uyumunu belirlemek için gevşek ve sıkıştırılmış koşullar için 100kPa, 200kPa ve 300kPa normal gerilmeler altında deney edilmiştir. Elek analizinin detayları çizelge 3.5`te ayrıntılı şekilde gösterilmiştir.



(a)

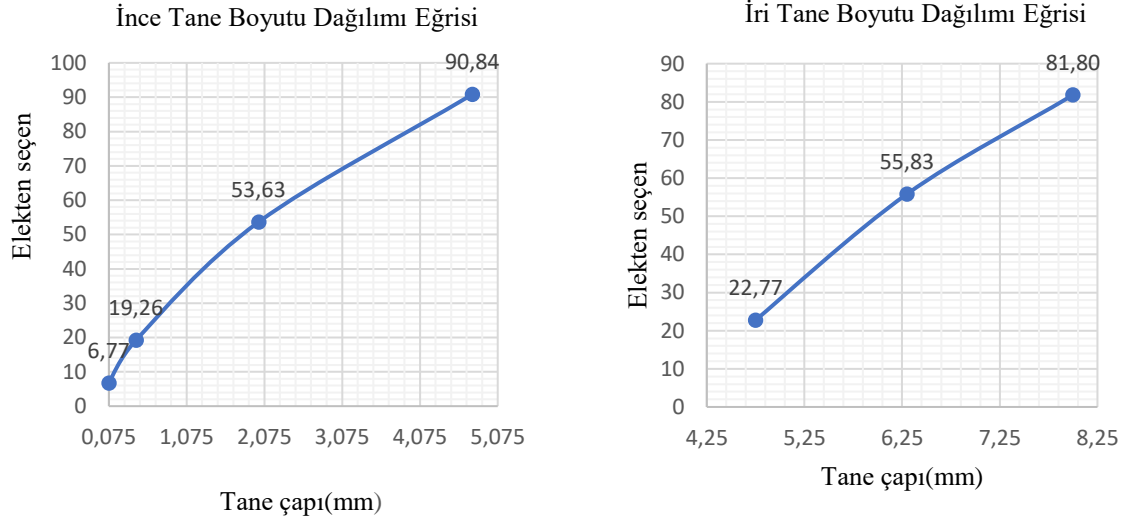


(b)



(c)

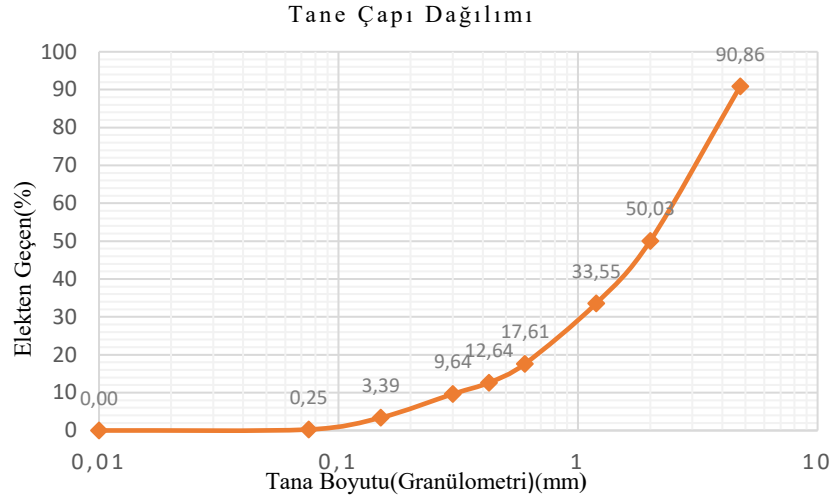
Şekil 3.4: (a) Elek analiz deneyinde elekler, (b) İnce taneler (c) İri taneler



Şekil 3.5: İnce ve İri tane boyutu dağılımı eğriler

Çizelge 3.6: Elek serisinden eleme sonucu laboratuvardan elde edilen sonuçlar

ELEK NO	ELEK AÇIKLIĞI (mm)	HER ELEKTE GEÇEN KÜTLE (gr)	HER ELEK ÜZERİNDE TUTULAN(%)	HER ELEKTE TOPLAM KALAN KÜTLE (gr)	TOPLAM GEÇEN NUMUNE (%)
4	4,75	15,86	9,14	9,14	90,86
10	2	70,82	40,83	49,97	50,03
16	1,19	28,58	16,48	66,45	33,55
30	0,6	27,66	15,95	82,39	17,61
40	0,425	8,61	4,96	87,36	12,64
50	0,3	5,21	3,00	90,36	9,64
100	0,15	10,84	6,25	96,61	3,39
200	0,075	5,44	3,14	99,75	0,25
Pan	0,01	0,43	0,25	100,00	0,00
		173,45			



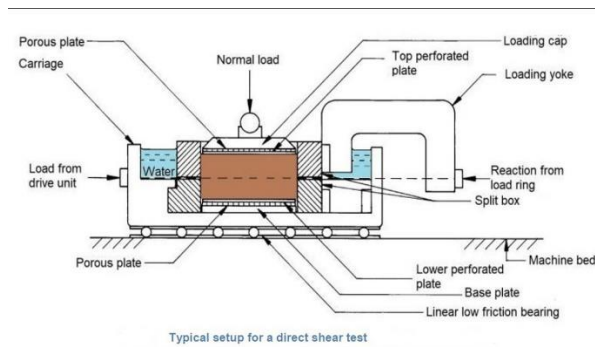
Şekil 3.6: Eleme sonucu elde edilen değerlerin gösterimi

3.3.5 Direk kesme deneyi

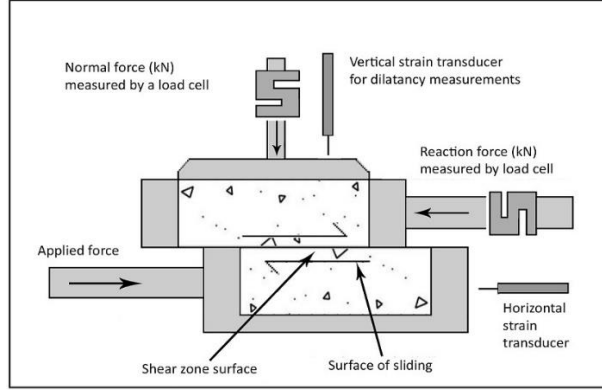
Zeminin kesme mukavemeti davranışını değerlendirmek için direk kesme deneyleri direk kesme Trace - II tipi makine kullanılarak yapılmıştır. Dikey ve yatay yer değiştirmeler yer değiştirme transdüserleri kullanılarak ve kesme kuvveti yük hücresi kullanılarak ölçülmüştür.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.7: (a) Kesme Trac-II Tür Makinesi, (b) Direk kesme deneyin kurması ve (c) numunenin kesme kutusunun üst ve alt kısmı yanal yük uygulandıktan sonrası

Direk kesme deneyi, ince ve iri grup parçacıkların üzerinde gerçekleştirilmiştir. İnce parçacıklar için test edilen numunelerin miktarı 500gr ve elek açıklıkları için ASTM standartlarına göre (2 mm – 4,75 mm) 125 gr, (0,425 mm – 2 mm) 250 gr, (0,075 mm - 0,425) 125gr malzemeler gevşek ve konsolide koşullarda 100 kPa, 200 kPa ve 300 kPa gerilmeler uygulanarak test edilmiştir. Aynı prosedür (4,75 mm, 6 mm) 250 gr, 250 gr ve (6mm, 8mm) 250 gr elek açıklığı ile 500gr iri malzemeler için uygulanır. Kesme kutusu normal kuvvetlerle empoze edildikten sonra, ince ve iri numune deneylerinin sıkıştırılmış durumu 60 dakika boyunca konsolide edilip, daha sonra artan yatay kesme kuvveti kutunun üst yarısına 20 dakika boyunca uygulanmıştır ve böylece numunenin bölme düzlemi boyunca kesilmesine neden olmuştur.

Genel olarak, üst yarım kutu 7 mm-10 mm yerinden edildiğinde kesme yenilmesi meydana gelmektedir. Deplasman oranı 0,5 mm /dak olarak korunmuştur. Yapılan deney setleri ile içsel sürtünme açıları ve kohezyonların değerleri, gevşek ve sıkı numuneler için çizelge 3.6 ve 3.7`da gösterilmiştir.

Kohezyon (C) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri, gevşek halindeki ince parçacıklar için $C=2,67$ kPa ve $\phi=41^0$ ve sıkıştırılmış durum için $C=2$ kPa ve $\phi=45^0$ olarak elde edilmiştir. Aynı şekilde, gevşek halindeki iri parçacıklar için $C=0,98$ kPa ve $\phi=53^0$ ve sıkıştırılmış durum için $C=0,98$ kPa ve $\phi=56,6^0$ olarak kohezyon, C ve içsel sürtünme açısı, ϕ değerleri elde edilmiştir.

3.3.6 İri taneler

İri parçacıklar için elek analizinin sonuçları, derecelenme katsayısı (C_c) 0,95 ve Birleşik zemin sınıflandırma sistemi (USCS)-ASTM, D2487-11 standartlarına göre, üniformaluluk katsayısı (C_u) 1,58'dir, $C_u \geq 4$ ve $1 \leq C_c \leq 3$. İri parçacıklar için 30 deney optimum sonuçlar Çizelge 3.6'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.7: İri taneli zeminlerin üzerinde yapılan 30 deneyin sonucu

Gevşek Halde	Kohzyon (C) İç Sürtünme Açısı (ϕ)	0,98 (kPa) 53°
Sıkıştırılmış Halde	Kohzyon (C) İç Sürtünme Açısı (ϕ)	0,98 (kPa) 56,6°

3.3.7 İnce taneler

İnce parçacıklar için elek analizinin sonuçları (USCS)-ASTM, D2487-11 standartlarına göre, derecelenme katsayısı (C_c) 2,07 ve üniformaluluk katsayısı (C_u) 14,97'dir, $C_u \geq 6$ ve $1 \leq C_c \leq 3$. İnce parçacıklar için 30 deneyin optimum sonuçları çizelge 3.7'de gösterilmiştir.

Çizelge 3.8: İnce- taneli zeminlerin üzerinde yapılan 30 deneyin sonucu

Gevşek Halde	Kohezyon (C) İç Sürtünme Açısı (ϕ)	2,67(kPa) 41°
Sıkıştırılmış Halde	Kohezyon (C) İç Sürtünme Açısı (ϕ)	2 (kPa) 45°

İri malzeme boyutunun etkisini değerlendirmek için farklı tane boyutu dağılımına sahip iki grup parçacık boyutu kullanılmıştır. Grup I (0,075 mm 0,425 mm 2mm 4,75 mm) ve Grup II (4,75 mm 6mm 8mm) olarak atanan iri tanelerin (100mm, 100mm, 45mm) boyutlarında direk kesme kutusunda deney edilmiştir. Toplam 120 deneyler 0,5 mm/dak sabit hız uygulanarak ve 100kPa, 200kPa ve 300kPa benzer normal gerilmeler kullanılarak zemin malzemeleri üzerinde gerçekleştirilmiştir.

60 ince ve iri numune, gevşek ve birleştirilmiş sıkıştırılmış deney koşullarında deney edilmiştir. Deney malzemeleri için parçacık boyutu dağılım eğrisi Şekil 4.3'te gösterilmiştir. 2. elek analizinden önce, test edilen malzemelerin su içeriği ve özgül ağırlığı belirlenmiştir.

4. DENEYSEL SONUÇ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

Zeminin kesme kuvveti, parçacıklar arasındaki parçacıklara ve sürtünmeye bağlıdır. Homojen numune elde etmek için deneyler çok sayıda yapılmıştır. İri ve ince taneli malzemeler için 30 `er deney gevşek ve konsolidasyonlu (sıkı) şekilde yapılmıştır. Deneyler, maksimum 8 mm parçacık çapına sahip ASTM-D 2487-1 ile ilgili daha yüksek parçacık boyutları elde etmek için 100 mm kare kutu içinde gerçekleştirilmiştir.

Hem ince hem de iri örneklerde, sıkıştırılmış numunenin sürtünme açısı, teori ile uyumlu olan gevşek olandan daha yüksektir. Bu fark, yaklaşık 4 derece olan her iki durum için de hemen hemen aynıdır. Ayrıca, taş ocağı malzemesinin sürtünme açısının nispeten yüksek olduğu ve bu da onu inşaat amaçlı mükemmel bir malzeme haline getirdiği görülmektedir.

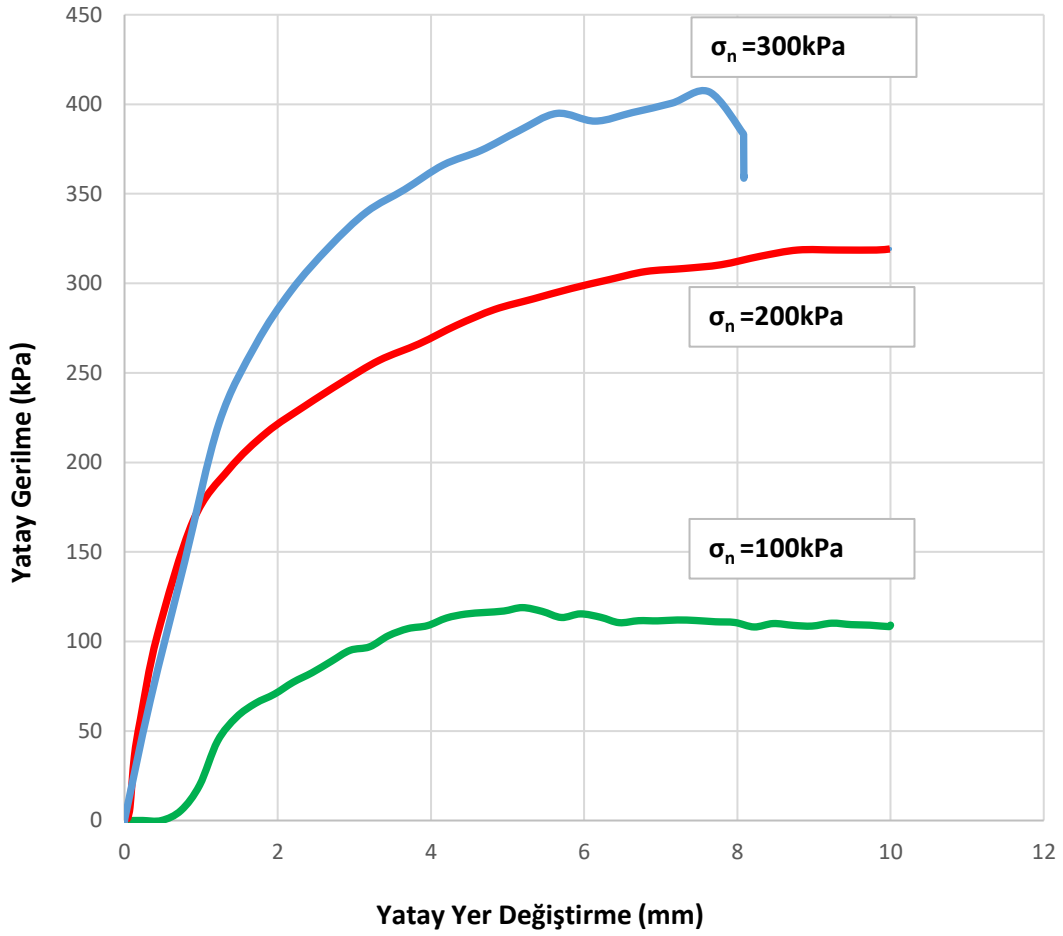
Ayrıca, aynı sıkıştırma durumu göz önüne alındığında hem ince hem de iri malzemenin sürtünme açılarını karşılaştırarak, her iki durum için sürtünme açısının neredeyse 12 derece olan aynı eğilimi gösterdiği tespit edilebilir. Son olarak, temel deney ekipmanlarının yokluğunda, iri parçacığın sürtünme açısının ince olanlardan 12 derece daha yüksek olduğu sonucuna varılabilir.

4.1 Farklı Gerilmeler Altında İnce Gevşek Numunelerin Değerlendirilmesi

İnce gevşek numunelerin laboratuvarında farklı normal gerilme uygulanarak aşağıdaki şekile göre, yatay gerilmeye karşı yatay yer değiştirme ve düşey yer değiştirme farkları gösterilmiştir.

Ayrıca yaptığımız bilimsel araştırma çalışmasında aşağıdaki parametrelerin değerleri bulunmuştur

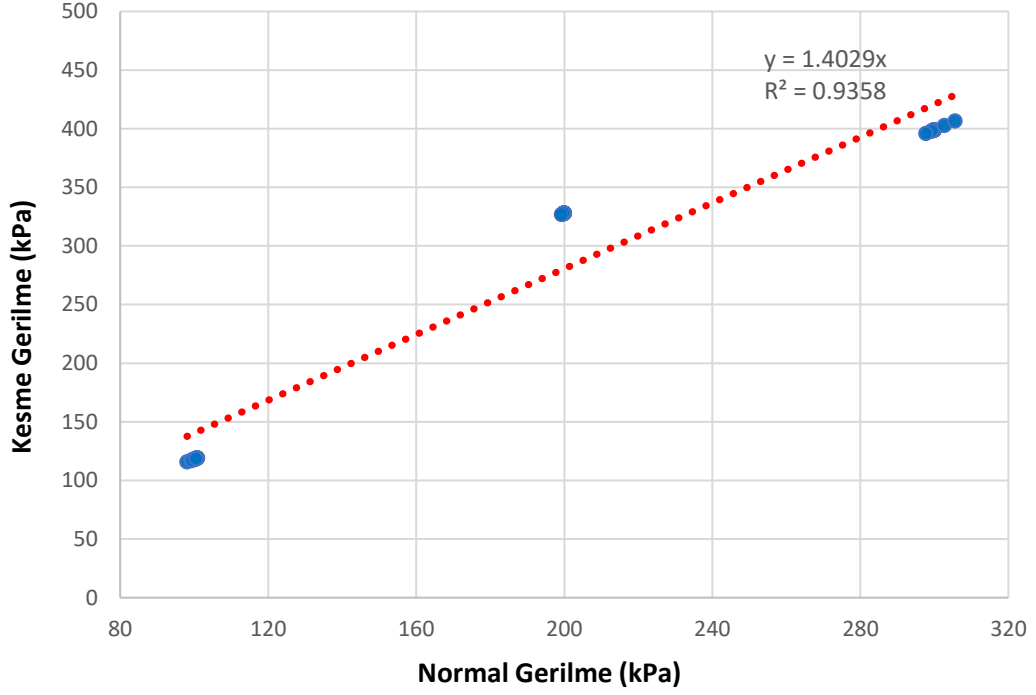
- Maksimum kesme gerilmesi
- Nihai kesme gerilmesi
- Yenilme zamanı (Göçme zamanı)



Şekil 4.1: 100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme altındaki ince gevşek numunenin eğrisi

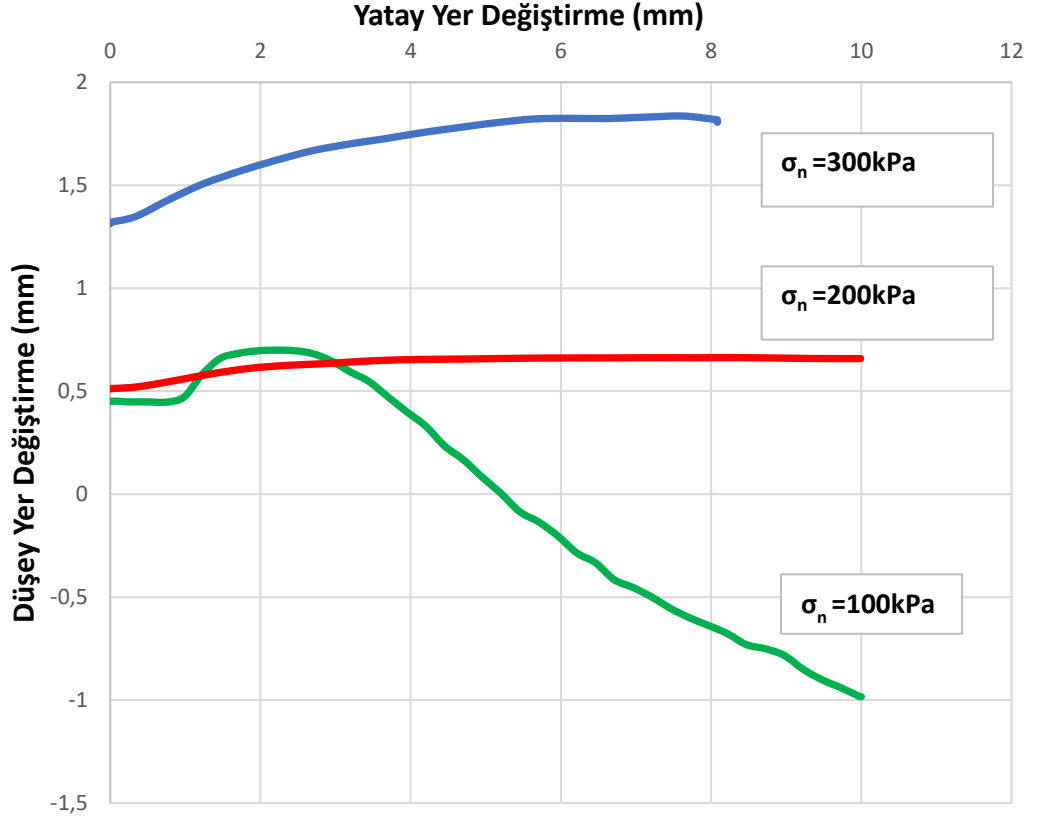
Şekil 4.1'e göre kohezyonsuz 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa normal gerilme altında ince gevşek numunelerin davranışı gösterilmektedir. Buna göre 100 kPa gerilmeye karşı gerilme- yerdeğişirme eğrisi incelendiğinde numune 5 mm yer değiştirme yaptığında 118 kPa maksimum gerilmeye ulaşmaktadır ve ASTM standardına uyarak 10 mm yenilme gerçekleştirilmiştir. Uygulandığımız 200 kPa gerilme altında gerilme- yerdeğiştirme eğrisi incelendiğinde yenilme meydana gelmemiştir ve eğriye bakıldığı zaman 10 mm`den daha fazla yerdeğiştirme yapabilme kapasitesine sahiptir. Son olarak 300 kPa gerilme altında eğri incelendiğinde numune 7,63 mm yer değiştirme yaptığında 407,02 kPa maksimum gerilmeye ulaşmıştır.

Şekil 4.2'e göre, normal gerilme ve kesme gerilmenin ilişkisi gösterilmiştir. Yapıldığı doğrusal regresyona bakılarak, bu iki parametrenin arasında bir yakın korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon katsayısı 1'e yakın olduğu sebeple ($R^2 = 0,93$), bu korelasyon ve bulunan katsayı kabul edilmiştir.



Şekil 4.1: 100, 200 ve 300 kPa normal gerilme ve kesmenin ilişkisi

İncelediğimiz aşağıdaki şekil 4.3’de düşey ve yatay yerdeğiştirme eğrisinden, 100 kPa normal gerilme altında düşey yerdeğiştirme diğer normal gerilmelere göre fazladır.

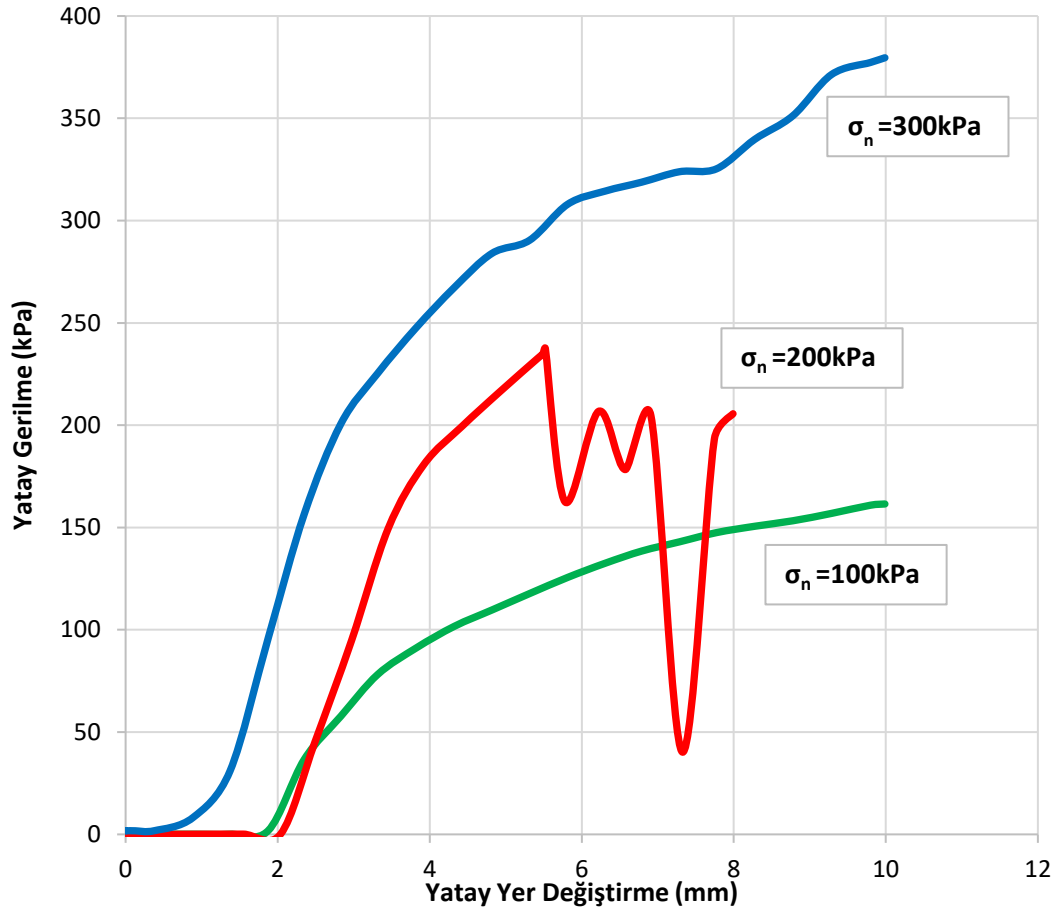


Şekil 4.2: 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa gerilme altındaki ince gevşek numunenin yatay ve düşey yerdeğiştirmesi

4.2 Farklı Gerilmeler Altında İnce Sıkıştırılmış Numunelerin Değerlendirilmesi

İnce konsolidasyon numunelerin laboratuvarında farklı normal gerilme uygulanarak aşağıdaki şekile göre, yatay gerilmeye karşı yatay yer değiştirme ve düşey yer değiştirme farkları gösterilmiştir, ayrıca 60 dakika konsolidasyon sonunda yatay gerilme uygulanark numunelerin aşağıdaki parametreler elde edilmiştir.

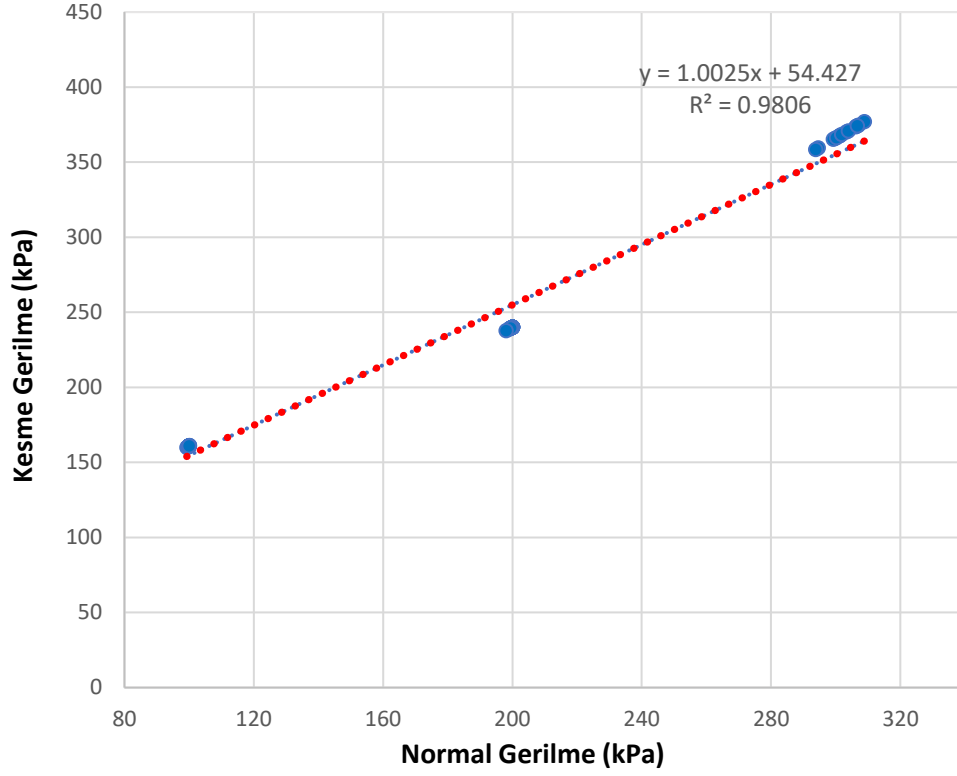
- Maksimum kesme gerilmesi
- Nihai kesme gerilmesi
- Yenilme zamanı (Göçme zamanı)



Şekil 4.3:100 kPa, 200 kPa, 300 kPa gerilme altındaki ince konsolidasyonlu numunenin eğrisi

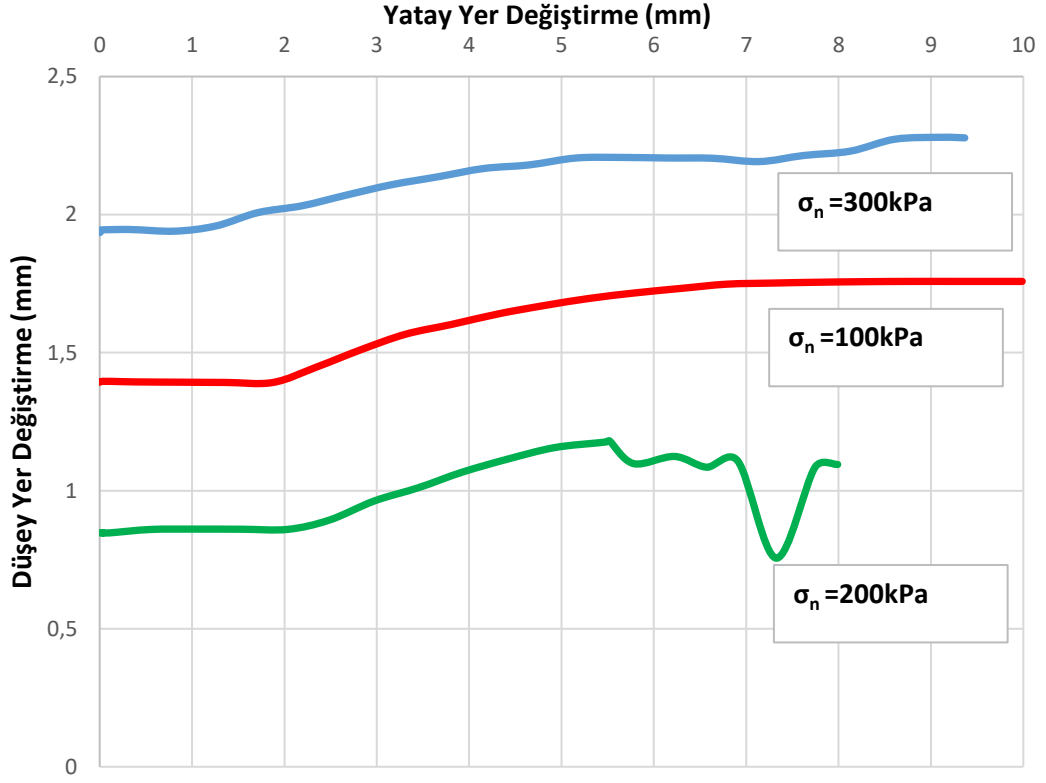
Şekil 4.4'e göre kohezyonsuz 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa normal gerilme altında ince konsolidasyon numunelerinin davranışı gösterilmektedir. Buna göre 100 kPa gerilmeye karşı gerilme-yerdeğiştirme eğrisi incelendiğinde gerilme 0 kPa sabit iken numune 2mm yer değiştirmesi yapmıştır ve eğriyi incelendiğimiz takdirde yenilme meydana gelmemiştir ve yerdeğiştirme yapabilme kabiliyetine sahiptir. Uyguladığımız 200 kPa gerilme altında gerilme-yerdeğiştirme eğrisi incelendiğinde yenilme meydana gelmemiştir, ve eğriye bakıldığında zaman 10mm dan daha fazla yerdeğiştirme yapabilme kapasitesine sahiptir. Son olarak 300kPa gerilme altında eğri incelendiğinde numunede yine yenilme meydana gelmemiştir.

Şekil 4.5'e göre, normal gerilme ve kesme gerilmenin ilişkisi gösterilmiştir. Yapıldığı doğrusal regresyona bakılarak, bu iki parametrenin arasında bir yakın korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon katsayısı 1'e yakın olduğu sebeple ($R^2 = 0,98$), bu korelasyon ve bulunan katsayı kabul edilmiştir.



Şekil 4.4: 100, 200 ve 300 kPa normal gerilme ve kesmenin ilişkisi

İncelediğimiz aşağıdaki şekil 4.6'te düşey ve yatay yerdeğiştirme eğrisinden, 100 kPa normal gerilme altında düşey yerdeğiştirme diğer normal gerilmelere göre fazladır.



Şekil 4.5: 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa gerilme Altındaki ince konsolidasyonlu numunenin yatay ve düşey yer değiştirmesi

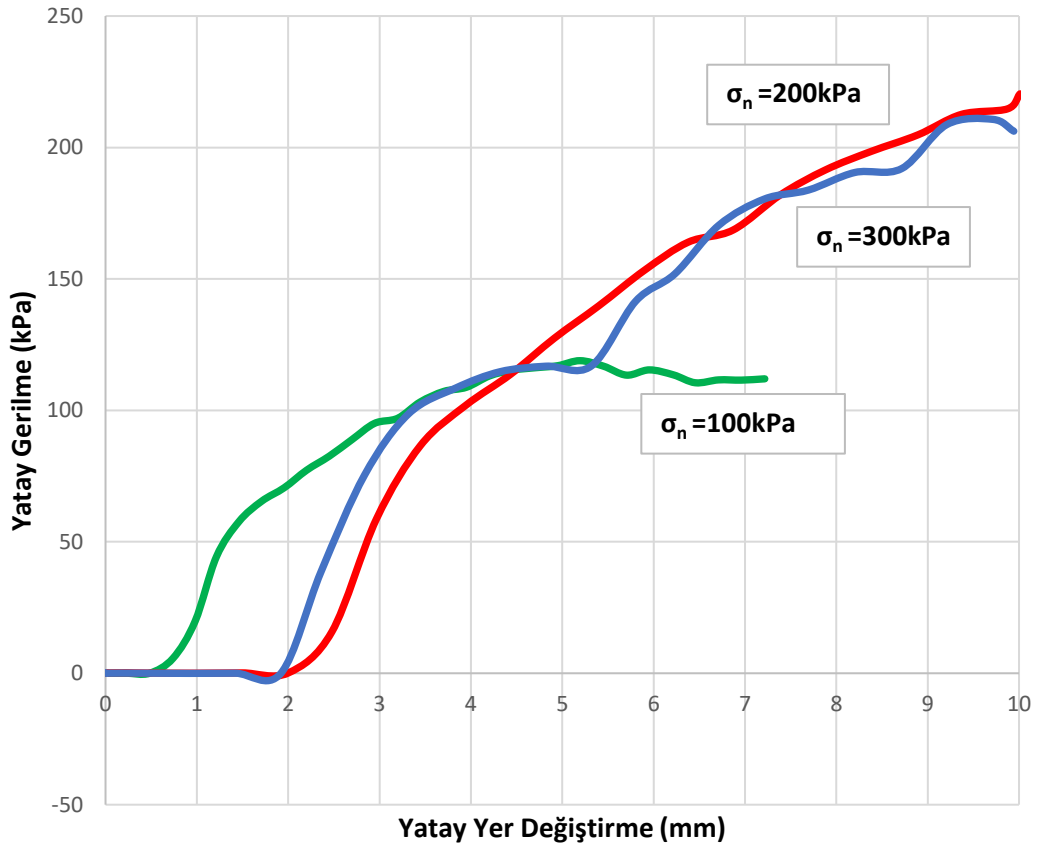
Şekil 4.3 ve 4.6 karşıladığımızda, gevşek ve sıkıştırılmış (konsolidasyonlu) numuneler, 100, 200 ve 300 kPa altında farklı davranış göstermektedir. Ayrıca, sıkı numunelerde normal gerilmeler altında, boşluk oranının düşük olduğu için oturma ve yerdeğiştirme gevşek numuneye göre daha azdır. Gevşek numunelerde, boşluk oranı çok olduğu için, düşük gerilmeler (100 kPa) altında bile, oturma miktarı sıkı numunelere göre yüksektir. Bu numunelerde boşluk oranı azaldığı takdirde oturma miktarı da zaman içinde azalmaktadır.

4.3 Farklı Gerilmeler Altında Kaba Gevşek Numunelerin Değerlendirilmesi

Kaba gevşek numunelerin laboratuvarında üç farklı normal gerilme uygulanarak aşağıdaki şekile göre, yatay gerilmeye karşı yatay yer değiştirme ve düşey yer değiştirme farkları gösterilmiştir.

Ayrıca yaptığımız bilimsel araştırma çalışmasında aşağıdaki parametrelerin değerleri bulunmuştur

- Maksimum kesme gerilmesi
- Nihai kesme gerilmesi
- Yenilme zamanı(Göçme zamanı)

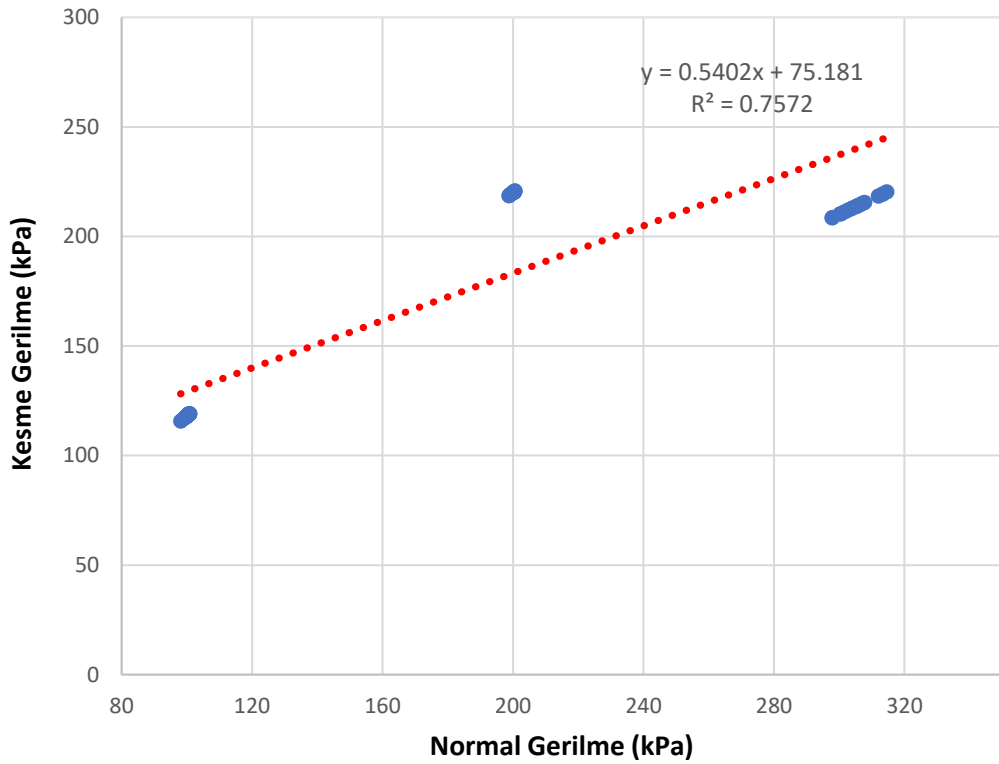


Şekil 4.6:100 kPa, 200 kPa, 300 kPa gerilme altındaki kaba gevşek numunenin eğrisi

Şekil 4.7'e göre kohezyonsuz 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa normal gerilme altında kaba gevşek numunelerin davranışı gösterilmektedir. Buna göre 100kPa gerilmeye karşı gerilme-yerdeğiştirme eğrisi incelendiğinde numune 5,39 mm yer değiştirme

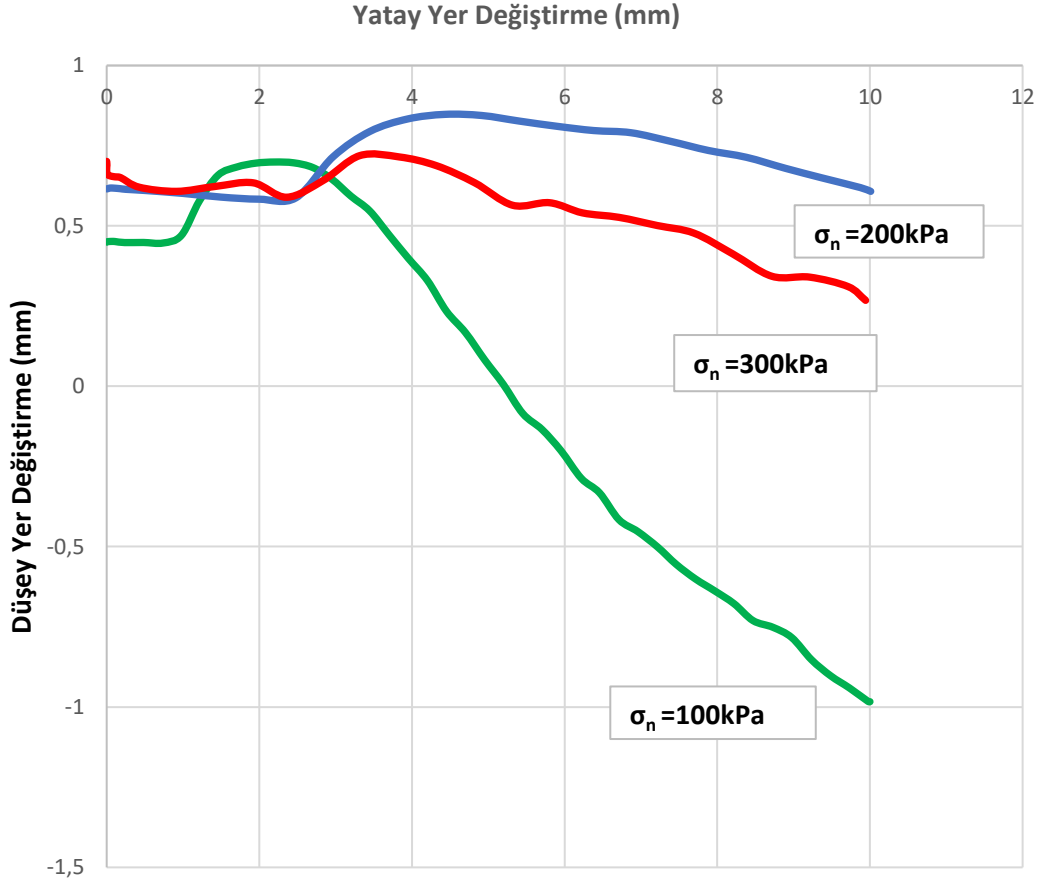
yaptığında 117 kPa maksimum gerilmeye ulaşmaktadır, ve ASTM standardına uyarak 10mm yenilme gerçekleştirilmiştir. Uyguladığımız 200 kPa gerilme altında gerilme-yerdeğiştirme eğrisi incelendiğinde yenilme meydana gelmemiştir, ve eğriye bakıldığı zaman 10 mm dan daha fazla yerdeğiştirme yapabilme kapasitesine sahiptir. Son olarak 300 kPa gerilme altında eğri incelendiğinde 215 kPa maksimum gerilmeye numune 10 mm yer değiştirme gerçekleştirilmiştir.

Şekil 4.8'e göre, normal gerilme ve kesme gerilmenin ilişkisi gösterilmiştir. Yapıldığı doğrusal regresyona bakılarak, bu iki parametrenin arasında bir yakın korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon katsayısı 1'e yakın olduğu sebeple ($R^2 = 0,75$), bu korelasyon ve bulunan katsayı kabul edilmiştir.



Şekil 4.7: 100, 200 ve 300 kPa normal gerilme ve kesmenin ilişkisi

İncelediğimiz aşağıdaki şekil 4.9’de düşey ve yatay yerdeğiştirme eğrisinden, 100kPa normal gerilme altında düşey yerdeğiştirme diğer normal gerilmelere göre fazladır.

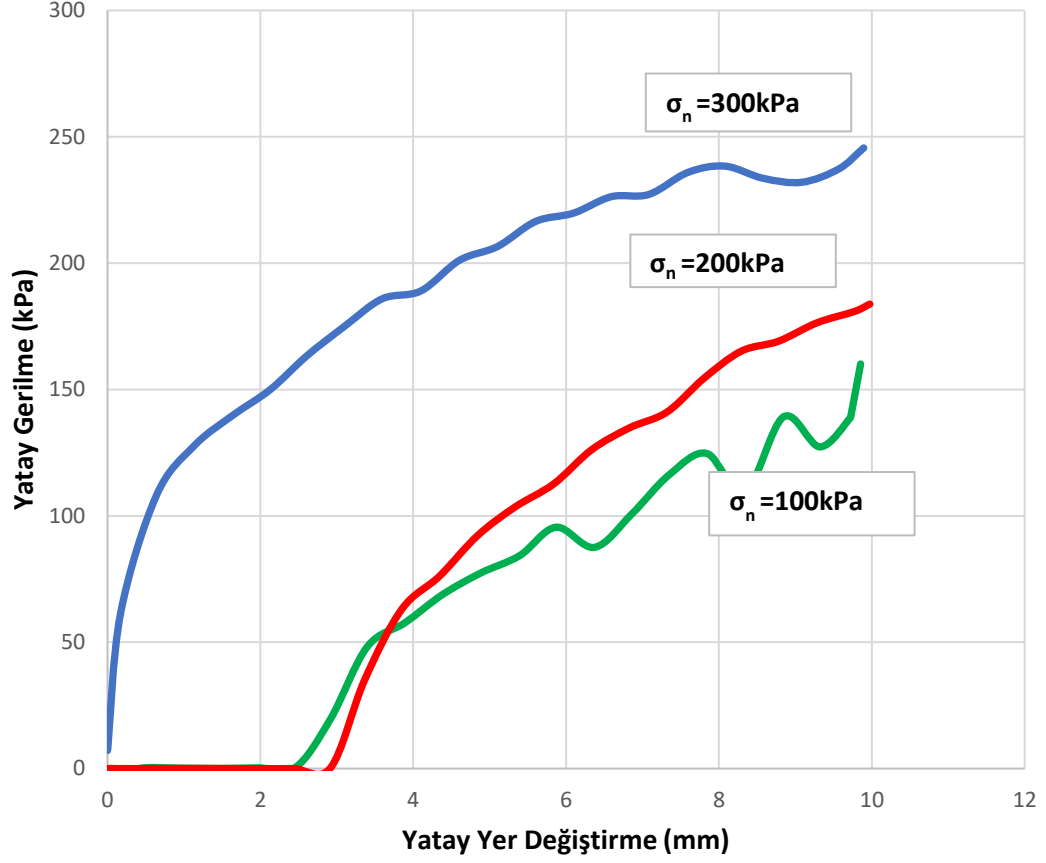


Şekil 4.8:100 kPa, 200 kPa, 300kPa gerilme Altındaki kaba gevşek numunenin yatay ve düşey yerdeğiştirmesi

4.4 Farklı Gerilmeler Altında Kaba Sıkıştırılmış Numunelerin Değerlendirilmesi

Kaba konsolidasyon numunelerin laboratuvarında farklı normal gerilme uygulanarak aşağıdaki şekile göre, yatay gerilmeye karşı yatay yer değiştirme ve düşey yer değiştirme farkları gösterilmiştir, ayrıca 60 dakika konsolidasyon sonunda yatay gerilme uygulanark numunelerin aşağıdaki parametreler elde edilmiştir.

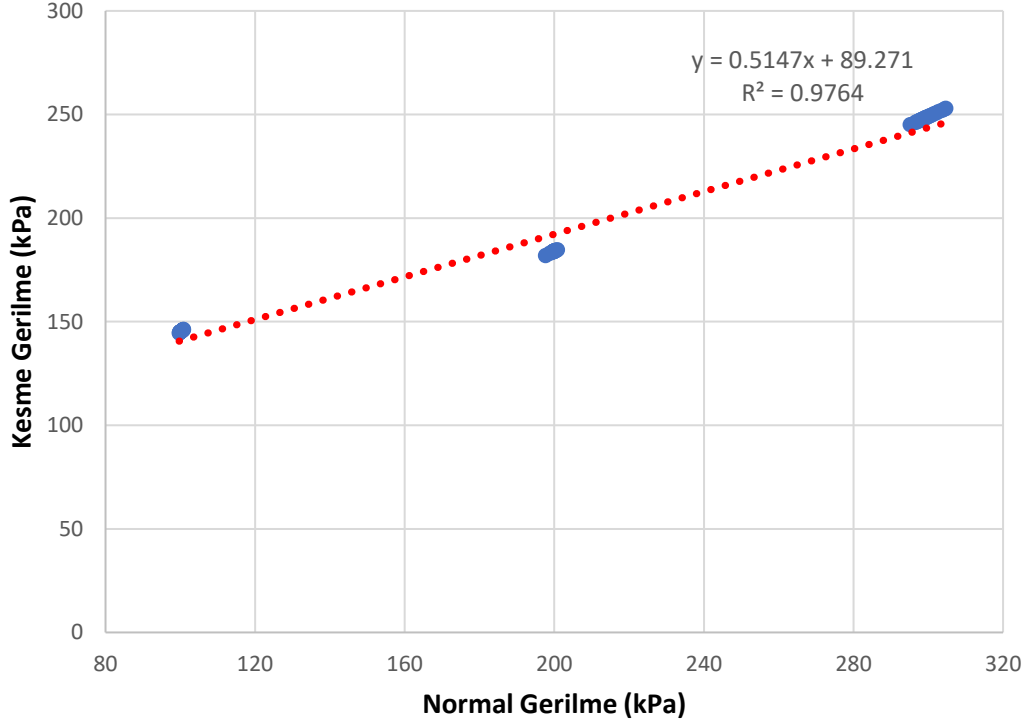
- Maksimum kesme gerilmesi
- Nihai kesme gerilmesi
- Yenilme zamanı(Göçme zamanı)



Şekil 4.9:100 kPa, 200 kPa, 300 kPa gerilme Altındaki kaba konsolidasyon numunenin eğrisi

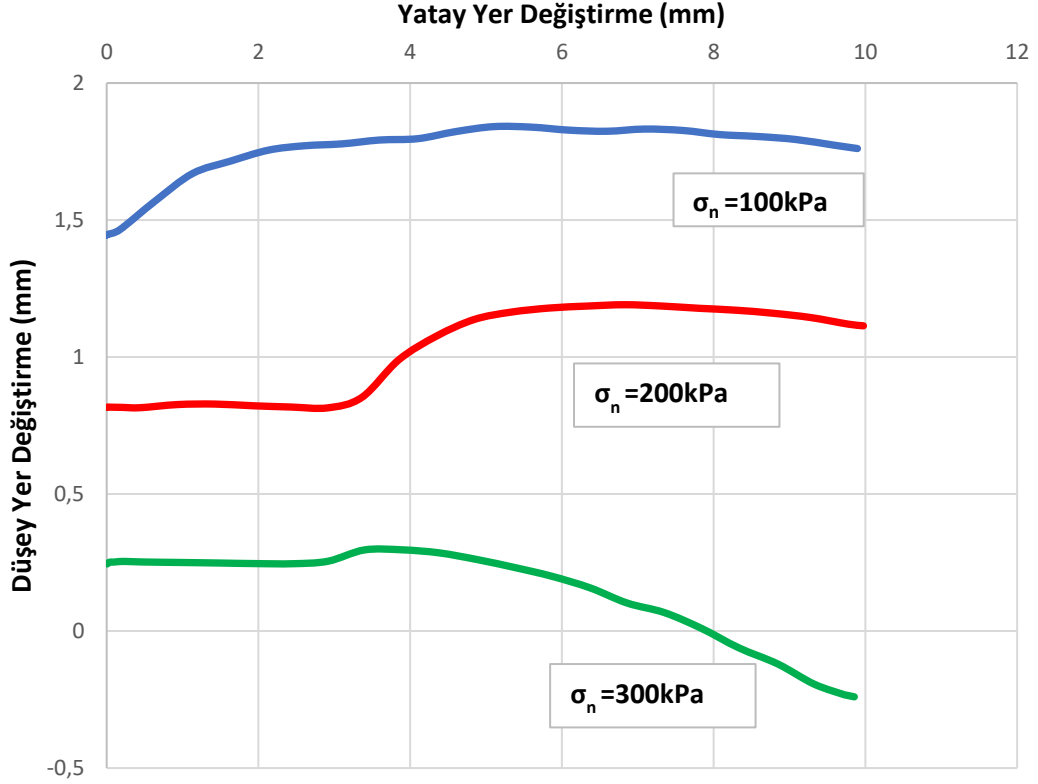
Şekil 4.10'e göre kohezyonsuz 100 kPa, 200 kPa, 300 kPa normal gerilme altında ince konsolidasyon numunelerin davranışı gösterilmektedir. Buna göre 100 kPa gerilmeye karşı gerilme-yerdeğiştirme eğrisi incelendiğinde gerilme 0 kPa sabit iken numune 2,2 mm yer değiştirmesi yapmıştır ve eğriyi incelendiğimiz takdirde yenilme meydana gelmemiştir ve yerdeğiştirme yapabilme kabiliyetine sahiptir. Uyguladığımız 200 kPa gerilme altında gerilme -yerdeğiştirme eğrisi incelendiğinde yenilme meydana gelmemiştir ve gerilme 0 kPa sabit iken numune 2,3 mm yer değiştirmesi yapmıştır, ve eğriye bakıldığı zaman 10 mm dan daha fazla yerdeğiştirme yapabilme kapasitesine sahiptir. Son olarak 300 kPa gerilme altında eğri incelendiğinde numunede yine yenilme meydana gelmemiştir.

Şekil 4.11'e göre, normal gerilme ve kesme gerilmenin ilişkisi gösterilmiştir. Yapıldığı doğrusal regresyona bakılarak, bu iki parametrenin arasında bir yakın korelasyonun olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon katsayısı 1'e yakın olduğu sebeple ($R^2 = 0,97$), bu korelasyon ve bulunan katsayı kabul edilmiştir.



Şekil 4.10: 100, 200 ve 300 kPa normal gerilme ve kesmenin ilişkisi

İncelediğimiz aşağıdaki şekil 4.12’ye düşey ve yatay yerdeğiştirme eğrisinden, 300 kPa normal gerilme altında düşey yerdeğiştirme diğer normal gerilmelere göre fazladır.



Şekil 4.11:100 kPa, 200 kPa, 300 kPa gerilme altındaki kaba konsolidasyon numunenin yatay ve düşey yerdeğiştirmesi

Genel sonuç olarak, iri ve ince malzemeler gevşek ve sıkı durumunda benzer davranış sergileyip ve aralarında iyi bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan deneylerin sonucunda ince taneli malzeme ve iri- taneli malzemelerin içsel sürtünme açısı arasında 12^0 fark bulunmuştur.

İLERİDEKİ ÇALIŞMALAR

İlerideki araştırmalarda, büyük ölçekli direk kesme kutu (1 m×1 m) kullanarak, daha büyük tanelerin üzerinde deney yapılabilir. Ayrıca dinamik yüklerin etkisi altında, bu tanelerin davranışı da incelenebilir. Ayrıca doymun ve kuru numunelerin davranışı farklı gerilme altında araştırılabilir. Benzer çalışmalar çevrimsel (cyclic) kesme deney için de yapılabilir.

KAYNAKLAR

- [1] A. Simoni, and G. T. Houlsby, "The direct shear strength and dilatancy of sand gravel mixture," *Geotechnical and Geological Engineering*, vol. 24 no. 3 pp. 523- 549, 2006.
- [2] C. A. Bareither, C. H. Benson, and T. B. Edil, "Comparison of shear strength of sand backfills measured in small-scale and large-scale direct shear deneyes," *Canadian Geotechnical Journal*, vol. 45, no. 9, pp. 1224- 1236, 2008.
- [3] D. E Jacobson, J. R. Valdes, and T. M. Evans, "A numerical view into direct shear specimen size effects," *Geotechnical Deneying Journal*, vol. 30, no. 6, pp. 512-516, 2007.
- [4] G. E. Bauer, and Y. Zhao, "Shear strength deneyes for coarse granular backfill and reinforced soils," *Geotech. Deney. J.*, vol. 16, pp. 115-121, 1993.
- [5] X. Yu, S. Ji, and K. D. Janoyan, "Direct shear deneying of rockfill material," *In Soil and Rock Behavior and Modeling, Geotechnical Special Publication, American Society of Civil Engineers*, 2006, pp. 149-155, 2006.
- [6] Guo, X. L. & Wen, D. (1999). *Field compaction of coarse-grained materials*. Beijing, China.
- [7] K. M. WEI, SH. ZHU, and X. H. YU, "Influence of the scale effect on the mechanical parameters of coarse-grained soils," *IJST, Transactions of Civil Engineering*, vol. 38, no. C1, pp. 75-84, 2014.
- [8] M. N. Islam, A. Siddika , M. B. Hossain, A. Rahman, and M.A. Asad, "Effect of particles size in the shear strength behavior of sand," *Australian Geomechanics*, vol. 46, no. 3, September 2011.
- [9] W. M. KirkPatric, "Effects of grain size and grading on the shearing Behavior of granular materials." *In Proc. 6th Int. Conf. Soil. Mech. An Foundation Engineering, Canada*, 1965, pp.273-277.
- [10] R.J. Marsal, "Mechanical Properties of rockfill," *in Embankment –Dam Engineering*, R.C. Hirschfeld and S. J. Poulos, Eds. A Wiley Intersceince Publication, 1973, pp. 110-200.
- [11] S. Lobo-Guerrero, and L. S. Vallejo, "Discrete element method evaluation of granular crushing under direct shear deney conditions," *Journal of Geotechnical and Geo Environmental Engineering*, vol. 131, no. 10 pp. 1295-1300, 2005.
- [12] T. Nakao, and S. Fityus, "Direct shear deneying of a marginal material using a large shear box," *Geotechnical Deneying Journal*, vol. 31, no. 5, pp. 101-237, 2005.
- [13] J J. Wang, H. Zhang, s. Tang, and Y. Liang, "Effects of particles size distribution on shear strength of accumulation soil," *J. Geotechnical and Geoenviron. Eng.*, vol. 139, no. 11, pp. 1994-1997, 2013.
- [14] Braja M.Das, "Geotechnical Properties of Soil," *in Principles of foundation engineering*, 8th ed., H. Gowans, Ed. Global Engineering: Timothy L.

- Anderson, 2002, pp. 57–60.
- [15] Braja M. Das, “Geotechnical Properties of Soil,” in Principles of foundation engineering, 8th ed., H. Gowans, Ed. Global Engineering: Timothy L. Anderson, 2002, pp. 46–51.
- [16] ASTM Standard D3080/D3080M - 11, “Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions,” *ASTM Int.*, pp. 1–9, 2012.
- [17] Nedderman, R.M. (2005). Statics and kinematics of granular materials (Digitally printed 1st pbk. version. ed.). Cambridge, UK: Cambridge University Press. ISBN 0-521-01907-9.
- [18] Leps, T.M., ‘Review of Shearing Strength of Rockfill’, J. of the soil Mech. and Found. Div., Am. Soc. Of Civil Eng., Vol 96, No. SM4, Proc. Paper 7394 July, 1970, pp. 1159-1170.
- [19] Vallerga, B.H., Seed; C.L. Monismith; and R.S. Cooper, ‘Effect of Shape, Size and Surface Roughness of Aggregate Particles on the Strength of Granular Material’, Special Tech. Publ., Am. Soc. For Deneing Materials, No. 212, 1957, pp. 63-74
- [20] Marachi, N.D., C.K. Chan, and H.B. Seed, ‘Evaluation of Properties of Rockfill Materials’, J. of Soil Mech and found. Div., Am. Soc. Of Civil Eng., Vol. 98 Proc. Paper 8672, SM1, January 1972, pp. 95-114.
- [21] Leslie, D.D, ‘Large-Scale Triaxial Deneys on Gravity Soils’, Proc. Of the Pan American Conf. on Soil Mech. And Found. Eng., Vol. 1, 1963, pp. 181- 202.
- [22] Marsal, R.J., ‘Large Scale Deneing of Rockfill Materials’, J. of Soil. Mech. and Foundation Eng., ASCE, Vol. 93 No, SM2, March 1967, pp. 27-43.
- [23] Leussink, H., ‘Proc., 6th Intern. Conf. on Soil Mech. And Found. Eng., Vol. 3, 1965, pp. 310-316.’
- [24] Morgan, G.C. and M.C. Harris, ‘Portage Mountain Dam- II Materials’, Canadian Geo. J., Vol. 4, No. 2, 1967, pp. 142.166.
- [25] Dobbiah, D., H.s. Bhat, P.V. Somasekhar, H.B. Sosalegowda, and K.N. Ranganath, ‘Shear Characteristic of Soil-Gravel Mixtures’, J. of the Indian Nat. Soc. of Soil Mech. And Found. Eng. No. 8, 1969, pp. 27-34.
- [26] Donaghe, R.T. and V.H. Torrey, III., ‘Scalping and Replacement Effects on Strength Parameters of Earth-Rock Mixtures’, Proc. Of the European Conf. on Soil Mech. and Found. Eng., Vol. 2, Brighton, England, September 1979, pp. 27-37
- [27] Anthony T. Iannacchione ; and Luis E. Vallejo, “Shear Strength Evaluation Of Clay- Rock Mixture,” pp. 209–223, 2012.
- [28] Varadarajan A., “Deneing and Modeling Two Rockfill Materials”. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental engineering, vol 129, issue 3, pp. 206–218, (2003).
- [29] Bagherzadeh A., “Numerical and experimental direct shear deneys for coarse grained soils”. Journal of Particuology, vol. 7, no. 1, pp. 83-91, (2009).
- [30] Hamidi A., “Impact of gradation on the shear strength-dilation behavior of well graded sand- gravel mixtures”. Scientia Iranica, Volume 19, Issue 3, June 2012, pp. 393–402, (2012).
- [31] Jewell, R. A. and Wroth, C. P., “Direct Shear Deneys on Reinforced Sand”. Geotechnique, Vol. 37, No. 1, pp. 53–68, (1987).
- [32] Lee, D.S., Kim, K.Y., Oh, G.D. & Jeong, S.S, “Shear characteristics of coarse Aggregates sourced from quarries”. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences, 46, pp. 210-18, (2009).

- [33] Indraratna, B., "The effect of normal stress -friction angle relationship on the stability analysis of a rockfill dam". *Geotechnical and Geological Engineering*, 12, pp.113- 21, (1994).
- [34] Barton, N., and Kjanernsli., "Shear strength of rockfill". *Journal of the Geotechnical Engineering Division*, Vol. 107, No. 7, July 1981, pp. 873-891, (1981).
- [35] Indraratna, B., Ionescu, D. and Christie, H.D. "Shear behaviour of railway ballast based on large-scale triaxial deney". *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol.124 (5), pp. 439-449, (1998).
- [36] Indraratna, B., Wijewardena, L.S.S. and Balasubramaniam, A.S. "Large-scale triaxial deneying of greywacke rockfill". *Geotechnique*, 43 (1), pp. 37-51, (1993).
- [37] Asadzadeh M., "Direct shear deneying on rockfill material". *Arabian journal for science and engineering*, vol 34, number 2B October, pp 379-396, (2009).
- [38] Varadarajan A. et.al., "The role of nature of particles on the behavior of rockfill materials". *Journal of soils and foundations*, vol 46, issue 5, pp. 569-584, (2006).
- [39] Ghanbari A. et al., "An Experimental Study on the Behavior of Rockfill Materials Using Large Scale Deney". *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 13, Bundle G, (2008).
- [40] Anagnosti, P. & Popovic, M., 1982. Evaluation of shear strength for coarse-grained Granular materials. In *Fouteenth Congress on Large Dams*. Rio de Janeiro, 1982. ICOLD.
- [41] Charles, J.A. & Watts, S.K. The influence of confining pressure on the shear strength of compacted rockfill, *Geotechnique*, 30(4), pp.353-67, (1980).
- [42] Kohgo, Y., I. Asano, and Y. Hayashida . "Mechanical properties of unsaturated low quality rockfills. *Soils and Foundations* 47(5), 947–959, (2007).
- [43] Salim, W. and B. Indraratna. "A new elastoplastic constitutive model for coarse granular aggregates incorporating particle breakage". *Canadian Geotechnical Journal* 41(4), 657-671, (2004).
- [44] Frossard E. et al. "Rockfill shear strength evaluation: a rational method based on size effects". *Ge'otechnique* 62, No. 5, 415–427, (2012).
- [45] Lowe, J. III, "Shear strength of Coarse Embankment Dam Materials", *Proc. Of the 8th Congress on Large Dams*, 1964, pp. 745-761.
- [46] Siddiqi, F.H., "Strength Evaluation of Cohesionless Soils with Oversize Particles" (unpublished Ph.D. Dissertation, School of Eng., Univ. of California, Davis, CA., Nov. 1984), pp. 179.
- [47] Hencher, S.R., J.B. Massey, and E.W. Brand, "Application of Back Analysis to some Hon Kong Landslides", *Proc. Of the 4th Intern. Symp. On Landslides*, Toronto, Vol. 1, 1984, pp. 631-638.
- [48] ASTM and A. International, "Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)," *ASTM Stand. Guid.*, vol. D 2487-11, no. June, pp. 1–12, 2011.
- [49] Özaydın, K. (2010). *Zemin Mekaniği*. Birsen Yayınevi, İstanbul.
- [50] Yılmaz, E., (2006). *Zeminlerin Endeks Özelliklerinin Kalıcı Kayma Mukavemetine Etkisi*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [51] Uysal, N., (2014). *Polimerler İle Stabilize Edilmiş Kumların Kayma Mukavemetinin Laboratuvar Deneyleri İle Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- [52] Reynolds, Osborne (December 1885). "LVII. On the dilatancy of media composed of rigid particles in contact, with experimental

- illustrations". *Philosophical Magazine. Series 5.* 20 (127):
469 – 481. doi:10.1080/14786448508627791
- [53] Casagrande, A., Hirschfeld, R. C., & Poulos, S. J. (1964). Fourth Report: Investigation of Stress-Deformation and Strength Characteristics of Compacted Clays. HARVARD UNIV CAMBRIDGE MA SOIL MECHANICS LAB.
- [54] Poulos, S. J. (1971). *The stress-strain curves of soils.* Geotechnical Engineers Incorporated. Chicago.
- [55] Özaydın Kutay, ‘‘Zemin Mekanikası’’ Güven Mücellit & Matbaacılık San. Ve Tic. Ltd.Şti Mahmut bey Mah. ISBN : 978975511145-X Istanbul, 2019, pp. 211.
- [56] Tony Cooley, former Geologist, Geotech, & Env. Engineer (1973-2016)

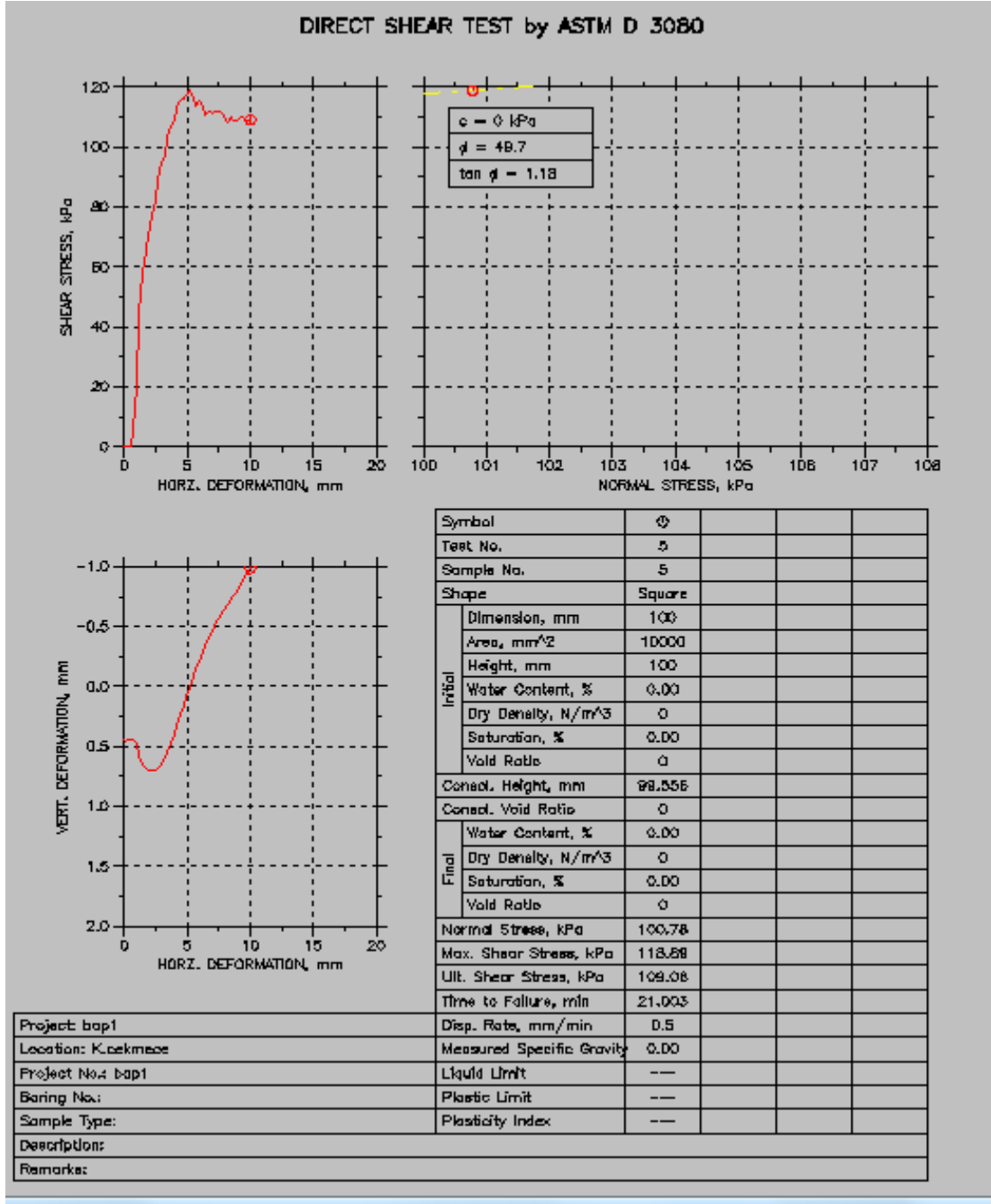
5. Ekler

Çizelge 5.1: İnce Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi
5.

İşsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	99.93	0.4495	0	0
2	0.02	99.93	0.45	0	0.002404
3	0.04	99.93	0.45	0	0.008814
4	0.08	99.94	0.4508	0	0.01442
5	0.17	99.94	0.4512	0	0.02884
6	0.34	99.95	0.4516	0	0.07452
7	0.5	99.95	0.4512	0	0.1098
8	1	99.97	0.4479	0.0205	0.2372
9	2	100	0.4483	0	0.4823
10	3	100	0.4466	5.68	0.7387
11	4	98.08	0.4708	19.77	0.9807
12	5	99.06	0.5776	44.31	1.214
13	6	99.61	0.6583	57.7	1.461
14	7	99.8	0.6837	65.41	1.708
15	8	99.94	0.6957	70.56	1.956
16	9	100.1	0.6991	77.2	2.2
17	10	100.2	0.6966	82.59	2.45
18	11	100.2	0.682	88.91	2.699
19	12	100.6	0.6467	95.06	2.945
20	13	100.5	0.593	97.01	3.199
21	14	100.6	0.5469	103.2	3.445
22	15	100.8	0.4712	107.2	3.702
23	16	100.8	0.3988	108.8	3.952
24	17	100.6	0.3294	113.1	4.203
25	18	100.8	0.2337	115.3	4.452
26	19	100.8	0.1672	116.2	4.701
27	20	100.8	0.08234	117	4.952
28	21	100.8	0.006238	118.9	5.195
29	22	100.8	-0.08525	116.8	5.452
30	23	100.7	-0.1347	113.4	5.703
31	24	100.9	-0.2009	115.4	5.952
32	25	100.8	-0.2869	113.5	6.217
33	26	100.7	-0.3323	110.5	6.457
35	28	100.3	-0.4533	111.5	6.96
36	29	100.5	-0.5011	112	7.217

Çizelge 5.2: İnce Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi5.- Devam

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
N o	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
37	30	100.3	-0.5552	111.7	7.461
38	31	100.4	-0.6009	111	7.714
39	32	100.4	-0.6383	110.6	7.968
40	33	100.4	-0.6779	108.1	8.219
41	34	100.6	-0.7307	110	8.468
42	35	100.5	-0.7515	109	8.728
43	36	100.5	-0.7835	108.6	8.975
44	37	100.4	-0.8525	110.2	9.233
45	38	100.6	-0.9028	109.4	9.485
46	39	100.4	-0.9407	109.1	9.731
47	40	99.39	-0.9831	108.3	9.979
48	40.08	100.5	-0.9835	109.1	10



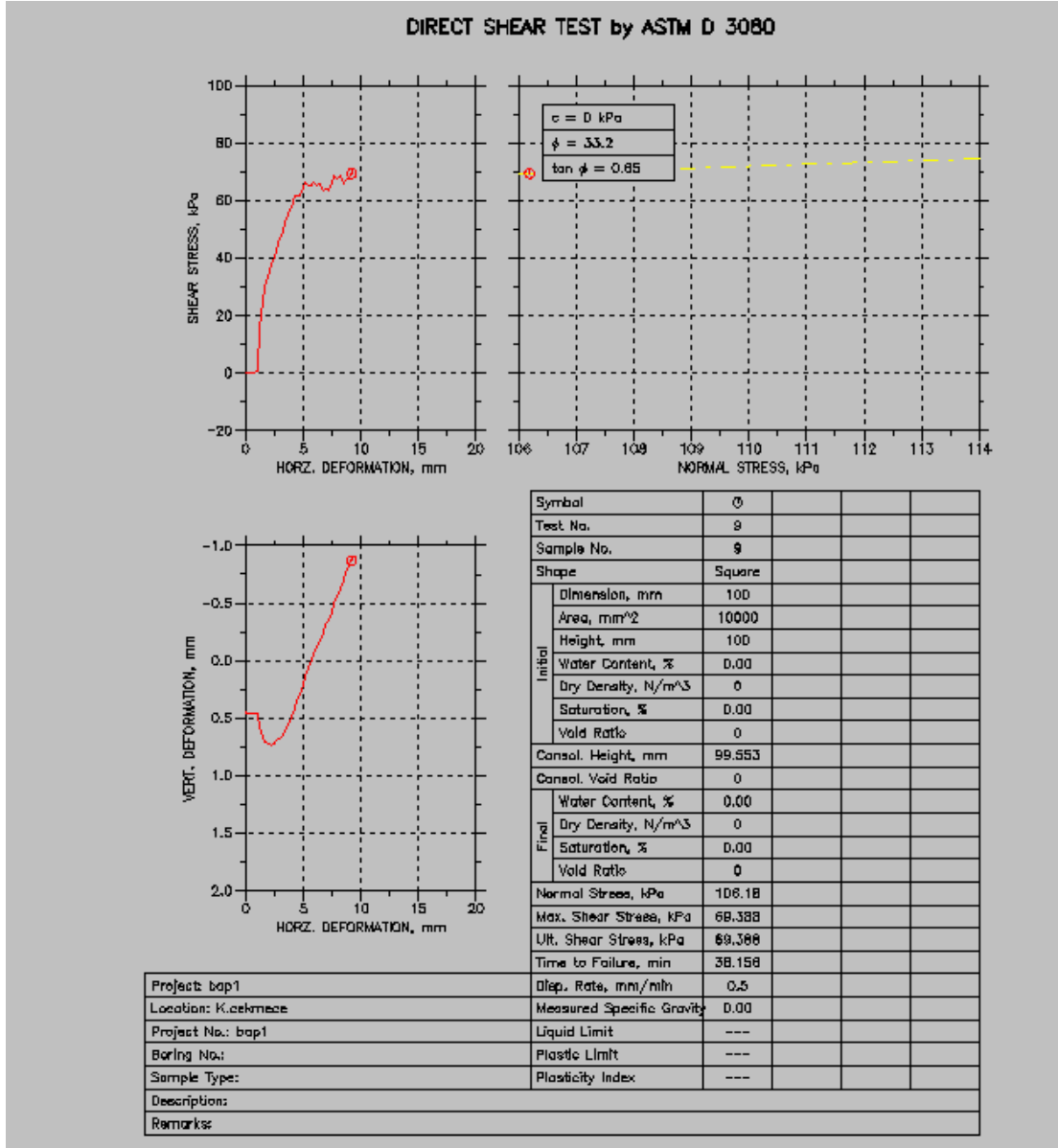
Şekil A.1: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.3: İnce Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi
9.

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	99.75	0.4516	0	0
2	0.02	99.93	0.452	-0.0205	0
3	0.04	99.95	0.452	0	0
4	0.08	100.1	0.4525	0.0205	0.0008012
5	0.17	99.79	0.4562	0.0205	0.01763
6	0.34	99.86	0.4574	0.0205	0.05609
7	0.5	100	0.4579	0	0.09455
8	1	99.79	0.4583	0.04101	0.2155
9	2	99.93	0.4558	0.0205	0.4639
10	3	100.1	0.4529	0.0205	0.7123
11	4	99.98	0.4612	0.7997	0.9679
12	5	98.49	0.576	15.81	1.185
13	6	99.24	0.6616	24.48	1.439
14	7	99.95	0.702	29.92	1.683
15	8	99.77	0.7261	33.73	1.937
16	9	99.83	0.7332	37.61	2.187
17	10	100.3	0.7261	40.72	2.441
18	11	100.1	0.7003	42.05	2.69
19	12	100.3	0.6837	46.83	2.933
20	13	100.4	0.6479	48.72	3.182
21	14	100.4	0.6155	52.53	3.431
22	15	100.3	0.5602	54.99	3.684
23	16	100.6	0.4932	57.8	3.941
24	17	101.2	0.4233	61.45	4.19
25	18	100.8	0.3447	61.62	4.446
26	19	100.8	0.2932	61.39	4.698
27	20	100.8	0.2125	64.53	4.944
28	21	101	0.1376	66.54	5.195
29	22	100.5	0.06196	65.06	5.444
30	23	100.8	0.002079	65.25	5.695
31	24	100.9	-0.06695	66.62	5.938
32	25	100.9	-0.1173	64.96	6.194
33	26	101.1	-0.1792	65.55	6.45
34	27	100.8	-0.2262	63.69	6.696
35	28	100.9	-0.3127	63.73	6.951
36	29	100.5	-0.3531	63.58	7.195

Çizelge 5.4: İnce Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi
9. Devam

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
37	30	101	-0.4117	65.66	7.451
38	31	101	-0.4903	68.9	7.701
39	32	100.7	-0.5556	67.71	7.949
40	33	100.7	-0.6304	68.96	8.198
41	34	100.6	-0.6953	65.9	8.461
42	35	100.7	-0.7594	67.15	8.709
43	36	100.8	-0.8226	67.62	8.961
44	37	104.7	-0.8675	69.18	9.153
45	38	106.2	-0.8691	69.39	9.177
46	38.16	106.2	-0.8691	69.39	9.177

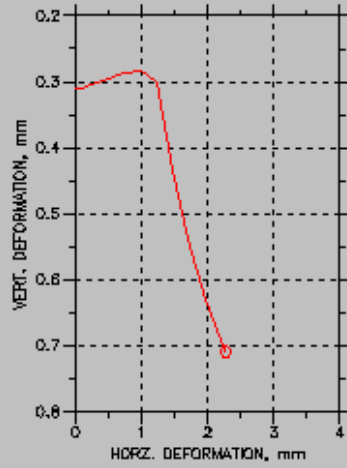
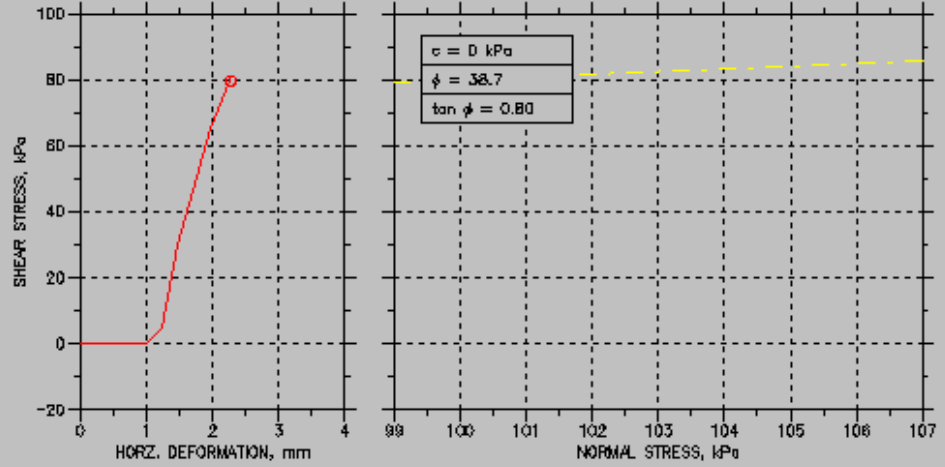


Şekil A.2: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.5: İnce Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi 10.

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	99.88	0.3102	0	0
2	0.02	99.93	0.3102	-0.0205	0
3	0.04	99.9	0.3106	-0.0205	0.002404
4	0.08	99.91	0.3115	-0.0205	0.01522
5	0.17	99.91	0.3111	0	0.03766
6	0.34	99.93	0.3111	-0.0205	0.07692
7	0.5	99.93	0.3106	-0.0205	0.1178
8	1	99.93	0.3057	-0.04101	0.2404
9	2	99.95	0.294	-0.04101	0.488
10	3	100	0.2857	0	0.7347
11	4	100.1	0.284	0	0.9879
12	5	99.33	0.3015	4.839	1.233
13	6	98.67	0.4333	29.92	1.465
14	7	99.14	0.5385	46.5	1.705
15	8	99.28	0.6292	65.47	1.955
16	9	99.6	0.6912	76.99	2.201
17	9.3	99.5	0.709	79.58	2.274

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



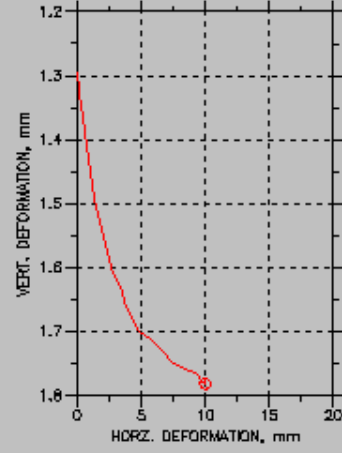
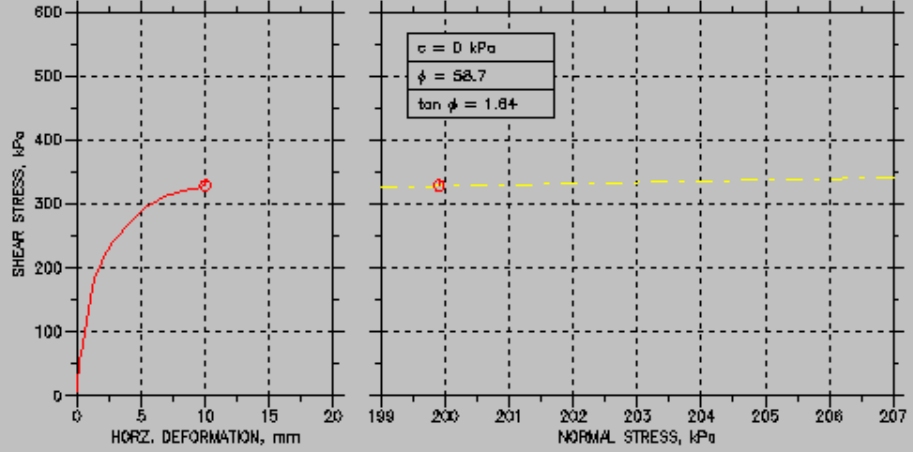
Symbol	Ø			
Test No.	10			
Sample No.	10			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	100		
	Area, mm ²	10000		
	Height, mm	100		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
Final	Consol. Height, mm	99.89		
	Consol. Void Ratio	0		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
Normal Stress, kPa	99.489			
Max. Shear Stress, kPa	79.578			
Ult. Shear Stress, kPa	79.578			
Time to Failure, min	8.2997			
Disp. Rate, mm/min	0.5			
Measured Specific Gravity	0.00			
Project No.: bap1	Liquid Limit	---		
Location: K.cekmece	Plastic Limit	---		
Project No.: bap1	Plasticity Index	---		
Boring No.:				
Sample Type:				
Descriptions:				
Remarks:				

Şekil A. 3: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.6: İnce Gevşek numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi
5.

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düsey Gerilme (kPa)	Düsey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	199.9	1.295	6.231	0
2	0.02	200	1.295	9.226	0.004796
3	0.04	199.9	1.295	10.93	0.007194
4	0.08	199.7	1.297	18.11	0.02958
5	0.17	199.2	1.301	27.44	0.06875
6	0.34	199.3	1.316	42.15	0.1303
7	0.5	199.7	1.329	53.13	0.199
8	1	199.7	1.365	79.8	0.4437
9	2	199.8	1.43	136.6	0.8873
10	3	199.8	1.491	181.9	1.357
11	4	199.4	1.538	208	1.864
12	5	199.8	1.573	225.8	2.349
13	6	199.9	1.608	240	2.851
14	7	199.9	1.63	253.1	3.345
15	8	199.8	1.662	264.9	3.863
16	9	199.8	1.683	276.3	4.353
17	10	199.9	1.699	285.5	4.829
18	11	199.9	1.706	294.2	5.34
19	12	199.8	1.714	300.6	5.831
20	13	199.9	1.722	306.4	6.319
21	14	200	1.732	311.7	6.817
22	15	199.9	1.746	315.2	7.299
23	16	199.9	1.753	317.2	7.823
24	17	200	1.758	319.3	8.322
25	18	199.9	1.763	323.6	8.825
26	19	199.8	1.769	324.7	9.327
27	20	200	1.779	328	9.825
28	20.37	199.9	1.782	328.7	10

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080

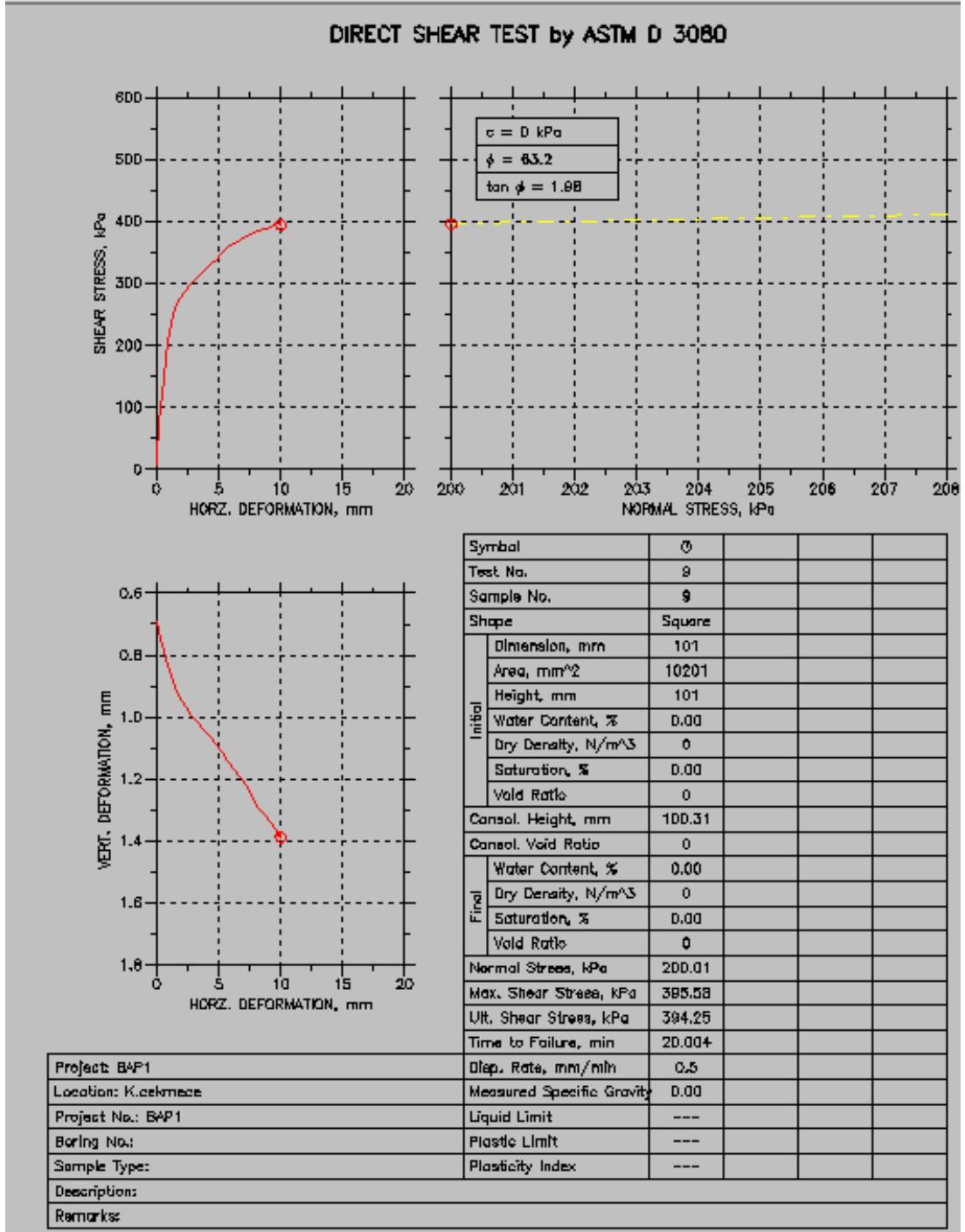


Symbol	Ø			
Test No.	5			
Sample No.	5			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
Void Ratio	0			
Consol. Height, mm	99.713			
Consol. Void Ratio	0			
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
Normal Stress, kPa	199.9			
Max. Shear Stress, kPa	328.7			
Ult. Shear Stress, kPa	326.7			
Time to Failure, min	20.387			
Disp. Rate, mm/min	0.5			
Measured Specific Gravity	0.00			
Project: BAP1	Liquid Limit	---		
Location: K.cekmece	Plastic Limit	---		
Project No.: BAP1	Plasticity Index	---		
Boring No.:				
Sample Type:				
Description:				
Remarks:				

Şekil A.4: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.7: İnce Gevşek numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi
9.

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	200	0.6938	6.231	0
2	0.02	200	0.6938	7.558	0.007194
3	0.04	199.9	0.6942	11.78	0.01599
4	0.08	199.6	0.6946	21.03	0.03357
5	0.17	199	0.6974	35.88	0.05995
6	0.34	199.3	0.7154	55.4	0.1255
7	0.5	199.8	0.7255	73.29	0.1966
8	1	200	0.7668	121.7	0.4045
9	2	199.2	0.8333	207.4	0.8529
10	3	199.8	0.8822	250.6	1.332
11	4	199.5	0.9315	273.7	1.819
12	5	199.8	0.9639	289.4	2.318
13	6	200	0.9936	299	2.816
14	7	199.7	1.018	310.7	3.316
15	8	199.9	1.043	321.3	3.814
16	9	199.8	1.062	330.1	4.311
17	10	199.8	1.091	337.9	4.8
18	11	199.9	1.113	348.7	5.302
19	12	199.8	1.141	357.2	5.798
20	13	199.8	1.174	363.5	6.295
21	14	199.8	1.195	370.5	6.799
22	15	199.9	1.226	376.2	7.277
23	16	199.9	1.258	382.4	7.791
24	17	199.9	1.293	385.8	8.289
25	18	199.9	1.319	388.9	8.783
26	19	200	1.344	392.1	9.294
27	20	200	1.376	395.6	9.779
28	20.45	199.9	1.389	394.3	10.01

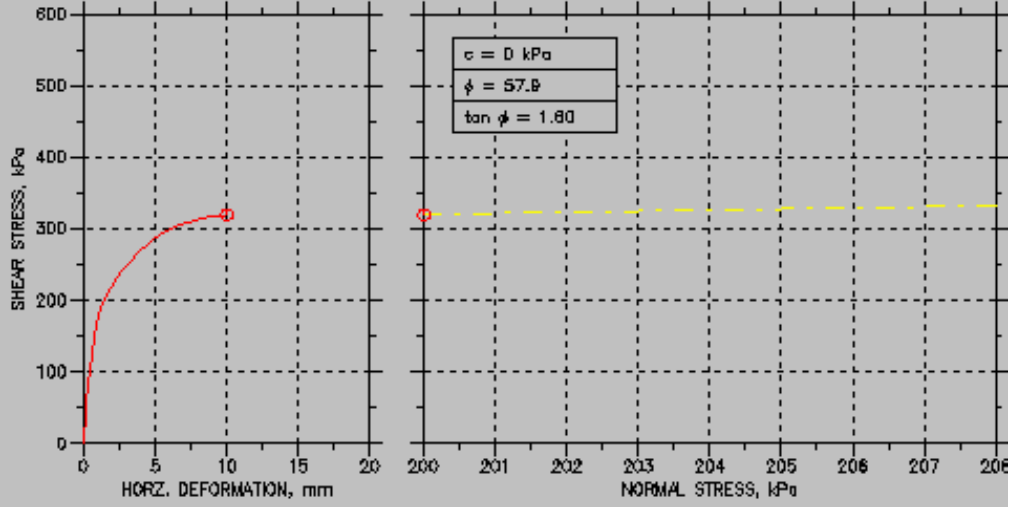


Şekil A. 5: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.8: İnce Gevşek numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi 10.

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	200	0.5118	0.0201	0
2	0.02	200	0.5118	0.3015	0.008793
3	0.03	200	0.5122	0.5829	0.01359
4	0.08	200	0.5134	1.467	0.04237
5	0.17	199.9	0.5134	7.256	0.07114
6	0.34	201	0.5146	35.8	0.1287
7	0.5	199.9	0.5162	56.6	0.2078
8	1	199.7	0.5239	103.1	0.4261
9	2	199.9	0.5535	167.3	0.8953
10	3	199.8	0.5852	196.2	1.364
11	4	199.8	0.6108	216.7	1.855
12	5	199.8	0.6253	231.5	2.355
13	6	199.9	0.6333	244.8	2.84
14	7	199.9	0.6445	257	3.325
15	8	199.9	0.6521	266.2	3.845
16	9	200	0.6549	276.6	4.336
17	10	199.9	0.6565	285.4	4.831
18	11	199.9	0.6593	291.3	5.334
19	12	200	0.6609	297.1	5.831
20	13	200	0.6613	302.1	6.329
21	14	200	0.6617	306.6	6.803
22	15	199.9	0.6625	308.3	7.306
23	16	200.3	0.6621	310.4	7.788
24	17	200.2	0.6629	315.1	8.298
25	18	200.1	0.6613	318.6	8.787
26	19	200.1	0.6589	318.6	9.31
27	20	200	0.6581	318.6	9.815
28	20.35	200	0.6581	319.2	9.991

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø			
Test No.	10			
Sample No.	10			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	100.49		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	200.01		
	Max. Shear Stress, kPa	318.22		
	Ult. Shear Stress, kPa	318.22		
	Time to Failure, min	20.353		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		

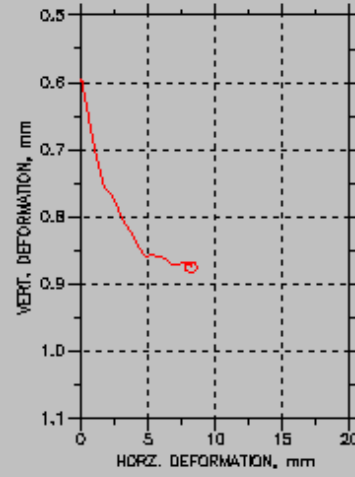
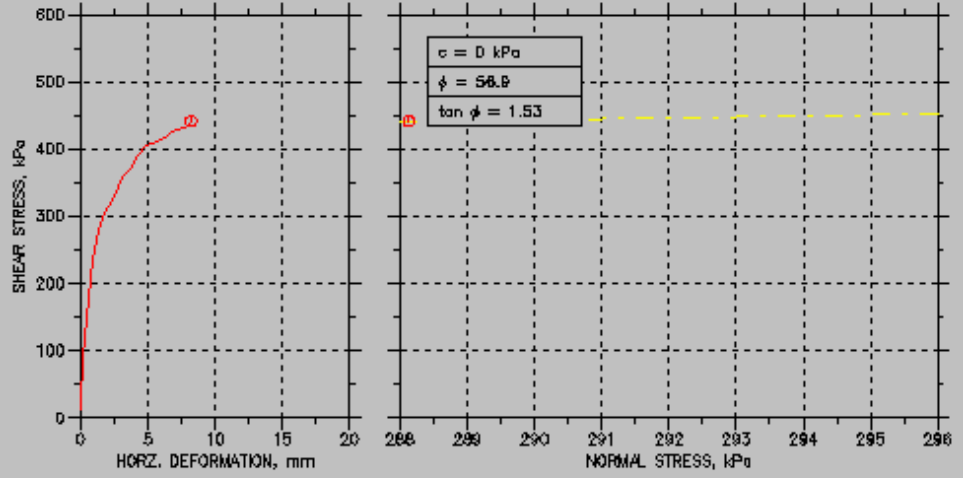
Project:	BAP1		
Location:	K.cekmece		
Project No.:	BAP1		
Boring No.:			
Sample Type:			
Description:			
Remarks:			

Şekil A.6: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.9: İnce Gevşek numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi
5.

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	303.2	0.5976	11.24	0
2	0.02	303	0.5976	13.41	0.006395
3	0.04	302.2	0.5972	16.18	0.01439
4	0.08	299.7	0.5964	24.08	0.03357
5	0.17	303.2	0.5968	39.94	0.07274
6	0.34	301.1	0.5996	68.28	0.1287
7	0.5	304	0.6084	91.96	0.2006
8	1	298	0.6369	148.1	0.4133
9	2	298.6	0.6846	236.7	0.8529
10	3	300.2	0.7239	278.6	1.322
11	4	298.2	0.7567	304.3	1.813
12	5	311.4	0.7696	322.3	2.304
13	6	305.6	0.7888	342.4	2.799
14	7	295	0.8096	362.8	3.286
15	8	298.9	0.8229	372.8	3.782
16	9	292	0.8445	389.5	4.282
17	10	295.8	0.8581	404.6	4.782
18	11	296	0.8557	407.1	5.277
19	12	296.5	0.8601	412.1	5.769
20	13	289.4	0.8633	415.9	6.262
21	14	298.7	0.8718	425.7	6.759
22	15	291.5	0.871	430	7.249
23	16	300.8	0.8694	432	7.735
24	16.92	288.1	0.8754	441.4	8.213

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080

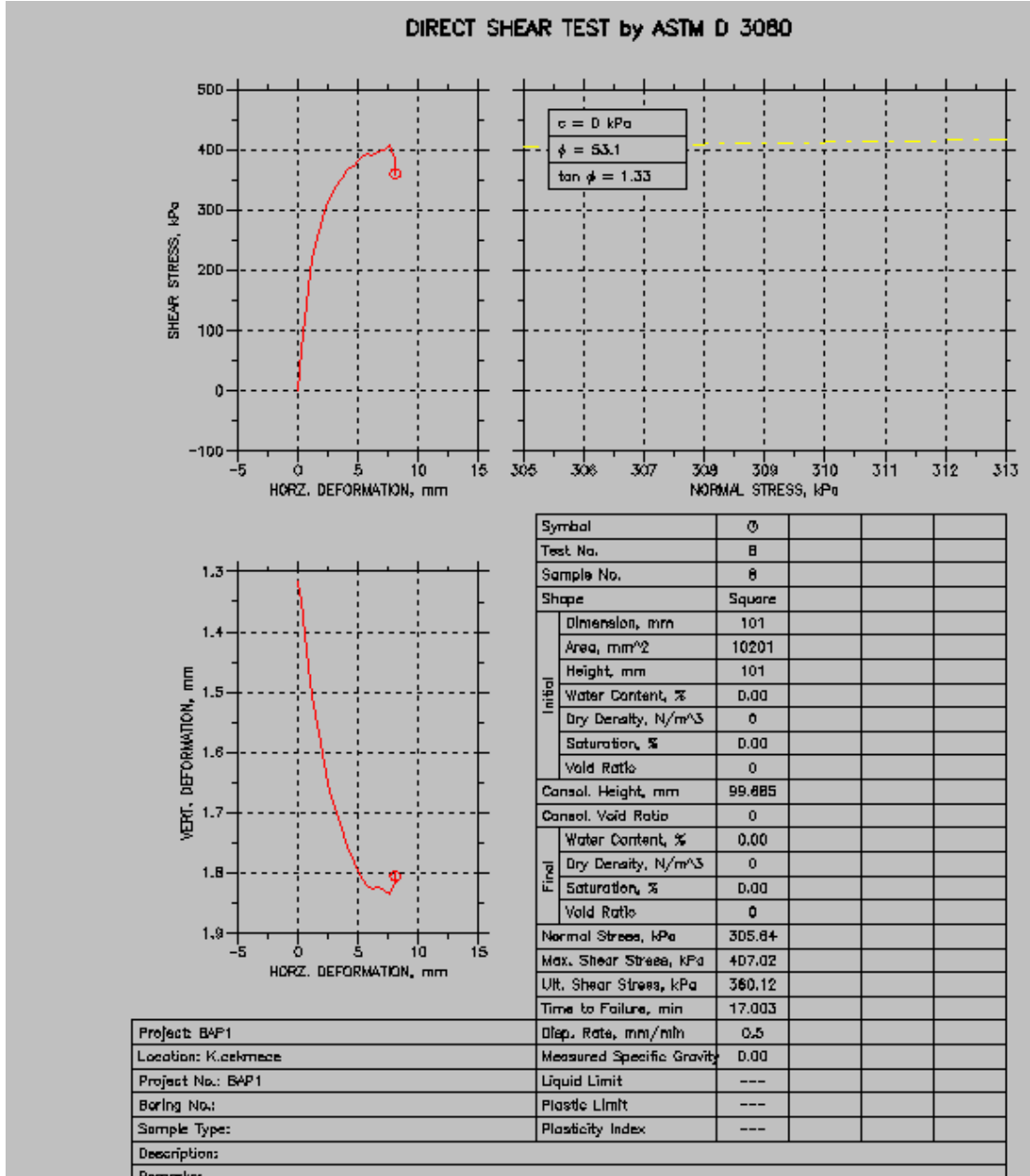


Symbol	Ø			
Test No.	5			
Sample No.	5			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	100.4		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	288.13		
	Max. Shear Stress, kPa	441.45		
	Ult. Shear Stress, kPa	441.45		
	Time to Failure, min	18.918		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		
Project: BAP1				
Location: K.cekmece				
Project No.: BAP1				
Boring No.:				
Sample Type:				
Description:				
Remarks:				

Şekil A.7: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.10: İnce Gevşek numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi 9.

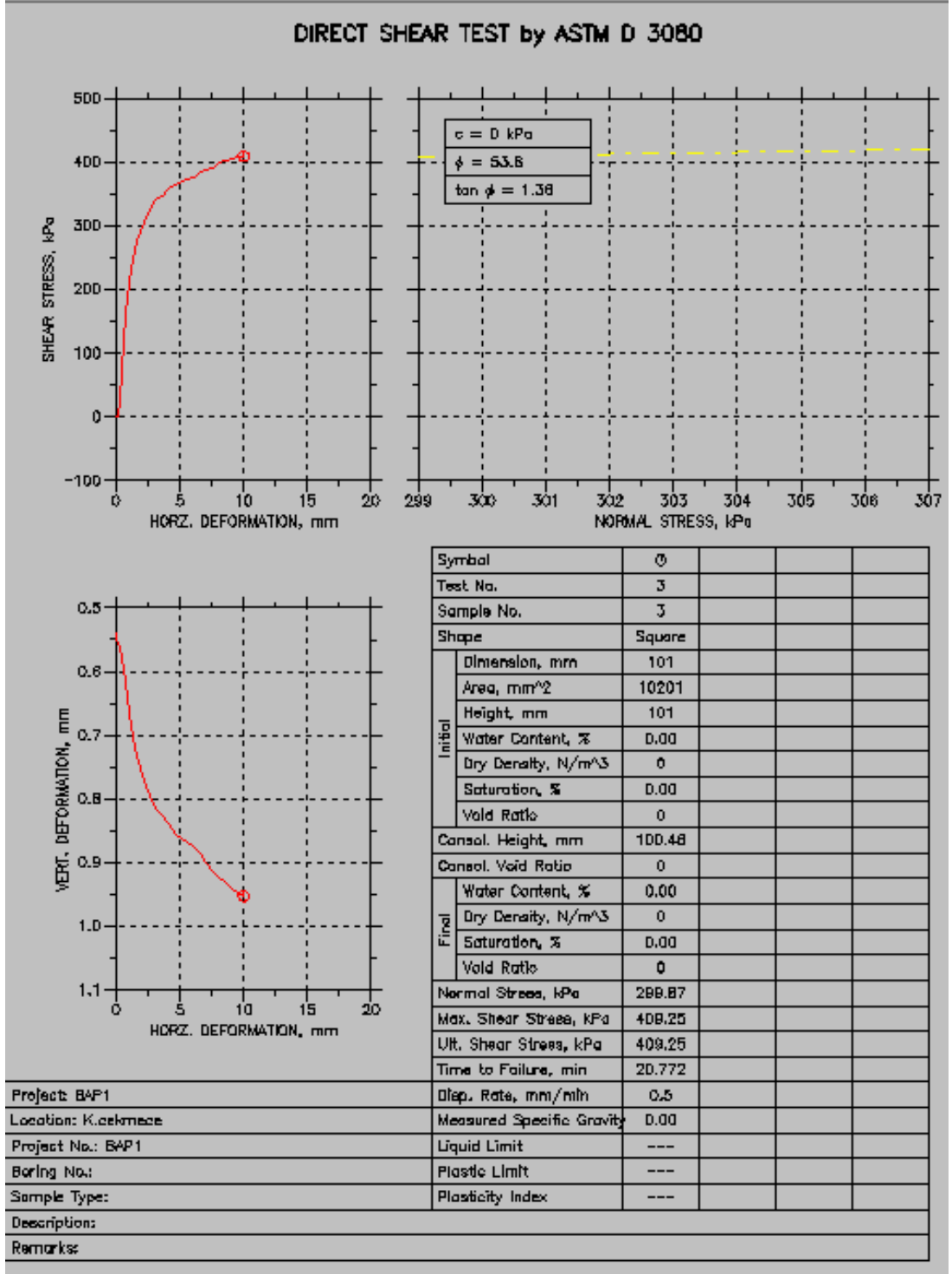
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	299.8	1.315	-0.0804	0
2	0.02	299.9	1.315	-0.1407	-0.003197
3	0.04	299.9	1.315	-0.1206	-0.003997
4	0.08	299.9	1.315	-0.1407	0
5	0.17	300	1.316	-0.0804	-0.004796
6	0.34	299.9	1.317	-0.1608	-0.0007994
7	0.5	300	1.318	-0.0804	-0.005596
8	1	300	1.32	0	-0.001599
9	2	299.4	1.348	67.18	0.3373
10	3	299.8	1.431	144.7	0.7866
11	4	299.7	1.506	221.8	1.233
12	5	300	1.567	265.7	1.713
13	6	299.6	1.618	296	2.177
14	7	300	1.666	320.3	2.672
15	8	300	1.699	339.9	3.161
16	9	299.7	1.726	352.4	3.657
17	10	300	1.756	366.1	4.16
18	11	300	1.781	374.3	4.658
19	12	299.9	1.804	385.1	5.144
20	13	299.7	1.822	394.9	5.643
21	14	299.3	1.825	390.6	6.143
22	15	302.7	1.824	395.4	6.632
23	16	297.7	1.831	400.6	7.144
24	17	305.6	1.836	407	7.63
25	18	429.9	1.818	383.3	8.082
26	19	429.9	1.818	383.3	8.082
27	20	429.9	1.818	383.3	8.082
28	21	429.9	1.818	383.3	8.082
29	22	429.9	1.818	383.3	8.082
30	23	429.9	1.818	383.3	8.082
31	24	429.9	1.818	383.3	8.082
32	25	429.9	1.806	358.7	8.085
33	26	429.9	1.806	358.7	8.085
34	26.44	429.9	1.806	360.1	8.086



Şekil A.8: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.11: İnce Gevşek numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi 10.

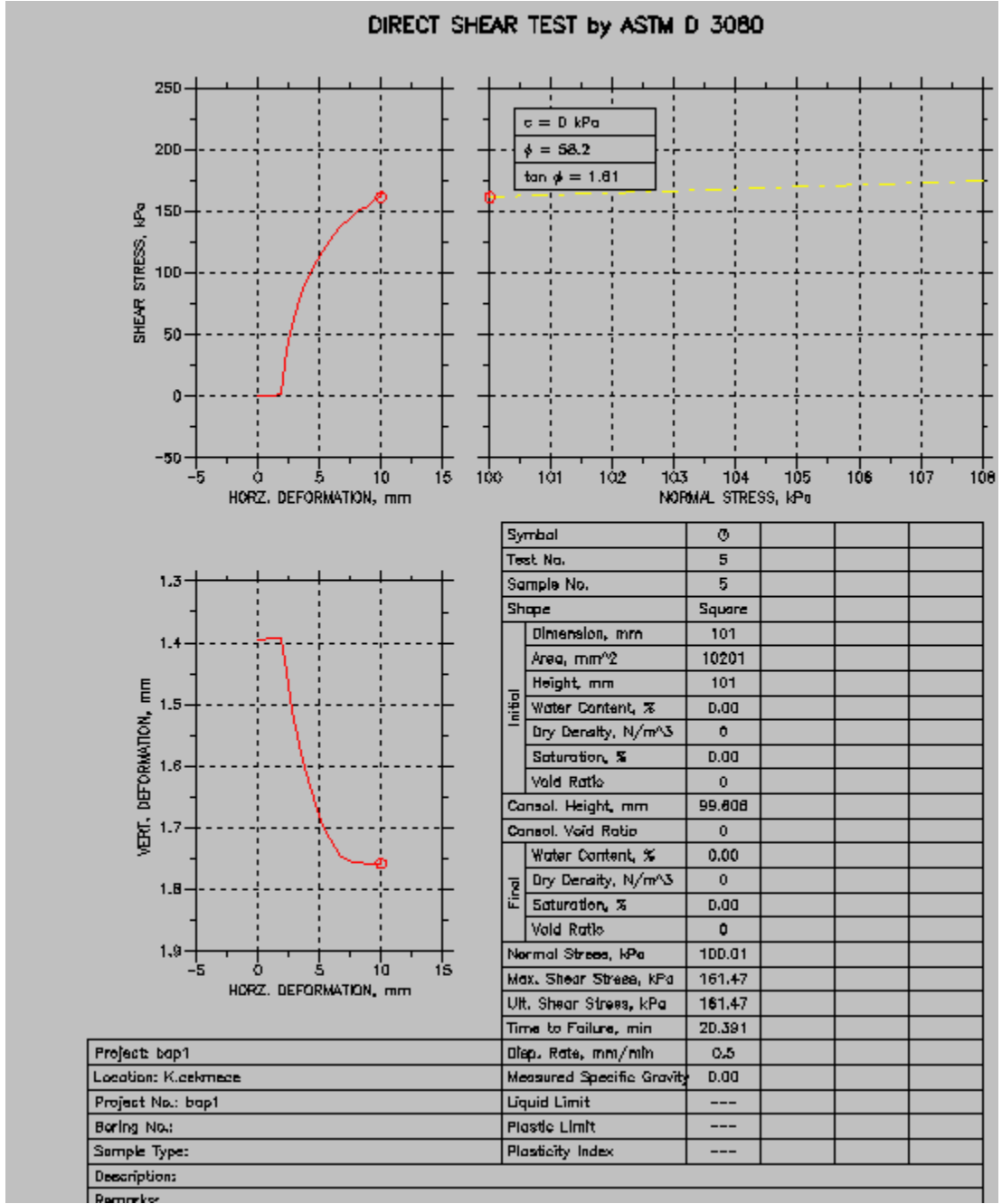
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	301	0.5463	-0.0201	0
2	0.02	303	0.5463	0.0402	0.001599
3	0.04	307.1	0.5455	0.0603	0.001599
4	0.08	302.6	0.5411	0.0804	0.002398
5	0.17	297.3	0.5403	0.0201	0.001599
6	0.34	301.2	0.5475	0.0603	0.01918
7	0.5	299.7	0.5559	0.9246	0.1071
8	1	299.8	0.5611	26.73	0.3166
9	2	298.9	0.6152	161	0.7154
10	3	299.7	0.6854	232.9	1.184
11	4	299.3	0.7327	276.5	1.659
12	5	299.8	0.77	306.6	2.144
13	6	299.8	0.7948	326	2.625
14	7	299.8	0.8169	339.8	3.128
15	8	299.7	0.8269	347.9	3.628
16	9	300	0.8393	357.1	4.118
17	10	299.9	0.8565	364	4.633
18	11	299.9	0.8621	369	5.116
19	12	299.9	0.8674	372.5	5.62
20	13	300	0.8766	376.9	6.12
21	14	299.9	0.8846	383.4	6.617
22	15	299.9	0.9018	387.5	7.114
23	16	300	0.915	391.5	7.6
24	17	300	0.9231	398	8.103
25	18	299.9	0.9323	401.3	8.603
26	19	299.9	0.9403	404.6	9.098
27	20	299.9	0.9459	407.7	9.593
28	20.77	299.9	0.9527	409.2	9.983



Şekil A.9: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.12: İnce Konsolidasyon numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi 5.

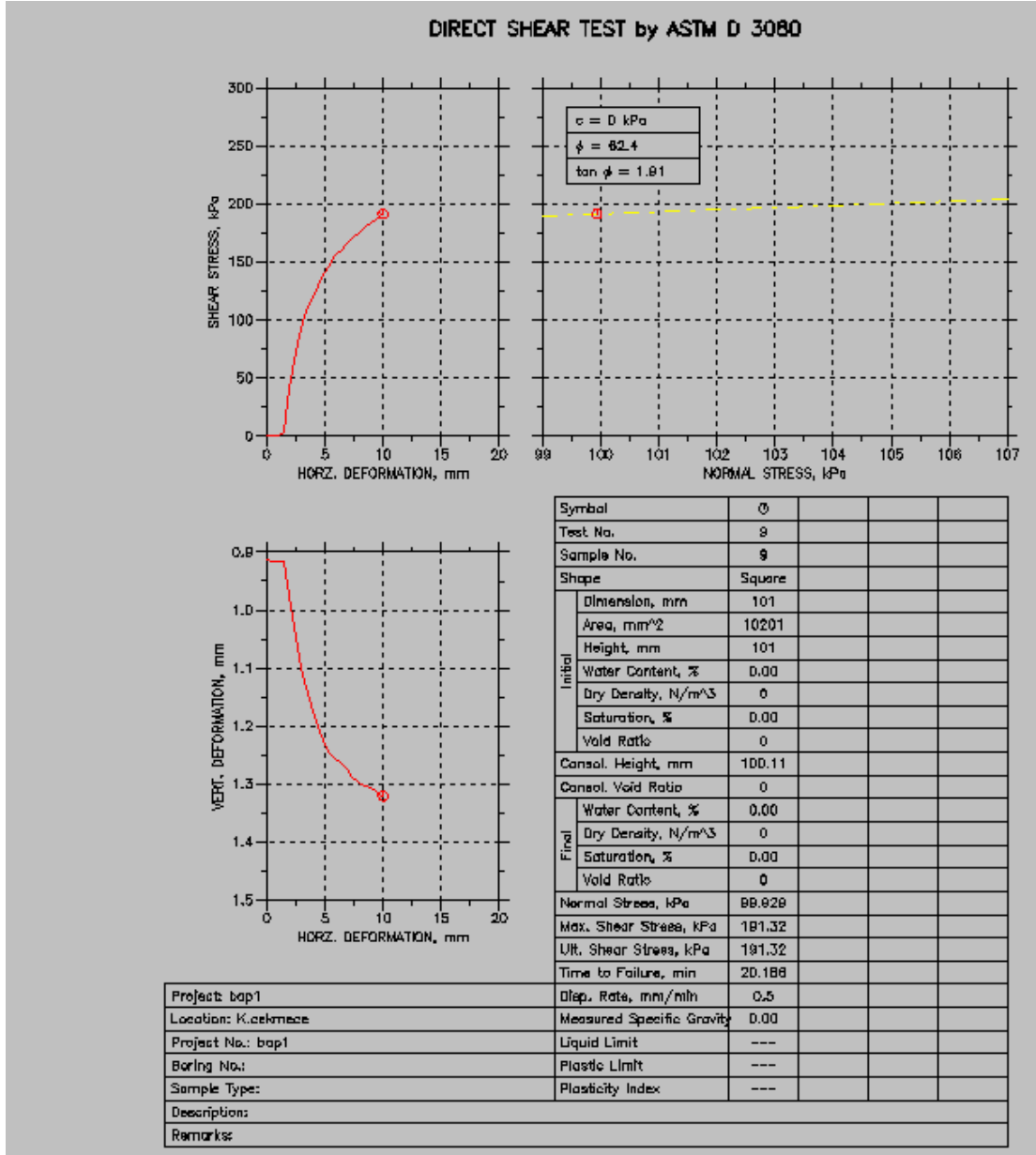
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	100	1.394	0	0
2	0.02	99.98	1.394	-0.0201	-0.001602
3	0.04	99.98	1.394	0.0201	-0.001602
4	0.08	100	1.394	0.0402	-0.00641
5	0.17	99.98	1.396	0.0402	0.03205
6	0.34	100	1.396	0.0603	0.05929
7	0.5	99.98	1.396	0.0804	0.1282
8	1	99.98	1.394	0.1206	0.3782
9	2	100	1.393	0.1005	0.8838
10	3	100.1	1.392	0.0804	1.374
11	4	99.98	1.392	1.889	1.877
12	5	99.78	1.448	36.66	2.35
13	6	99.28	1.511	57.79	2.832
14	7	99.71	1.567	78.13	3.315
15	8	99.58	1.603	91.08	3.821
16	9	99.81	1.641	101.7	4.324
17	10	99.74	1.671	109.7	4.82
18	11	99.75	1.697	117.7	5.314
19	12	99.83	1.717	125.6	5.815
20	13	99.82	1.733	132.5	6.306
21	14	99.9	1.748	138.5	6.79
22	15	99.9	1.752	143	7.286
23	16	99.97	1.755	147.5	7.772
24	17	99.98	1.757	150.6	8.275
25	18	100	1.758	153.3	8.779
26	19	99.98	1.758	156.9	9.286
27	20	100.1	1.758	160.9	9.798
28	20.39	100	1.758	161.5	9.988



Şekil A.10: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.13: İnce Konsolidasyon numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme Deneyi 9.

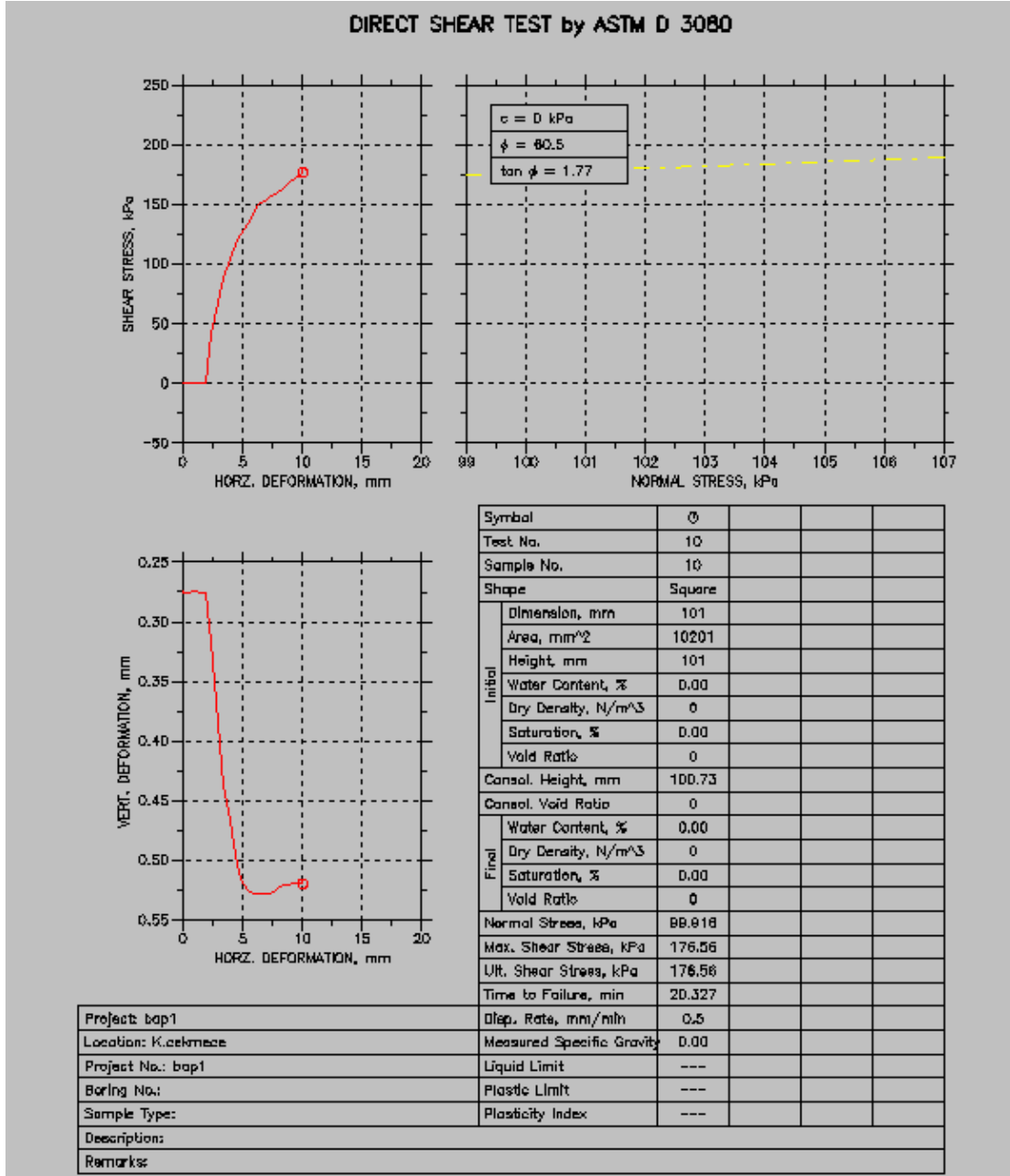
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	100	0.9128	0.0804	0
2	0.02	100	0.9128	0.0402	0
3	0.04	100	0.9128	0.1005	0.008814
4	0.08	100	0.9136	0.0603	0.03205
5	0.17	100	0.9141	0.0402	0.08173
6	0.34	99.98	0.9145	0.0603	0.1627
7	0.5	99.97	0.9149	0.0402	0.2444
8	1	99.98	0.9149	0.0603	0.4936
9	2	100	0.9149	0.1005	0.9823
10	3	99.96	0.9157	3.618	1.476
11	4	99.23	0.9735	41.29	1.961
12	5	99.12	1.047	71.9	2.441
13	6	99.71	1.098	92.02	2.941
14	7	99.42	1.134	107	3.426
15	8	99.82	1.174	118.9	3.945
16	9	99.73	1.201	128.8	4.44
17	10	99.75	1.224	139.4	4.914
18	11	99.83	1.248	147.2	5.422
19	12	99.89	1.256	155.4	5.919
20	13	99.82	1.264	160.4	6.403
21	14	99.96	1.275	166.3	6.905
22	15	99.93	1.288	170.4	7.388
23	16	99.97	1.298	174.9	7.899
24	17	99.97	1.303	178.9	8.411
25	18	99.93	1.307	183.2	8.907
26	19	99.9	1.312	186.7	9.411
27	20	99.89	1.32	190.3	9.902
28	20.19	99.93	1.32	191.3	10



Şekil A.11: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.14: İnce Konsolidasyon numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme 10.Deneyi

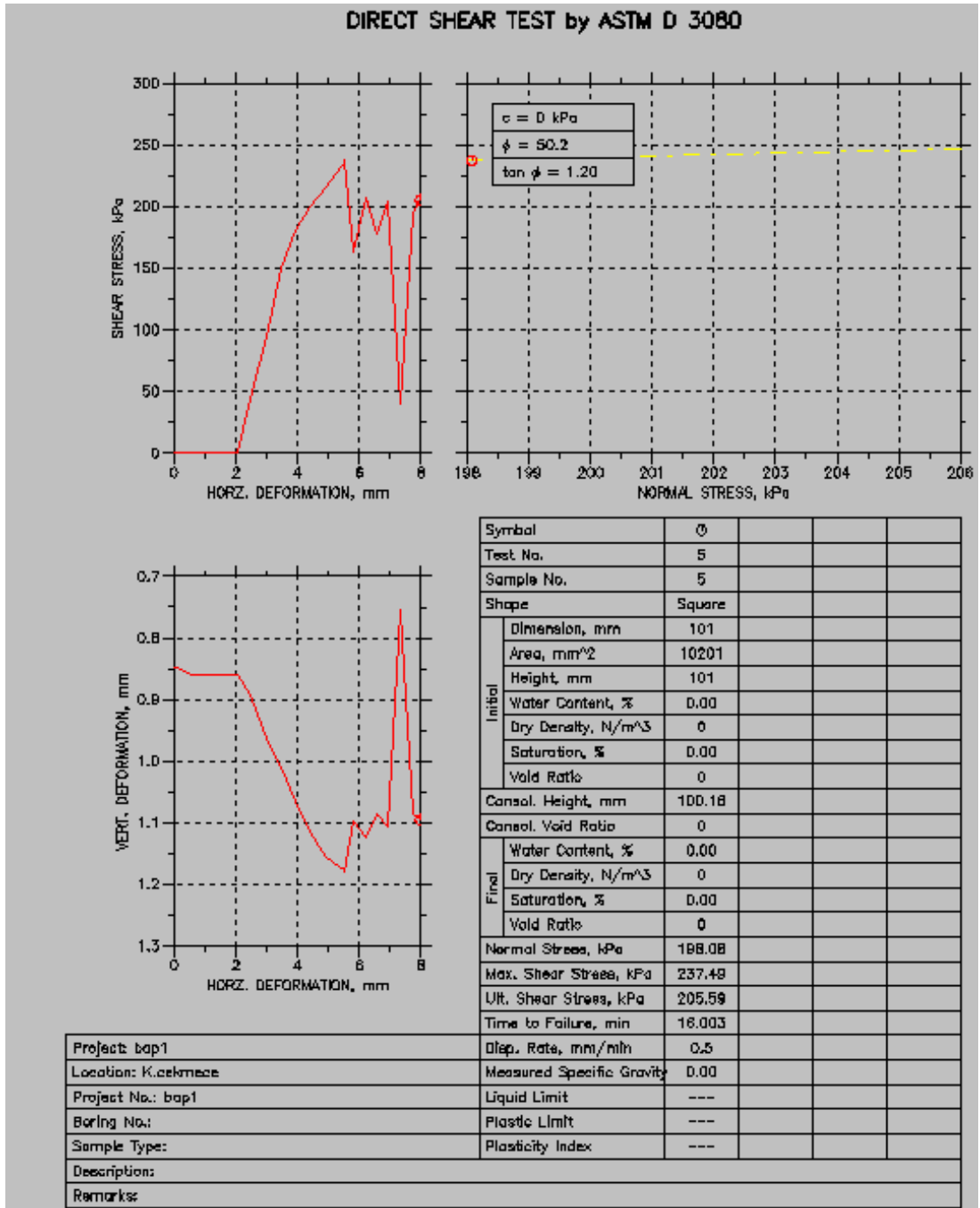
İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	99.96	0.2749	-0.1809	0
2	0.02	100.1	0.2749	-0.0402	0.003205
3	0.04	99.88	0.2757	-0.1206	0.01362
4	0.08	100.1	0.2761	-0.1206	0.04006
5	0.17	99.97	0.2757	-0.1608	0.07852
6	0.34	100.1	0.2757	-0.1206	0.1683
7	0.5	100.1	0.2753	-0.1608	0.2444
8	1	100.2	0.2753	0	0.5
9	2	99.77	0.2749	0	0.9799
10	3	100.1	0.2757	-0.0603	1.485
11	4	99.92	0.2761	0.3417	1.983
12	5	99.01	0.3169	40.64	2.42
13	6	99.17	0.3843	67.72	2.91
14	7	99.85	0.4375	88.64	3.4
15	8	99.63	0.4658	104.2	3.903
16	9	99.63	0.4961	115.4	4.4
17	10	99.67	0.5157	124.9	4.895
18	11	99.77	0.5244	133.7	5.38
19	12	99.77	0.5273	141.6	5.875
20	13	100.2	0.5286	149.2	6.371
21	14	100	0.5286	153	6.857
22	15	100.1	0.5281	156.9	7.351
23	16	100	0.5244	158.8	7.83
24	17	99.82	0.5202	163.4	8.353
25	18	99.98	0.5207	167.4	8.845
26	19	99.86	0.5198	171.4	9.346
27	20	99.92	0.5198	174.7	9.858
28	20.33	99.92	0.5198	176.6	10.03



Şekil A.12: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.15: İnce Konsolidasyon numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme 5.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	200	0.8471	0.0804	0
2	0.02	200	0.8471	0.201	0.002404
3	0.04	200	0.8471	0.201	0.008012
4	0.08	200	0.8471	0.1206	0.02724
5	0.17	200	0.8471	0.1809	0.03205
6	0.34	200	0.8471	0.1005	0.03285
7	0.5	200	0.8471	0.1407	0.03125
8	1	200	0.8471	0.1005	0.03045
9	2	200	0.8471	0.0402	0.1058
10	3	200	0.8596	0.0201	0.5545
11	4	200	0.8608	0.1005	1.052
12	5	200	0.8604	0.1206	1.547
13	6	200	0.86	0.1407	2.039
14	7	199.9	0.8937	44.88	2.488
15	8	199.4	0.9627	94.73	2.972
16	9	199	1.011	149.4	3.453
17	10	199.2	1.067	180.8	3.924
18	11	199.3	1.115	199.4	4.424
19	12	199.4	1.156	216.4	4.924
20	13	199.9	1.174	232.5	5.415
21	14	199.5	1.177	234.9	5.492
22	15	199.5	1.177	234.9	5.492
23	16	198.1	1.18	237.5	5.521
24	17	147.8	1.098	162.5	5.781
25	18	157.7	1.124	206.8	6.223
26	19	145.7	1.085	178.3	6.572
27	20	153	1.107	204.6	6.91
28	21	25.85	0.7556	40.2	7.325
29	22	150.3	1.085	193.3	7.745
30	22.67	152	1.095	205.6	7.99

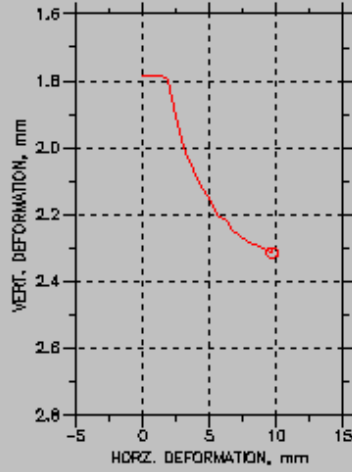
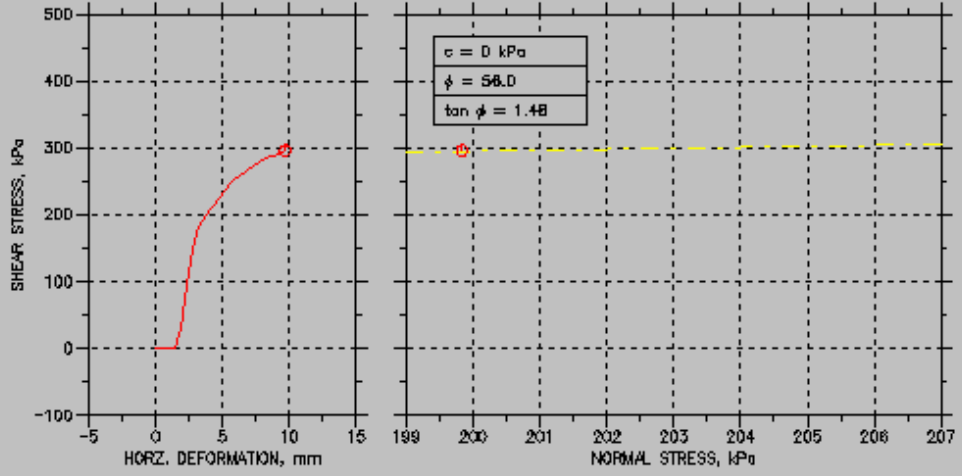


Şekil A.13: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.16: İnce Konsolidasyon numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme 9.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	200	1.784	0.0201	0
2	0.02	200	1.784	-0.0402	0.0008012
3	0.04	200	1.784	-0.0603	0.0008012
4	0.08	200	1.784	0.0201	0.001602
5	0.17	200	1.784	-0.0603	-0.0008012
6	0.34	200	1.784	-0.0201	-0.005609
7	0.5	200	1.784	-0.0402	-0.004807
8	1	200	1.784	0	0.004006
9	2	200	1.785	-0.0201	0.4038
10	3	200	1.785	-0.0402	0.9014
11	4	200	1.786	-0.1005	1.393
12	5	199.3	1.798	29.23	1.871
13	6	198.7	1.878	94.75	2.327
14	7	199.1	1.955	149.9	2.789
15	8	199.5	2.016	183.3	3.276
16	9	199.5	2.069	199.6	3.778
17	10	199.9	2.108	212.1	4.276
18	11	199.5	2.145	226.2	4.769
19	12	199.5	2.172	237.7	5.263
20	13	199.8	2.207	248.7	5.771
21	14	199.7	2.22	257.1	6.258
22	15	199.8	2.251	264.9	6.748
23	16	199.9	2.264	272.6	7.254
24	17	199.8	2.276	278.9	7.739
25	18	199.8	2.287	284.4	8.251
26	19	199.9	2.298	288	8.75
27	20	199.8	2.306	290.7	9.254
28	20.85	199.8	2.315	296.2	9.693

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



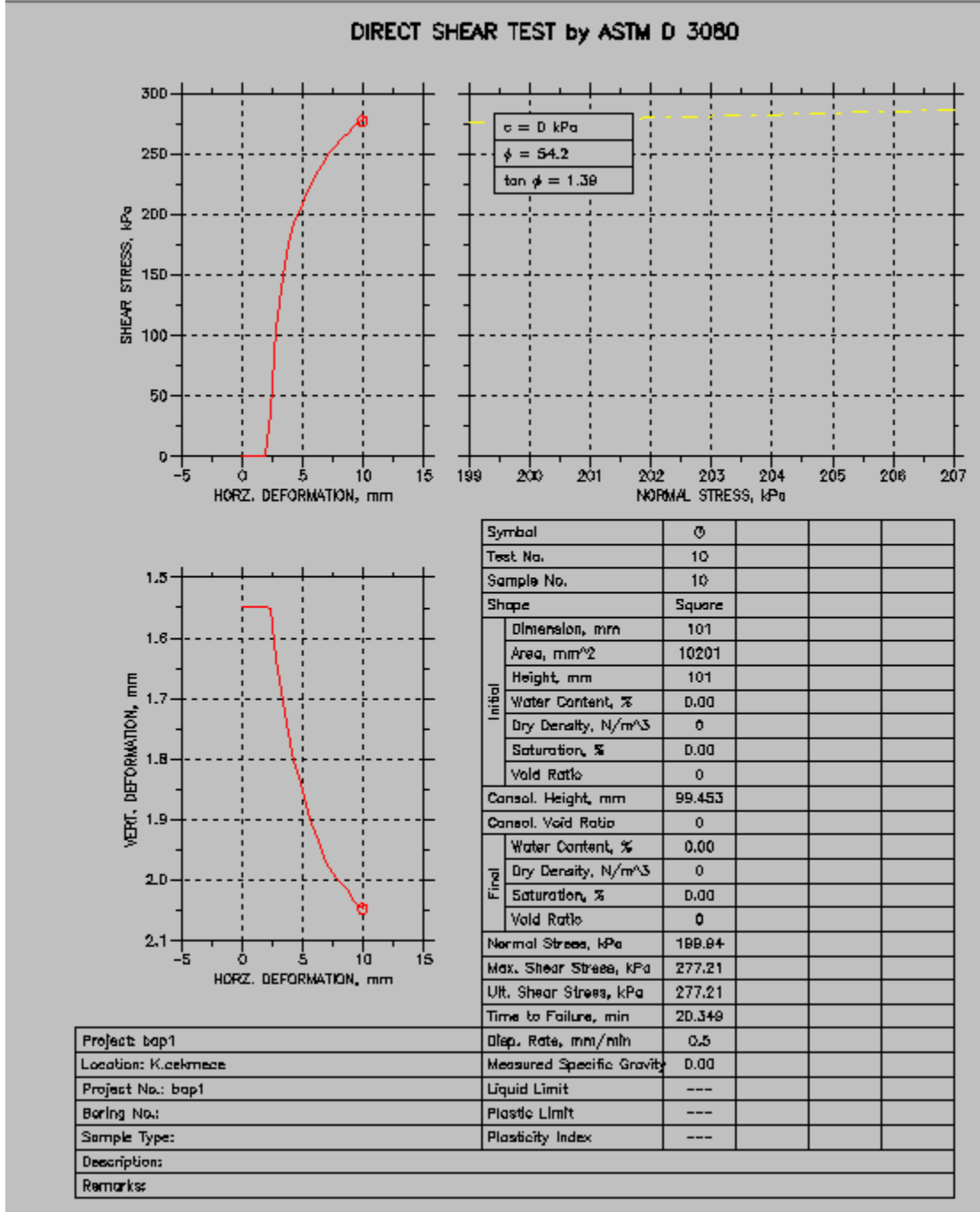
Symbol	Ø			
Test No.	8			
Sample No.	9			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	99.218		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	199.83		
	Max. Shear Stress, kPa	296.18		
	Ult. Shear Stress, kPa	296.18		
	Time to Failure, min	20.853		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		
Descriptions:				
Remarks:				

Project:	bap1
Location:	K.cekmece
Project No.:	bap1
Boring No.:	
Sample Type:	
Descriptions:	
Remarks:	

Şekil A.14: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.17: İnce Konsolidasyon numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme 10.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	200	1.549	0.0201	0
2	0.02	200	1.549	0.0402	-0.004006
3	0.04	200	1.549	0.1005	-0.003205
4	0.08	200	1.549	0.0402	-0.004807
5	0.17	200	1.549	0.0402	-0.002404
6	0.34	200	1.549	0.1206	0.07692
7	0.5	200	1.549	0.0603	0.1619
8	1	200	1.549	0.0804	0.407
9	2	200	1.549	0.1005	0.9086
10	3	200	1.549	0.0603	1.399
11	4	200	1.548	0.603	1.904
12	5	199.4	1.551	34.93	2.372
13	6	198.7	1.635	105.8	2.812
14	7	199.1	1.703	148.7	3.298
15	8	199.3	1.757	176.5	3.779
16	9	199.6	1.805	192.5	4.279
17	10	199.7	1.84	204.6	4.78
18	11	199.4	1.878	217.2	5.278
19	12	199.9	1.907	224.9	5.771
20	13	199.9	1.936	236.2	6.262
21	14	199.6	1.962	242.7	6.746
22	15	199.9	1.979	250.9	7.248
23	16	199.7	1.997	256.9	7.741
24	17	199.9	2.006	263	8.218
25	18	199.8	2.018	267.3	8.735
26	19	199.8	2.036	272.5	9.233
27	20	199.8	2.045	276.3	9.733
28	20.35	199.9	2.048	277.2	9.904

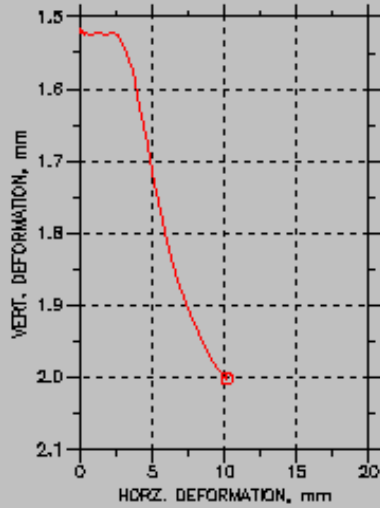
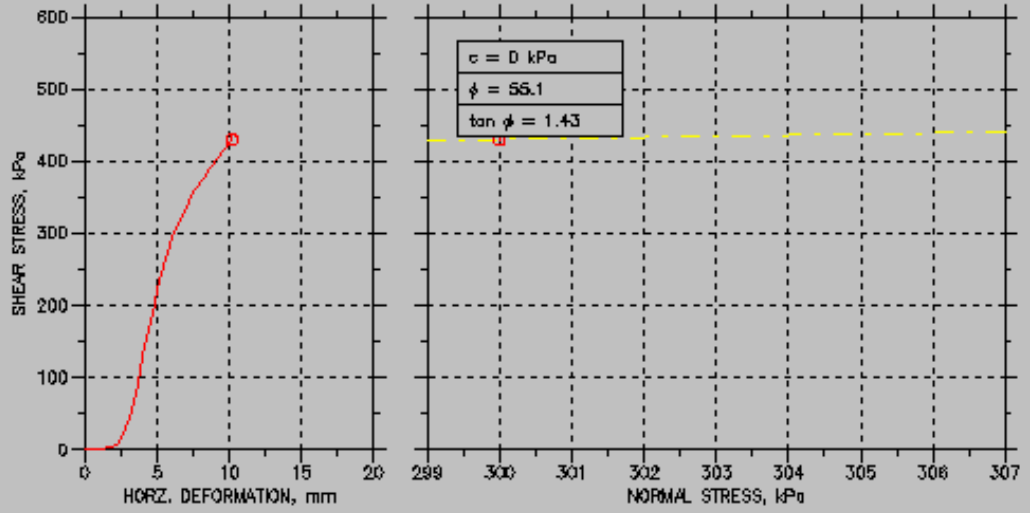


Şekil A.15: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.18: İnce Konsolidasyon numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme 5.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	309.6	1.523	0.0201	0
2	0.02	309.3	1.521	0.0402	0.007211
3	0.04	307.3	1.52	0.0201	0.01202
4	0.08	299.6	1.52	0.0402	0.04166
5	0.17	302.5	1.517	0.0603	0.07612
6	0.34	296.9	1.519	0.0201	0.1394
7	0.5	298.7	1.521	0	0.2171
8	1	301.7	1.525	0.0804	0.3229
9	2	297.1	1.523	0.1206	0.3509
10	3	301.5	1.525	0.1005	0.7011
11	4	294.2	1.523	0.9648	1.205
12	5	300.7	1.524	3.417	1.703
13	6	294.5	1.523	7.678	2.207
14	7	302.5	1.524	21.93	2.691
15	8	301.5	1.552	53.09	3.167
16	9	295.6	1.575	92.58	3.678
17	10	300	1.625	143.6	4.181
18	11	302.4	1.677	188	4.69
19	12	300.2	1.731	235.2	5.187
20	13	299.2	1.783	272.8	5.683
21	14	299.6	1.824	301.5	6.186
22	15	300	1.865	323.7	6.686
23	16	299.9	1.89	344.1	7.173
24	17	299.5	1.913	361.9	7.676
25	18	299.5	1.938	376.5	8.173
26	19	299.5	1.96	390.7	8.655
27	20	299.9	1.98	405.7	9.173
28	21	299.8	1.99	418.2	9.659
29	21.97	300	2.002	430.3	10.17

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø			
Test No.	5			
Sample No.	5			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	99.48		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	299.99		
	Max. Shear Stress, kPa	430.29		
	Ult. Shear Stress, kPa	430.29		
	Time to Failure, min	21.967		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		
Description:				
Remarks:				

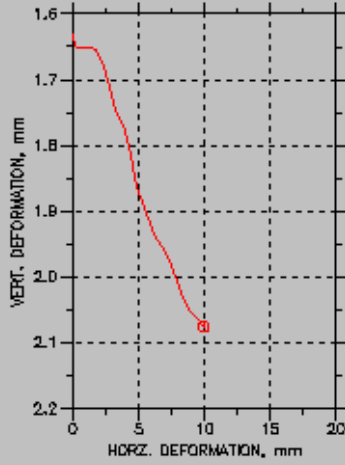
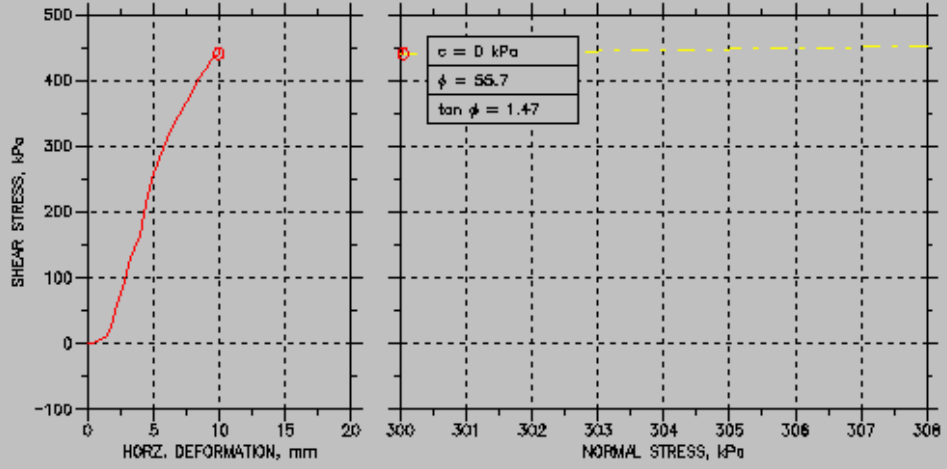
Project:	bap1
Location:	K.cekmece
Project No.:	bap1
Boring No.:	
Sample Type:	
Description:	
Remarks:	

Şekil A.16: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.19: İnce Konsolidasyon numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme 9.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	299.3	1.631	-0.1206	0
2	0.02	299.6	1.632	0.0402	0.007211
3	0.04	300	1.633	0.1407	0.008814
4	0.08	299.4	1.636	0.1407	0.03606
5	0.17	299.8	1.639	0.2412	0.07852
6	0.34	299.8	1.643	0.4824	0.1306
7	0.5	299.8	1.644	0.7035	0.1731
8	1	299.9	1.648	0.6834	0.1843
9	2	299.9	1.651	1.367	0.2997
10	3	300	1.651	3.859	0.786
11	4	300	1.652	8.603	1.284
12	5	300	1.653	23.06	1.777
13	6	299.7	1.673	58.55	2.241
14	7	299.3	1.71	94.21	2.751
15	8	299.7	1.745	129.6	3.3
16	9	299.5	1.778	165.9	3.903
17	10	299.7	1.816	210.4	4.412
18	11	299.1	1.861	250.9	4.917
19	12	297.7	1.896	282.5	5.424
20	13	301.4	1.927	310.2	5.951
21	14	300.4	1.945	328	6.447
22	15	302.4	1.957	346.6	6.936
23	16	297.9	1.983	367.5	7.436
24	17	298.2	2.007	381.3	7.935
25	18	299.4	2.034	402.6	8.431
26	19	299.7	2.052	417.4	8.929
27	20	299.3	2.063	430.7	9.422
28	20.96	300	2.076	440.4	9.918

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



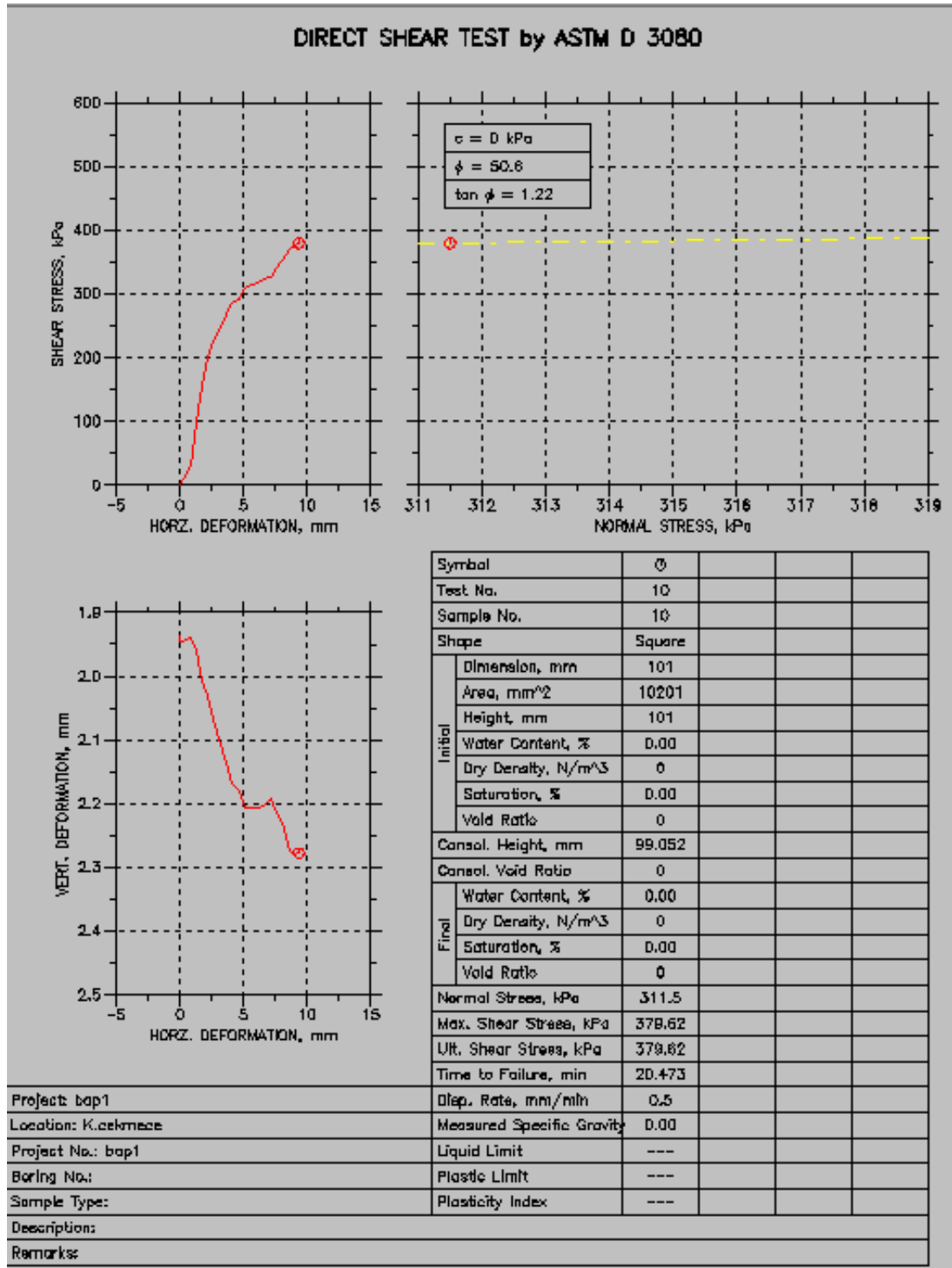
Symbol	Ø			
Test No.	9			
Sample No.	9			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	99.487		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	300.04		
	Max. Shear Stress, kPa	440.4		
	Ult. Shear Stress, kPa	440.4		
	Time to Failure, min	20.955		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		

Project:	bap1
Location:	K.cekmece
Project No.:	bap1
Boring No.:	
Sample Type:	
Description:	
Remarks:	

Şekil A.17: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.20: İnce Konsolidasyon numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme
10.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	306.5	1.938	1.749	0
2	0.02	303.3	1.938	1.809	-0.0008012
3	0.04	307.1	1.938	1.809	0.003205
4	0.08	301.3	1.938	1.789	0
5	0.17	306.2	1.937	1.769	0.005609
6	0.34	298.3	1.935	1.809	0.002404
7	0.5	301.3	1.937	1.749	-0.001602
8	1	299.9	1.944	1.809	0
9	2	299.3	1.946	8.161	0.3349
10	3	300.3	1.94	31.02	0.8141
11	4	294.6	1.959	96.08	1.261
12	5	301.4	2.007	156.6	1.711
13	6	291.4	2.032	200.7	2.192
14	7	289	2.07	225.3	2.663
15	8	310.5	2.108	247.6	3.157
16	9	301.9	2.137	267.3	3.663
17	10	303.9	2.167	284	4.159
18	11	293.8	2.18	290.4	4.65
19	12	291.6	2.205	308	5.158
20	13	296	2.207	314.4	5.662
21	14	308.9	2.205	318.8	6.14
22	15	294.7	2.204	323.9	6.637
23	16	326.3	2.192	325.3	7.142
24	17	306.7	2.214	339.7	7.619
25	18	297.5	2.23	351.3	8.13
26	19	276.3	2.273	371.4	8.609
27	20	297.4	2.28	377.3	9.122
28	20.47	311.5	2.278	379.6	9.366



Şekil A.18: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300$ kPa düşey gerilme için

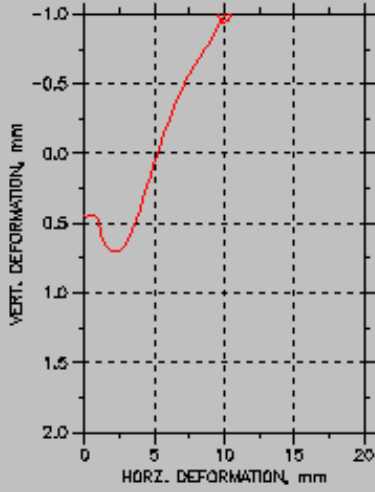
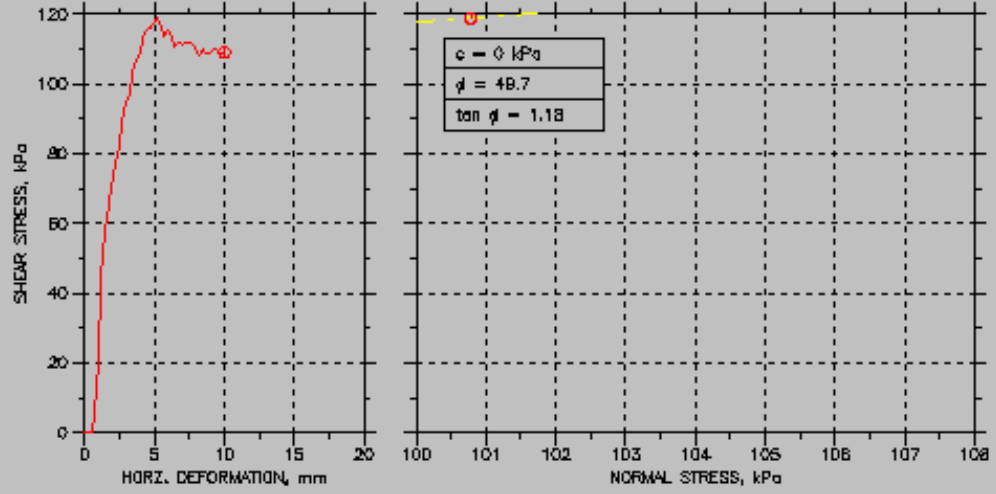
Çizelge 5.21: Iri Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme 5.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	99.93	0.4495	0	0
2	0.02	99.93	0.45	0	0.002404
3	0.04	99.93	0.45	0	0.008814
4	0.08	99.94	0.4508	0	0.01442
5	0.17	99.94	0.4512	0	0.02884
6	0.34	99.95	0.4516	0	0.07452
7	0.5	99.95	0.4512	0	0.1098
8	1	99.97	0.4479	0.0205	0.2372
9	2	100	0.4483	0	0.4823
10	3	100	0.4466	5.68	0.7387
11	4	98.08	0.4708	19.77	0.9807
12	5	99.06	0.5776	44.31	1.214
13	6	99.61	0.6583	57.7	1.461
14	7	99.8	0.6837	65.41	1.708
15	8	99.94	0.6957	70.56	1.956
16	9	100.1	0.6991	77.2	2.2
17	10	100.2	0.6966	82.59	2.45
18	11	100.2	0.682	88.91	2.699
19	12	100.6	0.6467	95.06	2.945
20	13	100.5	0.593	97.01	3.199
21	14	100.6	0.5469	103.2	3.445
22	15	100.8	0.4712	107.2	3.702
23	16	100.8	0.3988	108.8	3.952
24	17	100.6	0.3294	113.1	4.203
25	18	100.8	0.2337	115.3	4.452
26	19	100.8	0.1672	116.2	4.701
27	20	100.8	0.08234	117	4.952
28	21	100.8	0.006238	118.9	5.195
29	22	100.8	-0.08525	116.8	5.452
30	23	100.7	-0.1347	113.4	5.703
31	24	100.9	-0.2009	115.4	5.952
32	25	100.8	-0.2869	113.5	6.217
33	26	100.7	-0.3323	110.5	6.457
34	27	100.7	-0.4159	111.6	6.711
35	28	100.3	-0.4533	111.5	6.96
36	29	100.5	-0.5011	112	7.217

**Çizelge 5.22 : Iri Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme
5.Deneyi-Devam**

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
39	32	100.4	-0.6383	110.6	7.968
40	33	100.4	-0.6779	108.1	8.219
41	34	100.6	-0.7307	110	8.468
42	35	100.5	-0.7515	109	8.728
43	36	100.5	-0.7835	108.6	8.975
44	37	100.4	-0.8525	110.2	9.233
45	38	100.6	-0.9028	109.4	9.485
46	39	100.4	-0.9407	109.1	9.731
47	40	99.39	-0.9831	108.3	9.979
48	40.08	100.5	-0.9835	109.1	10

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø		
Test No.	5		
Sample No.	5		
Shape	Square		
Initial	Dimension, mm	100	
	Area, mm ²	10000	
	Height, mm	100	
	Water Content, %	0.00	
	Dry Density, N/m ³	0	
	Saturation, %	0.00	
	Void Ratio	0	
	Consol. Height, mm	98.556	
	Consol. Void Ratio	0	
Final	Water Content, %	0.00	
	Dry Density, N/m ³	0	
	Saturation, %	0.00	
	Void Ratio	0	
	Normal Stress, kPa	100.78	
	Max. Shear Stress, kPa	118.68	
	Ult. Shear Stress, kPa	109.08	
	Time to Failure, min	21.003	
Project: bap1	Disp. Rate, mm/min	0.5	
Location: Kocmece	Measured Specific Gravity	0.00	
Project No.: bap1	Liquid Limit	---	
Boring No.:	Plastic Limit	---	
Sample Type:	Plasticity Index	---	
Description:			
Remarks:			

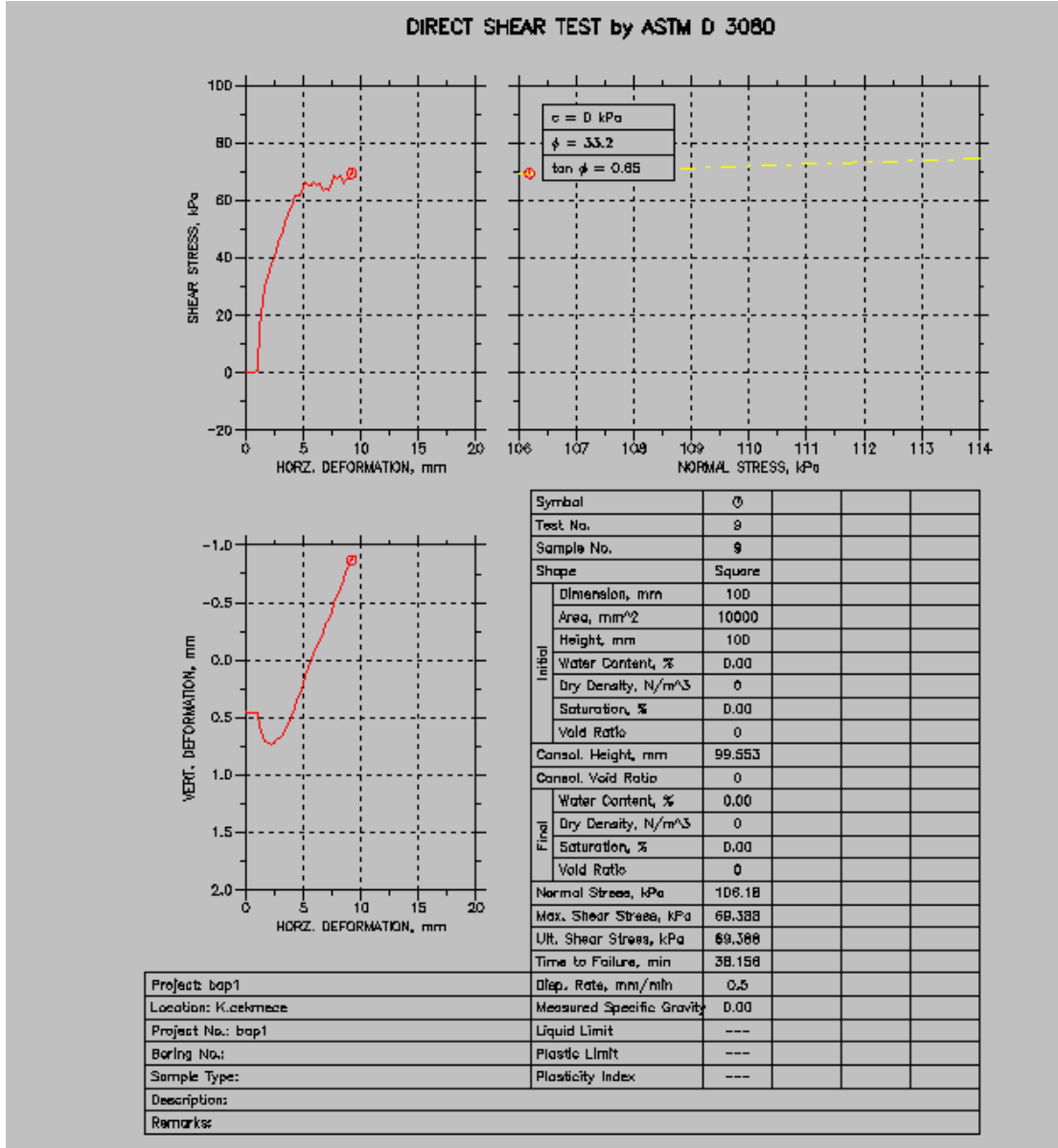
Şekil A.19: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.23: Iri Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme 9.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değiştirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değiştirme (mm)
1	0.00	99.75	0.4516	0	0
2	0.02	99.93	0.452	-0.0205	0
3	0.04	99.95	0.452	0	0
4	0.08	100.1	0.4525	0.0205	0.0008012
5	0.17	99.79	0.4562	0.0205	0.01763
6	0.34	99.86	0.4574	0.0205	0.05609
7	0.5	100	0.4579	0	0.09455
8	1	99.79	0.4583	0.04101	0.2155
9	2	99.93	0.4558	0.0205	0.4639
10	3	100.1	0.4529	0.0205	0.7123
11	4	99.98	0.4612	0.7997	0.9679
12	5	98.49	0.576	15.81	1.185
13	6	99.24	0.6616	24.48	1.439
14	7	99.95	0.702	29.92	1.683
15	8	99.77	0.7261	33.73	1.937
16	9	99.83	0.7332	37.61	2.187
17	10	100.3	0.7261	40.72	2.441
18	11	100.1	0.7003	42.05	2.69
19	12	100.3	0.6837	46.83	2.933
20	13	100.4	0.6479	48.72	3.182
21	14	100.4	0.6155	52.53	3.431
22	15	100.3	0.5602	54.99	3.684
23	16	100.6	0.4932	57.8	3.941
24	17	101.2	0.4233	61.45	4.19
25	18	100.8	0.3447	61.62	4.446
26	19	100.8	0.2932	61.39	4.698
27	20	100.8	0.2125	64.53	4.944
28	21	101	0.1376	66.54	5.195
29	22	100.5	0.06196	65.06	5.444
30	23	100.8	0.002079	65.25	5.695
31	24	100.9	-0.06695	66.62	5.938
32	25	100.9	-0.1173	64.96	6.194
33	26	101.1	-0.1792	65.55	6.45
34	27	100.8	-0.2262	63.69	6.696
35	28	100.9	-0.3127	63.73	6.951

Çizelge 5.24: Iri Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme
9.Deneyi-Devam

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
39	32	100.7	-0.5556	67.71	7.949
40	33	100.7	-0.6304	68.96	8.198
41	34	100.6	-0.6953	65.9	8.461
42	35	100.7	-0.7594	67.15	8.709
43	36	100.8	-0.8226	67.62	8.961
44	37	104.7	-0.8675	69.18	9.153
45	38	106.2	-0.8691	69.39	9.177
46	38.16	106.2	-0.8691	69.39	9.177

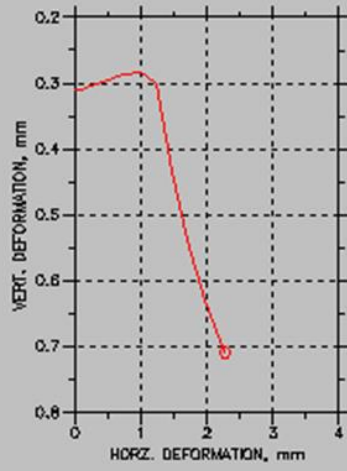
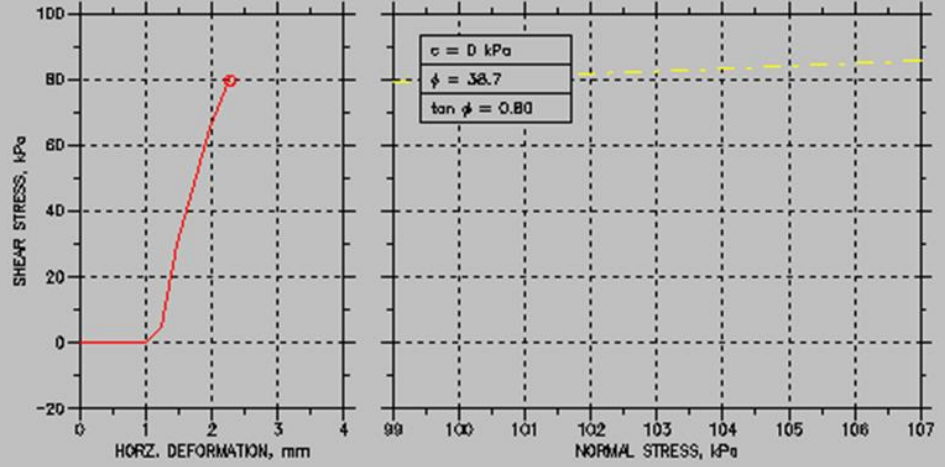


Şekil A.20: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.25: Iri Gevşek numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme
10.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0.00	99.98	0.3102	0	0
2	0.02	99.93	0.3102	-0.0205	0
3	0.04	99.9	0.3106	-0.0205	0.002404
4	0.08	99.91	0.3115	-0.0205	0.01522
5	0.17	99.91	0.3111	0	0.03766
6	0.34	99.93	0.3111	-0.0205	0.07692
7	0.5	99.93	0.3106	-0.0205	0.1178
8	1	99.93	0.3057	-0.04101	0.2404
9	2	99.95	0.294	-0.04101	0.488
10	3	100	0.2857	0	0.7347
11	4	100.1	0.284	0	0.9879
12	5	99.33	0.3015	4.839	1.233
13	6	98.67	0.4333	29.92	1.465
14	7	99.14	0.5385	46.5	1.705
15	8	99.28	0.6292	65.47	1.955
16	9	99.6	0.6912	76.99	2.201
17	9.3	99.5	0.709	79.58	2.274

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø			
Test No.	10			
Sample No.	10			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	100		
	Area, mm ²	10000		
	Height, mm	100		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	99.69		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	99.499		
	Max. Shear Stress, kPa	79.578		
	Ult. Shear Stress, kPa	79.578		
	Time to Failure, min	9.2997		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		

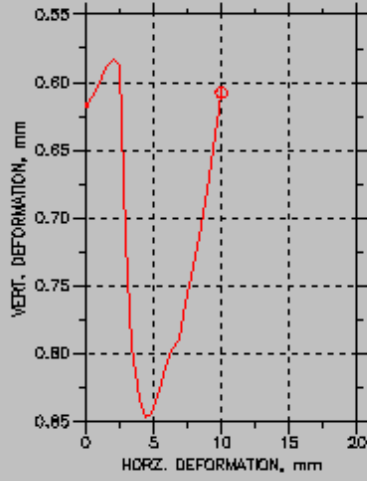
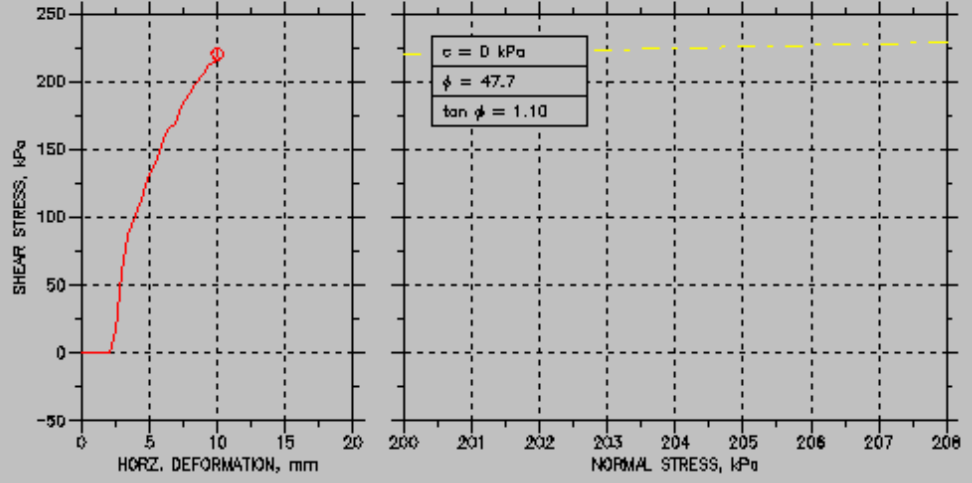
Project:	bap1
Location:	K.cekmece
Project No.:	bap1
Boring No.:	
Sample Type:	
Descriptions:	
Remarks:	

Şekil A.21: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.26: Iri Gevşek numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme 5 .Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	200	0.6152	-0.0201	0
2	0.02	200	0.616	0.1206	0.01439
3	0.04	200	0.6164	0.1608	0.02078
4	0.08	200	0.618	0.1206	0.04716
5	0.17	200	0.6176	0.1407	0.09992
6	0.34	200	0.616	0.1407	0.1759
7	0.5	200	0.614	0.1608	0.2478
8	1	200	0.6104	0.0804	0.4964
9	2	200	0.6012	0.0201	1.001
10	3	200	0.5896	0.1407	1.5
11	4	200	0.5832	0.0804	1.998
12	5	198.7	0.5872	15.76	2.478
13	6	198.9	0.7154	58.71	2.966
14	7	199.2	0.7944	86.63	3.448
15	8	199.7	0.8333	101.9	3.943
16	9	199.8	0.8477	113.7	4.433
17	10	200.3	0.8441	127.5	4.915
18	11	200.3	0.8269	139.8	5.401
19	12	200.3	0.8104	153.3	5.9
20	13	200.4	0.7972	164	6.38
21	14	200.5	0.7904	168.6	6.87
22	15	200.3	0.7635	182	7.389
23	16	200.3	0.7351	191.5	7.883
24	17	200.3	0.7138	198.5	8.381
25	18	200.3	0.6794	204.8	8.893
26	19	200.4	0.6497	212.6	9.37
27	20	200.3	0.6193	214.7	9.875
28	20.26	200.6	0.6076	220.4	10.01

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



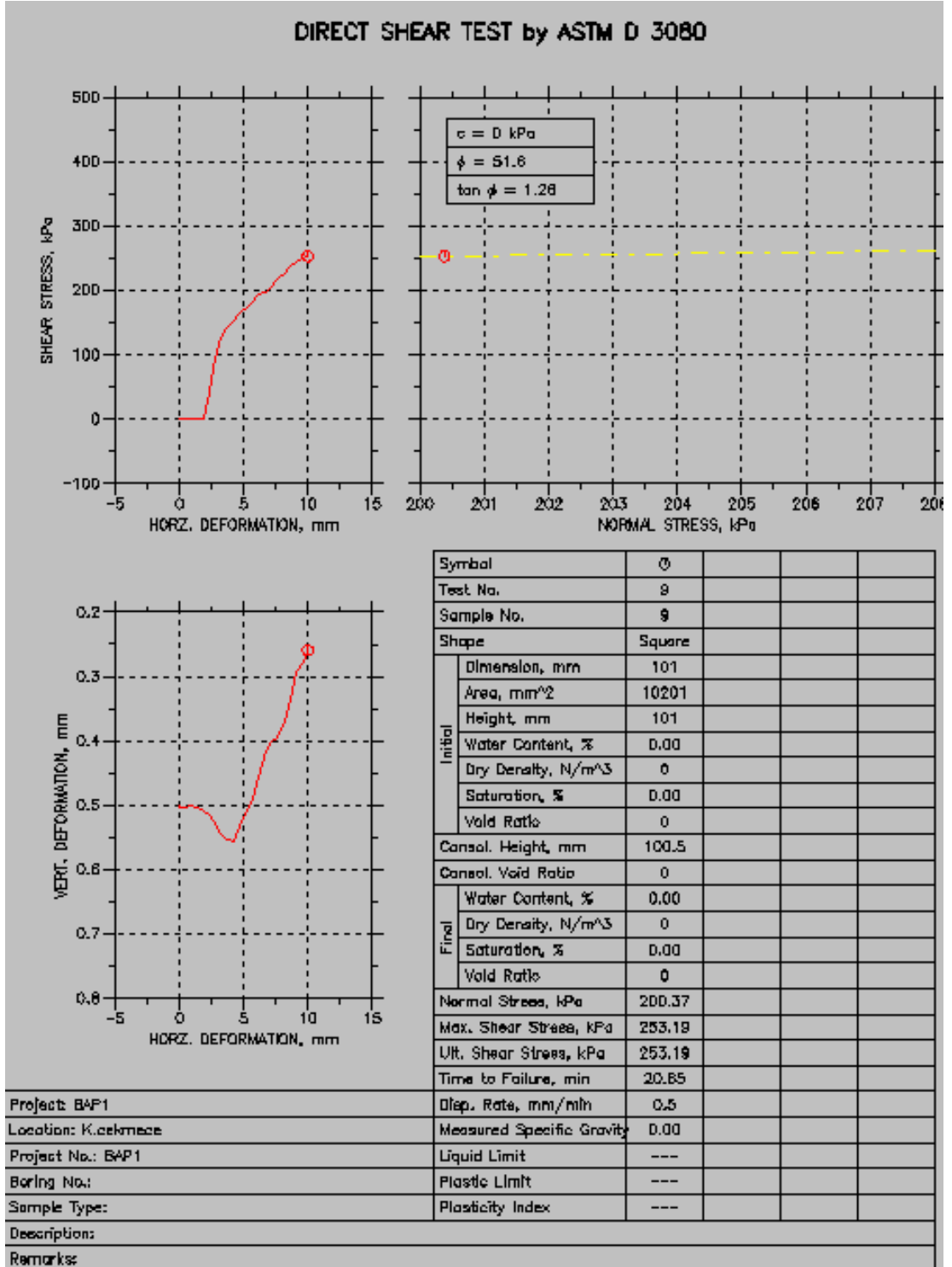
Symbol	Ø		
Test No.	5		
Sample No.	5		
Shape	Square		
Initial			
Dimension, mm	101		
Area, mm ²	10201		
Height, mm	101		
Water Content, %	0.00		
Dry Density, N/m ³	0		
Saturation, %	0.00		
Void Ratio	0		
Consol. Height, mm	100.39		
Consol. Void Ratio	0		
Final			
Water Content, %	0.00		
Dry Density, N/m ³	0		
Saturation, %	0.00		
Void Ratio	0		
Normal Stress, kPa	200.58		
Max. Shear Stress, kPa	220.4		
Ult. Shear Stress, kPa	220.4		
Time to Failure, min	20.281		
Disp. Rate, mm/min	0.5		
Measured Specific Gravity	0.00		
Liquid Limit	---		
Plastic Limit	---		
Plasticity Index	---		

Project: BAP1			
Location: K.cekmece			
Project No.: BAP1			
Boring No.:			
Sample Type:			
Description:			
Preparation:			

Şekil A.22: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5. 27: Iri Gevşek numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme 9 .Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	199.9	0.5002	0	0
2	0.02	199.9	0.5002	-0.0804	0.0007994
3	0.04	200	0.5006	0	-0.0007994
4	0.08	200	0.5006	0.0603	0.004796
5	0.17	200	0.501	0	0.003997
6	0.34	200	0.5034	0.0201	0.05036
7	0.5	200	0.5034	0	0.1263
8	1	200	0.5034	0.0603	0.3757
9	2	200	0.5014	0.0402	0.8649
10	3	200	0.5022	0.0402	1.349
11	4	200	0.5082	0.0804	1.852
12	5	199.6	0.5162	40.86	2.307
13	6	199.8	0.5279	93.05	2.753
14	7	199.9	0.5443	125.3	3.237
15	8	200.4	0.5527	142.5	3.725
16	9	200.3	0.5555	154.2	4.232
17	10	200.2	0.5343	165.9	4.732
18	11	200.5	0.507	174.1	5.216
19	12	200.3	0.4922	182.4	5.709
20	13	200.3	0.4569	193	6.191
21	14	200.3	0.4168	198.3	6.682
22	15	200.2	0.4016	206.2	7.166
23	16	200.1	0.3948	218.2	7.661
24	17	200.2	0.372	227.7	8.176
25	18	200.4	0.3379	237.4	8.646
26	19	200.3	0.293	244.2	9.142
27	20	200.4	0.2774	250.5	9.651
28	20.65	200.4	0.2589	253.2	9.991

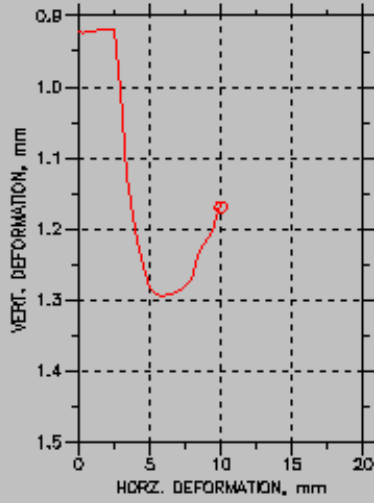
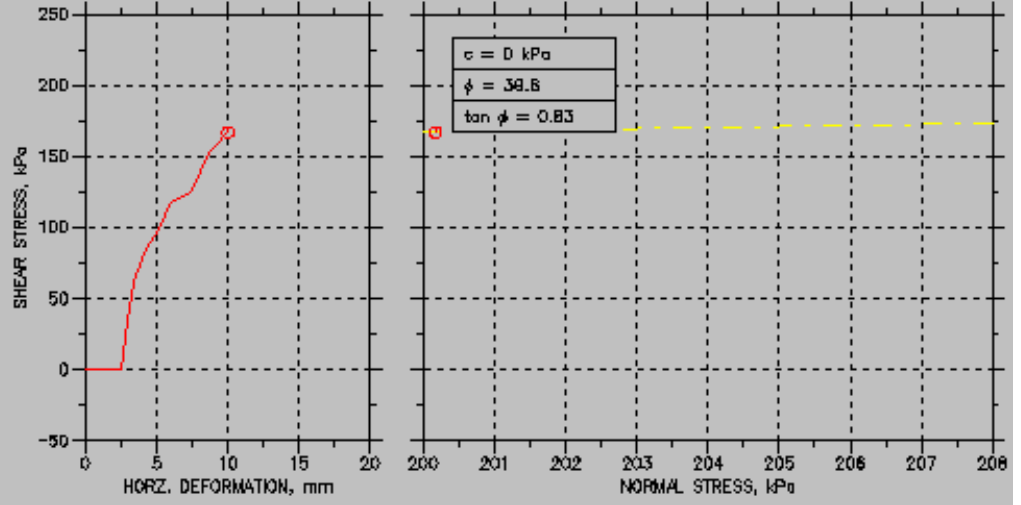


Şekil A.23: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5.28: Iri Gevşek numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme
10.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	199.9	0.9219	0.2211	0
2	0.02	199.9	0.9227	0.1005	0.007994
3	0.04	199.9	0.9235	0.1809	0.01679
4	0.08	199.9	0.9235	0.2613	0.03597
5	0.17	199.9	0.9231	0.201	0.06795
6	0.34	199.9	0.9235	-0.0603	0.1479
7	0.5	199.9	0.9243	0.2211	0.2374
8	1	199.9	0.9235	0.2412	0.482
9	2	200	0.9223	0.1206	0.9712
10	3	200	0.9207	0.3417	1.473
11	4	200	0.9199	0.1407	1.957
12	5	200	0.9195	0.4623	2.459
13	6	198	1.003	34.27	2.926
14	7	198.8	1.125	62.51	3.408
15	8	199.4	1.201	77.49	3.901
16	9	199.8	1.241	88.72	4.404
17	10	199.8	1.283	95.5	4.923
18	11	199.8	1.291	104.3	5.407
19	12	200.2	1.295	115.5	5.92
20	13	200.2	1.293	121	6.393
21	14	200.3	1.289	122.2	6.909
22	15	200	1.284	125.3	7.392
23	16	200	1.271	134.5	7.869
24	17	200.4	1.24	146.2	8.375
25	18	200.1	1.222	154.7	8.857
26	19	200.3	1.204	160.2	9.359
27	20	200.4	1.174	166.6	9.857
28	20.32	200.2	1.169	166.9	10.01

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



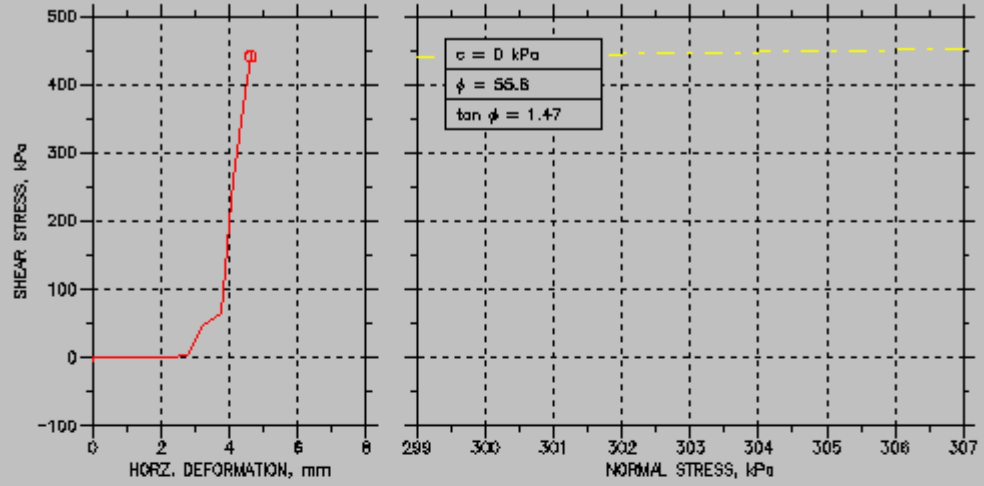
Symbol	Ø			
Test No.	10			
Sample No.	10			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
Consol. Height, mm	100.08			
Consol. Void Ratio	0			
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
Normal Stress, kPa	200.17			
Max. Shear Stress, kPa	166.94			
Ult. Shear Stress, kPa	166.94			
Time to Failure, min	20.318			
Disp. Rate, mm/min	0.5			
Measured Specific Gravity	0.00			
Project: BAP1	Liquid Limit	---		
Location: Kecekmece	Plastic Limit	---		
Project No.: BAP1	Plasticity Index	---		
Boring No.:				
Sample Type:				
Description:				
Remarks:				

Şekil A.24: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5. 29: Iri Gevşek numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme 5.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	299.9	0.7918	-4.141	0
2	0.02	299.9	0.7922	-2.995	0.008012
3	0.04	299.8	0.7922	-1.889	0.01202
4	0.08	299.8	0.7922	-0.1005	0.03045
5	0.17	299.8	0.7926	0.3216	0.0641
6	0.34	299.9	0.7926	0.603	0.1442
7	0.5	299.9	0.7922	0.6432	0.2115
8	1	300	0.793	0.6633	0.3405
9	2	300	0.7856	0.6432	0.8052
10	3	300	0.7826	0.6231	1.314
11	4	300	0.7743	0.5829	1.795
12	5	300	0.7673	0.4623	2.299
13	6	300	0.761	4.764	2.778
14	7	298.4	0.9103	48.58	3.231
15	8	299.1	1.029	64.58	3.727
16	9	299.2	1.119	262.4	4.09
17	10	299.5	1.187	409.4	4.501
18	10.23	299.5	1.202	441.5	4.61

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø			
Test No.	5			
Sample No.	5			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	100.21		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	299.55		
	Max. Shear Stress, kPa	441.51		
	Ult. Shear Stress, kPa	441.51		
	Time to Failure, min	10.232		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		
Descriptions:				
Remarks:				

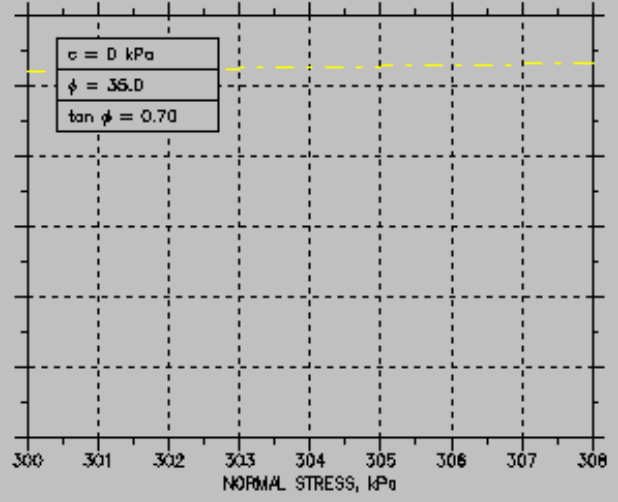
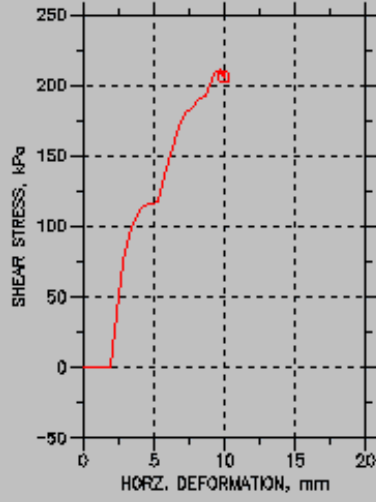
Project:	bap1
Location:	K.cekmece
Project No.:	bap1
Boring No.:	
Sample Type:	
Descriptions:	
Remarks:	

Şekil A.25: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300$ kPa düşey gerilme için

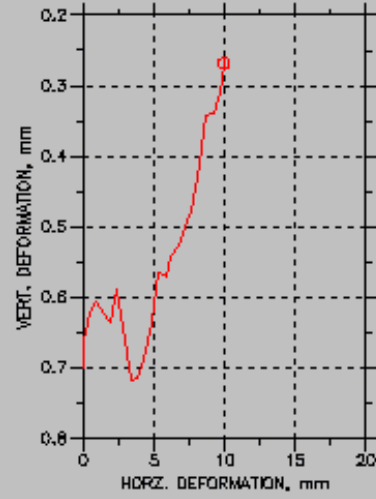
Çizelge 5. 30: Iri Gevşek numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme 9. Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	325.3	0.7011	0.0804	0
2	0.02	313.3	0.6887	0	0.003205
3	0.04	307.8	0.6833	0.0201	0.0008012
4	0.09	298	0.6633	0.0402	0.003205
5	0.17	297.8	0.6566	0.0402	0.03525
6	0.33	302.7	0.6529	0.0402	0.1074
7	0.5	303.8	0.6504	0.0603	0.1827
8	1	305.3	0.6205	0.0402	0.4271
9	2	293.3	0.6076	-0.0402	0.9142
10	3	300.2	0.623	0.0201	1.423
11	4	295.9	0.6342	0	1.92
12	5	286.7	0.5893	38.61	2.359
13	6	282.3	0.6417	75.48	2.837
14	7	298.7	0.719	98.63	3.316
15	8	269.5	0.7149	108.5	3.834
16	9	266.1	0.6878	114.7	4.319
17	10	312	0.6346	116.8	4.82
18	11	306.7	0.5643	116.9	5.319
19	12	313.3	0.5722	141.5	5.803
20	13	305.7	0.5406	151.9	6.232
21	14	304.2	0.5265	170.4	6.713
22	15	305.3	0.5011	180.4	7.213
23	16	306.1	0.4774	183.8	7.694
24	17	307.3	0.4125	190.5	8.203
25	18	314.6	0.3427	192	8.717
26	19	301.7	0.3402	208.7	9.209
27	20	300.6	0.3106	210.7	9.714
28	20.47	286	0.2678	206.2	9.943

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



$c = 0$ kPa
 $\phi = 35.0$
 $\tan \phi = 0.70$



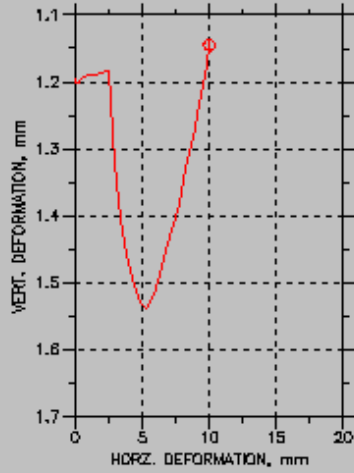
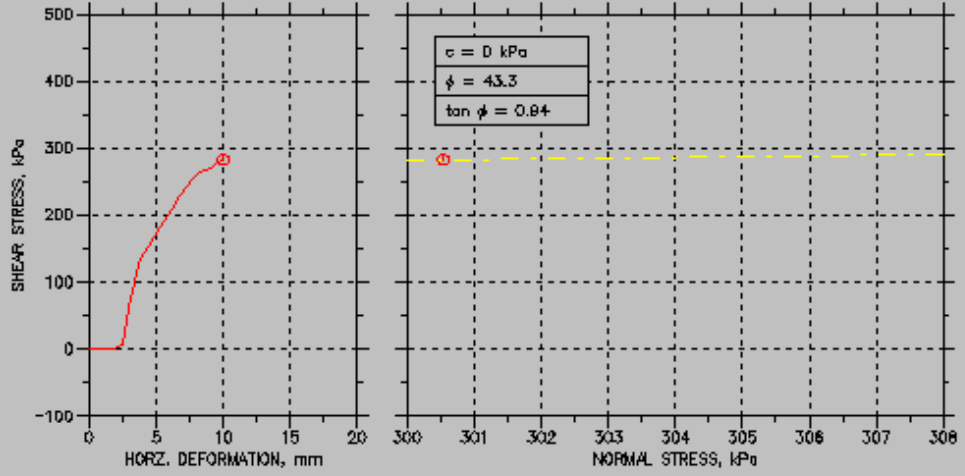
Symbol	Ø			
Test No.	8			
Sample No.	9			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
Void Ratio	0			
Consol. Height, mm	100.31			
Consol. Void Ratio	0			
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
Normal Stress, kPa	300.58			
Max. Shear Stress, kPa	210.69			
Ult. Shear Stress, kPa	206.19			
Time to Failure, min	20.003			
Displ. Rate, mm/min	0.5			
Measured Specific Gravity	0.00			
Liquid Limit	---			
Plastic Limit	---			
Plasticity Index	---			
Descriptions:				
Remarks:				

Şekil A.26: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5. 31: Iri Gevşek numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme10. Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düsey Gerilme (kPa)	Düsey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	300	1.195	-0.0804	0
2	0.02	300	1.196	0.0402	0.0008012
3	0.04	300	1.198	-0.0201	0.005609
4	0.08	300	1.199	0.0201	0.02965
5	0.17	300	1.202	-0.0201	0.06811
6	0.34	300	1.201	-0.0201	0.1378
7	0.5	300	1.2	-0.0201	0.2356
8	1	300	1.195	0.0201	0.488
9	2	300	1.191	0.0201	0.9815
10	3	300	1.189	-0.0402	1.477
11	4	300	1.187	-0.0201	1.975
12	5	299.9	1.185	7.759	2.476
13	6	299	1.323	63.26	2.915
14	7	299.2	1.404	99.6	3.396
15	8	299.3	1.459	135	3.876
16	9	300	1.504	152.4	4.377
17	10	299.8	1.531	167.5	4.867
18	11	300.1	1.538	182.1	5.352
19	12	300.4	1.517	200.2	5.85
20	13	300.3	1.49	212.1	6.313
21	14	300.5	1.449	230.4	6.82
22	15	300.4	1.413	243.7	7.307
23	16	300.6	1.382	254.3	7.795
24	17	300.6	1.33	263.2	8.291
25	18	300.5	1.282	266.9	8.782
26	19	300.6	1.235	272.7	9.29
27	20	300.5	1.175	280.5	9.778
28	20.41	300.5	1.145	282.9	10

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø			
Test No.	10			
Sample No.	10			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	99.808		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	300.53		
	Max. Shear Stress, kPa	282.86		
	Ult. Shear Stress, kPa	282.86		
	Time to Failure, min	20.411		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		
Description:				
Remarks:				

Project: bap1

Location: K.cakmece

Project No.: bap1

Boring No.:

Sample Type:

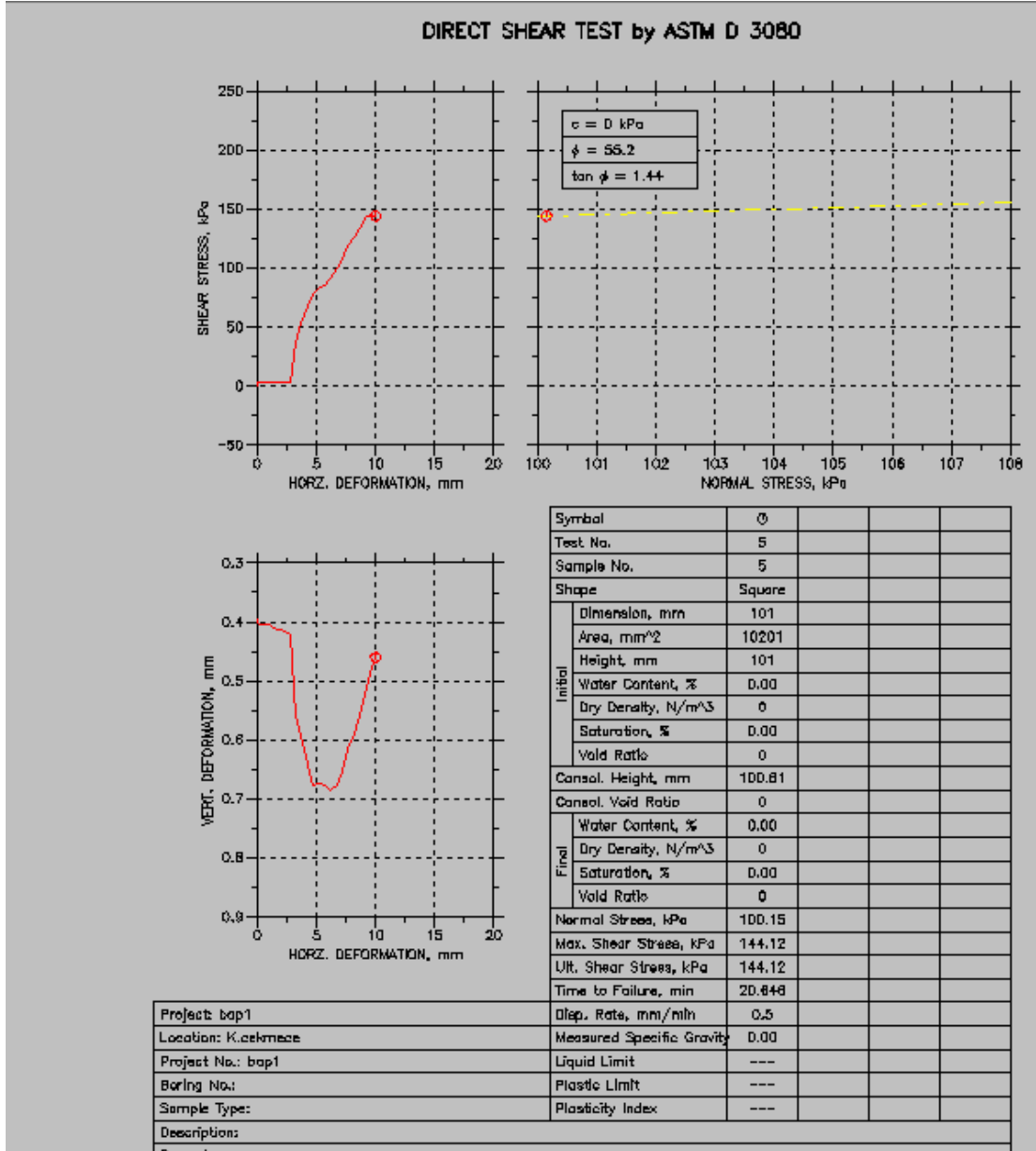
Description:

Remarks:

Şekil A.27: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5. 32: Iri Konsolidasyon numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme 5.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düsey Gerilme (kPa)	Düsey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	100	0.3955	-0.0804	0
2	0.02	99.97	0.3955	1.407	0.01122
3	0.04	99.98	0.3967	2.191	0.01602
4	0.08	99.92	0.4005	2.633	0.04247
5	0.17	99.94	0.4021	2.633	0.07692
6	0.34	99.94	0.4038	2.593	0.1554
7	0.5	99.93	0.4038	2.633	0.2484
8	1	99.93	0.4038	2.693	0.4856
9	2	99.93	0.4046	2.693	0.9775
10	3	99.93	0.4092	2.693	1.329
11	4	99.94	0.4129	2.633	1.811
12	5	99.97	0.4171	2.714	2.306
13	6	99.94	0.4225	2.915	2.81
14	7	99.02	0.5602	36.4	3.239
15	8	99.42	0.593	53.03	3.729
16	9	99.58	0.6421	68.22	4.213
17	10	100	0.6766	78.29	4.735
18	11	100.1	0.6749	83.78	5.234
19	12	99.97	0.677	85.21	5.711
20	13	100.1	0.6845	91.62	6.22
21	14	100.2	0.6783	100.2	6.706
22	15	100.3	0.655	107.6	7.186
23	16	100.4	0.6146	119.4	7.679
24	17	100.4	0.5876	126.4	8.162
25	18	100.4	0.5585	133.6	8.689
26	19	100.4	0.5119	143.4	9.172
27	20	100.4	0.4774	144.1	9.679
28	20.65	100.1	0.4599	144.1	9.992



Şekil A.28: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100$ kPa düşey gerilme için

Çizelge 5. 33: Iri Konsolidasyon numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme 9.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	100	0.2449	-1.246	0
2	0.02	100	0.2458	-0.0201	0.01122
3	0.04	100	0.2479	-1.186	0.01522
4	0.08	100	0.2516	-1.307	0.04407
5	0.17	99.7	0.2516	-1.186	0.08814
6	0.34	99.98	0.2533	-1.266	0.1514
7	0.5	99.98	0.2541	-1.186	0.25
8	1	100	0.252	0.3216	0.4896
9	2	100	0.2503	0.1608	0.9791
10	3	100	0.2483	0.0201	1.478
11	4	100.1	0.2462	0.3015	1.969
12	5	100.1	0.2458	0.3819	2.455
13	6	99.77	0.2549	19.58	2.917
14	7	99.83	0.2961	48.14	3.397
15	8	99.98	0.2965	57.71	3.893
16	9	100.2	0.2853	68.86	4.384
17	10	100.3	0.2607	77.43	4.887
18	11	100.6	0.2308	84.3	5.395
19	12	100.4	0.2	95.5	5.867
20	13	100.4	0.1576	87.54	6.372
21	14	100.7	0.1023	100.7	6.859
22	15	100.8	0.06737	116.3	7.351
23	16	100.6	0.009565	124.7	7.841
24	17	100.6	-0.06113	108.8	8.331
25	18	100.6	-0.1202	139.2	8.846
26	19	100.8	-0.1934	127.3	9.322
27	20	107	-0.2325	138.9	9.723
28	21	107	-0.2325	138.9	9.723
29	22	107	-0.2325	138.9	9.723
30	23	107	-0.2325	138.9	9.723
31	24	110.4	-0.24	160.1	9.854
32	25	110.4	-0.24	160.1	9.854
33	26	110.4	-0.24	160.1	9.854
34	27	110.4	-0.24	160.1	9.854
35	28	110.4	-0.24	160.1	9.854
36	29	110.4	-0.24	160.1	9.854

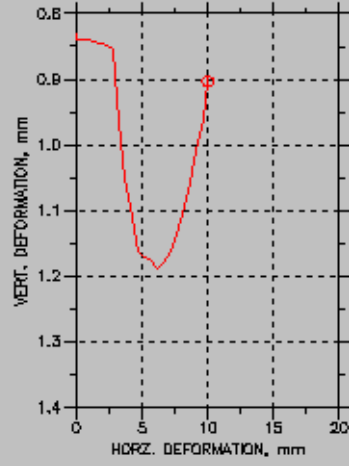
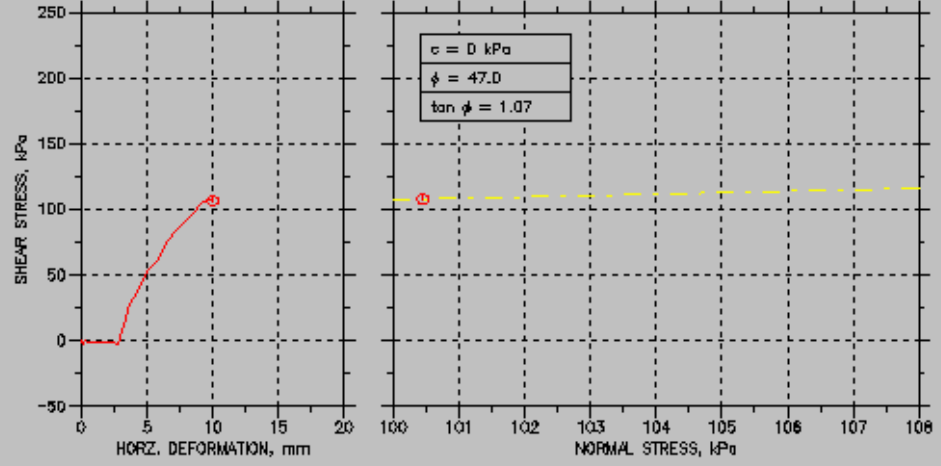
Çizelge 5. 34: Iri Konsolidasyon numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme
9.Deneyi-Devam

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değiştirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değiştirme (mm)
37	30	110.4	-0.24	160.1	9.854
38	31	110.4	-0.24	160.1	9.854
39	32	110.4	-0.24	160.1	9.854
40	33	110.4	-0.24	160.1	9.854
41	34	110.4	-0.24	160.1	9.854
42	35	110.4	-0.24	160.1	9.854
43	36	110.4	-0.24	160.1	9.854
44	37	110.4	-0.24	160.1	9.854
45	38	110.4	-0.24	160.1	9.854
46	39	110.4	-0.24	160.1	9.854
47	40	110.4	-0.24	160.1	9.854
48	41	110.4	-0.24	160.1	9.854
49	42	110.4	-0.24	160.1	9.854
50	43	110.4	-0.24	160.1	9.854
51	44	110.4	-0.24	160.1	9.854
52	45	110.4	-0.24	160.1	9.854
53	46	110.4	-0.24	160.1	9.854
54	46.36	110.5	-0.2429	151.1	9.891

Çizelge 5.35 : Iri Konsolidasyon numune için 100 kPa gerilme altında Direk Kesme
10. Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 100 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	99.98	0.8313	-0.5427	0
2	0.02	99.97	0.8326	-0.4824	0.004807
3	0.04	99.97	0.8346	-0.5427	0.009615
4	0.08	99.96	0.8363	-0.6432	0.04327
5	0.17	99.98	0.8384	-1.97	0.07692
6	0.34	99.94	0.8396	-2.291	0.1594
7	0.5	99.94	0.84	-0.2613	0.2476
8	1	99.94	0.8409	-1.869	0.4944
9	2	99.97	0.8409	-0.6834	0.8565
10	3	99.96	0.8421	-0.7035	1.294
11	4	99.97	0.8459	-0.5226	1.786
12	5	100	0.8475	-0.7236	2.284
13	6	99.55	0.8554	-2.211	2.79
14	7	99.04	0.9648	11.56	3.236
15	8	99.29	1.051	27.66	3.718
16	9	99.63	1.11	36.7	4.213
17	10	99.61	1.161	45.27	4.718
18	11	99.83	1.172	54.21	5.197
19	12	99.55	1.177	60.42	5.691
20	13	100.3	1.19	67.3	6.175
21	14	100.2	1.179	76.99	6.664
22	15	100.4	1.162	84.16	7.153
23	16	100.3	1.136	88.38	7.638
24	17	100.4	1.096	93.75	8.149
25	18	100.4	1.057	99	8.637
26	19	100.6	1.01	105	9.141
27	20	100.4	0.959	107.9	9.646
28	20.71	100.6	0.9032	106.5	10

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



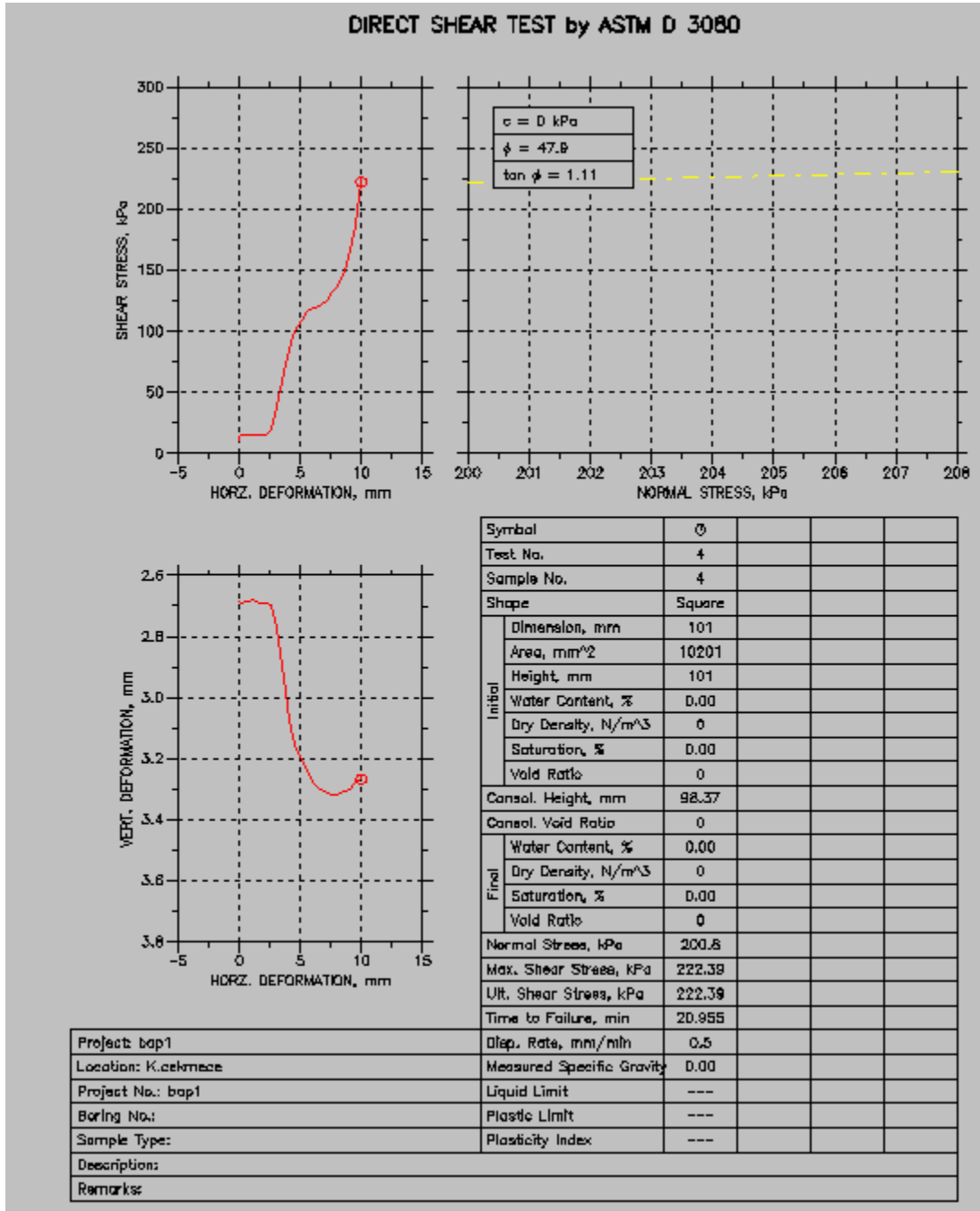
Symbol	Ø		
Test No.	10		
Sample No.	10		
Shape	Square		
Initial	Dimension, mm	101	
	Area, mm ²	10201	
	Height, mm	101	
	Water Content, %	0.00	
	Dry Density, N/m ³	0	
	Saturation, %	0.00	
	Void Ratio	0	
	Consol. Height, mm	100.17	
	Consol. Void Ratio	0	
Final	Water Content, %	0.00	
	Dry Density, N/m ³	0	
	Saturation, %	0.00	
	Void Ratio	0	
	Normal Stress, kPa	100.44	
	Max. Shear Stress, kPa	107.88	
	Ult. Shear Stress, kPa	106.51	
	Time to Failure, min	20	
	Disp. Rate, mm/min	0.5	
	Measured Specific Gravity	0.00	
	Liquid Limit	---	
	Plastic Limit	---	
	Plasticity Index	---	
Descriptions:			
Remarks:			

Project:	bap1
Location:	K.cekmece
Project No.:	bap1
Boring No.:	
Sample Type:	
Descriptions:	
Remarks:	

Şekil A.30: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 100\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.36: Iri Konsolidasyon numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme 5.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	200	2.687	10.65	0
2	0.02	200	2.687	10.75	0.0008012
3	0.04	200	2.687	10.71	0.0008012
4	0.08	200	2.687	10.75	0.0008012
5	0.17	200	2.687	10.79	0
6	0.34	200	2.687	10.85	-0.004807
7	0.5	200	2.687	11.82	0.002404
8	1	200	2.689	15.5	0.1731
9	2	200.1	2.683	15.44	0.665
10	3	200.1	2.682	15.42	1.169
11	4	199.6	2.689	15.34	1.672
12	5	200.1	2.693	15.16	2.157
13	6	199.6	2.694	19.08	2.667
14	7	199.2	2.776	37.77	3.133
15	8	198.3	2.936	66.77	3.615
16	9	199.1	3.072	85.13	4.097
17	10	199.2	3.152	99.42	4.588
18	11	199.5	3.199	108.7	5.085
19	12	199.5	3.237	115.5	5.576
20	13	199.8	3.282	119.2	6.101
21	14	199.9	3.299	121.3	6.594
22	15	199.9	3.311	125	7.113
23	16	199.9	3.32	131.8	7.593
24	17	200.1	3.318	137.1	8.11
25	18	200.1	3.308	150.6	8.58
26	19	200.3	3.3	166.4	9.061
27	20	199.3	3.279	186.9	9.56
28	20.95	200.8	3.268	222.4	9.993

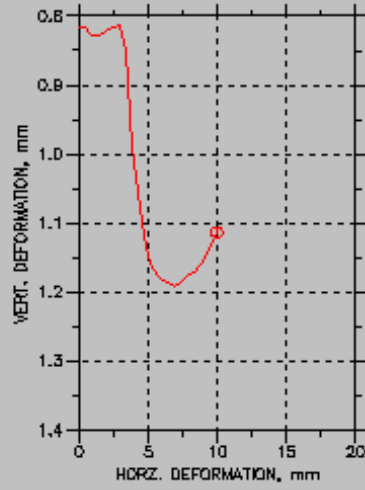
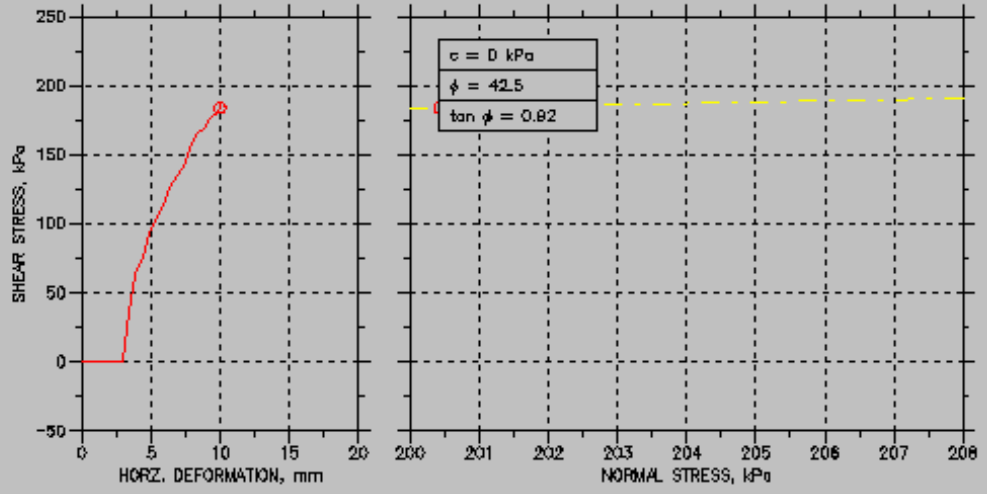


Şekil A.31: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200 \text{ kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.37: Iri Konsolidasyon numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme 9.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	200	0.8167	0	0
2	0.02	200	0.8172	-0.0201	0.004807
3	0.04	200	0.8167	0	0.004006
4	0.08	200	0.8167	-0.0402	0.009615
5	0.17	200	0.8172	0.0402	0.04006
6	0.34	200	0.8167	-0.0201	0.1178
7	0.5	200	0.8163	0	0.2043
8	1	200.1	0.8151	-0.0201	0.4391
9	2	200	0.8267	0.0402	0.9375
10	3	200	0.8284	0.0402	1.425
11	4	200.1	0.8222	-0.0402	1.932
12	5	200.1	0.8176	0	2.43
13	6	200	0.8147	0.2412	2.917
14	7	198.8	0.8529	35.08	3.364
15	8	197.7	0.9897	63	3.849
16	9	199.3	1.076	76.14	4.344
17	10	199.6	1.137	92.22	4.843
18	11	199.9	1.164	103.5	5.332
19	12	199.9	1.179	112.7	5.841
20	13	200.3	1.186	126.1	6.332
21	14	200.2	1.191	134.8	6.828
22	15	199.8	1.186	141.1	7.322
23	16	200.1	1.178	154.5	7.806
24	17	200.8	1.171	165.2	8.294
25	18	199.8	1.16	169.1	8.779
26	19	200.1	1.144	176.4	9.283
27	20	200.3	1.12	180.9	9.775
28	20.38	200.4	1.114	183.8	9.974

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø		
Test No.	9		
Sample No.	9		
Shape	Square		
Initial	Dimension, mm	101	
	Area, mm ²	10201	
	Height, mm	101	
	Water Content, %	0.00	
	Dry Density, N/m ³	0	
	Saturation, %	0.00	
	Void Ratio	0	
	Consol. Height, mm	100.18	
	Consol. Void Ratio	0	
Final	Water Content, %	0.00	
	Dry Density, N/m ³	0	
	Saturation, %	0.00	
	Void Ratio	0	
	Normal Stress, kPa	200.43	
	Max. Shear Stress, kPa	183.84	
	Ult. Shear Stress, kPa	183.84	
	Time to Failure, min	20.378	
	Disp. Rate, mm/min	0.5	
	Measured Specific Gravity	0.00	
	Liquid Limit	---	
	Plastic Limit	---	
	Plasticity Index	---	

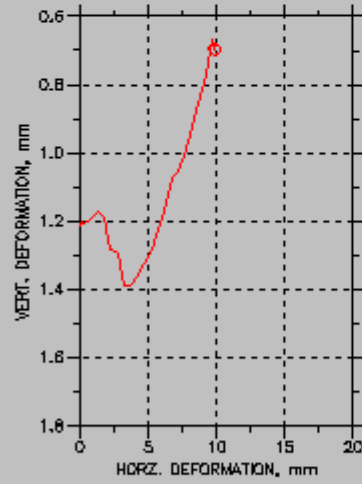
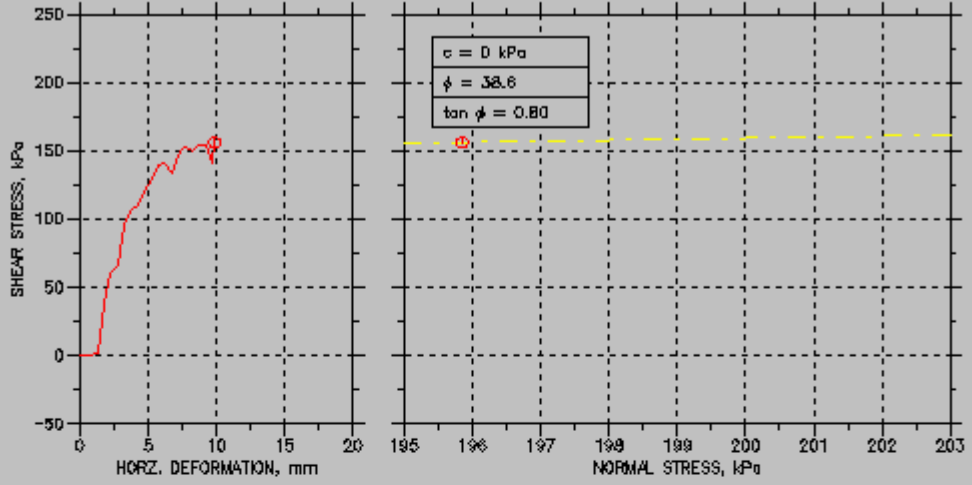
Project:	bap1
Location:	K.cakmese
Project No.:	bap1
Boring No.:	
Sample Type:	
Descriptions:	
Remarks:	

Şekil A.32: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.38: Iri Konsolidasyon numune için 200 kPa gerilme altında Direk Kesme 10.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 200 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	207.6	1.213	0.0603	0
2	0.02	203.3	1.211	0.0402	0.007211
3	0.04	208.4	1.211	0.0804	0.01042
4	0.08	206.5	1.206	0.0201	0.04247
5	0.17	204.2	1.206	0.1005	0.09775
6	0.34	201.8	1.207	0	0.1651
7	0.5	211.7	1.199	-0.0201	0.2003
8	1	203	1.205	0.0201	0.3349
9	2	197.5	1.196	-0.0201	0.8101
10	3	194.8	1.17	2.372	1.308
11	4	199.8	1.191	38.41	1.751
12	5	196.6	1.285	60.42	2.24
13	6	188.4	1.292	66.87	2.738
14	7	201.8	1.389	95.72	3.215
15	8	195.3	1.391	105.7	3.712
16	9	201	1.362	109.9	4.212
17	10	185.4	1.326	119.8	4.72
18	11	203.7	1.282	129.2	5.222
19	12	214.2	1.225	139.1	5.714
20	13	200.5	1.174	141.6	6.21
21	14	191.2	1.074	133.5	6.718
22	15	196.3	1.052	147	7.196
23	16	194.3	1.009	152.6	7.691
24	17	205.5	0.924	149.1	8.195
25	18	198.7	0.8579	153.6	8.676
26	19	199.3	0.776	153.9	9.201
27	20	198.5	0.667	141.6	9.707
28	20.3	195.8	0.697	156.2	9.855

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



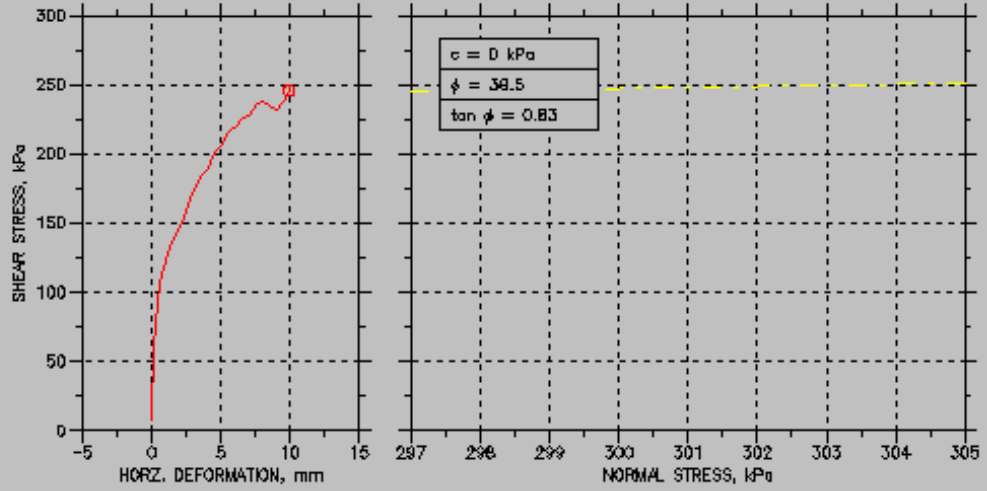
Symbol	Ø			
Test No.	10			
Sample No.	10			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	99.75		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	195.85		
	Max. Shear Stress, kPa	156.22		
	Ult. Shear Stress, kPa	156.22		
	Time to Failure, min	20.297		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
Project: bap1	Liquid Limit	---		
Location: K.cekmece	Plastic Limit	---		
Project No.: bap1	Plasticity Index	---		
Boring No.:				
Sample Type:				
Descriptions:				
Remarks:				

Şekil A. 33: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 200\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.39: Iri Konsolidasyon numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme 5.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	303.7	1.447	7.297	0
2	0.02	294.4	1.446	7.256	-0.0008012
3	0.04	291	1.446	7.276	-0.002404
4	0.08	301.5	1.447	7.297	0.0008012
5	0.17	300.2	1.446	7.256	-0.002404
6	0.34	299.1	1.445	7.518	-0.004807
7	0.5	294.1	1.447	8.06	0.004006
8	1	296.5	1.464	61.13	0.1691
9	2	287.6	1.569	107.9	0.637
10	3	295	1.67	127.7	1.133
11	4	297.1	1.715	139.6	1.631
12	5	299.3	1.755	150	2.131
13	6	298	1.771	163.2	2.603
14	7	304.7	1.778	175	3.101
15	8	295.2	1.792	185.9	3.594
16	9	300.9	1.797	189	4.101
17	10	296.3	1.823	201.1	4.603
18	11	298.6	1.841	206.6	5.104
19	12	304.4	1.839	216.5	5.601
20	13	299.6	1.828	219.8	6.098
21	14	302.8	1.824	226.3	6.592
22	15	300.1	1.832	227.2	7.084
23	16	302.2	1.827	235.9	7.593
24	17	299.4	1.812	238.4	8.077
25	18	297	1.805	233.6	8.576
26	19	298.4	1.794	232	9.084
27	20	297.7	1.774	237.3	9.57
28	20.64	297.7	1.761	245.6	9.895

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



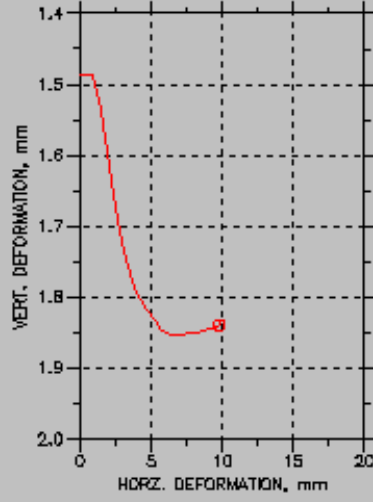
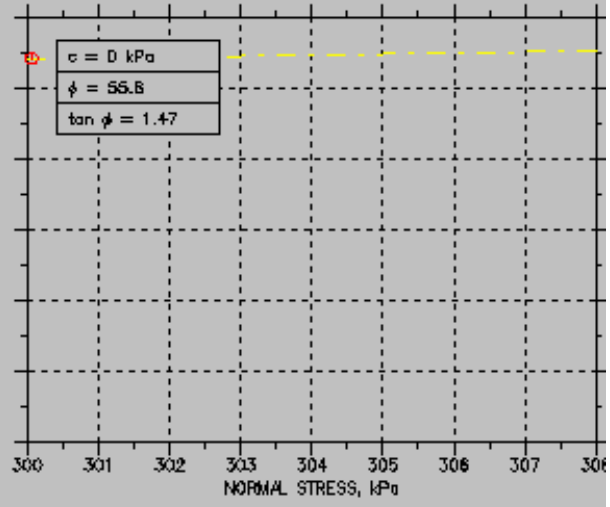
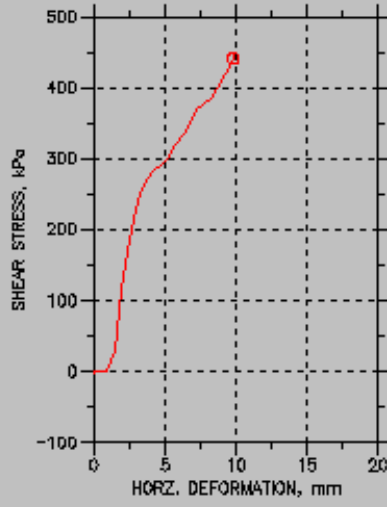
Symbol	Ø		
Test No.	5		
Sample No.	5		
Shape	Square		
Initial	Dimension, mm	101	
	Area, mm ²	10201	
	Height, mm	101	
	Water Content, %	0.00	
	Dry Density, N/m ³	0	
	Saturation, %	0.00	
Void Ratio	0		
Consol. Height, mm	99.553		
Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00	
	Dry Density, N/m ³	0	
	Saturation, %	0.00	
	Void Ratio	0	
Normal Stress, kPa	297.87		
Max. Shear Stress, kPa	245.63		
Ult. Shear Stress, kPa	245.63		
Time to Failure, min	20.637		
Disp. Rate, mm/min	0.5		
Measured Specific Gravity	0.00		
Project No.: bap1	Liquid Limit	---	
Boring No.:	Plastic Limit	---	
Sample Type:	Plasticity Index	---	
Description:			
Remarks:			

Şekil A.34: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.40: Iri Konsolidasyon numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme 9.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7 ⁰		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	300	1.485	-0.8241	0
2	0.02	300	1.486	-0.7839	0.005609
3	0.04	300	1.487	-0.6834	0.02243
4	0.09	300	1.488	-1.146	0.03205
5	0.17	300	1.488	-0.7236	0.07692
6	0.33	300	1.488	-0.7638	0.1667
7	0.5	300	1.488	-0.5025	0.246
8	1	300	1.488	-0.4221	0.3365
9	2	300	1.488	-0.0603	0.4936
10	3	300	1.488	0.0804	0.9535
11	4	299.8	1.535	30.55	1.421
12	5	299.2	1.596	113.7	1.852
13	6	298.9	1.656	171.7	2.316
14	7	299.8	1.705	215	2.791
15	8	299.7	1.747	248.5	3.267
16	9	300	1.785	273.3	3.772
17	10	299.9	1.805	285.9	4.267
18	11	299.9	1.819	290.5	4.752
19	12	299.8	1.834	301.2	5.263
20	13	299.9	1.848	319.9	5.753
21	14	300	1.853	334.8	6.25
22	15	300.1	1.854	349.3	6.723
23	16	300	1.853	368.9	7.215
24	17	299.9	1.85	376.8	7.704
25	18	300	1.849	383.4	8.209
26	19	300	1.848	398.7	8.698
27	20	300.1	1.845	418.7	9.2
28	21	300.1	1.841	435.2	9.698
29	21.18	300.1	1.84	441.4	9.774

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø		
Test No.	9		
Sample No.	9		
Shape	Square		
Dimension, mm	101		
Area, mm ²	10201		
Height, mm	101		
Water Content, %	0.00		
Dry Density, N/m ³	0		
Saturation, %	0.00		
Void Ratio	0		
Consol. Height, mm	99.515		
Consol. Void Ratio	0		
Water Content, %	0.00		
Dry Density, N/m ³	0		
Saturation, %	0.00		
Void Ratio	0		
Normal Stress, kPa	300.08		
Max. Shear Stress, kPa	441.45		
Ult. Shear Stress, kPa	441.45		
Time to Failure, min	21.181		
Disp. Rate, mm/min	0.5		
Measured Specific Gravity	0.00		
Liquid Limit	---		
Plastic Limit	---		
Plasticity Index	---		

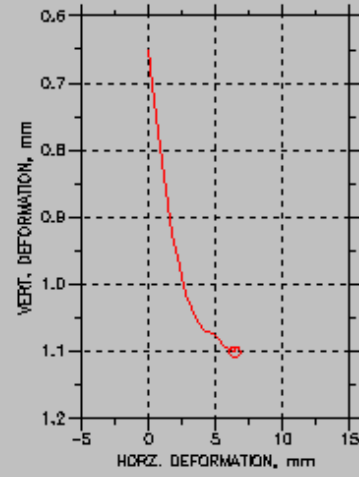
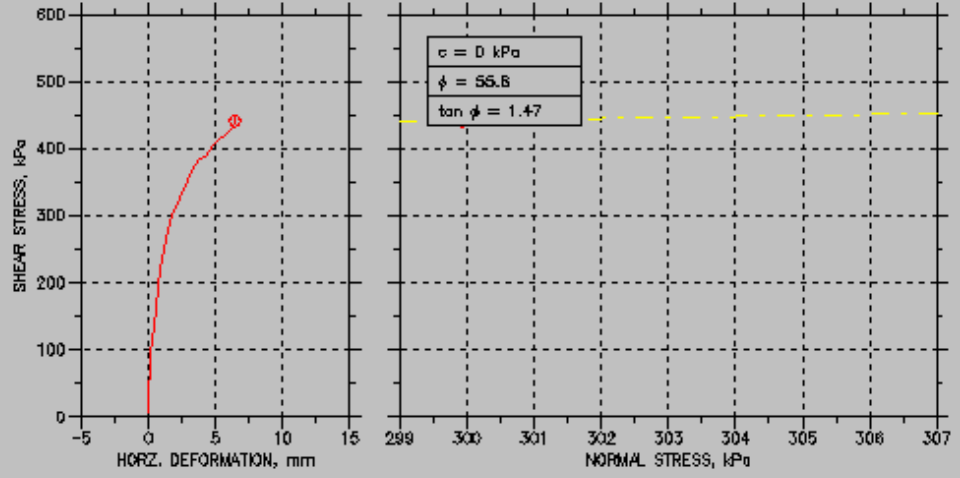
Project: bap1			
Location: K.cakmece			
Project No.: bap1			
Boring No.:			
Sample Type:			
Description:			
Remarks:			

Şekil A.35: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için

Çizelge 5.41: İri Konsolidasyon numune için 300 kPa gerilme altında Direk Kesme 10.Deneyi

İçsel Sürtünme Açısı (ϕ)=48.7°		Kohezyon (C)= 0 (kPa)		Normal Gerilim (σ)= 300 (kPa)	
No	Deney Süresi (dk)	Düşey Gerilme (kPa)	Düşey Yer Değişirme (mm)	Yatay Gerilme (kPa)	Yatay Yer Değişirme (mm)
1	0	300	0.6525	5.528	0
2	0.02	300	0.6525	6.794	-0.004807
3	0.04	300	0.6546	9.829	0.0008012
4	0.08	300	0.6562	19.26	0.01042
5	0.17	299.6	0.6571	38.61	0.04247
6	0.34	299.2	0.665	71.12	0.09775
7	0.5	299.4	0.6787	94.13	0.1659
8	1	299.8	0.7244	136	0.4014
9	2	299.7	0.7939	220.9	0.8429
10	3	299.1	0.8587	266.1	1.319
11	4	299.4	0.9232	298.8	1.792
12	5	299.7	0.9731	326.4	2.28
13	6	299.9	1.014	344.5	2.782
14	7	299.9	1.035	367.7	3.27
15	8	299.7	1.058	384.7	3.763
16	9	300	1.071	389.2	4.276
17	10	299.9	1.073	405.1	4.76
18	11	299.9	1.082	415.5	5.266
19	12	299.8	1.094	419.3	5.76
20	13	299.9	1.1	431	6.254
21	13.41	299.9	1.101	441.3	6.442

DIRECT SHEAR TEST by ASTM D 3080



Symbol	Ø			
Test No.	10			
Sample No.	10			
Shape	Square			
Initial	Dimension, mm	101		
	Area, mm ²	10201		
	Height, mm	101		
	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Consol. Height, mm	100.35		
	Consol. Void Ratio	0		
Final	Water Content, %	0.00		
	Dry Density, N/m ³	0		
	Saturation, %	0.00		
	Void Ratio	0		
	Normal Stress, kPa	299.92		
	Max. Shear Stress, kPa	441.27		
	Ult. Shear Stress, kPa	441.27		
	Time to Failure, min	13.408		
	Disp. Rate, mm/min	0.5		
	Measured Specific Gravity	0.00		
	Liquid Limit	---		
	Plastic Limit	---		
	Plasticity Index	---		
Project	bap1			
Location	K.cakmece			
Project No.	bap1			
Boring No.				
Sample Type:				
Description:				
Remarks:				

Şekil A.36: ASTM D 3080 Direk Kesme Deneyi $\sigma_1 = 300\text{kPa}$ düşey gerilme için

6. ÖZGEÇMİŞ



Ad Soyad : Sayed Mansoor ZAFAR
Doğum yeri ve Tarihi : Afghanistan / 04.04.1991
E-posta : smansoorzafar@aydin.edu.tr
zafermansoor8885@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU

Lisans : 2012, Kabil Üniversitesi/ İnşaat Mühendisliği

