131



ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

Mehmet SÖYLEMEZ

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

KİLLİ ZEMİNLERDE KAYMA DÜZLEMLERİ BOYUNCA OLUŞAN DOKUSAL (FABRİK) DEĞİŞİMLER

119950

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

119950

ADANA, 2002

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİLLİ ZEMİNLERDE KAYMA DÜZLEMLERİ BOYUNCA OLUŞAN DOKUSAL (FABRİK) DEĞİŞİMLER

Mehmet SÖYLEMEZ

DOKTORA TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Bu Tez 25/10/2002 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği/Oyçokluğu İle Kabul Edilmiştir.

İmza
Doç. Dr. Hasan ÇETİN
DANIŞMAN

İmza
Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ
ÜYE

İmza
Prof.Dr. Reşat ULUSAY
ÜYE

İmza
Doç. Dr. Mustafa LAMAN
ÜYE

İmza
Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ
ÜYE

Bu Tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Hazırlanmıştır.

Kod No: 701

Prof. Dr. Fikri AKDENİZ
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: FBE.2002.D.47

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

ÖZ
DOKTORA TEZİ

KİLLİ ZEMİNLERDE KAYMA DÜZLEMLERİ BOYUNCA OLUŞAN DOKUSAL (FABRİK) DEĞİŞİMLER

Mehmet SÖYLEMEZ

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİMDALI

Danışman : Doç.Dr. Hasan ÇETİN
Yıl: 2002, Sayfa: 87
Jüri : Doç.Dr. Hasan ÇETİN (Başkan)
: Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ (Üye)
: Prof.Dr. Reşat ULUSAY (Üye)
: Doç.Dr.Mustafa LAMAN (Üye)
: Doç.Dr. Şaziye BOZDAĞ (Üye)

Doktora tezi olarak hazırlanan bu çalışmanın amacı, zeminlerde maksimum asal gerilme altında kayma düzlemleri boyunca oluşan dokusal değişiklikleri araştırmaktır. Kayma düzlemleri arazide fay, heyelan veya herhangi bir mühendislik yapısından dolayı temel zeminde meydana gelen yenilme düzlemleri olarak karşımıza çıkabilir. Çalışmada özel olarak hazırlanmış zemin örnekleri üzerinde sabit bir normal yük altında, ancak farklı kesme hızlarında ve deformasyonlarında yapılan kesme kutusu deneyleri sonucu oluşan zemin dokusu (fabrik) değişimleri ve bu farklı zemin dokularıyla maksimum asal gerilme arasındaki ilişkiler (maksimum asal gerilmenin yönü, büyüklüğü) incelenmiştir.

Bunun için önce laboratuvar ortamında, 0,021 kgf/cm^2 ön konsolidasyon basıncı altında 1/3 oranında mika kumu ve kil karışımından oluşmuş bir yapay blok zemin numunesi elde edilmiştir. Bu blok zeminden kesme kutusu deneyleri için uygun örnekler elde edilerek sabit bir normal yük altında farklı kesme deformasyonlarında suya doygun 10 adet konsolidasyonlu-drenajsız (CU), 10 adet de konsolidasyonlu-drenajlı (CD) kesme kutusu deneyi yapılmış, farklı deformasyonlarda farklı zemin dokuları oluşturulmuştur.

Killi zemin örneklerinden doku analizleri için ince kesitler hazırlanmış, bu ince kesitler bilgisayar ortamında ve polarizan mikroskopta büyütülerek incelenmiştir. Her farklı kesme deformasyonu sonunda mika, boşluk ve yönlenme özelliği gösteren diğer zemin bileşenlerinin uzun eksenlerinin yatay ile yaptıkları dar açılar ölçülmüş, uygun durumlarda bu zemin dokularının fotoğrafları alınmıştır.

Zemin taneleri (çoğunluğu mika) ve boşluk yönlenme ölçümlerinden elde edilen açılar gül diyagramlarıyla değerlendirilerek, her kesme deformasyonu sonunda zemin dokusundaki değişikliği meydana getiren maksimum asal gerilmenin yönlenme üzerindeki etkisi saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: İnce Kesit, Kesme deformasyonu, Yönlenme, Zemin dokusu

ABSTRACT
Ph.D. THESIS

STRUCTURAL (FABRIC) CHANGES ALONG SHEAR PLANES IN CLAYEY SOILS

Mehmet SÖYLEMEZ

DEPARTMENT OF GEOLOGICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Hasan ÇETİN
Year: 2002, Pages: 87
Jury : Assoc. Prof. Dr. Hasan ÇETİN (Head)
: Prof. Dr. Aziz ERTUNÇ (Member)
: Prof. Dr. Reşat ULUSAY (Member)
: Assoc. Prof. Dr. Mustafa LAMAN (Member)
: Assoc. Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ (Member)

The purpose of this study is to investigate structural (fabric) changes occurring along shear planes under the maximum principal stresses. In the field, shear planes can be encountered as fault and landslide failure planes as well as failure planes in foundation soils caused by excessive loading due to an engineering structure. In this study, the relationship between the soil structure changes and the maximum principal stress (direction and magnitude) was studied by means of direct shear tests with different shear-rates and strains on artificially prepared soil samples under a constant normal pressure.

An artificial soil block sample was prepared by using a natural clay soil mixed with muscovite sands at 1/3 proportion, and preconsolidated under 0.02 kgf/cm^2. 10 consolidated-undrained (CU) and 10 consolidated-drained (CD) direct shear tests were performed on subsamples obtained from the block sample under different shear-rates and strains, and a constant normal pressure in order to form soil structures of different shear strains.

Thin-sections prepared from the samples sheared at different shear-rates and strains were investigated first under polarized microscope then on computer using appropriate programs. Orientations of particles (mainly muscovite), pores and other constituents under the different strains were measured with respect to the horizontal, and representative photographs were taken for the conditions examined.

The measurements of soil particle (mainly mica) and pore orientations were presented using rose diagrams and the effects of the maximum principal stress on the soil structures formed at different shear strains were determined.

Key words: Soil fabric, Shear strain, Thin-section, Orientation

TEŞEKKÜR

Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında yapmış olduğum doktora çalışmamda, ders aşamasından bu konunun tespit edilmesine ve tez basım aşamasına kadar, bilgi, tecrübe, özeleştiri ve önerileri ile beni yönlendirip destekleyen danışman hocam sayın Doç.Dr. Hasan ÇETİN'e teşekkürü bir borç bilirim.

Danışman hocam sayın Doç.Dr. Hasan ÇETİN ile çalışmamı bana öneren ve bu önerisi ile bilimsel çalışmalardaki ileri görüşlülüğünü bir kez daha ispatlayan saygı değer hocam sayın Prof.Dr. Aziz ERTUNÇ'a, İnşaat Mühendisliği Zemin Mekaniği Labaratuvarını tüm aletleriyle çalışmalarım için kullanımıma izin veren İnşaat Mühendisliği Geoteknik Anabilim Dalı başkanı sayın Doç.Dr. Mustafa LAMAN'a, İnce kesitlerdeki yönlenmelerin bilgisayar ortamında değerlendirilmesi fikrini veren sayın Doç.Dr. Kemal GÜRBÜZ'e, sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca tez yazım işleri için bilgisayarını bana ödünç veren jeoloji mühendisi Esra ÖLMEZ'e ve araştırma görevlileri arkadaşlarımdan Osman GÜNAYDIN'a, Hakan GÜNEYLİ'ye, İbrahim ÇOBANOĞLU'na ayrı ayrı teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER **SAYFA NO**

ÖZ.....I
ABSTRACT.....II
TEŞEKKÜR.....III
ÇİZELGELER DİZİNİ.....VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....VII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....XI
1. GİRİŞ.....1
1.1. Zemin Tanım.....2
1.2. Zemin Yapı ve Dokusu.....6
1.2.1. Taneli Zeminlerde Doku.....7
1.2.2. Kohezyonlu Zeminlerde Doku.....9
1.2.3. Yönlenme (Oryantasyon).....15
1.3. Doku İle Zeminlerin Mühendislik Özellikleri Arasındaki İlişkiler.....15
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....18
3. MATERYAL VE METOT.....23
3.1. Materyal.....23
3.1.1 Kesme Kutusu Aleti.....23
3.1.1.1 Yükleme Üniteleri.....24
3.1.1.2. Kesme Kutusu Hücresi.....24
3.1.1.3. Mikrometreler.....24
3.1.2. Zemin Örneği.....24
3.2. Metot.....25
3.2.1. Kesme Kutusu Deneyinin Teorisi.....25
3.2.2. Kesme Kutusu Deneyi İçin Zemin Örneğinin Hazırlanması.....26
3.2.3. İnce Kesitlerin Hazırlanması.....29
3.2.3.1. Zemin Örneğinin Suyunun Alınması.....29
3.2.3.2. Örneğin Sertleştirilmesi.....29
3.2.3.3. Sertleşmiş Örneğin İnceltilmesi.....30
3.2.3.4.Sertleşmiş Örneğin Parlatılması.....30
3.2.4. Hazırlanan İnce Kesitlerin Dokularının Belirlenmesi.....30

4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....32
4.1. Hazırlanan Zeminin İndeks Özellikleri.....32
4.2. Kesme Kutusu Deney Aletinin Kalibrasyonu.....36
4.3. Zemin Örneklerinde Kayma Düzlemlerinin Oluşturulması.....38
4.4. Farklı Miktarlarda Kesilen Zemin Örneklerinin
Deplasman-Kayma-Gerilmesi İlişkileri.....42
4.5. İnce Kesit Analizleri ve Yönlenme Ölçümleri.....48
4.6. Yönlenme Ölçümlerinin Gül Diyagramlarıyla Değerlendirilmesi.....51
4.7. Farklı Deneylerden Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması.....76
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....82
6. KAYNAKLAR.....83
7. ÖZGEÇMİŞ.....87
EKLER

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

ÇİZELGELER DİZİNİ **SAYFA NO**

Çizelge 1.1.Tane çapına göre zemin sınıflaması.....4
Çizelge 4.1. Killi zemin ile yapay zeminin özelliklerinin karşılaştırılması.....35
Çizelge 4.2. Kesilmemiş örnekler ile CU deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin sayısal değerleri.....77
Çizelge 4.3. CD deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin sayısal değerleri.....81

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA NO

Şekil 1.1 Kil minerallerinin ünite ve yapıları....4

Şekil 1.2. Zemin Suyu Çeşitleri....5

Şekil 1.3. Bir Zemin Tanesinin Üç Boyutlu Yönlenmesi....7

Şekil 1.4. İnce Kesitte Tane Yönlenmesinin Tayini....8

Şekil 1.5.Basit tane yapısı ve bal peteği yapısı....9

Şekil 1.6. Yayılı ve topaklanmış dokular....10

Şekil 1.7. Domain, salkımlaşma ve ped ilişkilerini gösteren zemin yapısı....11

Şekil 1.8. Zemin boşluk tiplerinin şematik görünüşü....12

Şekil 1.9. Basit tane düzenlemelerinin şematik görünüşü....13

Şekil 1.10. Tane guruplarının sistematik görünüşü....14

Şekil 1.11. Dokuyu belirleyen faktörler ve süreçleri....17

Şekil 3.1. Kesme kutusunun kesit ve plan görünümü....23

Şekil 3.2. Killi zemin ve mika kumu karışımından elde edilmiş 0,021 kgf/cm^{2}lik ön konsolidasyon basıncına sahip yapay zemin örneğinin görünümü....26

Şekil 3.3. Yapay zemin örneğinin labaratuvar deneylerine hazırlanması için örselenmeden keman teli ile kesilmesi....27

Şekil 3.4. Keman teli ile kesilen yapay zemin örneklerinin muhafazası için parafin ve tülbent bezi ile kaplanması....28

Şekil 3.5. Parafin ve tülbent bezi ile kaplanıp numaralandırılarak kesme kutusu deneyine hazır hale getirilmiş blok örnekler....28

Şekil 4.1 Deneylerde kullanılan killi zeminin tane boyu dağılımı grafiği....32

Şekil 4.2. Deneylerde kullanılan yapay zeminin tane boyu dağılımı grafiği....33

Şekil 4.3. Deneylerde kullanılan killi zeminin likit limit grafiği....34

Şekil 4.4. Deneylerde kullanılan yapay zeminin likit limit grafiği....34

Şekil 4.5.Killi zemin ile yapay zeminin plastisite grafiğinde gösterilmesi....35

Şekil 4.6. Kalibrasyon saati okumalarına karşılık gelen yük değerleri....36

Şekil 4.7. Kesme kutusunun yük kolu ile normal yük arasındaki ilişkisi....37

Şekil 4.8. Yük halkası okumaları ile kg-kuvvet arasıdaki ilişki....37

Şekil 4.9. Log-Zaman yöntemiyle çizilen konsolidasyon grafiği....39

Şekil 4.10. Gerilme-boşluk oranı grafiği....40

Şekil 4.11. CU ve CD deneylerine ait örneklerin ince kesit işlemine hazırlanmış görüntüleri.....42
Şekil 4.12 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 1mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....43
Şekil 4.13 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 2mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....43
Şekil 4.14 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 3mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....44
Şekil 4.15 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 4mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....44
Şekil 4.16 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 5mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....45
Şekil 4.17 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 6mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....45
Şekil 4.18 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 7mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....46
Şekil 4.19 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 8mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....46
Şekil 4.20 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 9mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....47
Şekil 4.21 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 11mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....47
Şekil 4.22 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 13mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.....48
Şekil 4.23 Bilgisayar ortamında ince kesit görüntüsünün kayma düzlemi baz alınarak zonlara ayrılması.....49
Şekil 4.24 İnce kesitte taneciklerin uzun eksenlerinin düz çizgilerle gösterilmesi.....50
Şekil 4.25.Bir ince kesit üzerinde zonlara göre taneciklerin uzun eksenlerinin düz çizgilerle gösterilmesi.....50
Şekil 4.26. Kesilmemiş zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....52

Şekil 4.27. Konsolide edilmiş zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....53
Şekil 4.28. CU deneyi ile 1 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....54
Şekil 4.29. CU deneyi ile 2 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....55
Şekil 4.30. CU deneyi ile 3 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....56
Şekil 4.31. CU deneyi ile 4 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....57
Şekil 4.32. CU deneyi ile 5 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....58
Şekil 4.33. CU deneyi ile 6 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....59
Şekil 4.34. CU deneyi ile 7 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....60
Şekil 4.35. CU deneyi ile 8 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....61
Şekil 4.36. CU deneyi ile 9 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....62
Şekil 4.37. CU deneyi ile 11 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....63
Şekil 4.38. CU deneyi ile 13 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....64
Şekil 4.39. CD deneyi ile 1 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....65
Şekil 4.40. CD deneyi ile 2 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....66
Şekil 4.41. CD deneyi ile 3 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....67

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Şekil 4.42. CD deneyi ile 4 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....68
Şekil 4.43. CD deneyi ile 5 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....69
Şekil 4.44. CD deneyi ile 6 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....70
Şekil 4.45. CD deneyi ile 7 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....71
Şekil 4.46. CD deneyi ile 8 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....72
Şekil 4.47. CD deneyi ile 9 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....73
Şekil 4.48. CD deneyi ile 11 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....74
Şekil 4.49. CD deneyi ile 13 mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları.....75
Şekil 4.50. Kesilmemiş numuneler ile CU deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin yatayla yaptıkları ortalama açıların 77
Şekil 4.51. Kesilmemiş numuneler ile CU deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin yatayla $0\text{-}5^0$ arasında açı yapan 79
Şekil 4.52. CD deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin yatayla yaptıkları ortalama açıların 80
Şekil 4.53. CD deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin yatayla $0\text{-}5^0$ arasında açı yapan 80

SİMGELER VE KISALTMALAR

a_v : Sıkışma sayısı
c : Kohezyon
c' : Efektif kohezyon
c_c : Sıkışma indisi
cm : Santimetre
c_v : Konsolidasyon katsayısı
d_f : Yenilme için gerekli yer değiştirme
dr : Kesme hızı
e : Boşluk oranı
Gs : Özgül ağırlık
Ic : Kıvam indeksi
Ip : Plastisite indeksi
kgf : Kilogram kuvvet
Log : Logaritma
mm : Milimetre
m_v : Hacimsel sıkışma katsayısı
N : Normal yük
R_c : İlk sıkışma öncesi mikrometre okuması
R_{50} : Yüzde elli konsolidasyon sonundaki mikrometre okuması
R_{90} : Yüzde doksan konsolidasyon sonundaki mikrometre okuması
R_{100} : Yüzde yüz konsolidasyon sonundaki mikrometre okuması
t : Zaman
t_f : Yenilme zamanı
t_{50} : % 50 konsolidasyonun gerçekleşmesi için geçen süre
T_{max} : En büyük kesme kuvveti
w_L : Likit limit
w_n : Doğal su içeriği
w_p : Plastik limit
w_R : Rötre (büzülme) limiti
% : Yüzde
α : Zemin taneciğinin uzun ekseninin yatay düzlemle yaptığı açı
β : Zemin taneciğinin uzun ekseninin düşey düzlemle yaptığı açı
γ_n : Doğal birim hacim ağırlık
ϕ : İçsel sürtünme açısı
ϕ' : Efektif içsel sürtünme açısı
θ : İnce kesitte zemin taneciğinin uzun ekseninin yatay ile yaptığı dar açı
σ : Gerilme
σ_n : Normal gerilme
$\sigma_{ön}$: Ön konsolidasyon gerilmesi
τ : Kayma gerilmesi
τ_{max} : En büyük kayma gerilmesi

1. GİRİŞ

Günümüzde önemli mühendislik dallarından olan jeoloji, inşaat, çevre ve ziraat mühendisliklerinin en önemli ortak çalışma alanı zeminlerdir. Özellikle bina, baraj, tünel, köprü, otoyol, hava meydanı vb. gibi büyük ve önemli mühendislik yapıları zemin içerisinde veya üzerinde inşa edilirler. Adı geçen mühendislik dalları önemli teori ve prensiplerini zemine uygularlar. Bu mühendislik yapılarının büyük bir bölümünde zemin aynı zamanda yapı malzemesi olarak da kullanılır. Bu konularla ilgili projelerin ekonomik ve emniyetli bir şekilde yürütülebilmeleri ve uzun yıllar hizmet verebilmeleri için, zeminlerin arazi ve laboratuvar deney yöntemleriyle incelenerek, yapısal ve mühendislik özellikleri açısından farklı koşullar altındaki davranışları belirlenmelidir.

Bir zeminin dokusu (fabrik) ile mühendislik özellikleri arasında sıkı bir ilişki vardır (Holtz ve Kovacs, 1981). Zemini oluşturan bileşenlerin dokusal ve kimyasal özelliklerinin mühendislik özellikleri üzerindeki etkilerini ortaya koyabilmek, zeminlerin oluşum şekilleriyle günümüzden önce etkisi altında kaldığı gerilmeleri ve bu gerilmelerin zemin yapısı üzerindeki etkilerini belirlemeye bağlıdır. Zira organik zeminlerle, organik olmayanın, boşluk oranı yüksek ve boşlukları su ile dolu zeminlerle düşük boşluk oranına sahip kuru zeminlerin dayanımları birbirinden farklıdır. Fay, heyelan veya herhangi bir etkiden dolayı doğal yapı ve dokuları bozulmuş zeminlerle oluşumundan bu yana hiçbir tektonik gerilme altında kalmamış zeminlerin dayanımları da aynı değildir.

Zeminleri etkileyen gerilmelerin zemin dokusu üzerinde meydana getirdiği değişiklikleri saptamaya yönelik çalışmalardan biri de, bu zeminlerden hazırlanan ince kesitlerin mikroskop altında incelenmesidir. Zeminlerde tane ve boşluk yönlenmesi ile ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Ancak bu çalışmaların çoğunda ya gözlemsel olarak veya birefringence (ince kesitlerin mikroskop altında döndürülerek minerallerin renk değişiminden yönlenme tayini) oranı ile yani dolaylı olarak ifade edilmeye çalışılmış, tane bazında birebir yönlenme ölçümleri yapılmamıştır.

Bu çalışmada ise, Niğde ili ile Çamardı ilçesi arasında yüzeylenen "Niğde Metamorfitleri" grubuna ait mikaşistlerin öğütülmeleriyle elde edilen mika kumu ile

Seyhan Baraj Gölü kuzeyindeki Handere formasyonundan alınan killi zemin örnekleri belirli bir oranda karıştırılmış ve yapay bir blok zemin örneği elde edilmiştir. Bunun nedeni mikaların yapraksı olmaları ve ileride bu zeminden yapılan ince kesitlerin mikroskop altında incelenmelerinde yönlenmelerin ayrıntılı bir şekilde ölçülebilmelerinden dolayıdır. Çünkü zeminleri etkileyen gerilmelerin zemin dokusunda meydana getirdiği değişikliklerin incelenebilmesi için, o zeminden yapılan ince kesitlerden 400-500 adet bileşenin yönlenme ölçümlerinin yapılması istatistiksel olarak iyi sonuçlar verebilmektedir (Barton, 1974). Halbuki yönlenme analizleri için doğal bir killi zeminin kullanılması durumunda yönlenmesi ölçülecek yeterli bileşen adedine her zaman ulaşılamayacaktı. Hazırlanan yapay zeminden alınan örnekler üzerinde hızlı (CU) ve yavaş (CD) kesme deneyleri yapılmıştır. Deneyler sırasında zeminin maruz kaldığı kesme deformasyonundan dolayı geçirdiği dokusal (fabrik) değişikliklerin incelenebilmesi için, farklı kesme deformasyonlarında örnekler kesme kutusu aletinden çıkartılıp ince kesitleri hazırlanmıştır. Daha sonra ince kesitler mikroskopta incelenmiş ve zemin bileşenlerinin yönlenme ölçümleri için, mikroskop görüntüleri bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar ortamında zemin örneklerinin tane, boşluk ve diğer bileşenlerinin yönlenmeleri ölçülmüş ve mikro dokuda (fabrik) değişikliğe neden olan en büyük asal gerilme ile ilişki kurulmaya çalışılmıştır.

1.1. Zemin Tanımı

Yerkabuğunu meydana getiren çeşitli özellikteki kayaçların, yine çok çeşitli etkilerle ayrışıp dağılması sonucu oluşan tanelerin yerinde yada rüzgar, akarsu vb araçlarla taşınarak herhangi bir bölgede biriktirilmesiyle meydana gelen ve herhangi bir çimentolanma ile taneleri birbirlerine bağlanmamış malzeme toprak zemin (soil) olarak tanımlanır. Toprak zemini meydana getiren taneler boyutlarına göre inceden kabaya doğru kil, silt, kum ve çakıl olarak isimlendirilirler (Das, 1990).

Tane boyutlarına göre toprak zeminler için farklı sınıflandırma sistemleri geliştirilmiştir (Çizelge 1.1). Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'nde iri taneli zeminleri kum ve çakıllar, ince taneli zeminleri de kil ve siltler oluşturur. Toprak

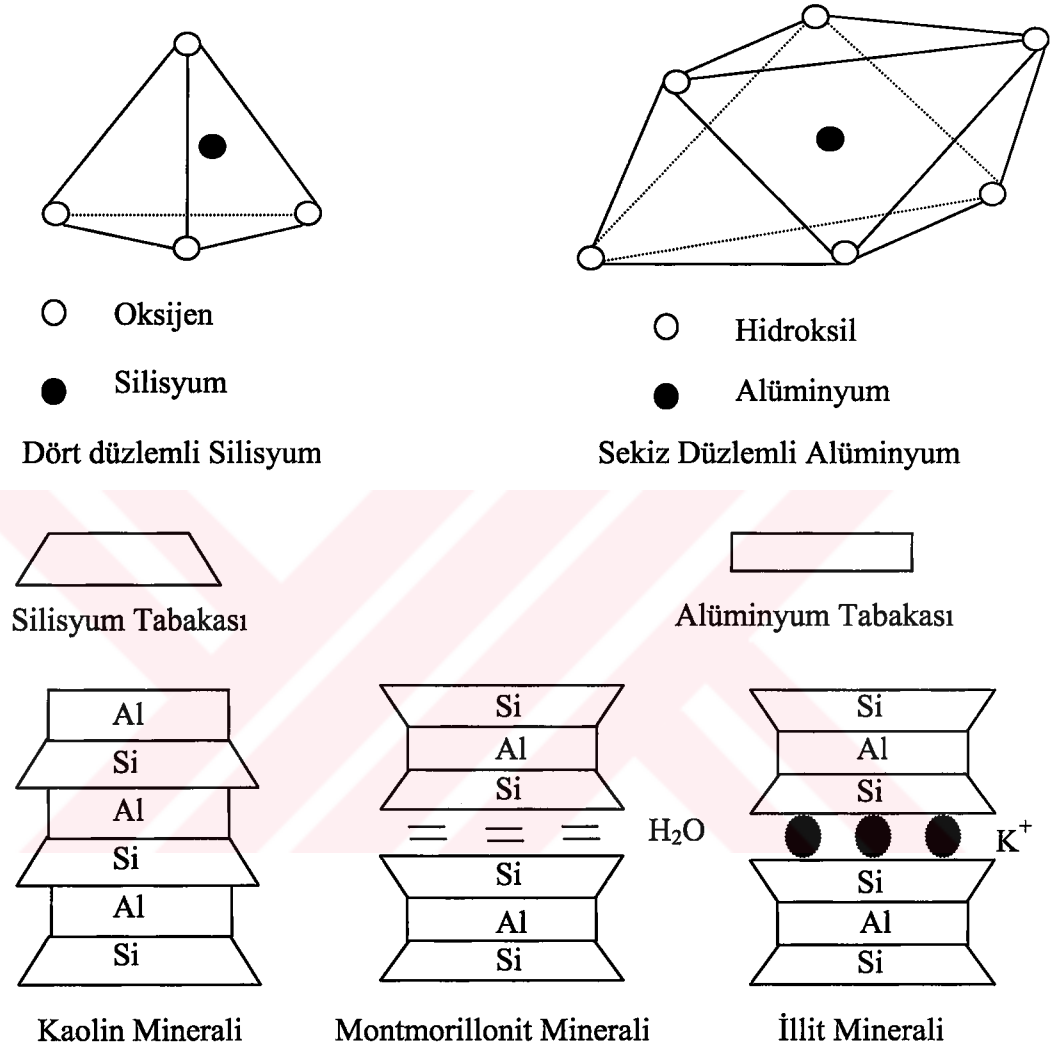
zeminin tanelerinin ağırlıkça % 50 sinden fazlası 0.074 mm den küçük ise, kıvam limitleri de göz önünde bulundurularak killi zemin olarak tanımlanır.

Çizelge 1.1.Tane çapına göre zemin sınıflaması (ASTM, 1993 b)

Zemin Cinsi	Tane Çapı, D (mm)
Kum	4.75-0.075
İri kum	4.75-2
Orta kum	2-0.425
İnce kum	0.425-0.075
Silt	0.075-0.005
Kil	<0.005

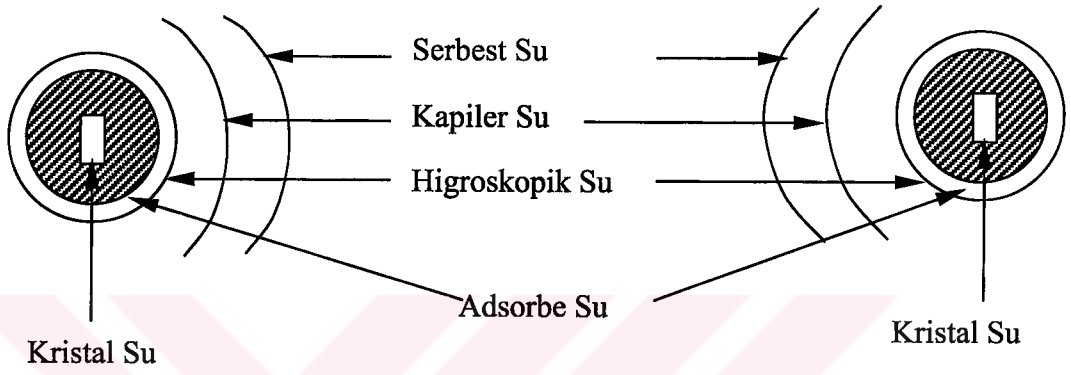
Mühendislik çalışmalarında zeminlerle ilgili olarak karşılaşılan sorunların çoğu killi zeminlerden kaynaklanmaktadır. Çünkü killi zeminler; su, sıcaklık ve farklı gerilmeler altında diğer zemin türlerinden farklı karmaşık davranışlar göstermektedirler. Uygulanan gerilmeler altında farklı oturmalar, su ile temas ettiklerinde kuru hacimlerinin birkaç katından birkaç on katına kadar genişlemeleri (şişme), yüksek sıcaklık altında (>600 ^{0}C) yapı değiştirmeleri bu davranışlardan bazılarıdır.

Killer, iki temel elemandan meydana gelen alüminyum silikatlardan oluşmaktadır (Craig, 1989; Das, 1990). Bu iki temel eleman, dört düzlemli silisyum ile sekiz düzlemli alüminyumdur. Silisyum düzlemleri kendi aralarında birleşerek silisyum tabakalarını, alüminyum da alüminyum tabakalarını, başka bir deyişle gibsit mineralini oluştururlar. Bazen magnezyum, alüminyum ile yer değiştirerek brusit mineralini oluşturur. Her alüminyum tabakası arasına giren potasyum (K) veya sodyum (Na) atomları ile silikat, gibsit ve brusit tabakalarının çeşitli şekillerde farklı bağlarla meydana getirdikleri daha büyük oluşumlar farklı kil minerallerini oluştururlar (Şekil 1.1).



Şekil 1.1. Kil minerallerinin temel ünite ve yapıları (Craig, 1989).

İnce taneli zeminlerde özellikle kil taneleri etrafında serbest, kapiler (kılcal), higroskopik, adsorbe (katı) ve kristal su olmak üzere zeminlerin mühendislik özelliklerini etkileyen, beş çeşit su bulunabilir (Şekil 1.2).



Şekil 1.2. Zemin suyu çeşitleri (Head, 1992).

Bu sulardan serbest su yer çekimi etkisi ile taneler arasında serbestçe akabilen ve drenaj ile zeminden uzaklaştırılabilen sudur. Havada kurutma ile kaybedilebilen, taneler arasındaki boşluklarda yüzey gerilimi kuvvetlerinin itkisi ile yükselen su ise, kapiler su olarak isimlendirilmektedir. Tanelerin etrafında adsorbe sudan daha az bir kuvvetle tutulan ve havada kuruma sonucunda zeminden uzaklaştırılamayıp ancak fırında 110 +/- 5 ^{0}C' de kurutma ile kaybedilebilen su da higroskopik su olarak adlandırılmaktadır. Adsorbe su ise, zemin tanelerin etrafını kalınlığı yaklaşık 0,005 mikron ince bir film gibi saran ve 110 +/- 5 ^{0}C' de kurutma ile kaybedilemeyen sudur. Tanelerin kristal ağında bulunan ve o taneleri oluşturan minerallerin kimyasal formüllerinin bir parçası olan su da kristal su olarak tanımlanmaktadır.

Zemin taneleri etrafında bulunan bu sular, zeminlerin dayanımını ve konsolidasyon özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Yeraltı suyu tablasının yükselip alçalması, yada zeminlerin kuruyup tekrar ıslanması ön konsolidasyon basıncını değiştirmektedir (Mitchell, 1976; Holtz ve Kovacs, 1981).

1.2. Zemin Yapısı ve Dokusu

Zemin mekaniğine konu olan zeminlerin mühendislik ve yapısal özellikleri; doğrudan doğruya tane karakteristikleri, tanelerin konumları ve taneler arasında oluşan kuvvetler tarafından kontrol edilirler (Mitchell, 1976). Zeminlerde taneler arasındaki ilişki optik (polarizan) ve elektron mikroskobu tekniklerinin gelişmesiyle anlaşılabilmiştir. Bu mikroskop teknikleriyle kil taneciklerinin ve taneler arasındaki boşlukların düzeni, dizilimi veya başka bir ifadeyle konumları ve bu tane konumunun zeminin mekanik özelliklerine etkisi incelenebilmektedir.

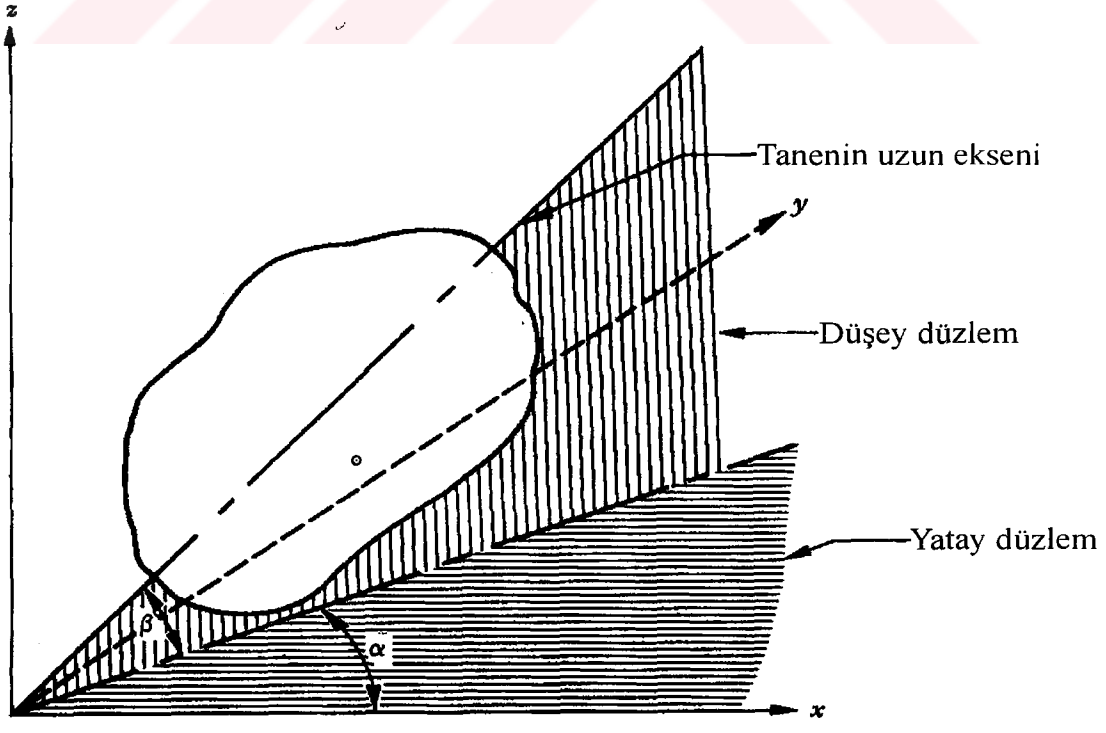
Zemindeki tanelerin düzeni, tane grupları ve taneler arasındaki boşlukların geometrik dizilişleri ile bu taneler arasındaki birbirini etkileme kuvvetleri "zeminlerin yapısı", tanelerin sadece geometrik dizilişleri ve birbirlerine göre konumları da "zemin dokusu" olarak adlandırılır ve çoğu zaman yapı ile doku aynı anlamda kullanılabilir (Holtz ve Kovacs, 1981). Yapı, dokuya göre daha kapsamlı bir anlama sahiptir. Yapı denilince; zemin dokusu, kimyasal yapı ve taneler arasındaki iç kuvvetler bir bütün olarak anlaşılmalıdır. Killi zeminlerde mikro dokunun anlaşılabilmesi için optik veya elektron mikroskobuna ihtiyaç vardır (Mitchell, 1976).

Zeminlerin tane, gözenek yönlenmeleri ve daha birkaç tür özelliği içinde bulunduran mikromorfolojik yapıları ince kesitler ve parlak kesitler yardımıyla optik ve elektron mikroskobu kullanılarak incelenebilir (Mitchell, 1976; Brewer 1976; Fitzpatrick, 1993).

Zeminler, farklı zemin taneciklerinden ve tane gruplarından meydana gelmesine rağmen, proje ve analiz çalışmalarında değişmez ve devamlı bir bütün olarak değerlendirilir. Çünkü deformasyon modülü, sıkışabilirlik, geçirgenlik ve dayanım gibi zeminin mühendislik özelliklerini doğrudan açıklayabilecek yeterlikte tane mekaniği ile ilgili teori henüz üretilememiştir (Mitchell, 1976).

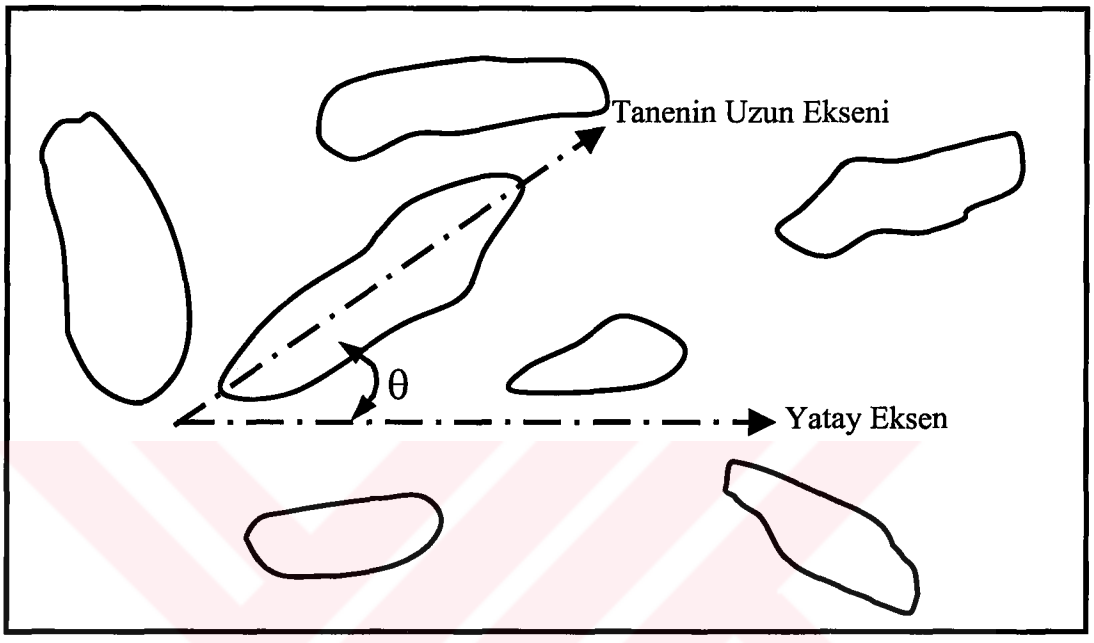
1.2.1. İri Taneli (Kohezyonsuz) Zeminlerde Doku

Zemini oluşturan taneler eşit büyüklükte değildirler. Küçük taneler daha büyük taneler arasındaki boşlukları doldurarak aynı büyüklükteki küresel tanelerin meydana getirdiği yapıya göre daha yüksek yoğunluk, düşük boşluk ve boşluk oranları oluştururlar. Diğer taraftan şekilleri düzgün ve küresel olmayan değişik şekillerdeki taneler daha az yoğunluk, yüksek boşluk ve boşluk oranları verirler. Doğada basit tane dokulu zeminlerin boşluk ve boşluk oranları düzgün kürelerin meydana getirmiş oldukları boşluk ve boşluk oranlarından çok da farklı değildir. Birçok çalışma (örn; Mahmood, 1973; Mitchell, 1976) taneli zeminlerin aynı boşluk oranı ve rölatif yoğunluklarda farklı dokular gösterebileceğini ortaya koymuştur. Taneli bir zeminin doku özellikleri; tane şekli, tane yönlenmesi ve taneler arası temas yönü ile ilgilidir. Mika haricindeki kil minerali olmayan birçok mineral, zemin içinde iri taneler olarak bulunurlar. Bu tanelerin tüm boyutları birbirine eşit olmayıp, en azından biraz uzun ve yassıdırlar. Kum tanelerinin yönlenmesi, tane uzun ekseninin bir takım referans eksenlerle yapmış olduğu eğimle tanımlanır (Şekil 1.3).



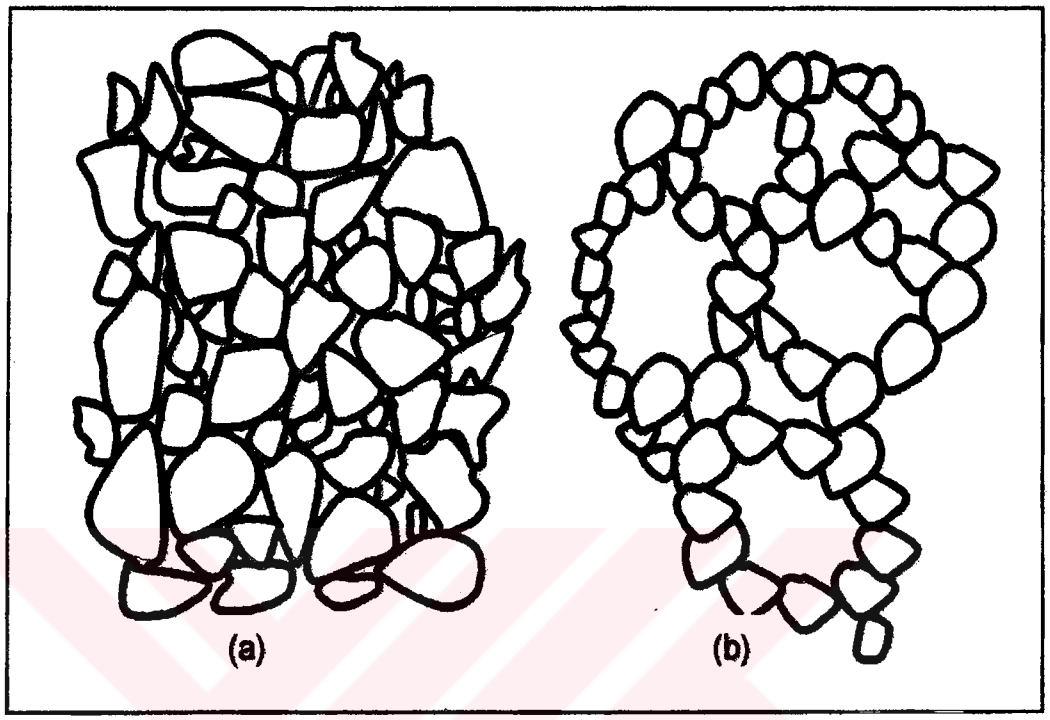
Şekil 1.3. Bir zemin tanesinin üç boyutlu yönlenmesi (Mitchell, 1976).

Bir çok çalışmada tane yönlenmesi, ince kesit kullanılarak tanenin uzun ekseninin yatayla yapmış olduğu açı ile gösterilmiştir (Lafeber, 1966; Oda, 1972; Mahmood, 1973; Mitchell, 1976), (Şekil 1.4.).



Şekil 1.4. İnce kesitte tane yönlenmesinin tayini (Mitchell, 1976).

Kohezyonsuz veya taneli zeminlerde görülen yapı "basit taneli yapı" ve "bal peteği yapısı" olarak iki önemli gruba ayrılır. Basit taneli yapıda tanecikler duraylı olup, birbirleriyle temas halindedirler. Tanelerin şekil, boyut ve göreceli konumları zeminin yoğunluğunu etkiler. Küçük taneli zemin parçacıkları ile iri taneli zemin parçacıkları beraber bulunduklarında, ince taneler daha iri taneler arasındaki boşluklara yerleşirler. Böylece boşluk oranları azalarak daha yoğun zemin dokularını oluştururlar. Tane şekillerinin düzensiz olması, boşluk oranlarının artmasına ve daha gevşek dokuların oluşmasına sebep olur. Bal peteği yapısında daha küçük kum ve silt tanecikleri zincirler oluşturarak kemerler meydana getirirler. Bu tür dokular, daha büyük boşluk oranlarına sahiptirler. Daha çok normal durgun yüklere dayanıklı olup, büyük ve şok yüklemeler altında bu yapılar kırılarak aşırı oturmalara sebep olurlar (Mitchell, 1976; Das, 1990), (Şekil 1.5).



Şekil 1.5. (a) Basit tane yapısı, (b) bal peteği yapısı (Mitchell, 1976; Das, 1990).

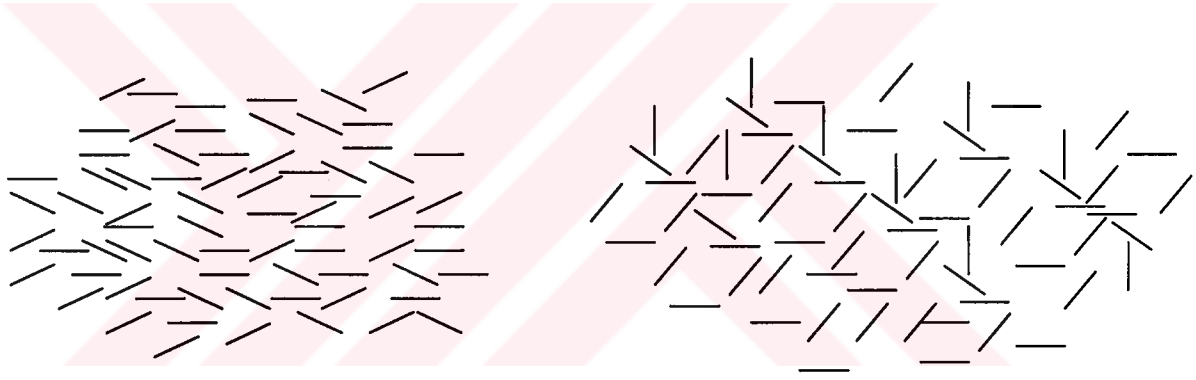
1.2.2. Kohezyonlu Zeminlerde Doku

Killerin davranışları konusunda yapılan hemen hemen bütün çalışmalar killerdeki davranışın tekil tabakaların etkileşimine bağlı olduğunu ortaya koymuştur (Barden, 1972). Günümüzde elektron mikroskopları ile yapılan çalışmalarda genel olarak kil tabakalarının yüz yüze toplandığını göstermektedir. Dağılmış haldeki durumlarda bu yapı "turbostratic" adını almaktadır. Ancak diğer durumda, yani bir arada olan yapıya "bookhouse" adı verilmektedir (Young, 1971).

Kohezyonlu zeminlerde dokuyu anlayabilmek için kil süspansiyonu içindeki kil taneciklerinin arasında etkili olan kuvvetleri tanımlamak gerekir (Das, 1990). Kil minerali zerreciklerinin yüzeyindeki negatif yükün etkisiyle zemin boşluklarında bulunan zemin suyundaki katyonlar kil yüzeyine doğru çekilirler. Bu katyonlar kil yüzeyine sıkıca yapışmazlar ve suyun karakteri değiştiği zaman kolayca başka katyonlarla yer değiştirirler. Katyonlar killer üzerindeki negatif yükler tarafından

çekilirler, aynı zamanda da termal enerjilerinden dolayı birbirlerinden uzaklaşma eğilimleri vardır. Bu itme ve çekmenin net etkisiyle kil zerreciğine bitişik bir katyon tabakası oluşur. Bu tabakaya yayılı (disperse) tabaka adı verilir (Şekil 1.6a). Bu negatif yüklü kil yüzeyi ve yayılı katyon tabakası birlikte çift tabaka diye adlandırılır. Yayılı dokuda kil zerreciklerinin yüzeyleri aşağı yukarı birbirlerine paralel olmasına rağmen, zerrecikler arasında bir bağ yoktur ve tamamıyla ayrık durumdadırlar

Eriyik içerisindeki dağınık kil zerrecikleri gelişigüzel hareketlerle birbirine yaklaştıkları zaman, kenar-yüzey teması oluşturarak kümelenme eğilimi gösterirler. Bu sırada meydana gelen çekme kuvveti, kümeleri bir arada tutar. Eğer kümeler büyürlerse yer çekimi etkisi ile çökelirler. Bu şekilde meydana gelen dokuya kenar-kenar temaslı topaklanmış (floküle) doku adı verilir (Şekil 1.6b).



(a) (b)

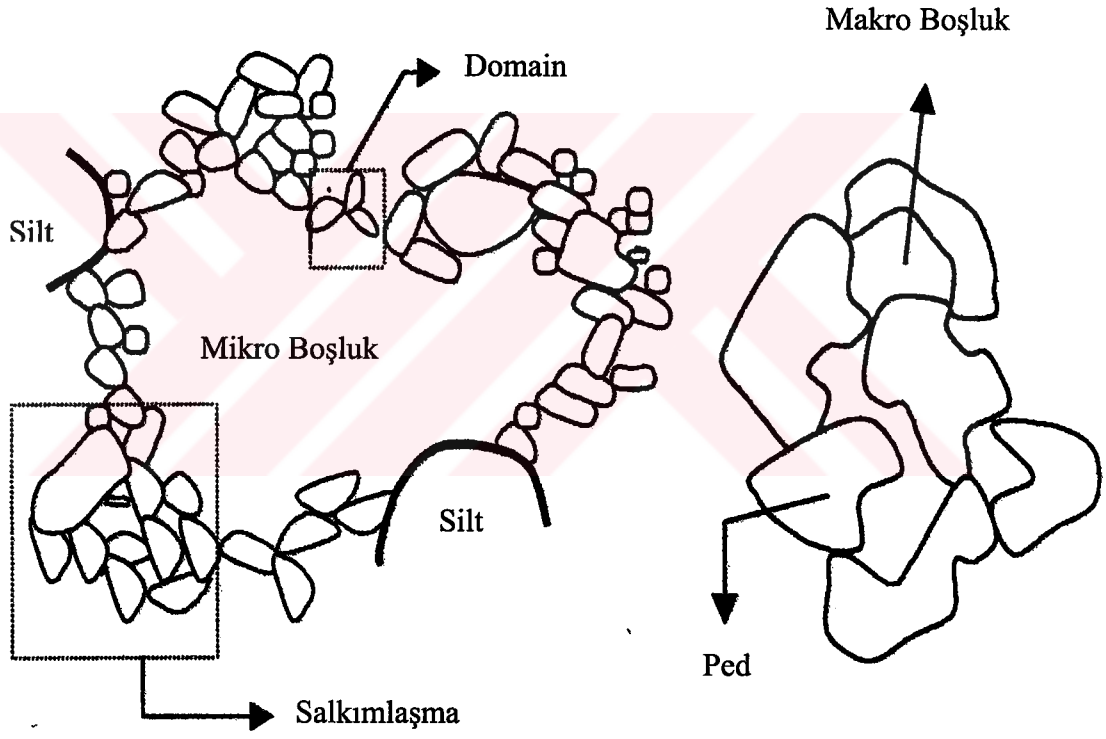
Şekil 1.6. Yayılı (a) ve topaklanmış (b) dokular (Mitchell, 1976).

Bu tür dokuya sahip killer daha hafif ve daha büyük bir boşluk oranına sahiptirler. Deniz suyunda oluşmuş killer daha ileri derecede topaklanmış dokuya sahiptirler, tatlı sularda oluşmuş killer ise yayılı ile topaklanmış dokular arasında bir dokuya gözlenir. Eriyik içerisine bir miktar tuz katılması sonucu katyon konsantrasyonu artacağından, topaklanmış dokular yayılı dokulara dönüşürler (Das, 1990; Whitlow, 1990; Cernica, 1995). Laboratuvar deneylerinde zemin taneciklerini birbirinden ayırmak için kullanılan kalgon (sodyum hekzametafosfat) da topaklanmış dokuyu yayılı dokuya dönüştürür (Whitlow, 1990).

Doğada saf kil yatakları oldukça azdır. Kil, genellikle daha iri taneli zemin parçacıkları arasında matriks halinde bulunur. Killere göre daha geniş yer tutan bu

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

karışımların yapıları oldukça karmaşıktır. Her bir kil taneciği diğer bir kil taneciği ile yüz yüze birleşerek küçük gruplar meydana getirirler. Bu mikroskobik küçük gruplar "domain" olarak adlandırılır (Craig, 1989; Das, 1990). Domainler kendi aralarında gruplar oluşturarak aydınlatmalı mikroskoplar altında görülebilen salkımlaşmaları oluştururlar. Salkımlaşmalar da kendi aralarında gruplar oluşturarak mikroskopla görülebilen ped'leri meydana getirirler. Pedlerde bir araya gelerek aralarında makro boşluklar bulunan makro yapıları oluştururlar (Das, 1990) (Şekil 1.7).



Şekil 1.7. Domain, salkımlaşma ve ped ilişkilerini gösteren zemin yapısı (Das, 1990).

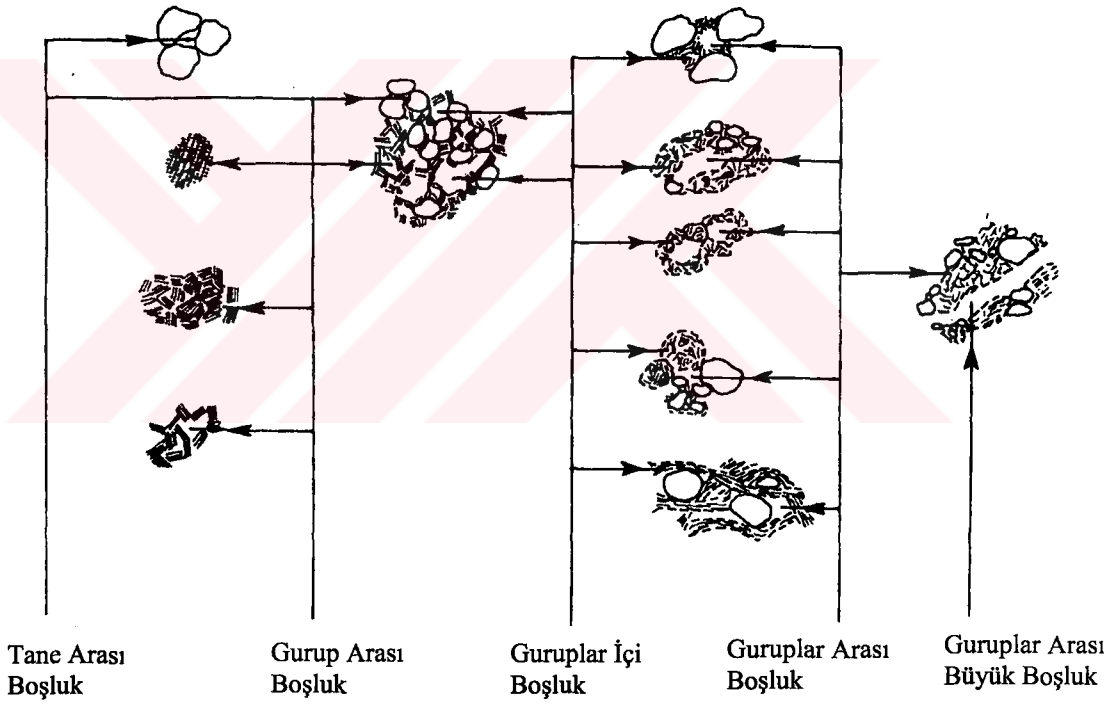
Yüzey –yüzey yönelimi ile gruplaşmış domainler kendi aralarında kenar-yüzey yönelimi ile kitap yapısı (bookhouse) olarak adlandırılan grupları, yüzey-yüzey yönelimi ile de turbostratik diye adlandırılan grupları oluştururlar. Bu büyük gruplar ayrıca matriks olarak daha iri tanelerle birlikte doğadaki killerin yapılarını oluştururlar.

Zemin taneleri ile kil zerreciklerinin oluşturdukları gruplar üç ana bölüm altında incelenebilir.

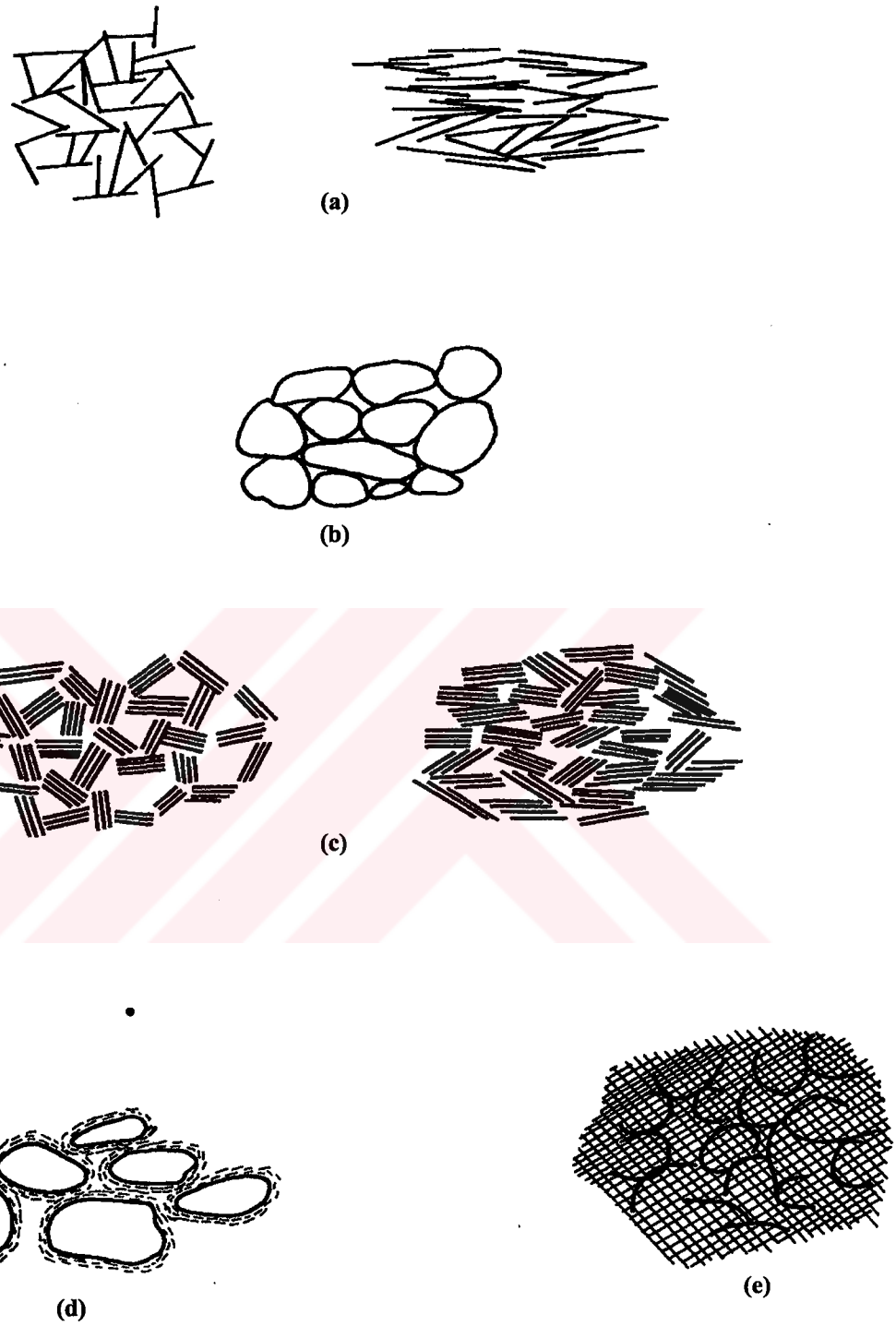
a) Temel tane düzeni : Kil, silt veya kum taneciklerinin sadece kendi aralarında meydana getirdikleri gruplar.

b) Tane grupları : Bir cins, ya da daha fazla temel tane düzeninin bir araya gelerek meydana getirdiği ve belli bir fiziksel sınırı ile özel mekanik fonksiyonu olan gruplar topluluğudur.

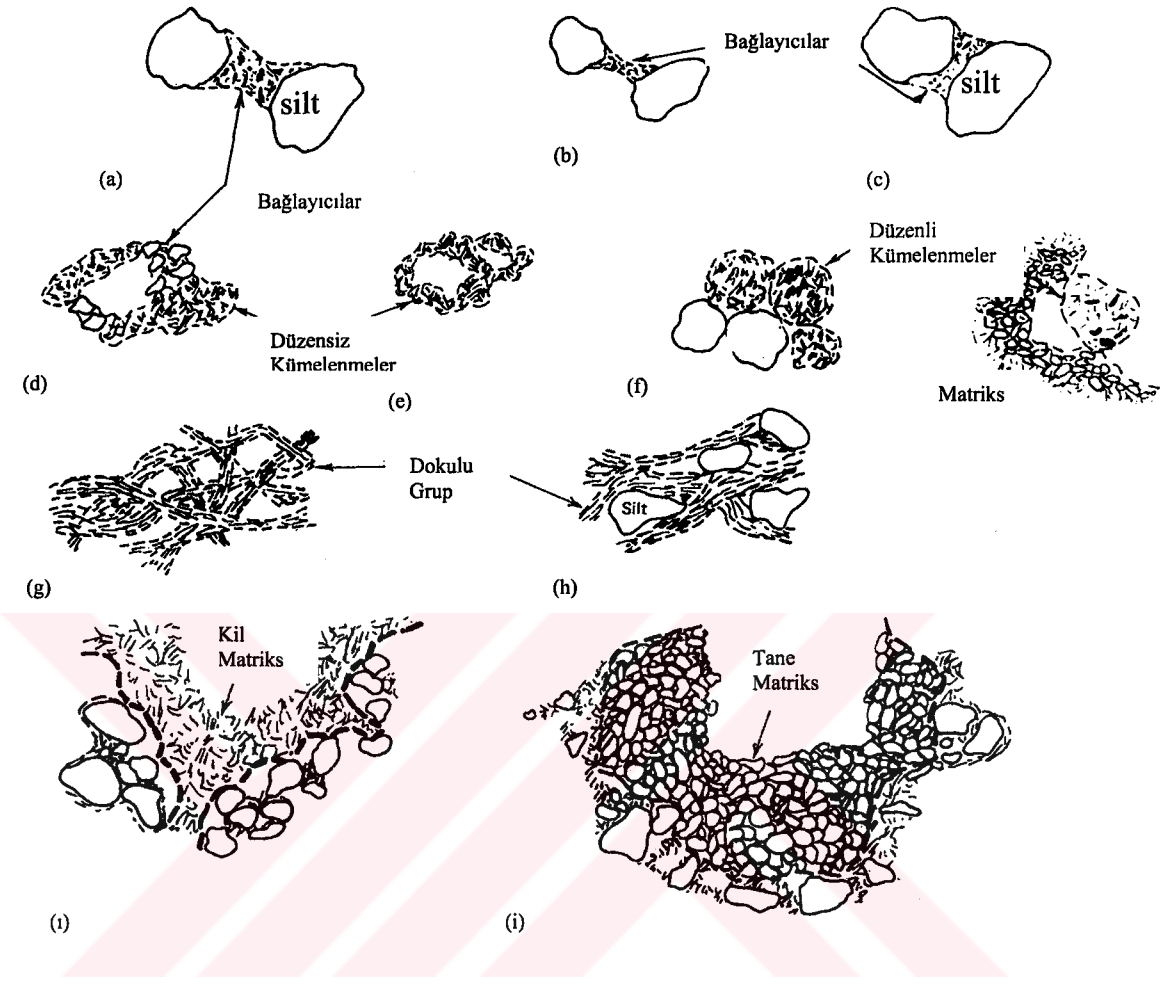
c) Boşluklar: Her iki grubun arasındaki boşluklardır. Her üç grup Şekil 1.8, 1.9, ve 1.10' da görülmektedir.



Şekil 1.8. Zemin boşluk tiplerinin şematik görünüşü (Collins ve McGovn, 1974)



Şekil 1.9. Basit tane düzenlemelerinin şematik görünüşü: (a) bireysel kil levhacıkları etkileşimi, (b) bireysel silt veya kum tane etkileşimi, (c) kil levhacıklarının gurup etkileşimi, (d) kaplanmış silt veya kum etkileşimi, (e) kısmen fark edilmeyen tane etkileşimi (Collins ve Mc Gown, 1974).



Şekil 1.10. Tane guruplarının sistematik görünüşü: (a), (b), (c) birleştiriciler. (d) birleştirici gurupları ile oluşmuş düzensiz kümelenme, (e) bal peteği yapısındaki düzensiz kümelenme, (f) tane hücresi ile ilgili düzenli kümelenme, (g) birbirleriyle dokulu kil gurubu, (h) silt içerikli birbirleriyle dokulu kil gurubu, (i) kil tanelecikleri hücresi, (j) taneli zemin hücresi (Collins ve McGovn, 1974).

1.2.3. Yönlenme (Oryantasyon)

Bir zemin içerisindeki taneciğin herhangi bir tarafa eğimli olması, yani fark edilebilecek bir yönlenme eğilimi içerisinde olması, o zemin taneciğinin eksenlerinin konumlarıyla açıklanabilir. Bununla beraber, ince kesitlerde yönlenme analizlerinin iyi şekilde yapılabilmesi, taneciklerin uzun eksenlerinin yatay düzlemle yaptıkları açının ölçülmesiyle anlaşılabilir (Mitchell, 1976). Taneciklerin uzun eksenlerinin yönlenme miktarlarının ölçüm sonuçları histogram ve gül diyagramları ile gösterilebilir (Brewer, 1976).

.

1.3. Doku İle Zeminlerin Mühendislik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

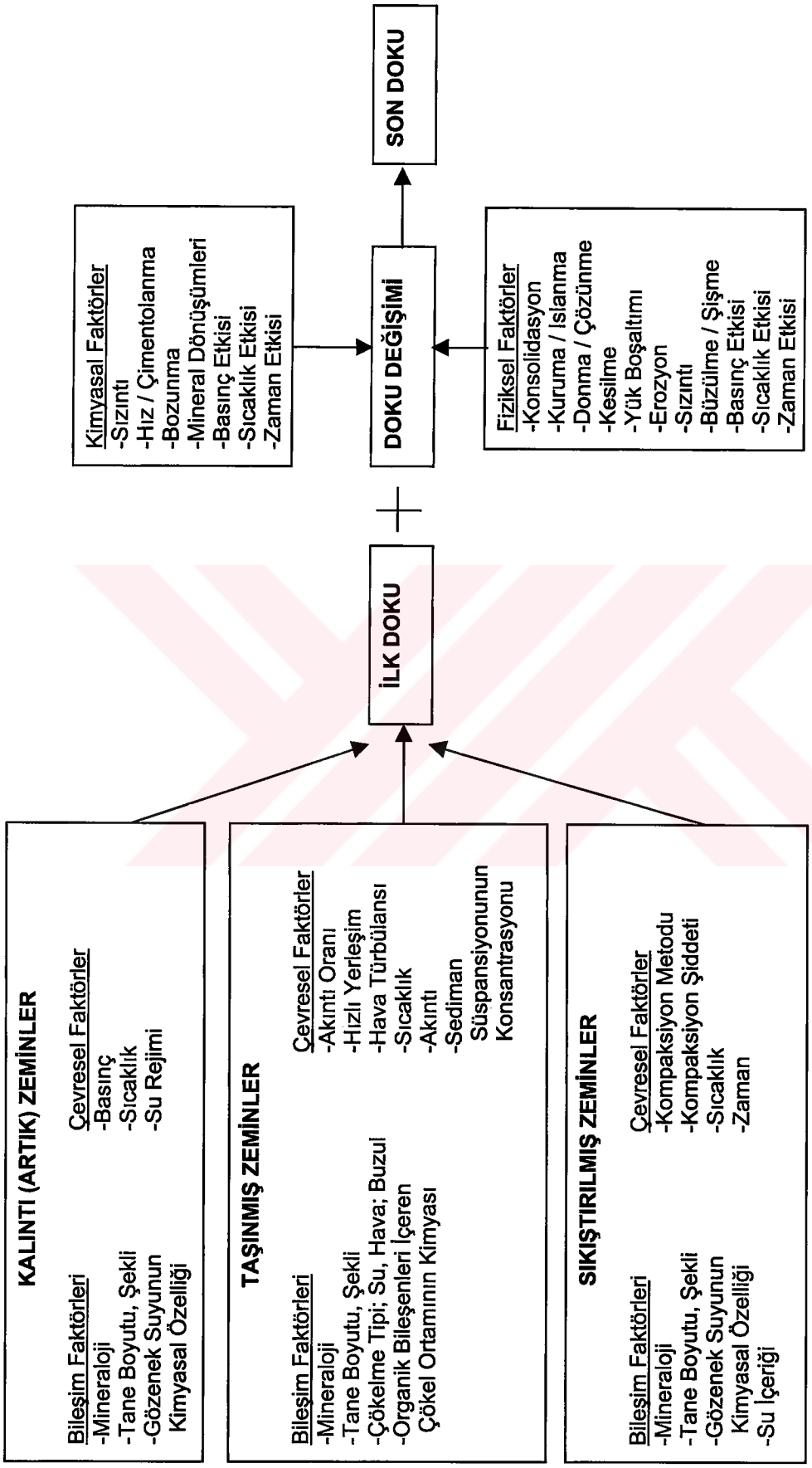
Zemindeki boşlukların herhangi bir şekilde yönlenmeleri, zemine etki eden gerilmelerin etkisi altındadır (Ingles ve Lafeber, 1966; Murphy ve diğ., 1977). Bir zemin örneğinin boşluk ve taneciklerinin dağılımı ve belli bir yöne eğimli olmaları, zemine uygulanmış gerilmenin yönüne ve büyüklüğüne (Barton, 1974; Lafeber, 1962), gözeneklerin zemin içerisindeki dağılımları ve konumları da daha önce etkisi altında kaldığı gerilmelere bağlıdır (Ingles ve Lafeber, 1967). Floküle dokuya sahip zeminler yüksek likit limit değerine sahiptir (Whitlow, 1990). Bu zeminler daha az sıkışma gösterirler (Cernica, 1995). Düşük su içeriğinde kil tanecikleri arasındaki çekme kuvveti baskın durumda olup, pozitif yüklü kenarlar negatif yüklü yüzeyleri çekerek kenar-yüzey temaslı floküle dokuyu meydana getirirler. Su içeriği arttıkça, itici kuvvetler baskın duruma geçerek optimum su içeriği civarında kil tanecikleri daha paralel bir yönlenme gösterirler. Optimum su içeriği aşıldıktan sonra zemin dokusu yayılı dokuya döner. Hafif örselenmeler dışında floküle dokulu zeminler eşit yoğunlukta ve aynı su içeriğinde yayılı dokulu zeminlere göre daha yüksek dayanım, daha büyük permeabilite ve daha fazla şişme gösterirken, büzülme miktarları daha az olur (Lambe, 1958). İleri derecede meydana gelen örselenmelerde yayılı doku zeminin yüksek yoğunluk altında kazanmış olduğu dayanımı azaltmaktadır. Bu da, aşırı derecede sıkışmış bazı zeminlerin dayanımlarının azalmasının nedenidir. (Housmann 1990 ; Berry ve Raid, 1987).

Zeminler, mekanik örselenme neticesinde de topaklanmış dokudan yayılı dokuya geçerler. Kazık temeller zemine itilirken topaklanmış doku bozularak yayılı dokuya dönüşür. Bu sırada zeminin dayanımı azaldığından kazığın zemin içinde ilerlemesi kolay olur. Zamanla zemin dayanım kazanarak, kazığın taşıma kapasitesinin artmasına sebep olur (Cernica, 1995).

Tektonik kuvvetlerden etkilenmemiş zeminler ile etkilenmiş zeminlerin dokuları birbirinden farklıdır. Bir fayın aktivitesinden etkilenen ve etkilenmeyen zeminler birbirinden farklı karakteristik dokular göstermektedirler (Çetin, 1998). Zemin dokusunu meydana getiren zemin taneciklerindeki yönlenmenin büyüklüğü ve derecesi, başlı başına kesme gerilmesinin özelliğine ve büyüklüğüne bağlıdır (Sloane ve Nowatzki, 1967). Bir zeminin dokusunu meydana getiren elemanların belli bir düzen içinde yönlenmeleri kesme gerilmesinin özelliğinden kaynaklanmaktadır (Brewer, 1976).

Kesme gerilmesinin meydana getirdiği fay düzleminden uzaklaştıkça, zemin dokusundaki yönlenme derecesi de yavaş yavaş azalmaktadır (Douglas, 1981; Douglas ve diğ., 1983).

Lowe ve diğ. (1982), zemindeki boşluk diziliminin zamanla çok az değiştiğini, yani korunduğunu belirtmektedirler. Örneğin bu araştırmacıların yaptığı çalışmada boşluk diziliminin 15 000 yıldan daha fazla korunabildiği ortaya konmuştur. Zemin dokularını etkileyen faktörler ve bunların süreçleri (Mitchell, 1976) tarafından açıklanmıştır.



Şekil 1.11. Dokuyu belirleyen faktörler ve süreçleri (Mitchell, 1976).

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Zeminlerin mikro yapısı (fabrik) ve dokuları ile zemin tanecikleri ve boşluklarının yönlenmesi ve bu yönlenmelerin mühendislik özelliklerine etkisi konularında yapılan çalışmaların bir kısmı aşağıda özetlenmiştir.

Goldschmidt (1926), çok hassas killerde kil taneciklerinin kararsız yapıları, daha az hassas killerde ise sadece daha yoğun ve kararlı grupları oluşturduklarını belirtmektedir.

Casagrande (1932), killerdeki bal peteği dokusunun hassas denizel zeminlerde bulunduğunu, bitişik silt taneleri arasındaki en küçük boşluklarda yerleşmiş, kil tanecik yapılarının oldukça fazla sıkışmaya maruz kalırken, daha büyük boşluklarda yerleşmiş tane yapılarının daha az sıkışmaya maruz kaldıklarını belirtmiştir. Araştırmada birinci durumdaki kil taneciklerine yapışkan kil, ikinci durumdakine ise matriks kil adını vermiştir.

Lambe (1953), inorganik zemin yapılarının ve mevcut kil mineral yapılarının deniz suyundan tatlı suya kadar elektrokimyasal ortamlarda oluşmuş çökellerde birlikte bulunduklarını, düşük elektrolit konsantrasyonu sonucu oluşan çökelmenin taneler arasındaki elektriksel çekim kuvvetinden dolayı topaklanma yapıları oluşturduklarını belirtmiştir. Bu şartlar altında bireysel levhacıkların (plate) kener-kenar veya kenar-yüzey temaslı açık yapıları oluşturduklarını belirtmiştir. Goldschmidt'in cardhouse olarak tanımladığı yapıları tuzsuz topaklanma olarak tanımlamıştır.

Schofield ve Samson (1954), az tuzlu ortamdaki orta dereceli elektrolitik konsantrasyonlardaki çökelmenin bitişik taneler arasındaki itme kuvvetinden dolayı yüzey-yüzey temaslı dağılmış yapı gruplarını oluşturacağını belirtmişlerdir.

Sloane ve Nowatzki (1967), elektron mikroskobu kullanarak kısmen suya doygun kaolin kilinin dokusundaki değişiklikleri incelemişlerdir. Kaolinin kayma zonunun dik uzantısının hemen hemen her zaman kayma düzleminin ortasında ve kayma zonu boyunca düzgün olarak ince, bireysel paralel yönlenmeli zon veya düzlemler sayesinde kayma düzleminin geliştiğini, kayma deformasyonu artarken

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

bireysel yönlenmiş düzlemdeki tanelerin paralellik derecesinin daha da belirginleştiğini belirtmişlerdir.

Ingles ve Lafeber (1967), bir zemin örneğinde boşlukların ve taneciklerin dağılımının ve belli bir yöne eğimli olmalarının, zemine uygulanmış gerilmenin yönüne ve büyüklüğüne, gözenek ve taneciklerin zemin içindeki dağılım ve konumlarının da, daha önce zemine uygulanmış bu gerilmenin etkisinden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Push (1970), aşırı duyarlı denizel killer üzerinde bir seri tek eksenli sıkışma deneyi yaparak, mikro yapı gözlemleri için küçük örnekler hazırlamış ve bu örneklerdeki model tane bağlarıyla birleşmiş küçük agrega şebekeleri tarafından karekterize edildiklerini, bu bağların artan kayma deformasyonlarında artarda kırıldıklarını ve domain benzeri tane guruplarının oluştuğunu, çıplak gözle görülebilen kayma zonunda kayma kuvvetlerinin zemin taneciklerini deforme edip, yönlendirmeye çalıştıklarını belirtmiştir.

Ingles ve Lee (1971), satatik olarak sıkıştırdıkları ve levha şekilli taneler içeren anizotropik bir zemin örneği elde etmişler ve bu zemin örneğinde kaolin ve florit gibi küçük lamelerin olması durumunda deformasyon davranışının anizotropik, dayanımın ise izotropik olduğunu saptamışlardır. Ancak mika ve dolerit gibi büyük lamellerin bulunması durumunda ise hem deformasyonun, hem de dayanımın anizotropik olduğu sonucuna varmışlardır.

Kirkpatrick ve Rannie (1972), çalışmalarında yönlenmenin birçok kil için anizotropik deformasyonun bir sonucu olduğunu belirtmişlerdir. Anizotropik deformasyona rağmen efektif kohezyon (c') ve efektif içsel sürtünme açısı (ϕ') değerleri göz önüne alındığında, bu durumun izotropik olacağını öne sürmüşler, ancak farklı konsolidasyon seviyelerinde zemin taneciklerinin yönlenme eğilimlerinin, daha önce rasgele, düzensiz olan konumları, sonradan uzun eksenlerinin normal ve maksimum konsolidasyon gerilmesi altında yatay konuma geldikleri sonucuna varmışlardır.

Barden (1972), derleme (teknik not) şeklindeki çalışmasında, zemin yapısının killi zeminlerin deformasyonu üzerindeki etkisini özetlemiştir. Yazar killi bir zeminin anizotropik dayanım özelliklerinin, o zeminin mikro boyuttaki yönlenme ve

anizotropik özelliklerinden çok makro boyuttaki yönlenme ve anizotropik özelliklerine bağlı olduğunu belirtmiştir. Bu araştırmacı, bu tez çalışmasındakine bir ölçüde benzer şekilde, gelişen teknoloji ile birlikte ileriki çalışmalarda bir zemin deformasyonunun her aşamasının görüntülenebilmesinin mümkün olması durumunda, killi zeminlerin yenilmesi sırasında zemin yapısında oluşan değişikliklerin daha detay olarak belirlenebilmesinin mümkün olabileceğini söylemiştir.

Collins ve McGown (1974), zeminlerin mühendislik davranışlarının, tane yapılarıyla ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Çökelme alanı ile mikro yapı özellikleri arasındaki değişmez ilişkiler için bazı kanıtlar bulunurken, belirli mühendislik davranış tipleriyle, belirli özelliklerin etkileşimlerinin birlikte bulunduklarını öne sürmüşlerdir.

Lupini ve diğerleri (1981), farklı oranlarda kil boyutunda mika ile orta-ince boyutta kum karışımından hazırladıkları yapay numuneler üzerinde bir seri kesme kutusu deneyi yaparak, levhamsı mika tane oranının artık (rezidüel) dayanım üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deney sonunda örnekler Carbowax sertleştirme tekniği ile sertleştirilmiş ve ince kesitleri hazırlanmıştır. Daha sonra deneylerde oluşan kayma düzlemleri hem gözlemsel olarak, hem de polarizan ve elektron mikroskobu ile incelenmiştir. Çalışmada mika oranı arttıkça artık gerilme için gerekli kayma deformasyonunun arttığı görülmüştür. Kayma düzlemlerinin görsel incelenmesinde mika tanelerinin yönlenerek tıpkı fay düzlemlerindeki gibi kayma yönüne uygun olarak kayma çizikleri oluşturdukları görülmüştür. Ancak mika oranı arttırıldığında, kayma çizgilerinin kaybolarak yerini cilalanmış kayma düzlemlerine bıraktığı gözlenmiştir. Çalışmada mika oranının % 40'a ulaşıncaya kadar yenilmelerde belirgin olarak kayma düzleminin oluşmadığı, % 60-70'lik karışımlarda ise kayma düzleminin çok belirgin olduğu gözlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak türbülanslı (turbulent), geçiş (transitional) ve kayma (sliding) olmak üzere üç çeşit artık (rezidüel) kayma davranışının olduğu, bunlardan türbülanslı davranışta artık gerilmenin yüksek ancak, tane yönlenmelerinin minimum, dolayısı ile kayma düzleminin belirgin olmadığı saptanmıştır. Ayrıca, kayma davranışında artık dayanımın düşük ancak tane yönlenmelerinin çok fazla olduğu, geçiş davranışının ise

bu iki davranışın arasında bir davranış olduğunu dolayısı ile bir miktar tane yönlenmesinin mevcut olduğu da belirtilmektedir.

Love ve diğerleri (1982), faylanmış ve faylanmamış zemin örneklerindeki gözeneklerin dağılımını araştırmışlardır. Sonuçta faylanmamış örneklerdeki toplam gözeneklerin ortak yönlenmelerini yatay veya yataya yakın oldukları saptanmış, bu durumun zeminin jeolojik yükünden kaynaklanan sıkışma altında düşey en büyük asal gerilme tarafından oluşturulduğunu göstermişlerdir. Yazarlar, New Mexsico'da bulunan Kuvaterner yaşlı Lajencia adı verilen normal faydaki çalışmalarında zemin tabakaları boyunca gözeneklerin yönlenmeleri ile, fay boyunca elde ettikleri numunelerden hazırladıkları parlak kesitlerin, fayın hareketiyle rotasyona uğradıklarını makroskobik gözlemleriyle ispatlamışlardır.

Douglas ve diğerleri (1983), faylanma sonunda mikromorfolojik yapıda karbonatlaşma, kum ve daha küçük tane boyutundaki malzemenin yeniden yönlenmeye uğradığını, bu yönlenmenin fay zonundan uzaklaştıkça hafif, yakınlaştıkça daha şiddetli ve yüksek derecede olduğunu belirtmişlerdir.

Luza ve diğerleri (1987), güneybatı Oklahoma'da sol yönlü oblik Meers Fayı üzerinde açtıkları hendeklerde birkaç riyolit parçacığının uzun eksenlerinin kayma sırasında fay düzlemi boyunca yaklaşık paralel olarak yeniden yönlenme gösterdiğini belirtmişlerdir.

Schokking (1998), kuzey Hollanda'da Saalian buzullaşması sonucu aşırı konsolide olmuş fisürlü Pot kilinin, fisür yönlerine bağlı olarak gösterdiği anizotropik dayanım davranışını araştırmıştır. Yazar bunun için farklı derinliklerden alınan yönlü numuneler üzerinde bir seri tek eksenli ve konsolidasyonsuz-drenajsız (UU) ve konsolidasyolu- drenajsız (CU) deneyler yapmış ve güney yönlü birincil ve batı yönlü ikincil buzullaşma yönleri ile deneylerde elde edilen kayma düzlemi yönlerinin uyumlu olduğunu göstermiştir. Yazar, elektron mikroskobu ile detaylı olarak çalıştığı fisürlerin içerisinde, aşırı yönlenmiş kil taneciklerinin olduğunu bunun, fisür düzlemleri boyunca oluşan yenilmeleri kolaylaştırdığını belirtmiştir.

Çetin (1998), aktif fayların zemin tane ve boşlukları üzerindeki etkisini belirlemek için, Meers Fayı zonunun 3 ve 5 cm yakınından alınan örselenmemiş zemin örneklerinden yaptığı ince kesitlerde, zemin tane ve gözeneklerinin uzun

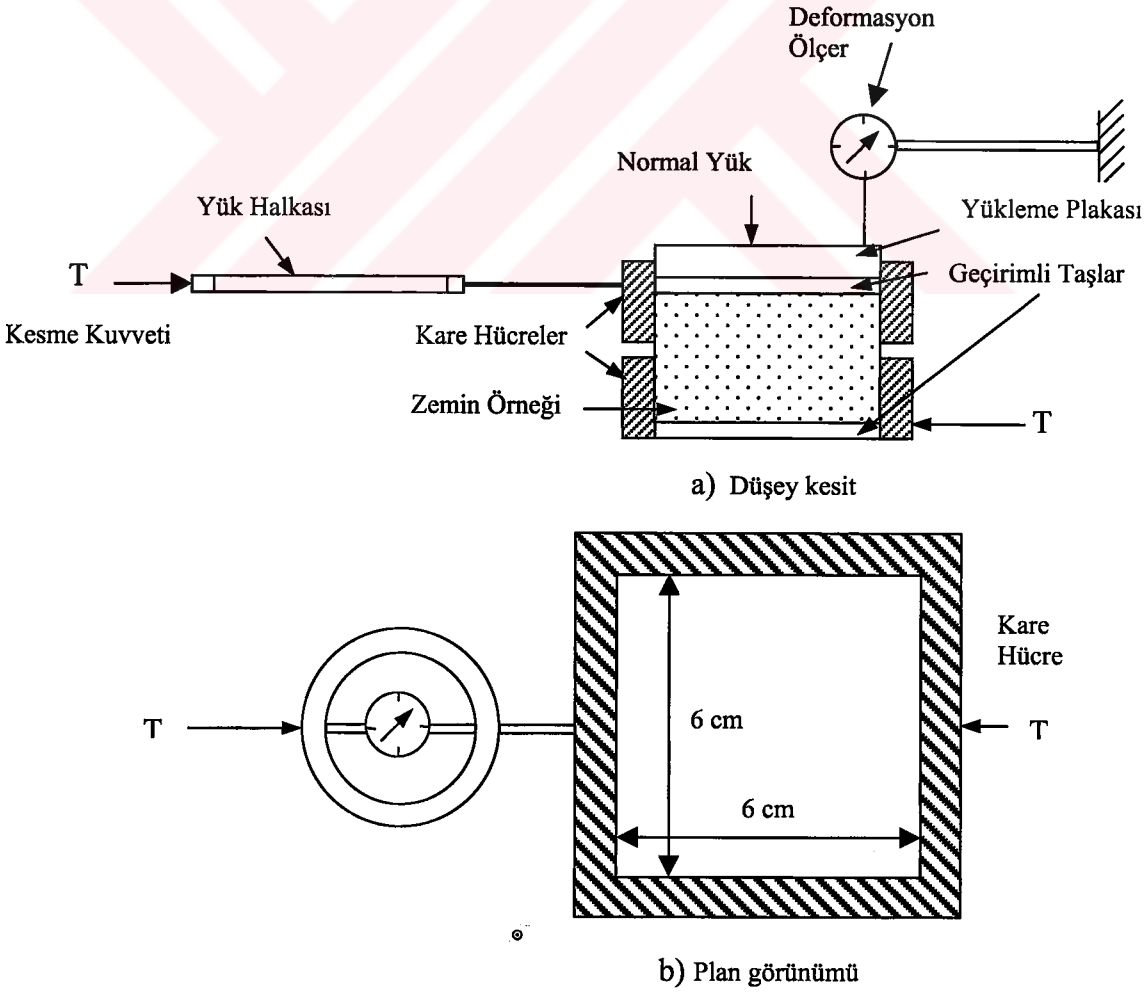
eksenlerinin, faylanmaya neden olan en büyük asal gerilme yönüne dik olarak belirgin bir yönlenme gösterdiğini söylemiştir. Araştırmacı tarafından bu yönlenmelerin en büyük ve en küçük asal gerilme yönlerinin belirlenmesinde ve bir oblik fayda oblik ve yatay kayma miktarının tayininde belirleyici olduğu gösterilmiş, fakat bazı durumlarda zemin boşluklarının ikincil kalsitle dolacağı ve böyle durumlarda yönlenme analizinin net olamayabileceği belirtilmiştir. Ayrıca zeminlerdeki gözenek ve tane yönlenmelerinin, faylanmayı meydana getiren en büyük asal gerilmenin yönünü işaret ettiğini ve yönlenmelerin fayın aktivitesinden kaynaklandığı da ifade edilmektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

3.1.1. Kesme Kutusu Aleti

Deneylerde kullanılan kesme kutusu aleti (ASTM 3080-90, 1993c) Standartlarına göre imal edilmiş, belirli bir normal gerilme altında zemine uygulanan kesme kuvveti ile zeminde meydana gelen yatay yer değiştirmeleri ölçen, zeminin kayma dayanımını ve parametrelerini (c, ϕ) belirlemede kullanılan, deformasyon kontrollü, 20 mm' ye kadar hareket kabiliyeti olan bir cihazdır. Deney aleti birbiri üzerine oturan 6x6 cm iç boyutlu iki kare metal hücreden oluşur (Şekil 3.1).



Şekil 3.1 Kesme kutusunun a)kesit ve b)plan görünümü.

3.1.1.1. Yükleme Üniteleri

Kesme Kutusu Hücresi standartlarına uygun zemin numunesine, normal yükün 10 katını etki ettiren ve kesme kuvvetinin de bir elektrik motoruyla uygulandığı düşey ve yatay yükleme üniteleridir.

3.1.1.2. Kesme Kutusu Hücresi

(6x6x4) cm boyutlarında, birbirine eşit iki parçadan oluşan sert metalden yapılmış bir hücredir. Drenajlı deneylerde zemin örneğinin alt ve üst yüzlerini iyi kavramak ve geçirimliliği sağlamak için çıkıntıları kayma hareketine dik ve delikleri olan iki metal plaka ile geçirimli (poroz) taşlar kullanılır. Metal plakalar ile poroz taşlar kesme kutusu hücresinin aparatlarıdır.

3.1.1.3. Mikrometreler

Düşey ve yatay deformasyonları ölçmek için kullanılan 0.01 mm hassasiyetli ölçüm aletleridir.

3.1.2. Zemin Örneği

Bu çalışmada kullanılan zemin örneği doğal olmayıp, doku değişimlerinin ayrıntılı bir şekilde görülebilmesi ve ölçülebilmesi için, iki farklı bölgeden alınan killi bir zemin ile bir mikaşist kayacından sağlanan mika kumlarının belirli oranlarda karışımıyla hazırlanmıştır. Örneğe mika kumlarının karıştırılmasının nedeni, levhamsı olmaları ve mikroskop incelemelerinde yönlenmelerin ayrıntılı şekilde görülmesinden dolayıdır. Mikaşistler Niğde ili ile Çamardı ilçesi arasında yayılım gösteren Niğde Metamorfitlerinden, killi zemin ise Handere formasyonunun (Adana civarı) Seyhan Baraj Gölü'nün kuzeydoğusundaki bölümünden alınmıştır. Bu karışımdan elde edilen yapay zeminden 6x6x4 cm boyutundaki kesme kutusu halkası (ring) ile daha küçük deney örnekleri alınarak kesme deneyleri yapılmıştır.

3.2.Metod

3.2.1.Kesme Kutusu Deneyinin Teorisi

Bu deneyin temel prensibi; bir zemin örneğini belirli bir normal gerilme altında, uygulanan kesme kuvveti ile önceden belirlenmiş yatay bir düzlem boyunca yenilmeye zorlamaktır. En az üç deney yapılarak yenilme sonucunda yenilmeye neden olan kesme kuvvetleri ile normal kuvvetler arasındaki ilişkiden zeminin kayma dayanımı parametreleri olan kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) hesaplanır.

Bu deney, kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminler için uygun olmakla birlikte, daha çok kumlar için uygundur. Kohezyonlu zeminlerden, ucu keskin, kare enkesitli örnek alıcı ile alınan kare prizma şeklindeki örnek, kutuya yerleştirilir. Zemin yüzlerinin alt ve üst yüzlerini iyi kavramak için, çıkıntıları kesme hareketine dik olan iki metal plaka kullanılır. Drenajlı deneylerde, deney sırasında, zemin numunesinden suyun çıkabilmesi için, çıkıntılı plakanın alt ve üstüne geçirimli taş plakalar yerleştirilir. Drenajlı deneylerde delikli çıkıntılı plakalar kullanılır. Zemin örneği üzerine 9, 18, 36, 72 kg gibi sabit bir düşey yük uygulanır. Düşey yük sabit iken, yatay olarak sabit bir kesme deformasyonu elektrik motoru ile otomatik bir şekilde uygulanır. Gittikçe artan kesme kuvvetine karşı, zemin örneği iki hücreyi ayıran düzlem boyunca kesilir ve zeminde bir kayma düzlemi oluşur. Uygulanan kesme kuvveti bir yük halkası vb. ile ölçülür. Zemin örneğinin kalınlığının deney sırasındaki değişimi de, yükleme plakası üzerine konulan bir deformasyon ölçer ile ölçülür. Deneyin başlangıcından sonuna kadar, zemin örneğinin hem düşey deformasyonları, hem de kesme deformasyonları belli zaman aralıklarıyla kaydedilir. Zemin örneği yenildikten bir süre sonra, deneye son verilir. Yenilme anındaki, normal ve kayma gerilmeleri aşağıdaki şekilde hesaplanır.

σ_n : N/A : N/(6x6 cm) : sabit.....(3.1) τ_{max} : T_{max}/A : T_{max}/(6x6 cm).....(3.2)

σ_n : Normal Gerilme (kgf/cm^2) τ_{max} : En Büyük Kayma Gerilmesi (kgf/cm^2)

N : Normal Kuvvet (kgf) T_{max} : En Büyük Kesme Kuvveti (kgf)

A = Numune Alanı (cm^2)

3.2.2.Kesme Kutusu Deneyi İçin Zemin Örneğinin Hazırlanması

Kesme kutusu deneyi için gerekli blok zemin örneğinin hazırlanması için, Handere formasyonu'ndan alınan gri renkli CL-ML tipi düşük plastisiteli siltli kil 40 no.lu elekten (0.420 mm) elendikten sonra, 18 kg elek altı elde edilmiştir. Niğde Metamorfitlerinden alınan 18-120 no.lu elekler (1.00mm-0.125mm) arasında kalan mika kumlarından da 9 kg alınmıştır. Düzgün yüzeyli mukavva karton üzerinde, kil ve mika kumları 1/3 oranında homojen karışım oluşuncaya kadar karıştırılmıştır. Bu karışım (23x23x34) cm boyutlarındaki temizlenip, çevresi ve tabanı 1mm çapında delindikten sonra, metal kutu içerisine dökülmüştür. Karışımın kendi kendini tutabilmesi ve bir doku oluşturarak ön konsolidasyon basıncına maruz kalabilmesi için, üzerine boyutları (22.5x22.5x7.1) cm ve ağırlığı 10,79 kg olan bir mermer levha konulmuştur. Etki eden bu 0,021 kgf/cm^2 'lik gerilme altında, zaman zaman örneğin üzerine su dökülerek 8 ay bekletilmiştir. Bu işlemler sonucunda kendi kendini tutabilen, bir zemin dokusu ve bir ön konsolidasyon basıncına sahip yapay bir zemin bloğu elde edilmiştir (Şekil 3.2).

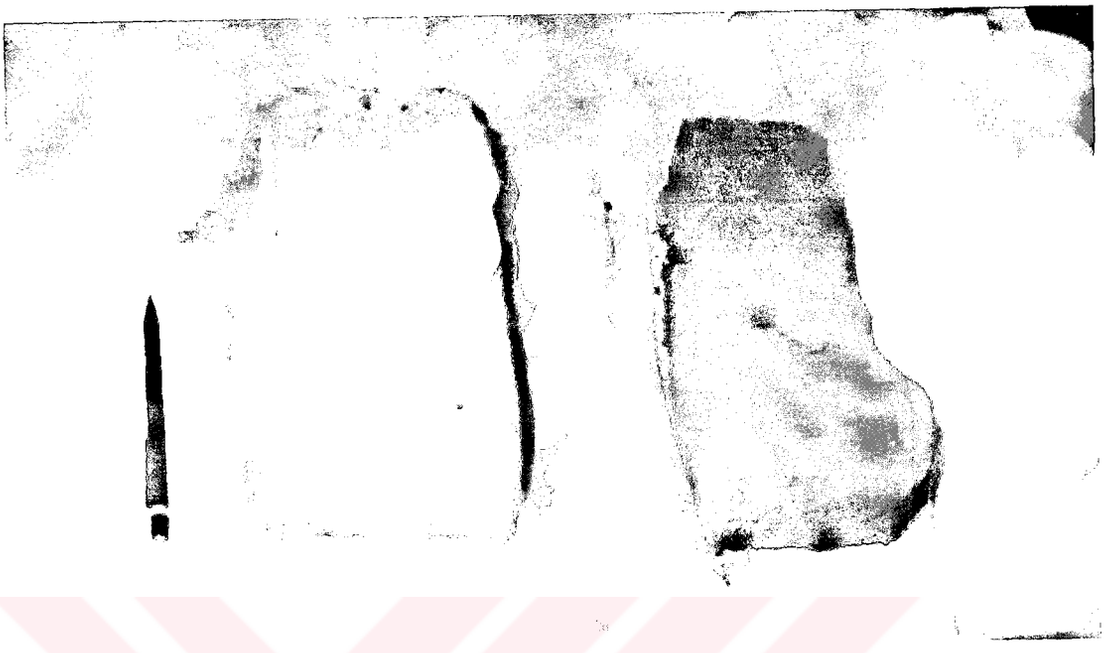


Şekil 3.2. Killi zemin ve mika kumu karışımından elde edilmiş ve 0,021kgf/cm^2' lik ön konsolidasyon basıncına maruz bırakılmış zemin örneğinin görünümü.

Doğala özdeş olarak özel hazırlanmış bu zemin örneği, laboratuvara kolay taşınması ve yapılacak deneylerin 3-4 ay süreceği göz önünde bulundurularak, bu süre zarfında doğal su içeriğini koruması ve örselenmemesi için keman teli ile kesilip (23x11x7) cm'lik daha küçük bloklara ayrılmıştır. Daha sonra bu örnekler tülbent ile sarılıp, bal mumu ve parafin karışımıyla parafinlenerek korunmaya alınmış ve numaralandırılmıştır (Şekil 3.3, 3.4, 3.5).



Şekil 3.3. Yapay zemin örneğinin labaratuvar deneylerine hazırlanması için örselenmeden keman teli ile kesilmesi.



Şekil 3.4. Keman teli ile kesilen yapay zemin örneklerinin muhafazası için parafin ve tülbent bezi ile kaplanması.



Şekil 3.5. Parafin ve tülbent bezi ile kaplanıp numaralandırılarak kesme kutusu deneyine hazır hale getirilmiş blok örnekler.

3.2.3.İnce Kesitlerin Hazırlanması

Zeminlerden ince kesitlerin hazırlanması kayaçlardan ince kesit yapma tekniğine benzer bir teknikle yapılır. Ancak zemin kesilmeden, inceltilmeden ve parlatılmadan önce mutlaka reçinelerle doygun hale getirilmeli ve sertleştirilmelidir. Bu reçineler genellikle polyester polystyrene veya epoxy bileşenleridir. Zeminlerden ince kesitlerin hazırlanması aşağıdaki aşamalar izlenerek yapılır (Fitzpatrick, 1984):

(a) Zemin örneğinin suyunun alınması

(b) Örneğin sertleştirilmesi

(c) Sertleşmiş örneğin inceltilmesi

(d) Sertleşmiş örneğin parlatılması

3.2.3.1. Zemin örneğinin suyunun alınması

Normal olarak, zemin örneklerinin oda sıcaklığında (20 ^{0}C) kurumasına izin verilir. Bunu 50 ^{0}C de 48 saat ısıtma izler. Bu çok şiddetli bir işlem olmamasına rağmen, bir çok zeminin yapısında az da olsa bir etki bırakır. Buna rağmen genişleyebilir kafes yapılı veya organik madde içeren kil içeriği fazla zeminler kurutulduklarında önemli ölçüde küçülebilirler. Böyle durumlarda kurutmadan kaçınılmalı ve su asetonla yer değiştirdikten sonra sertleştirme yapılmalıdır.

3.2.3.2. Örneğin Sertleştirilmesi

Gözenekli zeminlerin sertleştirilmesi önemli bir problem oluşturmaz, ancak sıkı zeminler çift sertleştirme gerektirebilir. En iyi sertleştirmeler düşük viskoziteli bir reçine kullanıldığında ve sertleştirme bir vakum aleti içinde yapıldığında elde edilir. En çok kullanılan sertleştiriciler polyester epoxy ve carbowax 6000 (polyetylene glycol) reçineleridir. Islak zemin numunesindeki su asetonla yer değiştirilir ve numune ince bir reçineyle sertleştirilir. Bu teknik, uzun ve titizlik gerektiren bir çalışma olup, iyi sonuç vermektedir.

Reçine seçimindeki en önemli faktörlerden biri reçinenin refraktif indeksi 1.54 olan Kanada balzamına mümkün olduğu kadar yakın olmasıdır. Bu da mineralojik çalışmalar için bir standarttır.

3.2.3.3. Sertleşmiş Örneğin İnceltilmesi

Zemin reçine ile doyurulduktan sonra ince kesit halinde kesilir. Bu ince kesitler inceltici tozlar veya zımpara kağıdıyla inceltilebilir. Eğer inceltici toz kullanılırsa, tozun kalitesine dikkat edilmelidir. Küresel şekilli tanelerden oluşması ve kendisi parçalanmadan zımparalayabilme özelliğinden dolayı Aloxit (alüminyum oksit) en çok tercih edilmesi gereken tozdur. İnceltme işlemi, elle veya inceltme makinesi (Lapmaster gibi) kullanılarak dönen plakalar yardımıyla da yapılabilir. Bu şekilde zemin blokları otomatik ve eş zamanlı olarak hızlı bir şekilde inceltilebilirler.

3.2.3.4. Sertleşmiş Örneğin Parlatılması

Bu işlem için birçok yöntem vardır. Putty tozu iyi bir parlatıcıdır. Yumuşak bir bez üzerine konan putty tozu ile iyi bir parlatma sağlanabilir, ancak bu tozun ince kesitin tüm yüzeyine aynı oranda temas etmediği durumlarda farklı parlatmalar oluşabilir. Hazırlanan yapay zemine ait ince kesitler, ABD' deki The National Petrographic Inc. Labaratuvarı tarafından bu aşamalar izlenerek hazırlanmıştır.

3.2.4.Hazırlanan İnce Kesitlerin Dokularının Belirlenmesi

Zemin dokularının belirlenmesinde kullanılan çok çeşitli yöntemler vardır. Bunlardan bazıları aşağıda verilmiştir.

(a) Optik (polarize) Mikroskop Yöntemi

(b) Elektron Mikroskobu Yöntemi

(c) Boşluk Ölçüm Dağılım Yöntemi

(d) Akustik Hız Yöntemi

(e) X Işınları Kırınım Yöntemi

(f) Termal İletkenlik Yöntemi

(g) Yalıtkanlık Dağılımı ve Elektrik İletkenliği Yöntemi

(h) Mekanik Özellikler Yöntemi

(h.1) Dayanım Yöntemi

(h.2) Geçirgenlik Yöntemi

(h.3) Sıkışabilirlik Yöntemi

(h.4) Büzülme ve Şişme Yöntemi

Bu yöntemlerden ilk dört tanesi zemin dokularının doğrudan gözlenmesine olanak tanır ve üzerinde çalışılan zemin örnekleri ana malzemenin özelliklerini eksiksiz taşır. Bu yöntemlerle incelenecek zemin örneklerinin hazırlanmaları sırasında esas doku bozulmaz. Ancak küçük örneklerin çalışılması sırasında örnek hazırlanırken dokuda bozulma olur. Diğer yöntemlerde bu bozulma olmamasına rağmen, arazide doku belirlenmesinde, kayma ve sıkışma işlemleri sırasındaki doku değişimlerinin çalışılmasında tam ve kesin sonuçlar vermemektedirler.

İlk dört yöntemin dışındaki dolaylı yöntemler doğal su içeriğindeki örselenmemiş örnekler üzerinde uygulanırlar. İlk dört yöntem örneklerin boşluklarındaki sıvının alınması veya başka bir sıvıyla değiştirilmesini gerektirir. Bu işlemler sırasında esas dokunun bozulma ihtimali olabileceğinden özen gösterilmelidir (Mithcell, 1976).

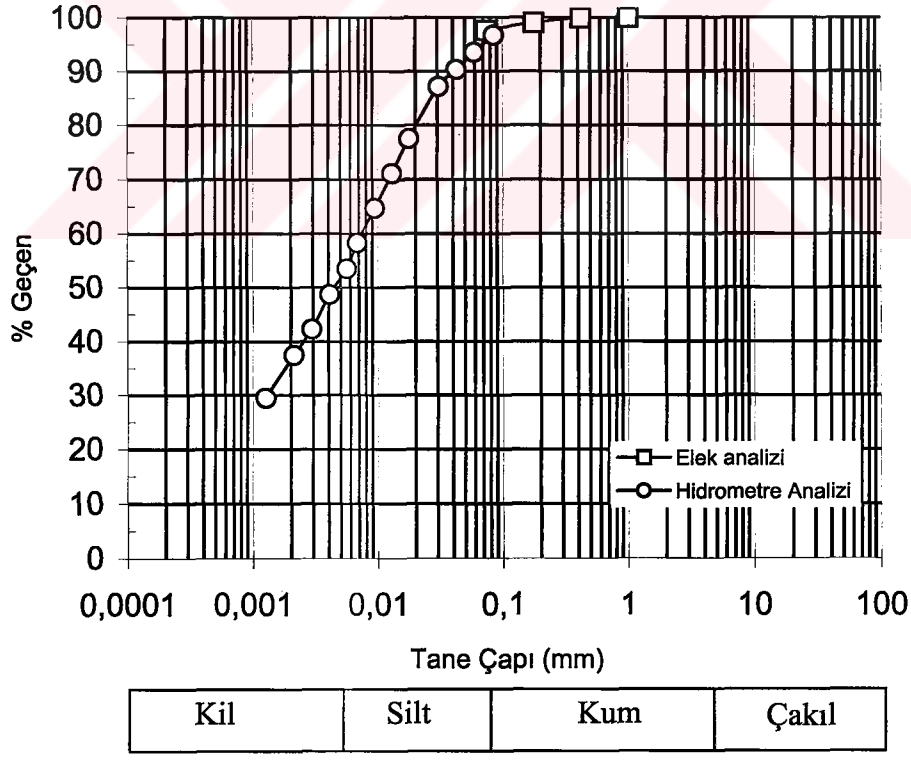
Çok uzun zamandan beri zeminlerin dokularının oluşmasında çevrenin önemli bir etkisinin olduğu biliniyordu. Özellikle elektron mikroskobunun zeminlerin dokularının araştırılmasında kullanılmasıyla, aynı tip zeminlerin aynı dokuya sahip olmadıkları, ancak aynı çevre şartlarında bulunan aynı tip zeminlerin dokularının aynı olduğu ve bunun da doku çevre ilişkisini gösterdiği görülmüştür (Mithcell, 1976; Berry ve Raid, 1987).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Hazırlanan Yapay Zeminin İndeks Özellikleri

Kesme kutusu deneyi için hazırlanan yapay zeminin, mika kumu ile karışımından önce ve karışımdan sonra her iki durumdaki tane boyu dağılımı, indeks özellikleri ve kıvam limitleri saptanmıştır. Zemin indeks özelliklerinin tayininde standartlara uygun elek seti ve hidrometre kullanılmıştır (ASTM D 422-63, 1993 b), (Ek-1 ve Ek-2).

Yapılan deneylerden killi zeminin kil yüzdesi % 53, silt yüzdesi % 42, kum yüzdesi de % 5 olarak görülmekte (Şekil 4.1) ve Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma Sistemi'ne göre CL (düşük ve orta pastisiteli, inorganik siltli kil) tipi bir zemin olduğu anlaşılmaktadır.



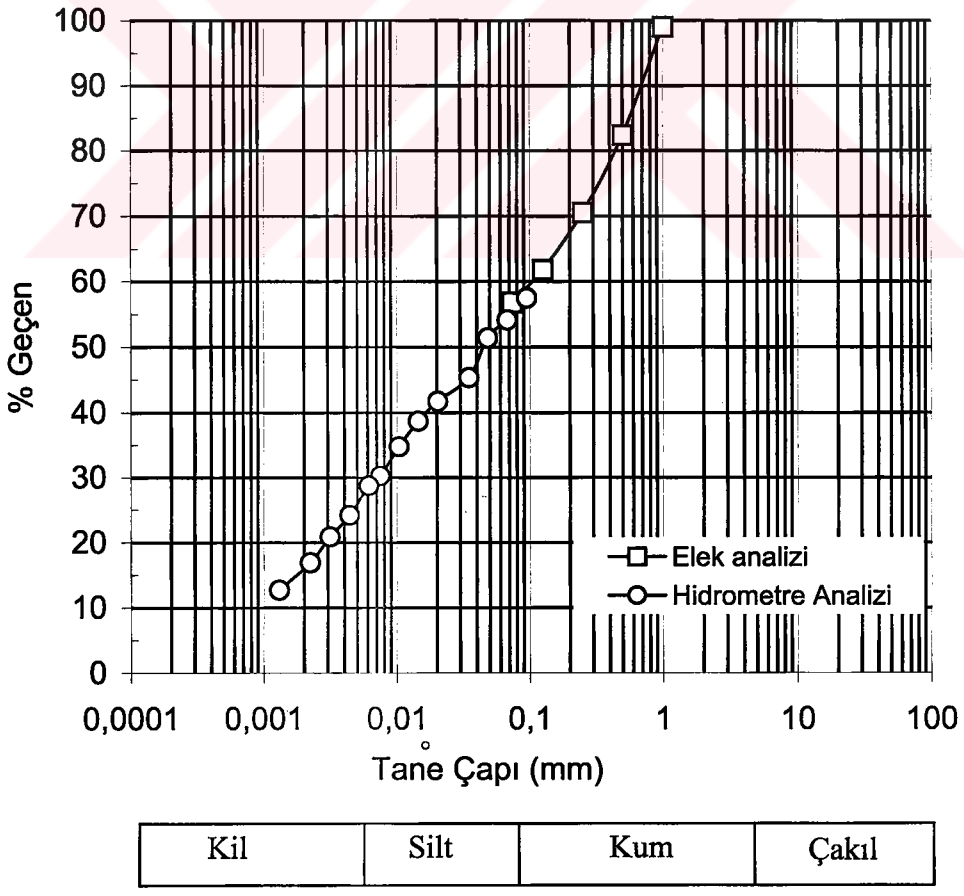
Şekil 4.1. Deneylerde kullanılan killi zeminin tane boyu dağılımı grafiği.

Mikaşist kumu karıştırılmış yapay zeminin de kil yüzdesi % 26, silt yüzdesi % 29, kum yüzdesi de % 45 olarak görülmekte ve Birleştirilmiş Zemin Sınıflandırma

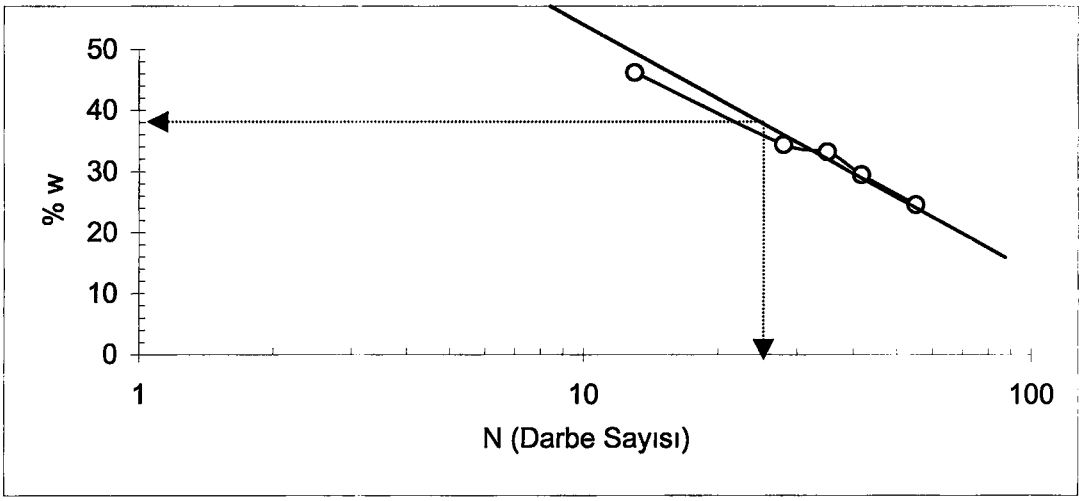
Sistemi'ne göre CL-ML (düşük ve orta pastisiteli, inorganik silt ve çok ince kumlar) gurubunda yer alan bir zemin olduğu anlaşılmaktadır (Şekil 4.2).

Killi zemin ile yapay zeminin likit limit (w_L) deneyleri Casagrande yöntemiyle belirlenmiştir (ASTM, 1993 d). Bu deney sonuçlarından killi zeminin likit limiti (w_L) % 38, plastik limiti (w_p) %22 ve rötre (büzülme) limiti (w_R) de %21 olarak bulunmuştur (Şekil 4.3. ve Ek-3). Yapay zeminin de likit limiti (w_L) % 24, plastik limiti (w_p) %18 ve rötre limiti (w_R) de %16 olarak bulunmuştur (Şekil 4.4 ve Ek-4).

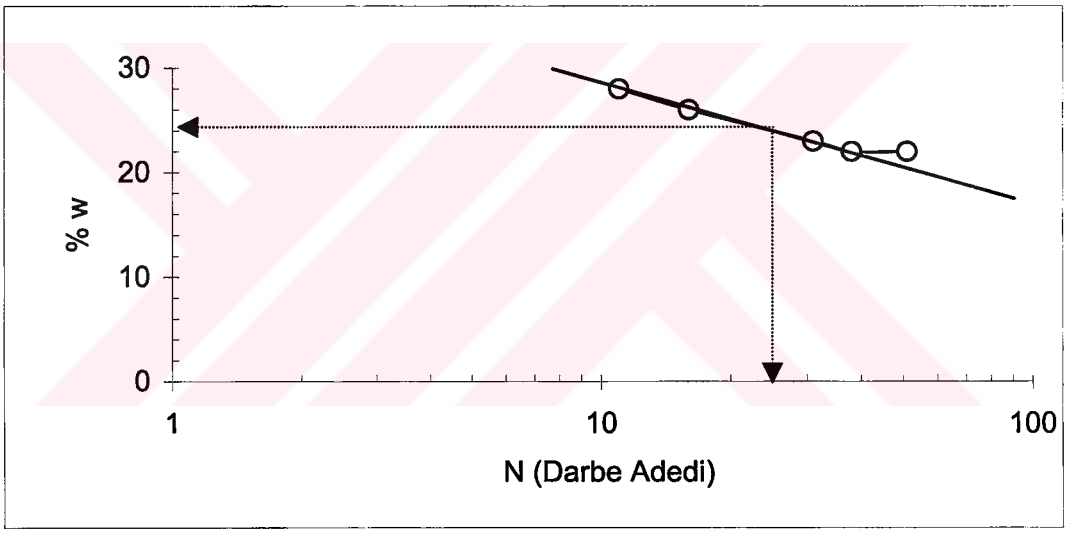
Doğal killi zeminin CL tipi zeminden CL-ML tipi zemine dönüşmesi, örneğe 1mm ile 0,125 mm tane boyu aralığında ve 1/3 oranında mikaşistten hazırlanmış kum karıştırılmasından kaynaklanmaktadır. Bunun sonucu olarak yapay zeminin kıvam limitlerinde düşüş görülmüş ve ağırlıkça kil yüzdesi azalmıştır.



Şekil 4.2. Deneylerde kullanılan yapay zeminin tane boyu dağılımı grafiği.



Şekil 4.3. Deneylerde kullanılan killi zeminin likit limit grafiği



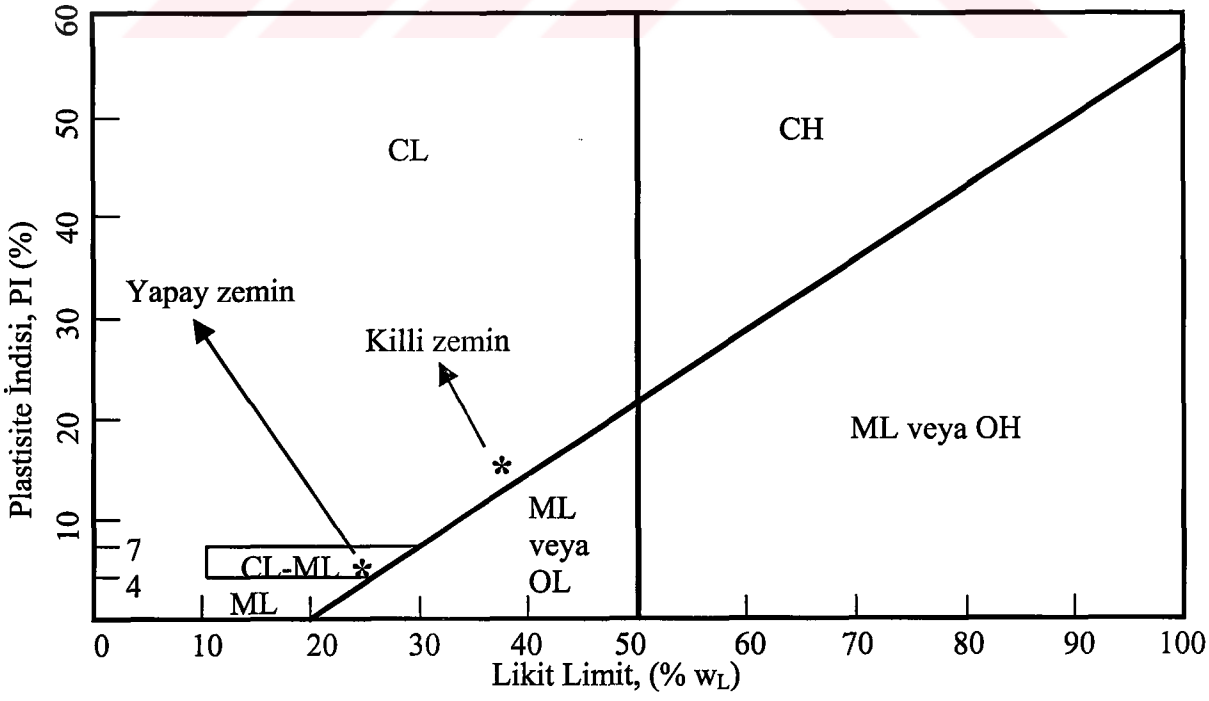
Şekil 4.4. Deneylerde kullanılan yapay zeminin likit limit grafiği

Killi zemine mikaşist kumu karıştırılarak elde edilen yapay zeminin, ağırlıkça kil ve silt yüzdeleri düşmüş, kum yüzdesi ise artmıştır. Buna bağlı olarak, yapay zeminin killi zemine oranla kıvam limitleri, aktivite sayısı, kıvam indisi değerleri önemli ölçüde azalmıştır. Bu düşüşün nedeni, daha ince taneli olan kil ve silt miktarının düşmesiyle yapay zemindeki toplam tane yüzey alanının küçülmesi, buna bağlı olarak su tutma miktarının azalmasından kaynaklanmaktadır. Bununla birlikte Çizelge 4.1' de yapay zemin için verilen ve % 20 olan su içeriğinin killi zemininkinden yüksek olmasının nedeni, deneyler öncesinde yapay zemin örneğinin

kurumaması için zaman zaman örneğe su verilmesinden kaynaklanmaktadır. Her iki zemine ait indeks özellikleri karşılaştırılmış (Çizelge 4.1) ve plastisite grafiğinde yerleri gösterilmiştir (Şekil 4.5).

Çizelge 4.1. Killi zemin ile yapay zeminin özelliklerinin karşılaştırılması

	Killi Zemin	Yapay Zemin
Likit Limit,w_L (%)	38	24
Plastik Limit,w_p (%)	22	18
Rötre Limiti,w_R (%)	21,27	16,4
Plastisite İndeksi, I_p (%)	16	6
Özgül Ağırlık	2,70	2,70
Doğal Birim Hacim Ağırlık,γ_n (gr/cm^3)	2,3	1,95
Doğal Su İçeriği,w_n (%)	12	20
Zemin Tipi	CL	CL –ML
Ağırlıkça Kil Oranı (%)	35	16
Aktivite Sayısı (I_p / % kil)	0,46 (Aktif Değil)	0,38 (Aktif Değil)
Kıvam İndeksi, Ic [$(w_L-w_n)/I_p$]	1,63 (Sert)	0,67 (Orta Katı)

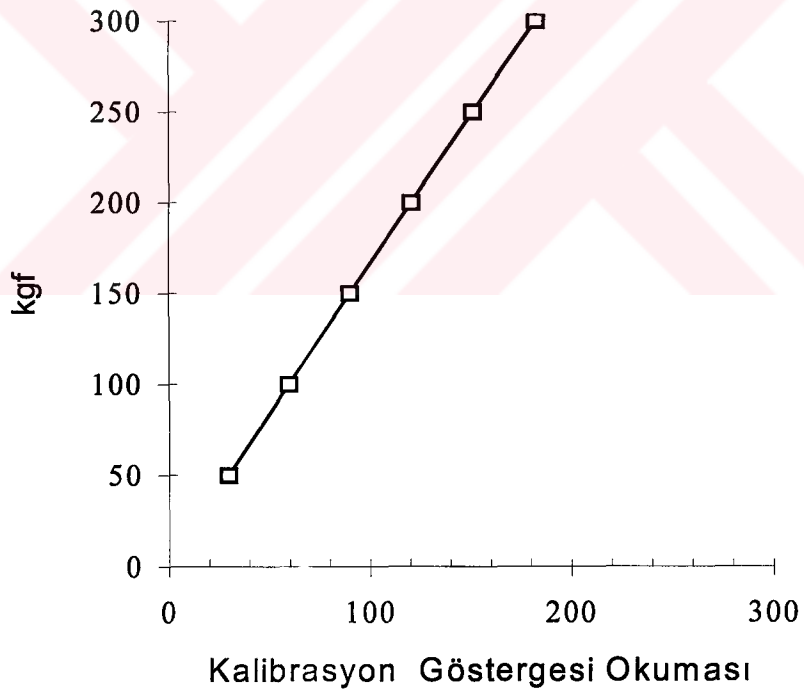


Şekil 4.5 Killi zemin ile yapay zeminin plastisite grafiğinde gösterilmesi

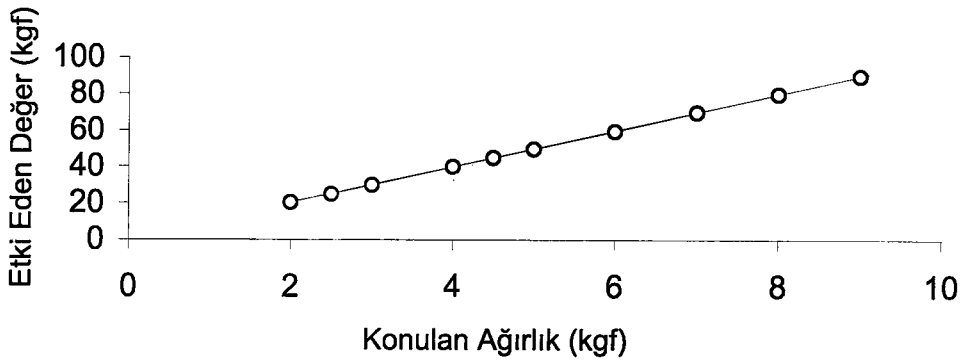
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ

4.2. Kesme Kutusu Deney Aletinin Kalibrasyonu

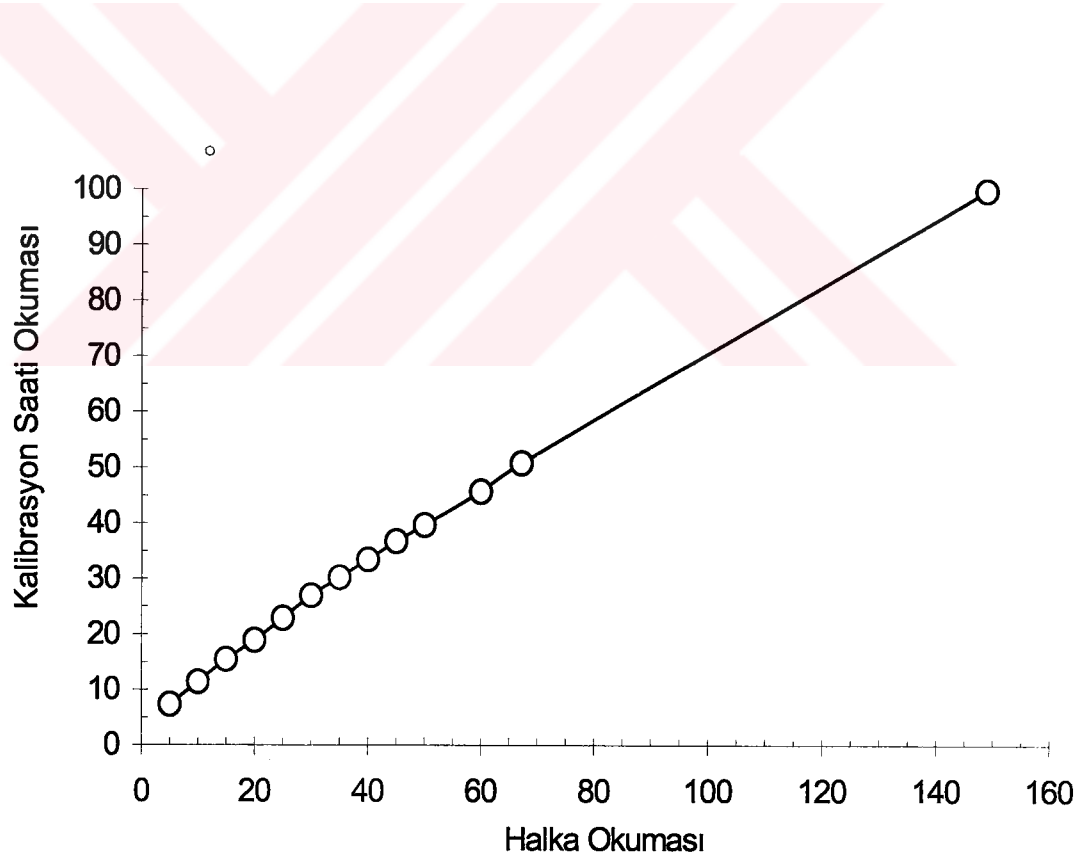
Deney aleti üretici firmanın kullanma kılavuzu doğrultusunda deney için hazır duruma getirilerek, normal ve kayma gerilmelerinin uygulanması sırasında alette meydana gelecek deformasyon düzeltmelerinin yapılabilmesi için, kalibrasyon göstergesi okumalarına karşılık gelen yük değerleri grafiği oluşturulmuştur (Şekil 4.6). Daha sonra farklı kayma ve yükleme aşamalarında standartlara uygun bu hassas yük ölçme saati ile okumalar alınıp düzeltme eğrileri hazırlanmıştır. Uygulanan yüklemeler bu kalibrasyon eğrileri ile değerlendirilerek hesaplamalar yapılmıştır (Şekil 4.7, Şekil 4.8).



Şekil 4.6. Kalibrasyon saati okumalarına karşılık gelen yük değerleri.



Şekil 4.7. Kesme kutusunun yük kolu ile normal yük arasındaki ilişkisi.



Şekil 4.8. Yük halkası okumaları ile kg-kuvvet arasıdaki ilişki.

4.3. Zemin Örneklerinde Kayma Düzlemlerinin Oluşturulması

Daha önce hazırlanan yapay zeminin blok örneklerinden kesme halkası yardımıyla (6x6x4cm) boyutlarında 0.021 kgf/cm^2'lik ön gerilmeye maruz bırakılmış, 4D-1 olarak numaralandırılan 1 adet örnek alınmıştır. Bu örnekten farklı olarak, 4D-1 örneğinin boyutlarında ikinci bir örnek alınıp, kesme kutusu hücresine yerleştirildikten sonra, suya doygun ortamda 1kgf/cm^2'lik normal gerilme altında 24 saat konsolide edilmiş ve 4D-2 olarak numaralandırılmıştır. Her iki örneğe de kayma gerilmesi uygulanmayıp kayma düzlemi oluşturulmadan, kesme kutusu aletinden çıkarılmış ve özelliklerinin bozulmamaları için parafinlenerek ince kesit yapımı için muhafaza edilmiştir. Aynı blok örnekten farklı normal gerilmelerin uygulandığı örneklerin alınması, konsolidasyon öncesi ve sonrası ile kayma öncesi ve sonrasına ait doku özelliklerinin araştırılmasına yöneliktir.

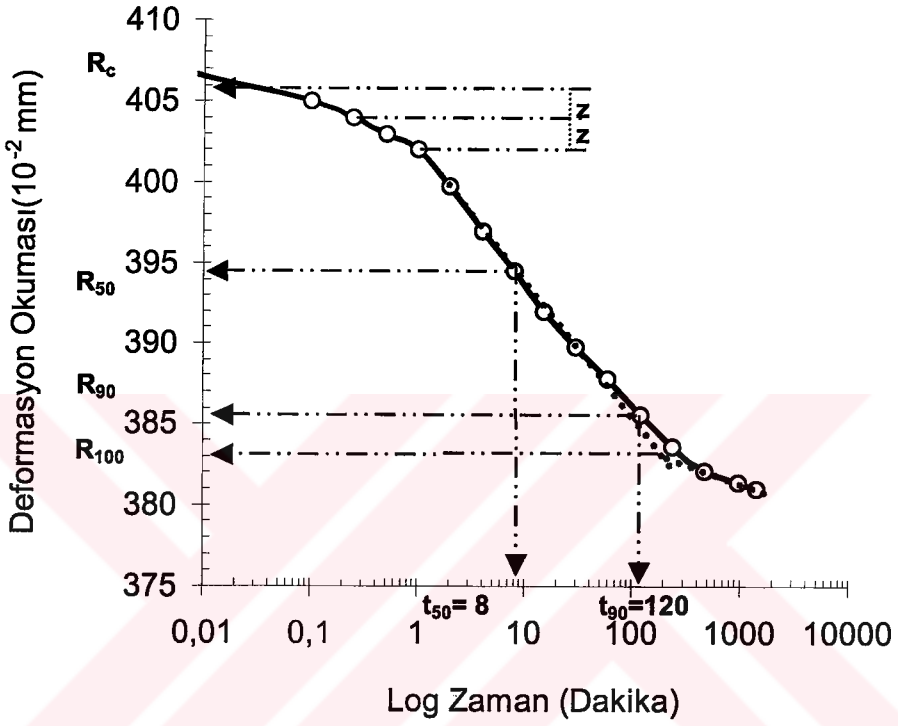
Örselenmemiş diğer blok örnekler sırayla açılarak, farklı kayma yer değiştirme deformasyonlarında, konsolidasyonlu-drenajsız (hızlı veya CU) ve konsolidasyonlu-drenajlı (yavaş veya CD) kayma durumlarındaki dokusal değişimlerin (yönlenme) incelenebilmesi için, aynı normal gerilme (1kgf/cm^2) altında suya doygun ortamda 24 saat konsolide edildikten sonra, bir seri CU, bir seri de CD kesme deneylerine tabi tutulmuştur. Kesme kutusuna yerleştirme, kutudan çıkarma, parafinleme işlemleri sırasında örselenmemiş zemin örneği alma kurallarına dikkat edilmiştir.

Konsolidasyonlu-drenajsız yani hızlı deneyde (CU) örneğin gözeneklerinde bulunan suyun drene olmasına fırsat verilmeden 1 mm/dk'lık hızla, konsolidasyonlu-drenajlı yani yavaş (CD) deneyde de örnek içerisindeki su ve havanın dışarıya çıkmasına izin verecek şekilde 0.023 mm/dk hızla yapay zemin örnekleri kaymaya maruz bırakılmıştır.

Yavaş deneyde (CD) kayma hızını belirleyebilmek için, numunenin % 50 konsolidasyonunun ne kadar zamanda gerçekleştiği gerektiğinden, ASTM D 2435-90 (1993 a) standartlarına göre konsolidasyon deneyi yapılmıştır (Ek-5 ve Ek-6).

Bu veriler esas alınarak örneğin konsolidasyon deney grafiği çizilmiştir (Şekil 4.9). Grafikten örneğin konsolidasyonunun % 50' sinin gerçekleşmesi için 8

dakikalık bir sürenin, % 90' ının gerçekleşmesi için de 120 dakikalık bir zaman diliminin geçmesi gerektiği görülmektedir.



Şekil 4.9. Yapay zeminin Log-Zaman yöntemiyle çizilen konsolidasyon grafiği.

Deney sırasında yükler iki kat olarak arttırılmayıp,"log gerilme-boşluk oranı" grafiğindeki eğim değişiminin net olarak görülebilmesi için grafikte görülen yükler uygulanmıştır. Kesme kutusu deneyinde tüm örneklere 1kgf/cm^2'lik normal gerilme uygulandığı için, konsolidasyon katsayılarının hesaplanmasında da 0,764 kg/cm^2-1,528 kg/cm^2 gerilme aralığı seçilmiştir (Şekil 4.10).

Bariz bir kırılma göstermeyen elastik zemin örneklerinin yenilmesi, zemin örneğinin yatay yer değiştirme miktarının çapına oranı % 15' e ulaştığında gerçekleşmiş kabul edilmektedir (ASTM, 1993 c). Kesme kutusu deneyine tabi tutulan örnekler de elastik özelliğinden ötürü, kuvvet halkasındaki okumalardan yenilmenin gerçekleştiği net bir şekilde görülemediğinden, yenilme miktarı 9 mm'

lik miktara ulaşıldığında en büyük kayma gerilmesinin oluştuğu ve yenilmenin tamamlandığı kabul edilmiştir.

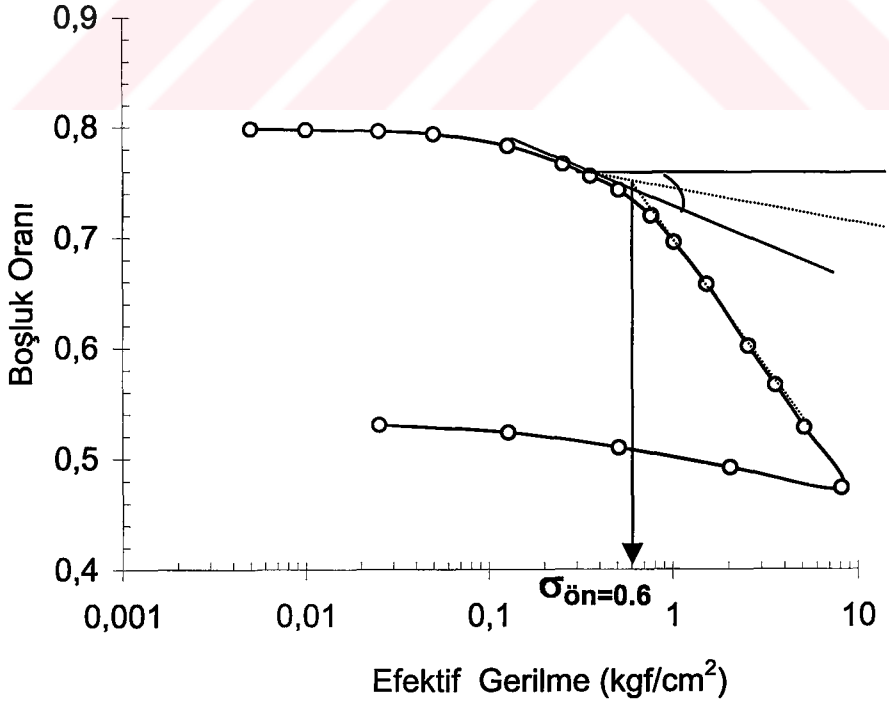
$$\text{Kesme Hızı (dr)} = \frac{\text{Yenilme İçin Gerekli Yer Değiştirme } (d_f)}{\text{Zeminin Yenilmesi İçin Geçen Zaman } (t_f)} = \text{mm/dk}$$

$$(t_f) = 50xt_{50}$$

$$\text{Kesme Hızı (dr)} = \frac{9}{50x8} = 0.023 \text{ mm/dk}$$

olarak bulunmuş, CD deneylerinde numuneler bu hızda kesilmiştir.

0.021 kgf/cm^2 olarak uygulanan ön gerilme, konsolidasyon yöntemiyle bulunan ön gerilmeden farklı bulunmuştur (Şekil 4.9). Bunun nedeni olarak yapay zemin örneği ön yüklemeye bırakıldığında, örneğin su ile ıslatılması ve sıcak havalarda tekrar kuruması ve bu ıslanma kuruma işleminin defalarca tekrarlanmış olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.



Şekil 4.10. Gerilme-boşluk oranı grafiği.

Bu deney sonucu zeminin konsolidasyon parametreleri aşağıdaki şekilde bulunmuştur. Bu parametreler;

Hacimsel Sıkışma Katsayısı, $$m_v = \frac{\Delta V/V}{\sigma'_2-\sigma'_1} = 0.0451\ cm^2/kgf$$

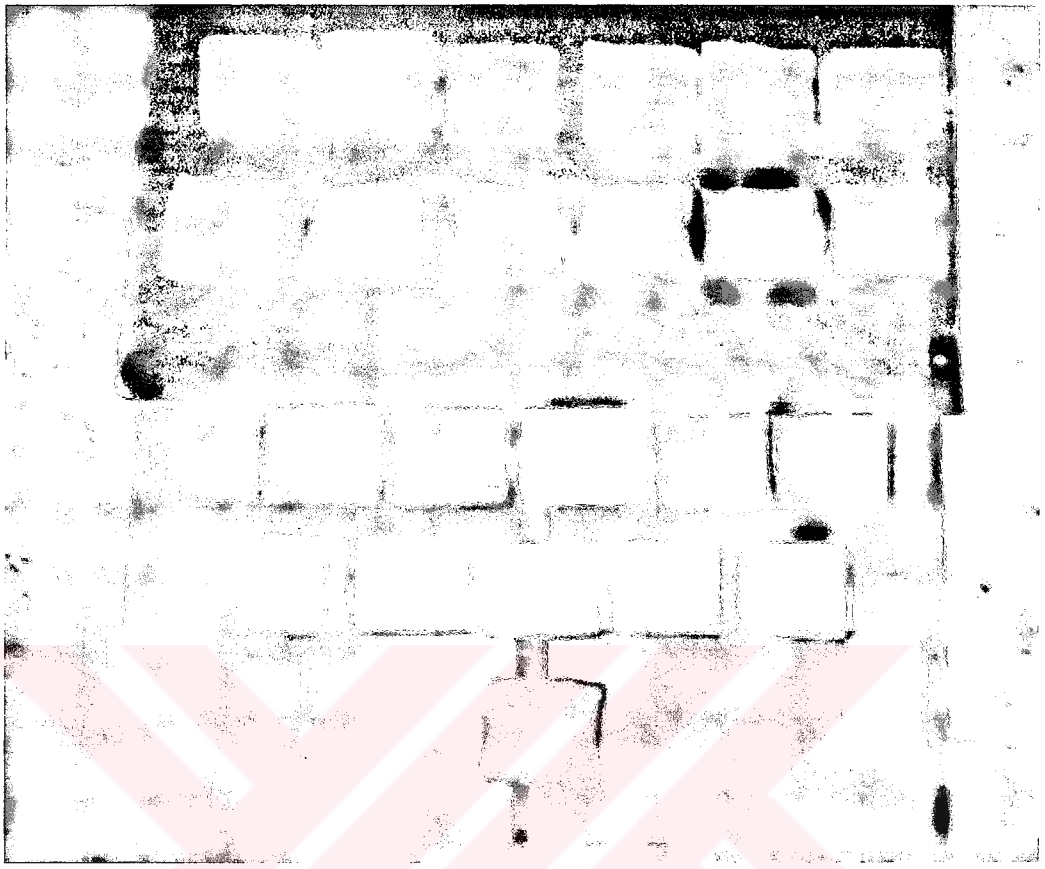
Sıkışma Sayısı, $$a_v = \frac{e_1-e_2}{\sigma'_2-\sigma'_1} = 0.0814\ cm^2/kgf$$

Sıkışma İndisi, $$Cc = \frac{e_1-e_2}{\log\sigma'_2-\log\sigma'_1} = 0.2066\ cm^2/kgf$$

Konsolidasyon Katsayısı, $$C_v = \frac{0.197 \times d^2}{\text{Log } t_{50}} = 0.000405\ cm^2/sn$$

olarak bulunur. Burada ΔV 1kgf ve 3kgf yük adımlarındaki konsolidasyon örneğinin hacim değişimi, V konsolidasyon örneğinin hacmi, σ'_1 birinci adımındaki efektif gerilme, σ'_2 ikinci adımındaki efektif gerilme, e_1 birinci adımdaki boşluk oranı, e_2 ikinci adımdaki boşluk oranı, d konsolidasyon numunesinin kalınlığı, t_{50} % 50 kosolidasyonun gerçekleşmesi için gerekli zaman

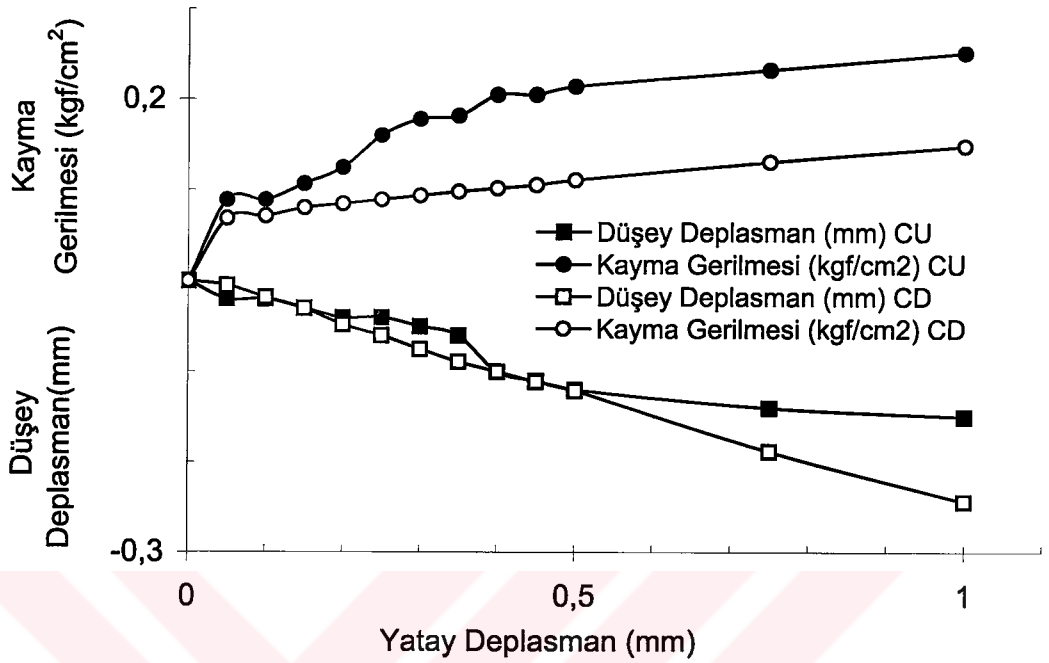
Her seride örnekler 1mm, 2mm, 3mm, 4mm, 5mm, 6mm, 7mm, 8mm, 9mm, 11mm, 13mm kesilmiştir. İlk seri konsolidasyonlu-drenajsız (CU) hızlı kesme deneyine tabi tutulan numuneler, 4D-3, 4D-4, 4D-5, 1A-1, 1A-2, 1A-3, 1A-4, 1A-5, 3C-1, 3C-3, 3C-4 olarak numaralanmıştır. İkinci seri konsolidasyonlu-drenajlı (CD) yavaş kesme deneyine tabi tutulan numuneler de 3C-5, 3C-6, 3C-7, 3C-8, 2B-1, 2B-2, 2B-3, Y-1, 2B-4, 2B-5, 2B-6, şeklinde numaralanmıştır. Bu iki serideki her örnek kayma dayanımının tamamen aşılması göz önünde bulundurulmayarak, yukarıda bahsedilen ölçülerde kayma gerçekleşirken, aşağıdaki grafiklerde görülen aşamalarda örnekteki düşey deplasman ve o adımdaki kayma gerilmesi miktarı da hesaplanıp deneye son verilmiştir. Böylece her iki seri deney sonunda kayma miktarları farklı, 22 adet zemin örneği elde edilmiştir (Şekil 4.11).



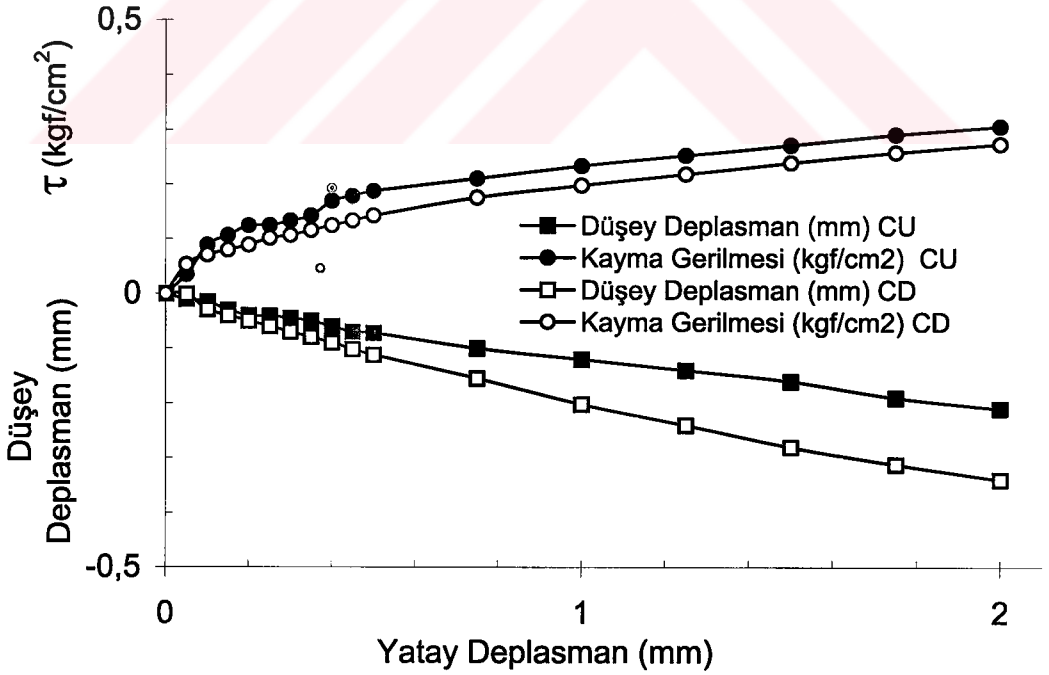
Şekil 4.11. CU ve CD deneylerine ait örneklerin ince kesit işlemine hazırlanmış görüntüleri

4.4. Farklı Miktarlarda Kesilen Zemin Örneklerinin Deplasman-Kayma Gerilmesi İlişkileri

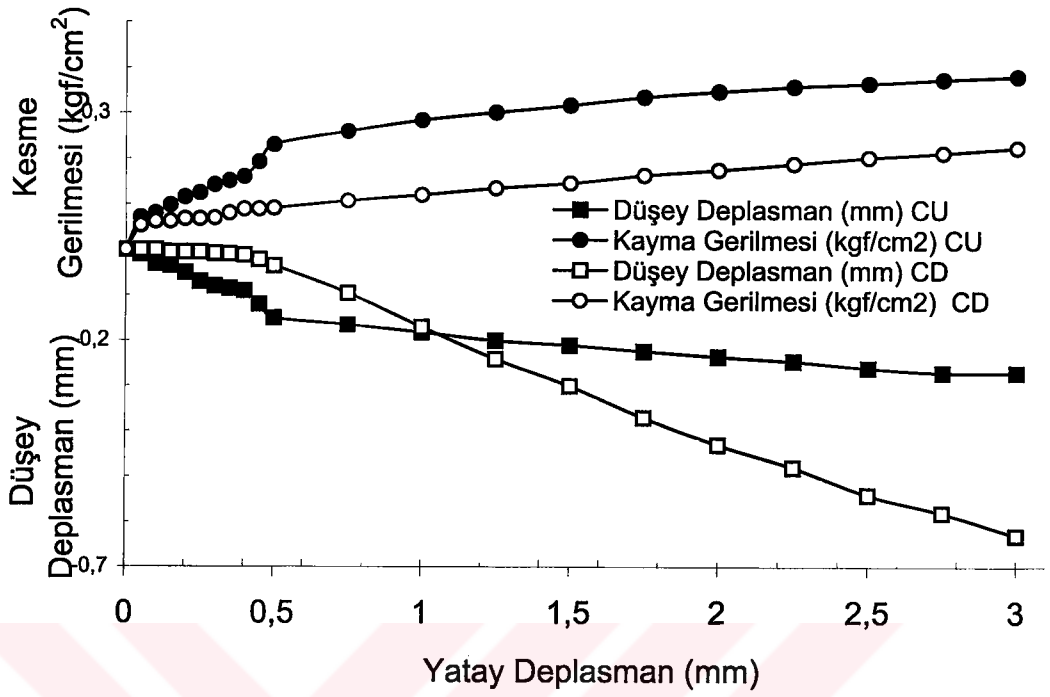
Örneklerin her kesme adımındaki kayma gerilmesi-düşey deplasman ve kayma gerilmesi- yatay deplasman ilişkileri tayin edilmiştir (Şekil 4.12-4.22). Şekillerden de görüleceği gibi, genel olarak her iki deney tipinde (CU ve CD) yatay deplasman arttıkça, kayma gerilmesi sürekli artış göstermekte, düşey deplasmanda ise yatay yöndeki hareketin 5 mm' ye kadar hızlı bir artış, sonra ise yavaş, ancak yine artan bir değişim gözlenmektedir. Ayrıca doruk (peak) kayma gerilmesi değerlerinde belirgin bir azalmanın olmaması da zeminde bir birim deformasyon sertleşmesinin (strain hardening) gelişmiş olabileceğine işaret etmektedir. Bu nedenle uygulanan yanal hareketin miktarına göre % 15'lik bir hareket sonucunda zemin yenilmiş kabul edilmektedir.



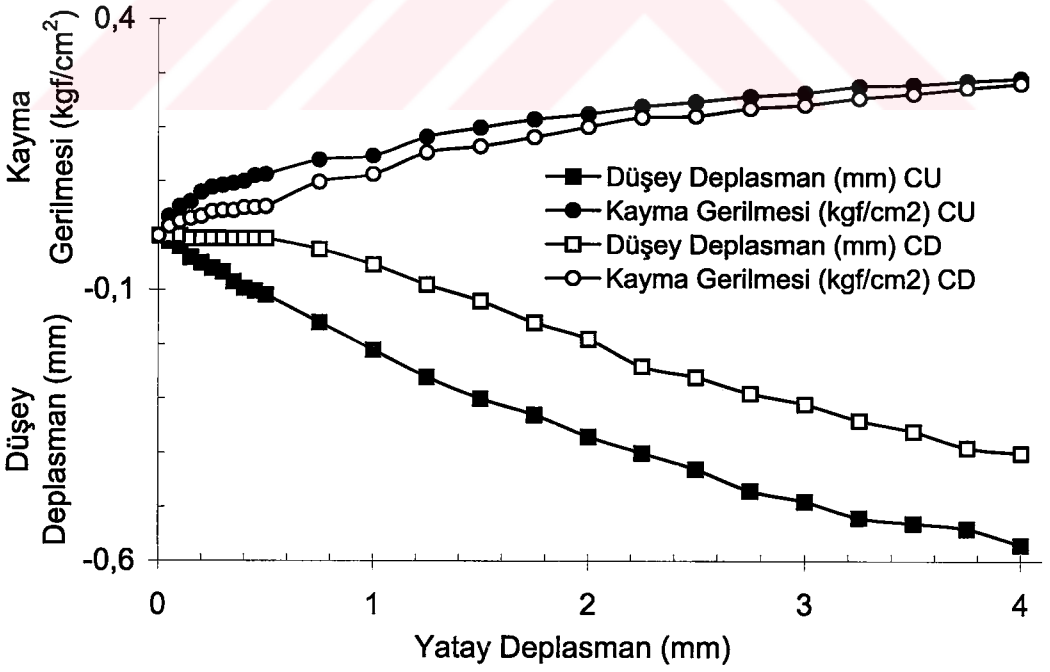
Şekil 4.12. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 1 mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



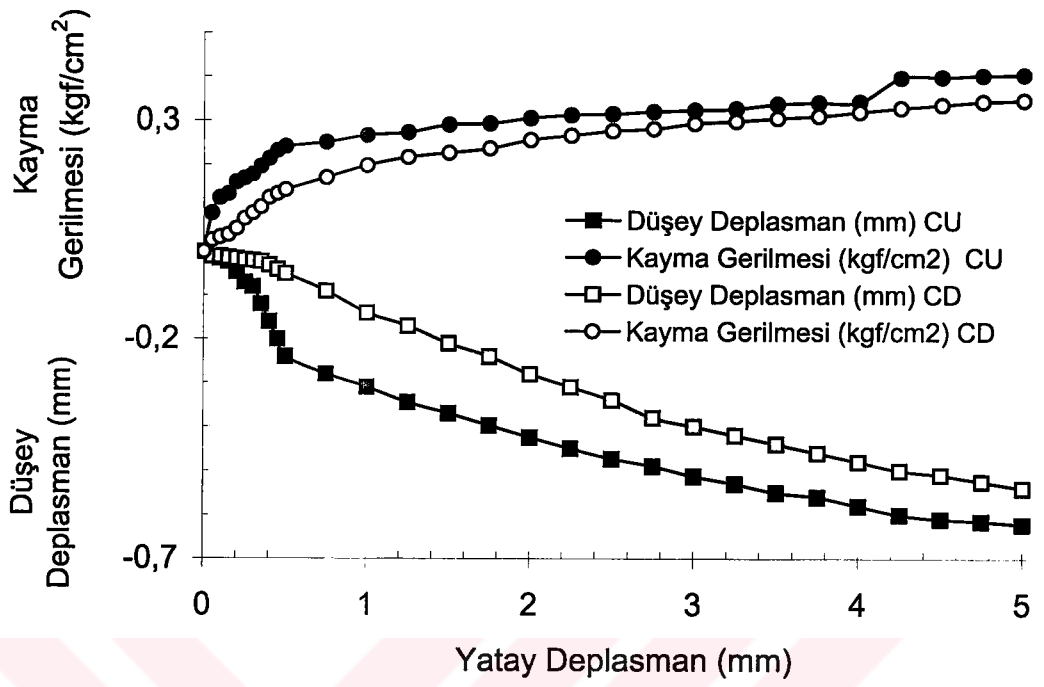
Şekil 4.13. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 2 mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



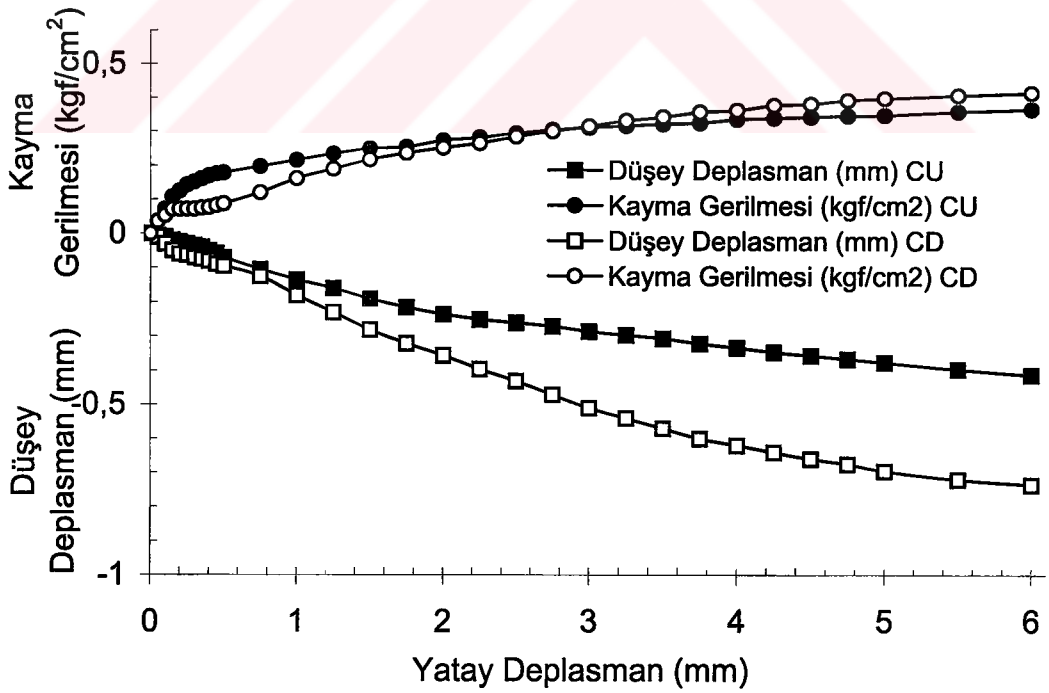
Şekil 4.14. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 3 mm'lik bir yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



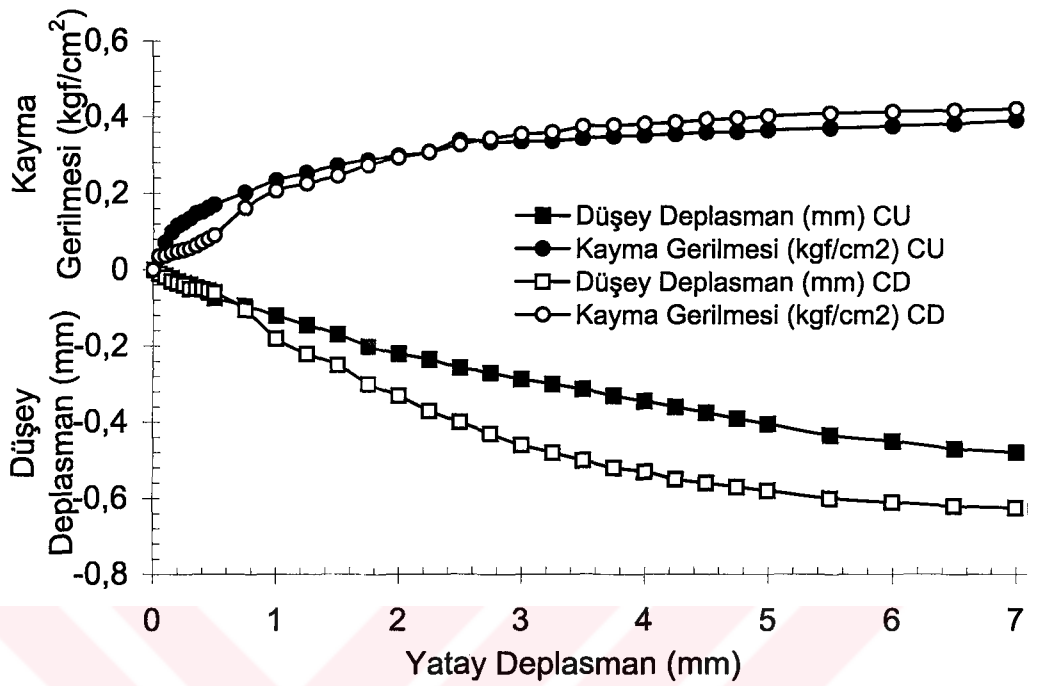
Şekil 4.15 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 4 mm'lik bir yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



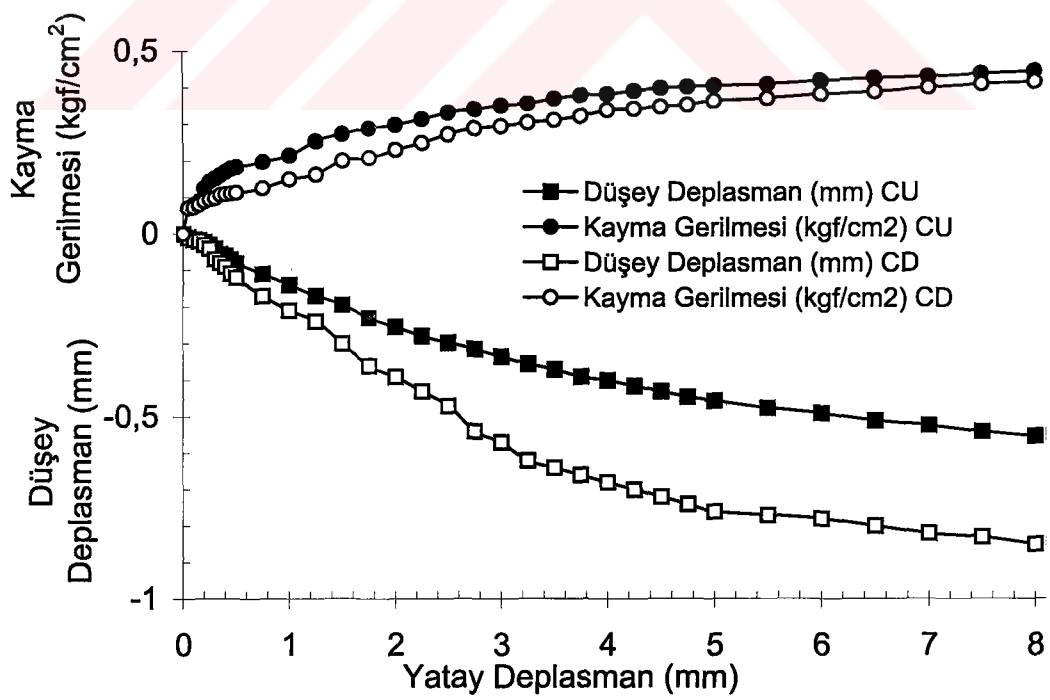
Şekil 4.16. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 5 mm'lik bir yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



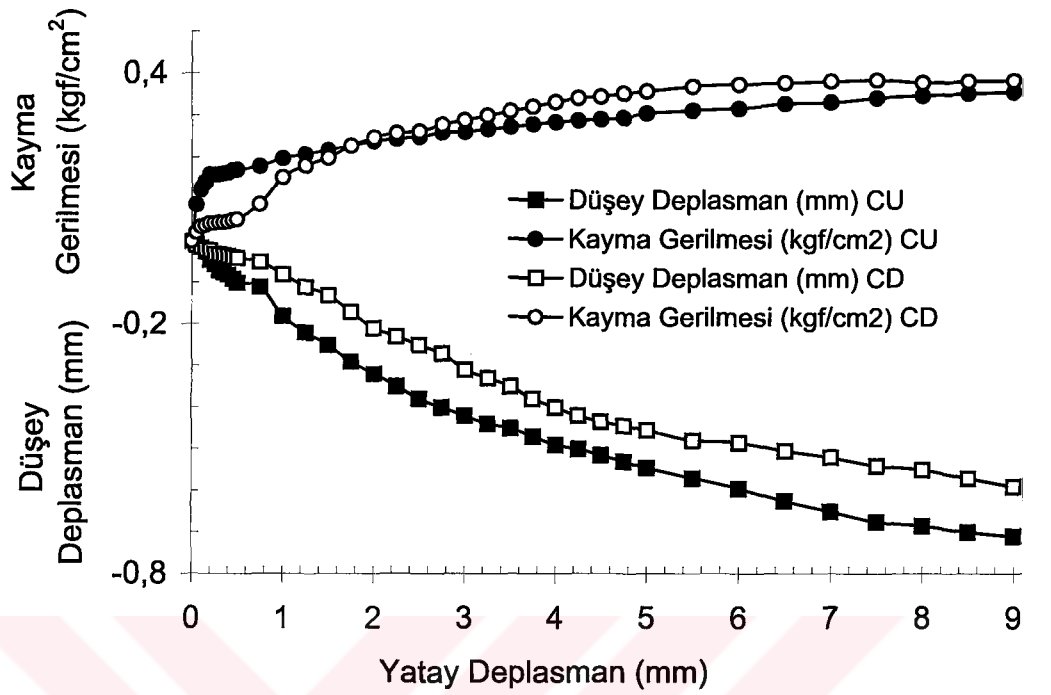
Şekil 4.17 Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 6 mm'lik bir yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



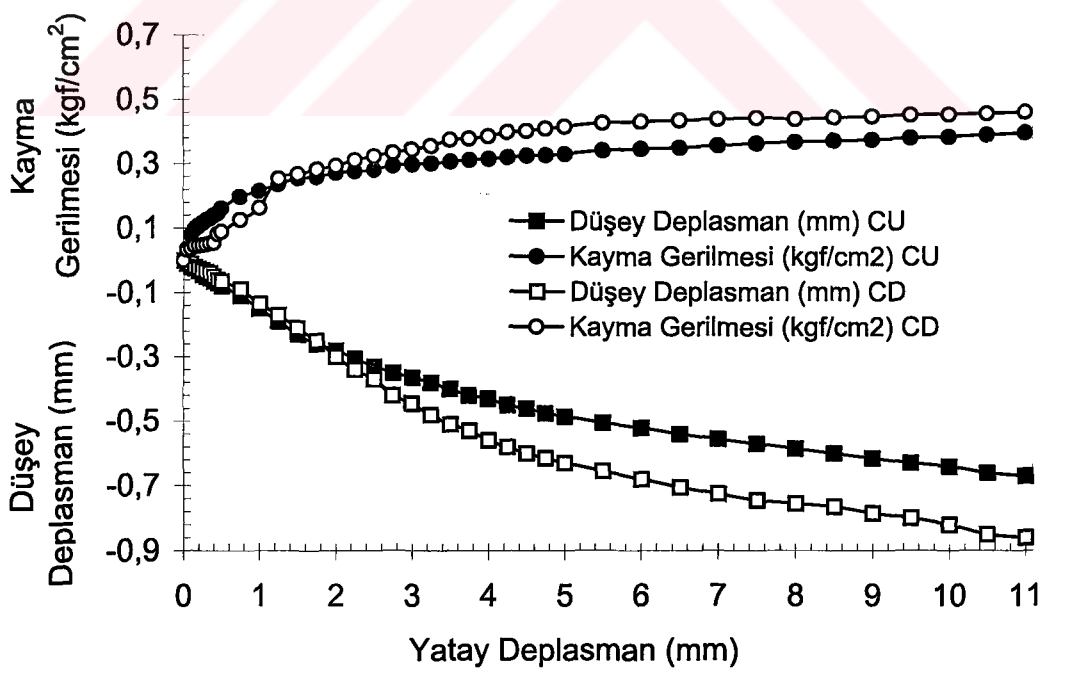
Şekil 4.18. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 7 mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



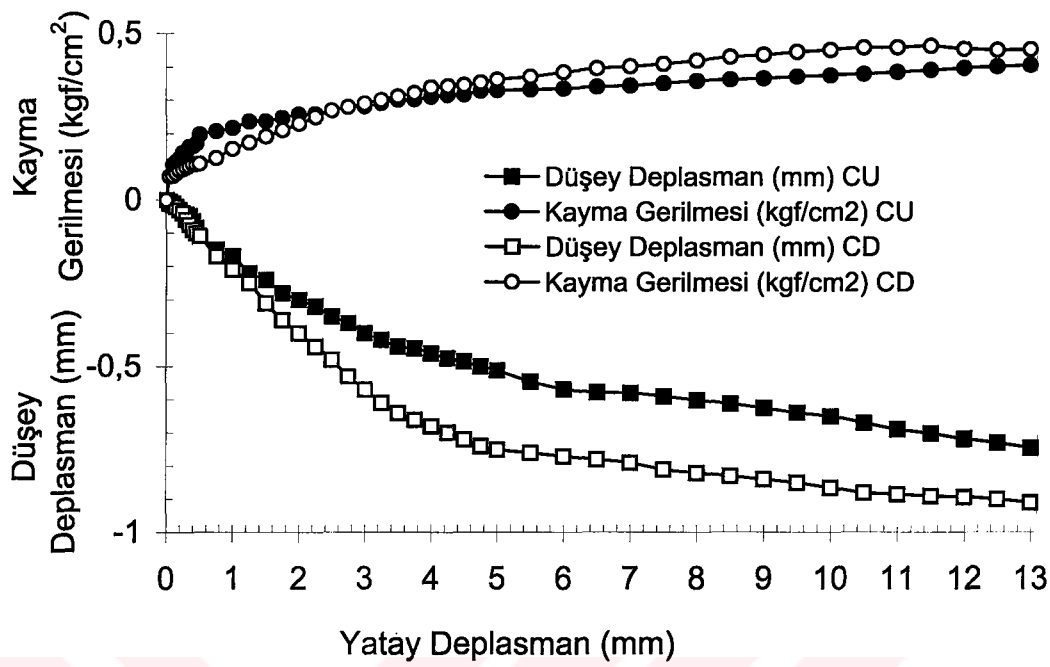
Şekil 4.19. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 8 mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



Şekil 4.20. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 9 mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



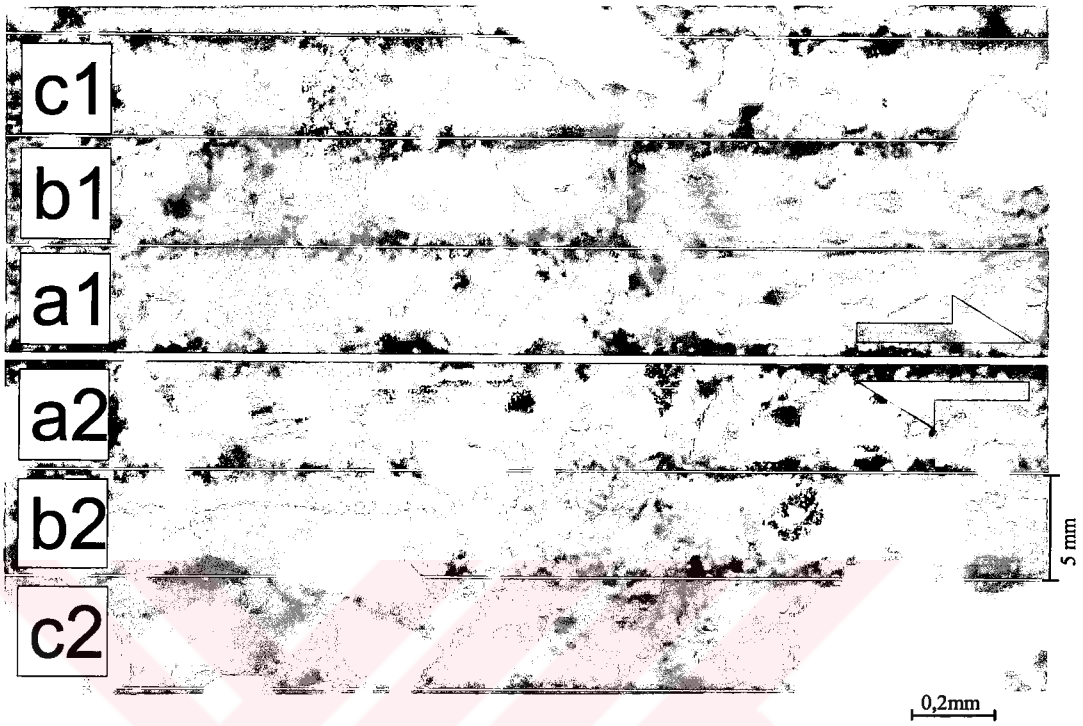
Şekil 4.21. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 11 mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.



Şekil 4.22. Zemin örneklerinin CU ve CD deneyleri ile 13 mm'lik yer değiştirme sonucu oluşan deplasman-kayma gerilmesi grafikleri.

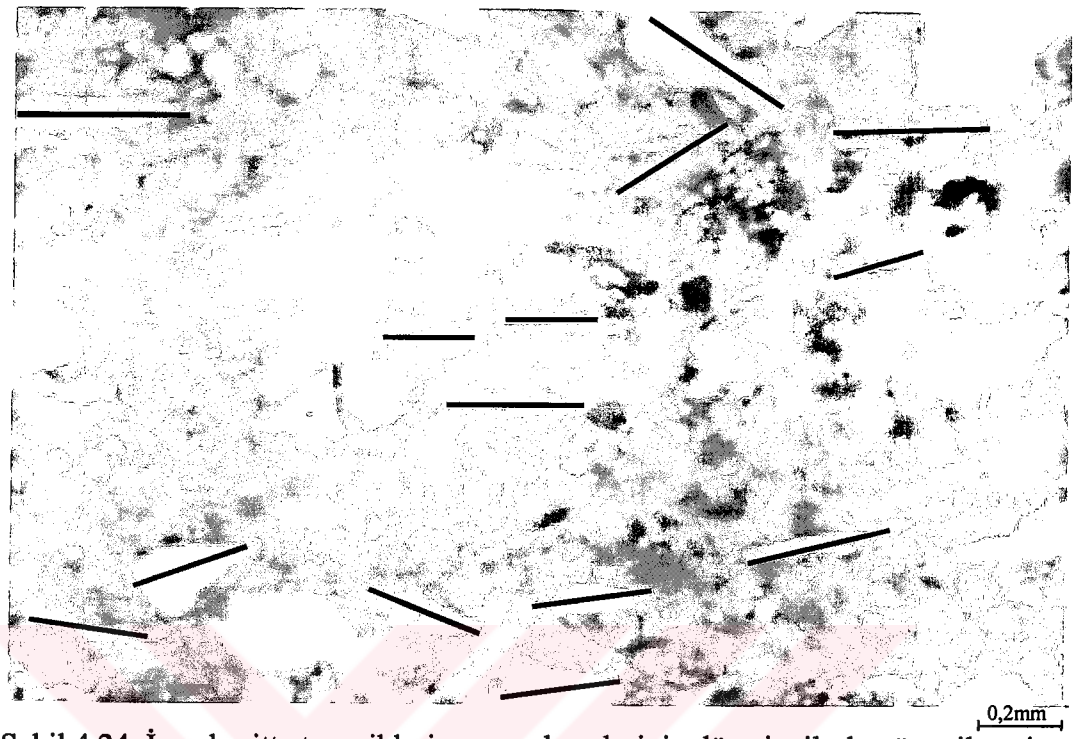
4.5. İnce Kesit Analizleri ve Yönlenme Ölçümleri

Bu çalışmada elde edilen ince kesitler, tarayıcı ile taratılıp bilgisayar ortamında kayma düzlemi baz alınarak altı zona (a1+a2 düzlemden 5mm uzakta, b1+b2 düzlemden 10mm uzakta, c1+c2 ise düzlemden 15mm uzakta) ayrılmıştır. Bu yaklaşımla kayma düzleminden uzaklaştıkça her zondaki yönlenmenin şiddetinin diğer zonlardaki yönlenmelerle ve kayma gerilmesinin büyüklüğü ile karşılaştırılması amaçlanmıştır (Şekil 4.23).

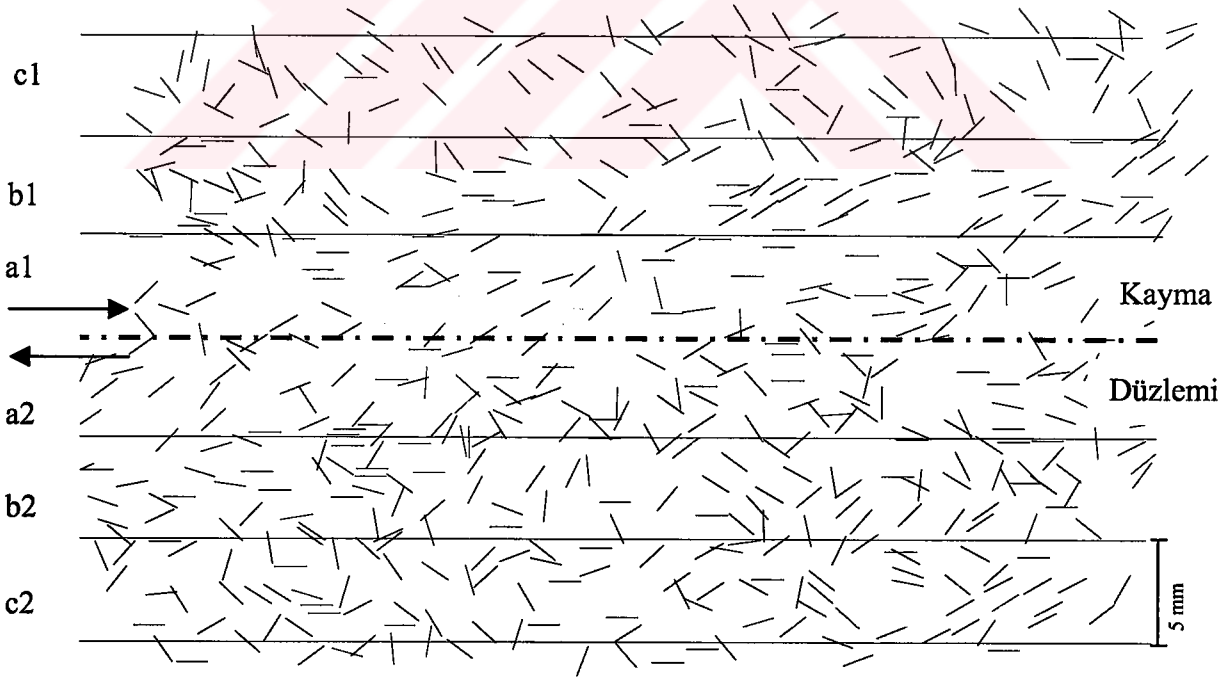


Şekil 4.23. Bilgisayar ortamında ince kesit görüntüsünün kayma düzlemi baz alınarak zonlara ayrılması.

Zonlara ayrılan ince kesit resimleri CorelDRAW programıyla istenilen oranda büyütülerek, içerisinde bulunan yönlenmiş taneciklerin uzun eksenleri çizilmiş ve bunların saat yönünün tersi yönde yatay düzlemle yapmış oldukları açılar ölçülmüştür (Şekil 4.24 ve Şekil 4.25).



Şekil 4.24. İnce kesitte taneciklerin uzun eksenlerinin düz çizgilerle gösterilmesi.

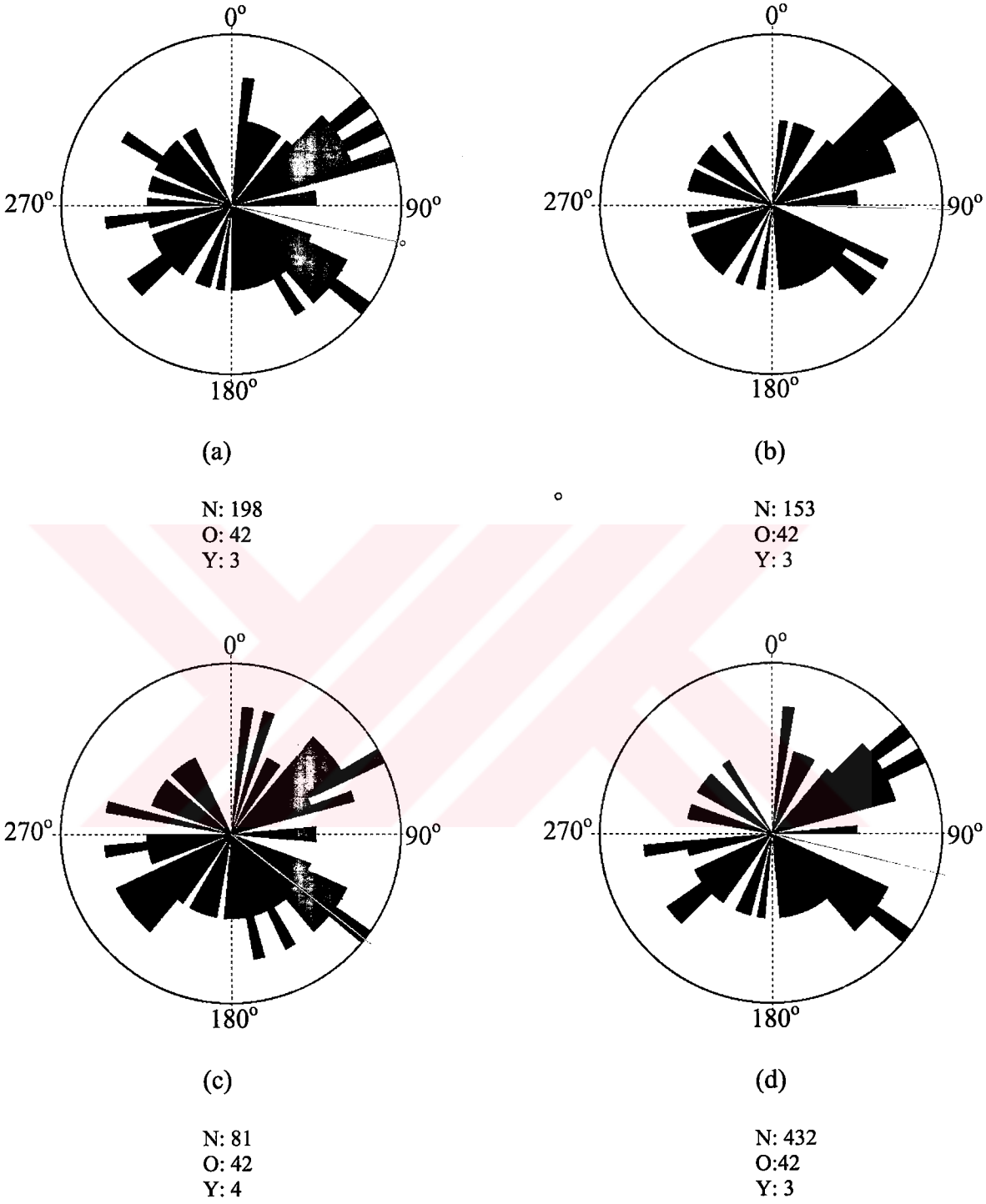


Şekil 4.25. Bir ince kesit üzerinde zonlara göre taneciklerin uzun eksenlerinin düz çizgilerle gösterilmesi.

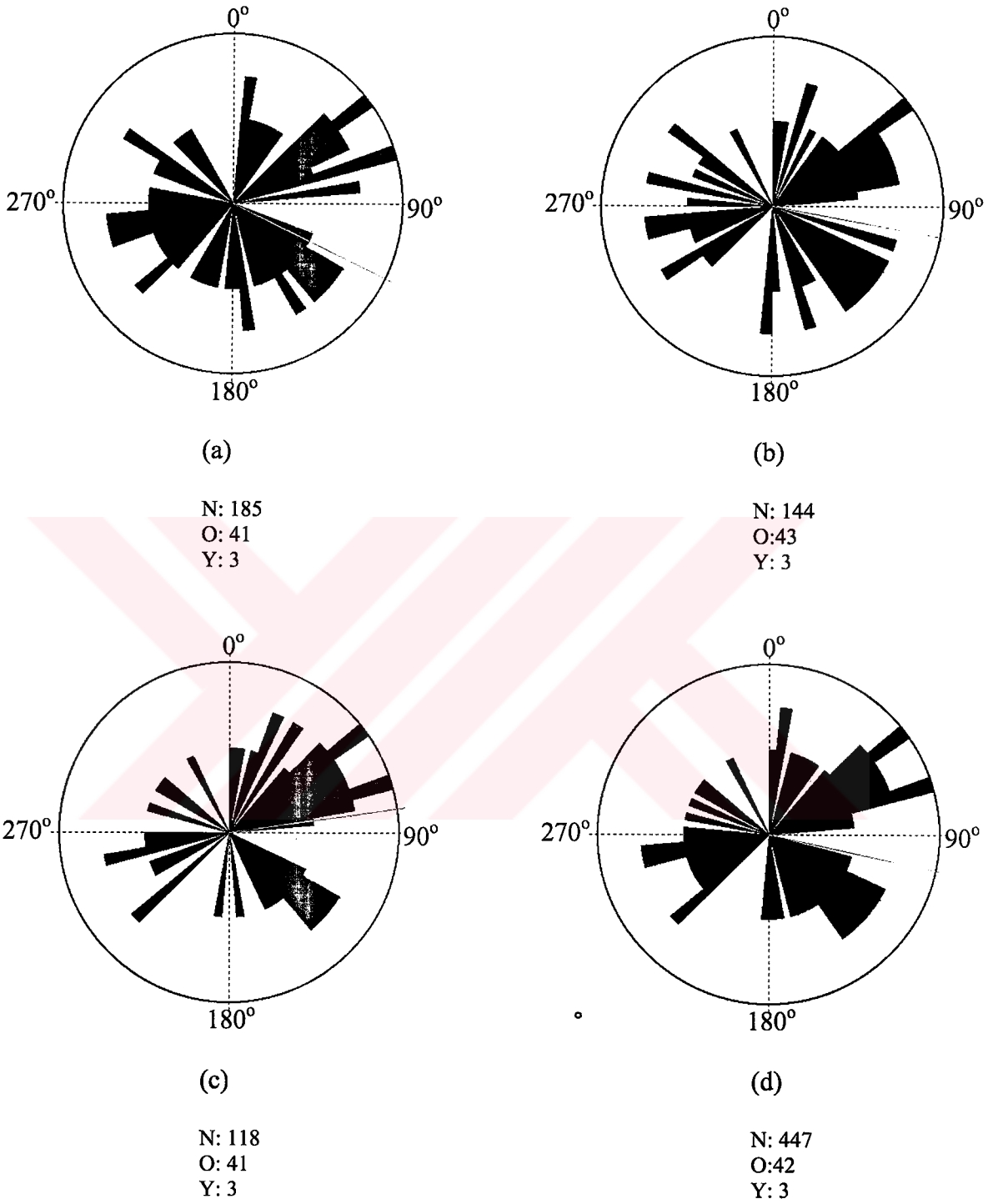
4.6. Yönlenme Ölçümlerinin Gül Diyagramlarıyla Değerlendirilmesi

Düzlemsel yapıların deformasyonu ile bunları etkileyen kuvvetler arasında önemli ilişkiler vardır. Gül diyagramlarının hazırlanmasında amaç, zemin bileşenlerinin yönlenmelerinin bir yandan istatistiksel değerlendirilmesini yapmak, diğer yandan bu yönlenmeleri oluşturan kuvvetin büyüklüğü ve yönü ile ilişkilerini ortaya koymaya çalışmaktır. Zeminlere etki eden gerilmelerin yönü ve şiddetinin saptanması için, bu zeminlerden hazırlanan ince kesitlerdeki tane yönlenmelerinden 400 – 500 adet ölçülmesi ve bunların gül diyagramlarıyla değerlendirilmesi istatistiksel olarak iyi sonuçlar vermektedir (Barton, 1974).

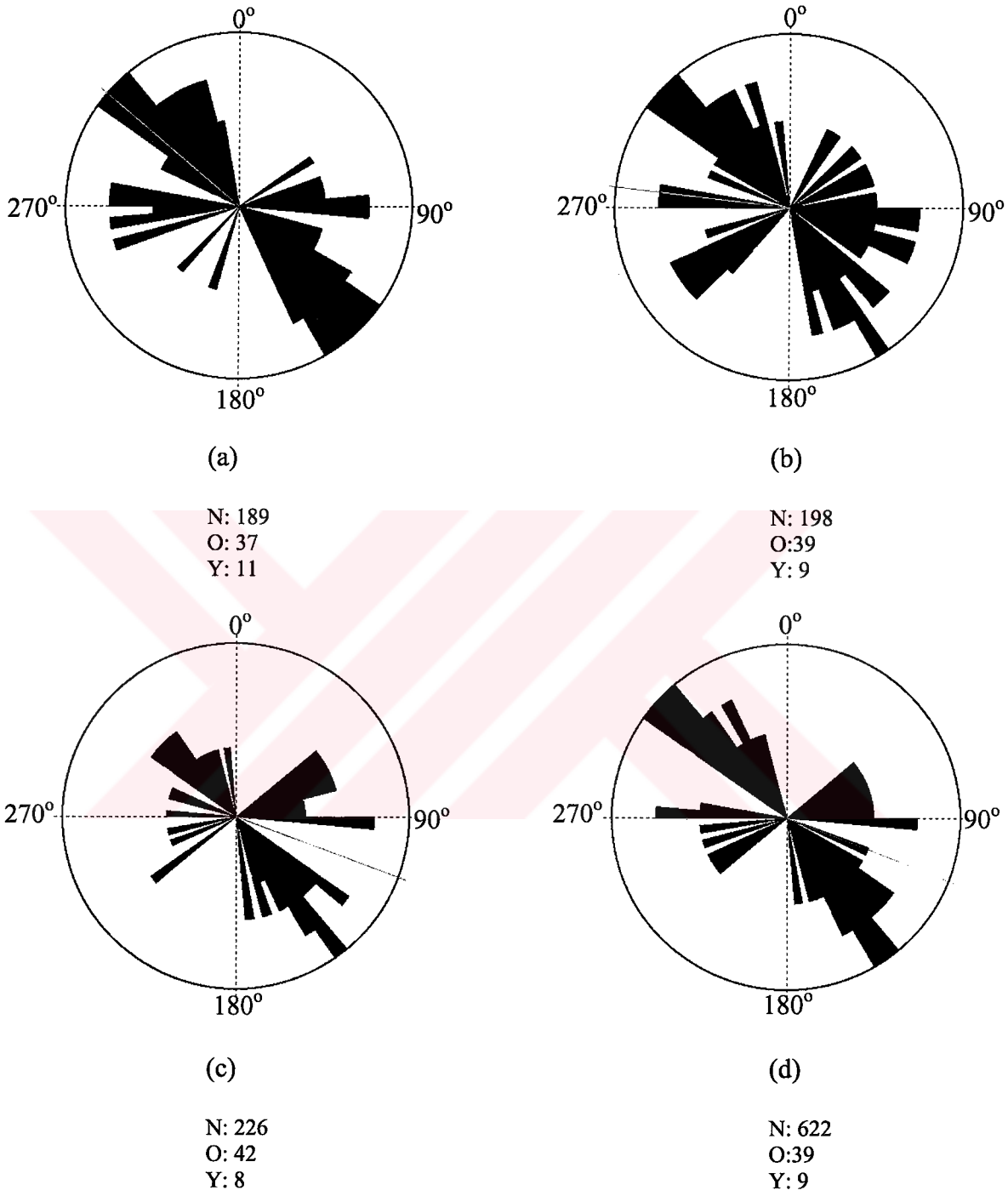
Yönlenmiş tane, boşluk ve diğer bileşenlerin uzun eksenleri, birer düzlem olarak varsayılmış ve yatayla yapmış oldukları açılar ölçülmüştür. Zemin bileşenlerinin uzun eksenlerinin yatayla yapmış oldukları açıların gül diyagramlarıyla değerlendirilebilmesi için, bu açılar kuzeyle yapılan açılara çevrilmiştir (Ek 7-30). Hızlı (CU) ve yavaş (CD) kesilen zeminlerden elde edilen ince kesitlerdeki zemin bileşenlerinin yönlenme açıları kullanılarak gül diyagramları hazırlanmıştır. Bu gül diyagramlarında zemin bileşenlerinin yönlenmeleri, yatayla yapılan açıların ortalamaları, 0-5° arasında yatayla açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi ve ölçüm yapılan toplam tane sayısı belirtilmiştir. Gül diyagramları hazırlanırken yönlenmesi ölçülen bileşenlerin yatay ile yaptıkları açılar kendi aralarında 0^0-5^0, 5^0-10^0, 10^0-15^0, 15^0-20^0, -20^0-25^0 gibi guruplara ayrılmıştır. Burada 0-5° arasında yatayla açı yapan bileşenlerin seçilmesi, bu açı aralığının kayma düzlemi açısına en yakın olmasından kaynaklanmaktadır. Hazırlanan gül diyagramları kayma düzleminden 5 mm uzaklıktaki, 10 mm uzaklıkta, 15 mm uzaklıkta (hem alt, hem de üst) ve kayma düzlemi gözetilmeden ince kesitlerden ölçülen zemin bileşenlerin tamamının yönlenmelerini göstermekte olup, Şekil 4.26-4.49'da görülmektedir.



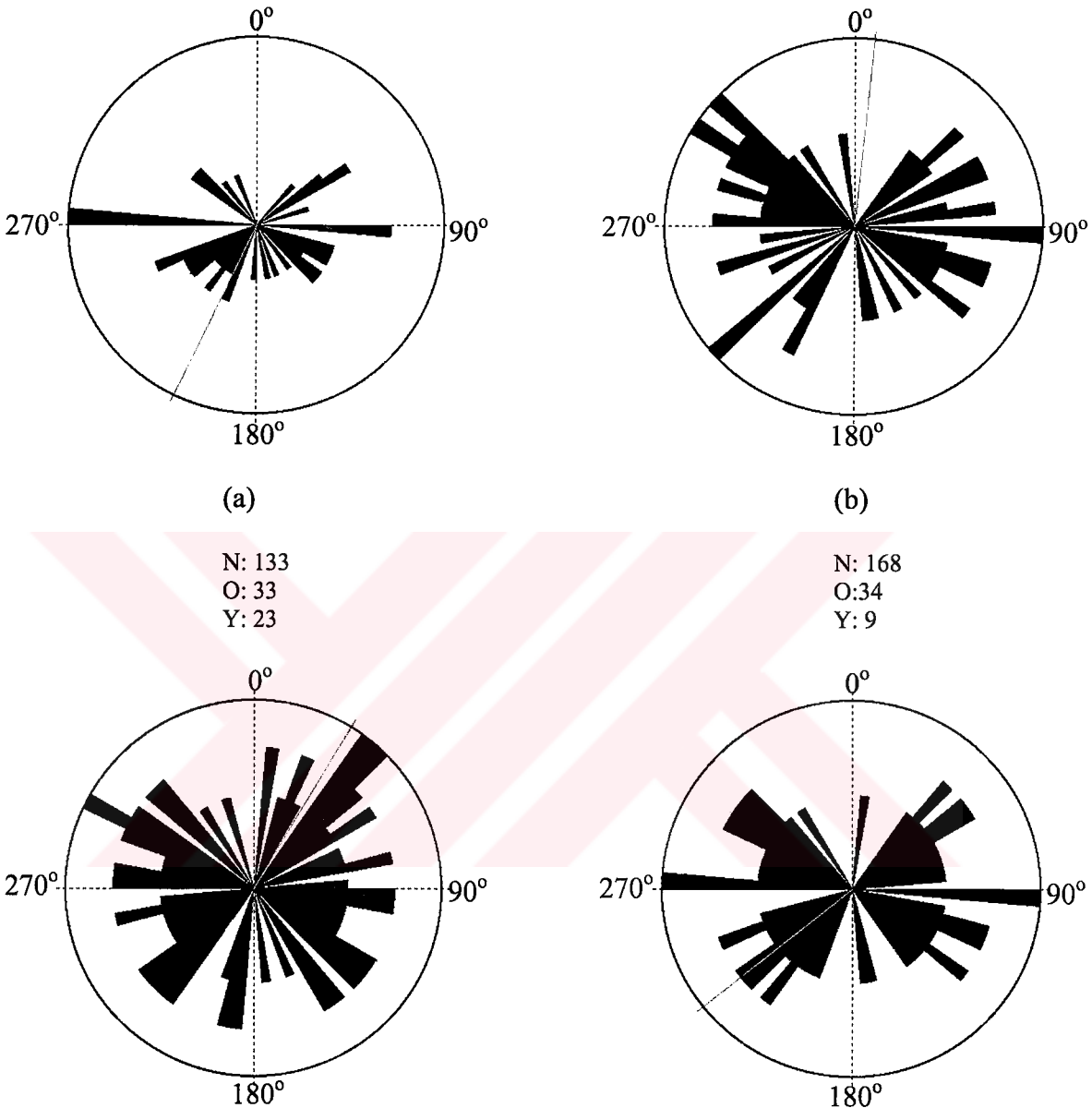
Şekil 4.26. Kesilmemiş zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



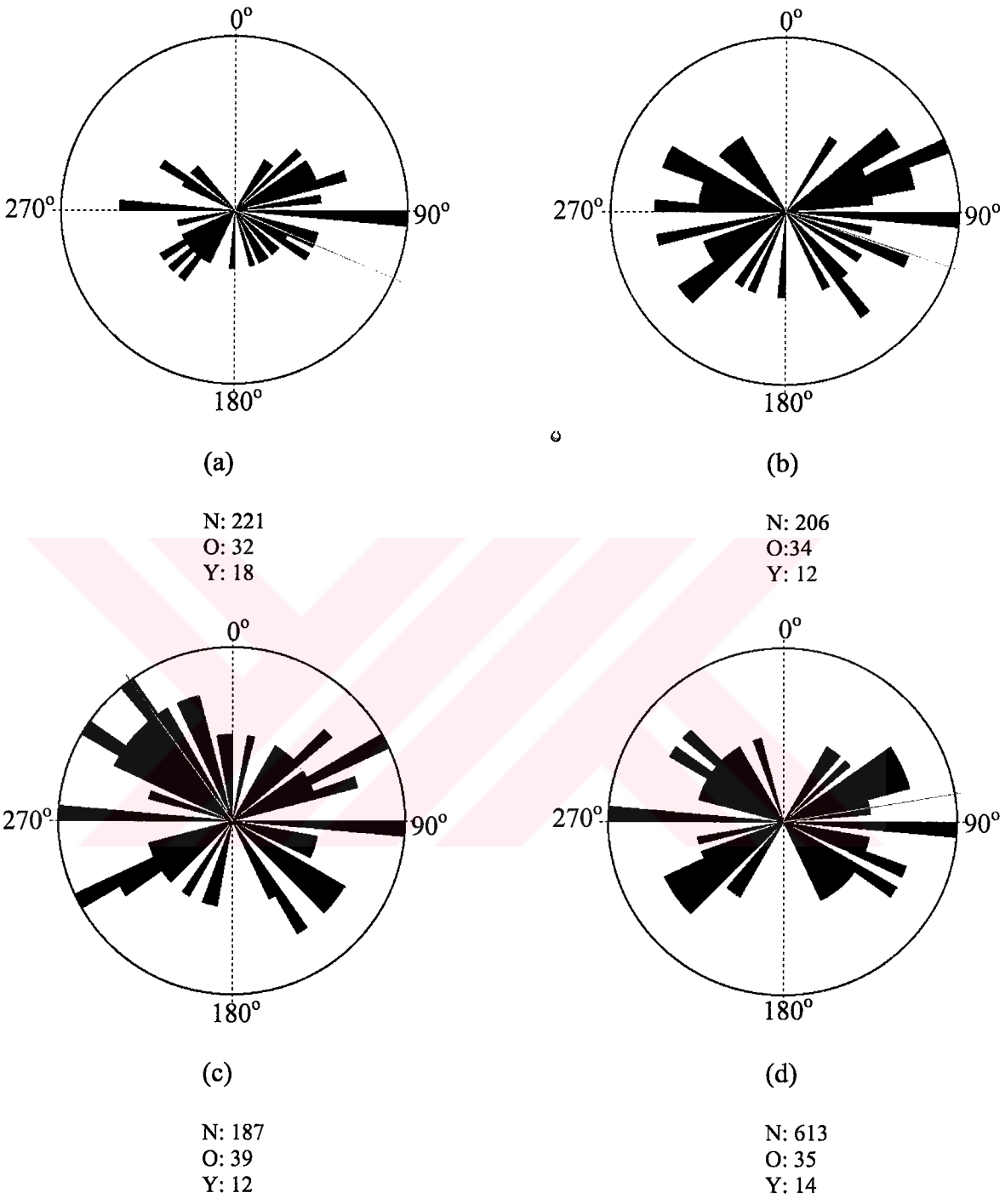
Şekil 4.27. Konsolide edilmiş zemin örneğinin (1 kg/cm^2 ön gerilme altında) bileşenlerine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



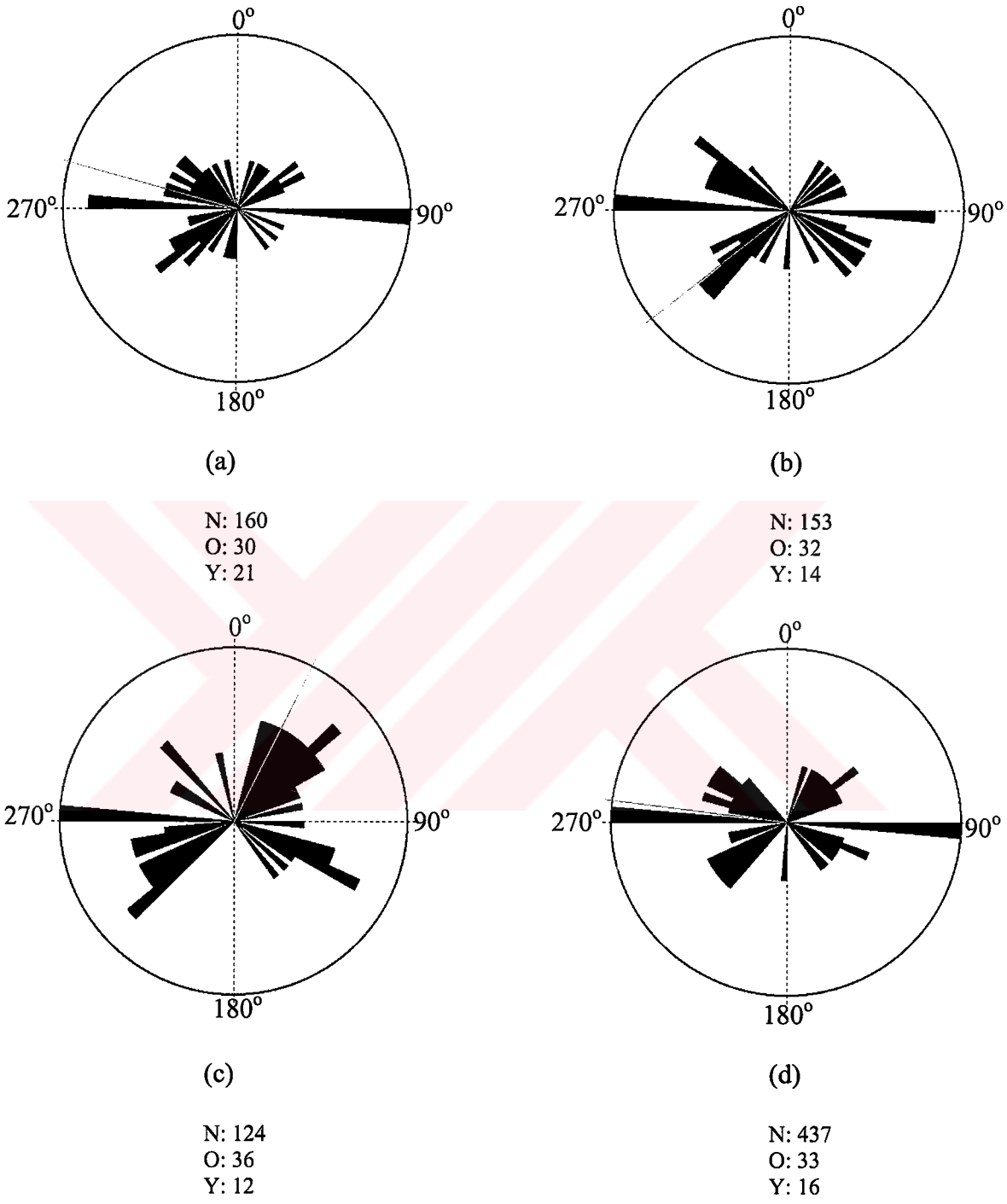
Şekil 4.28. CU deneyi ile 1mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



Şekil 4.29. CU deneyi ile 2mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.

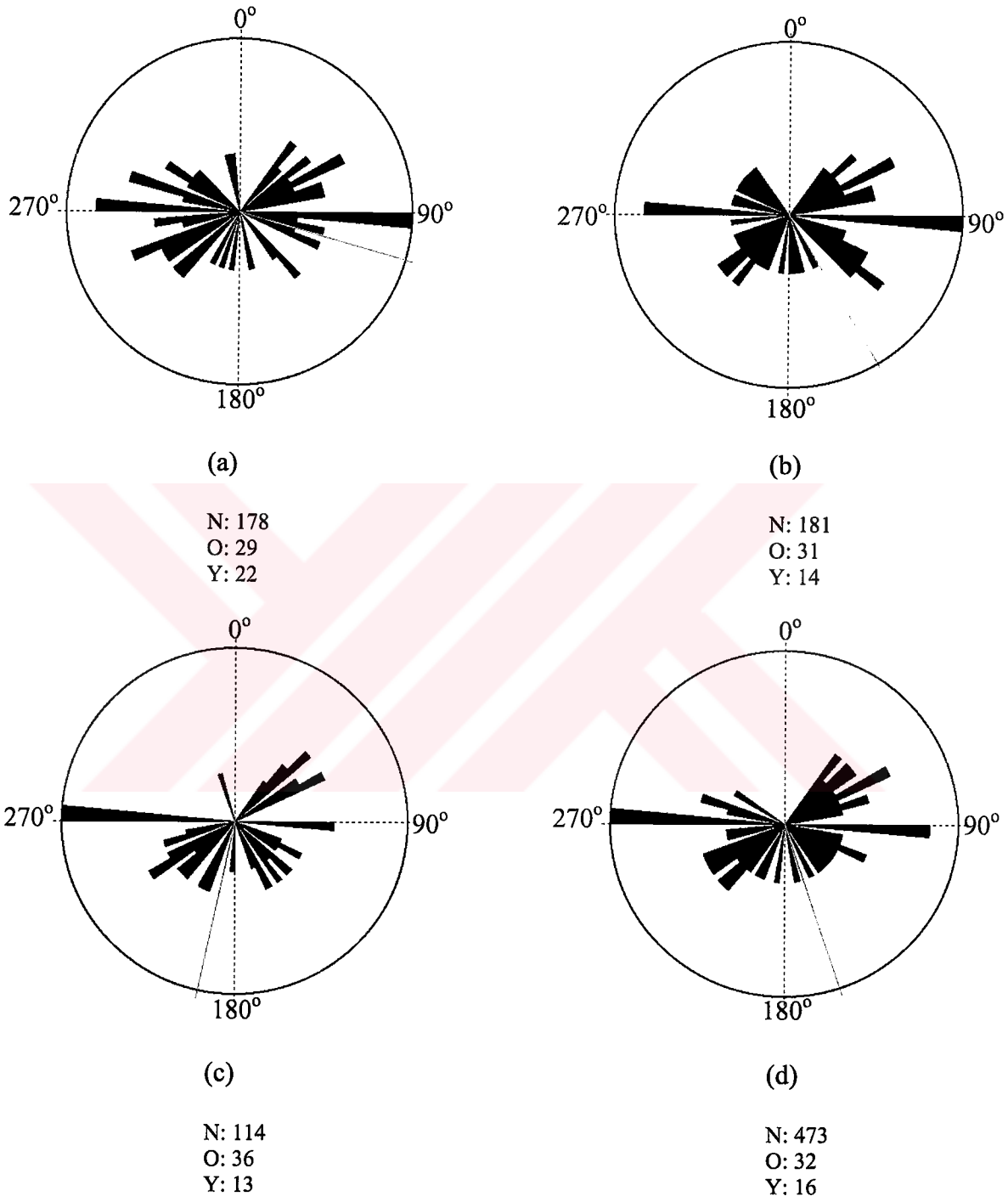


Şekil 4.30. CU deneyi ile 3mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.

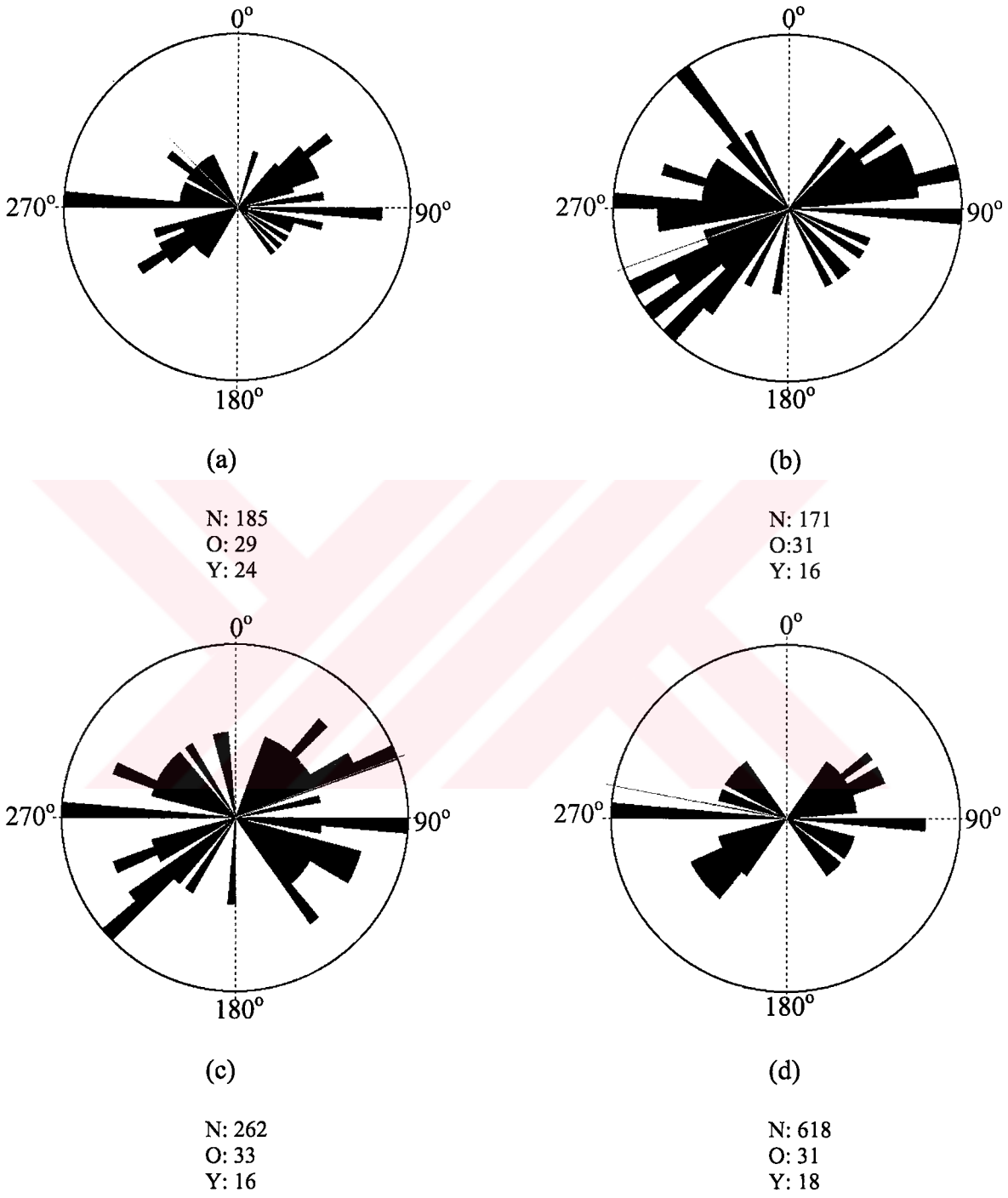


Şekil 4.31. CU deneyi ile 4mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.

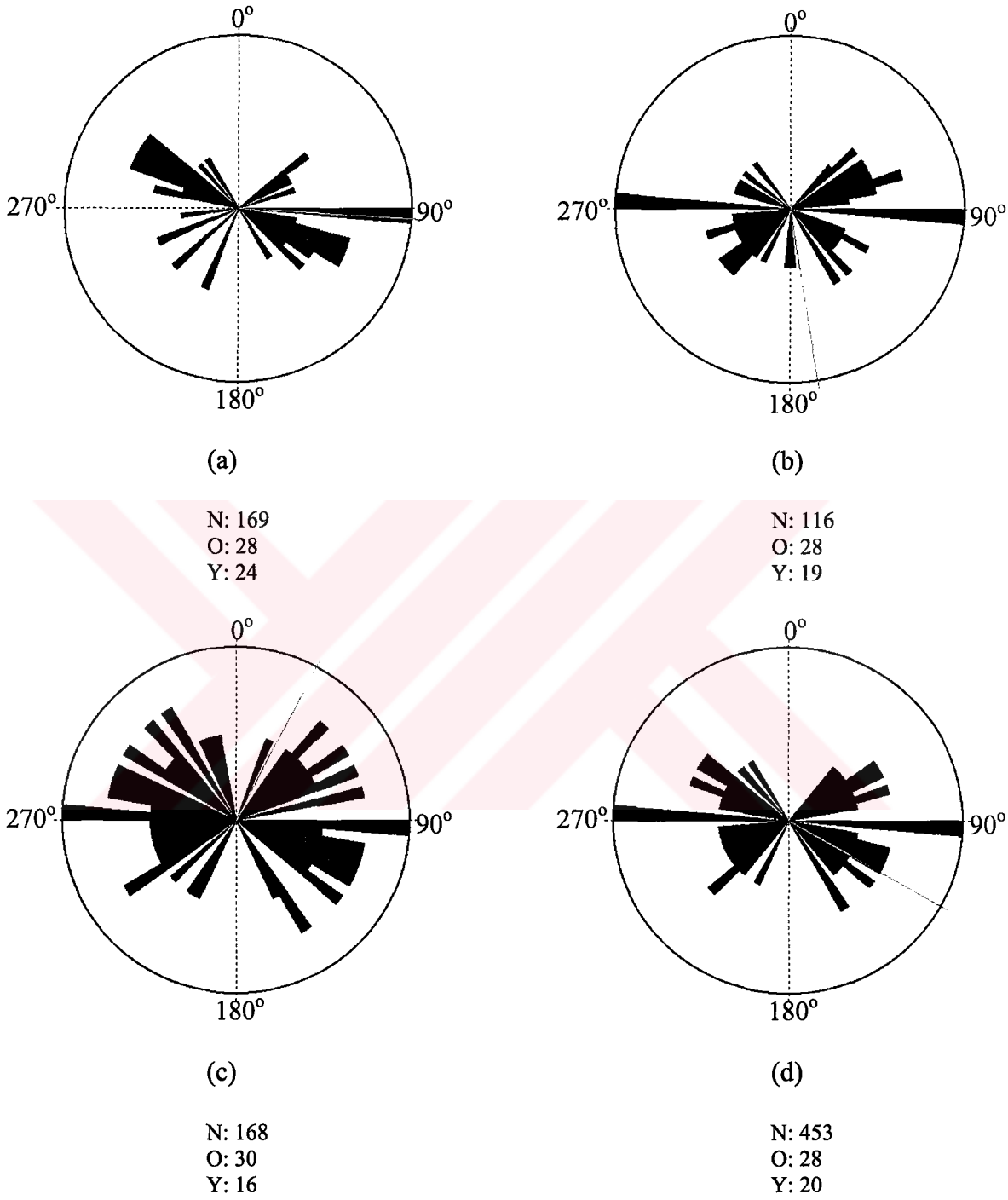
T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ



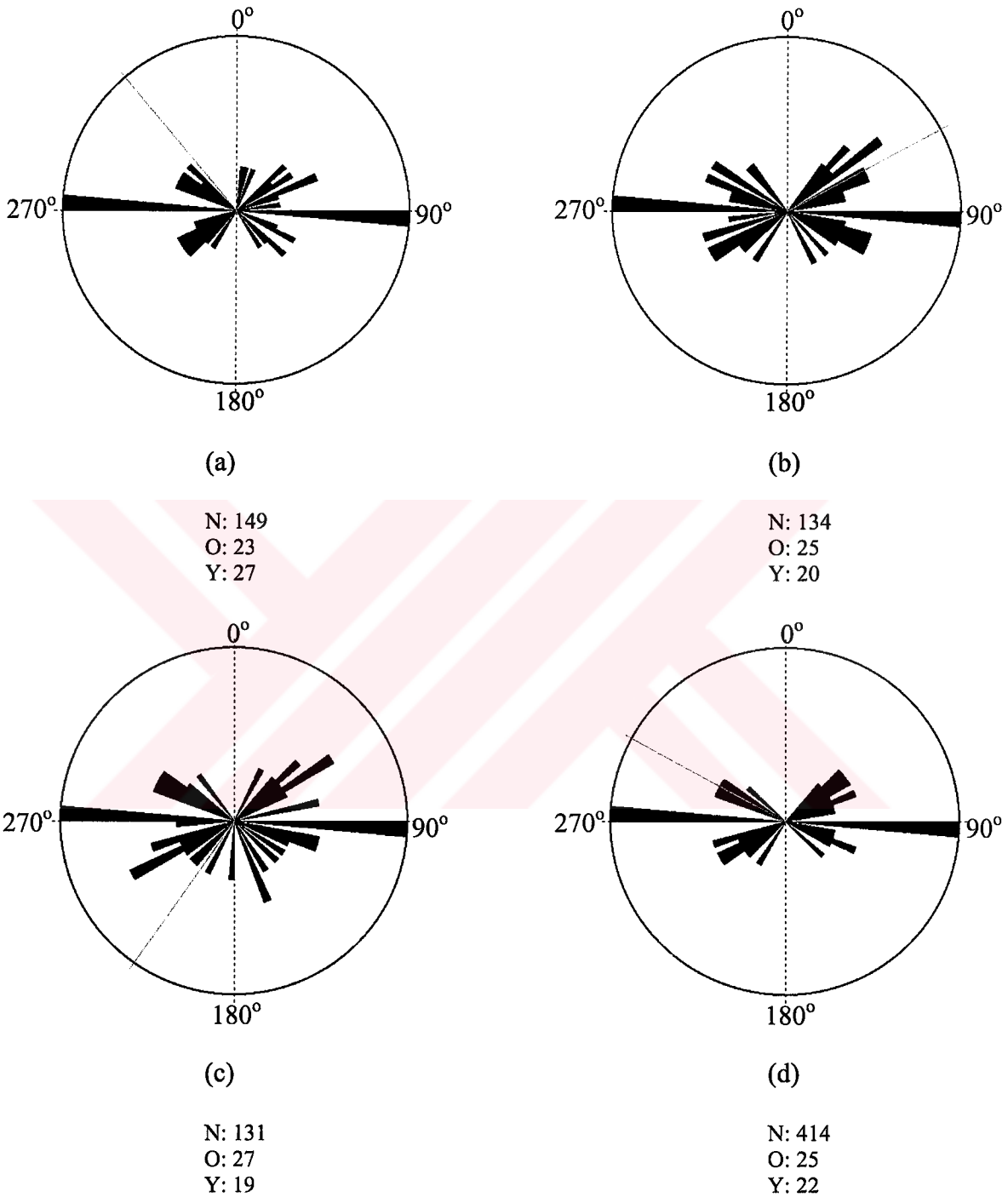
Şekil 4.32. CU deneyi ile 5mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



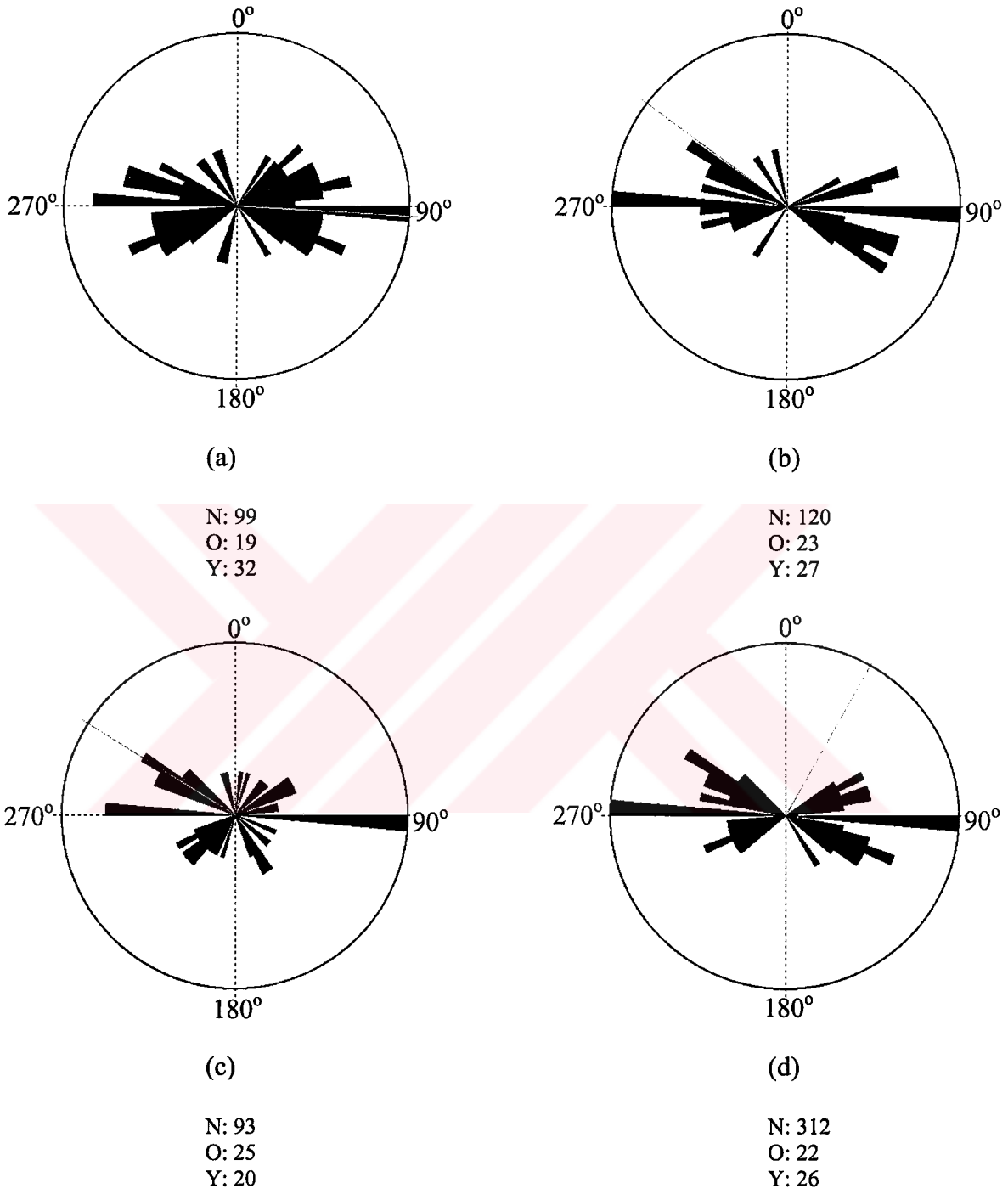
Şekil 4.33. CU deneyi ile 6mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



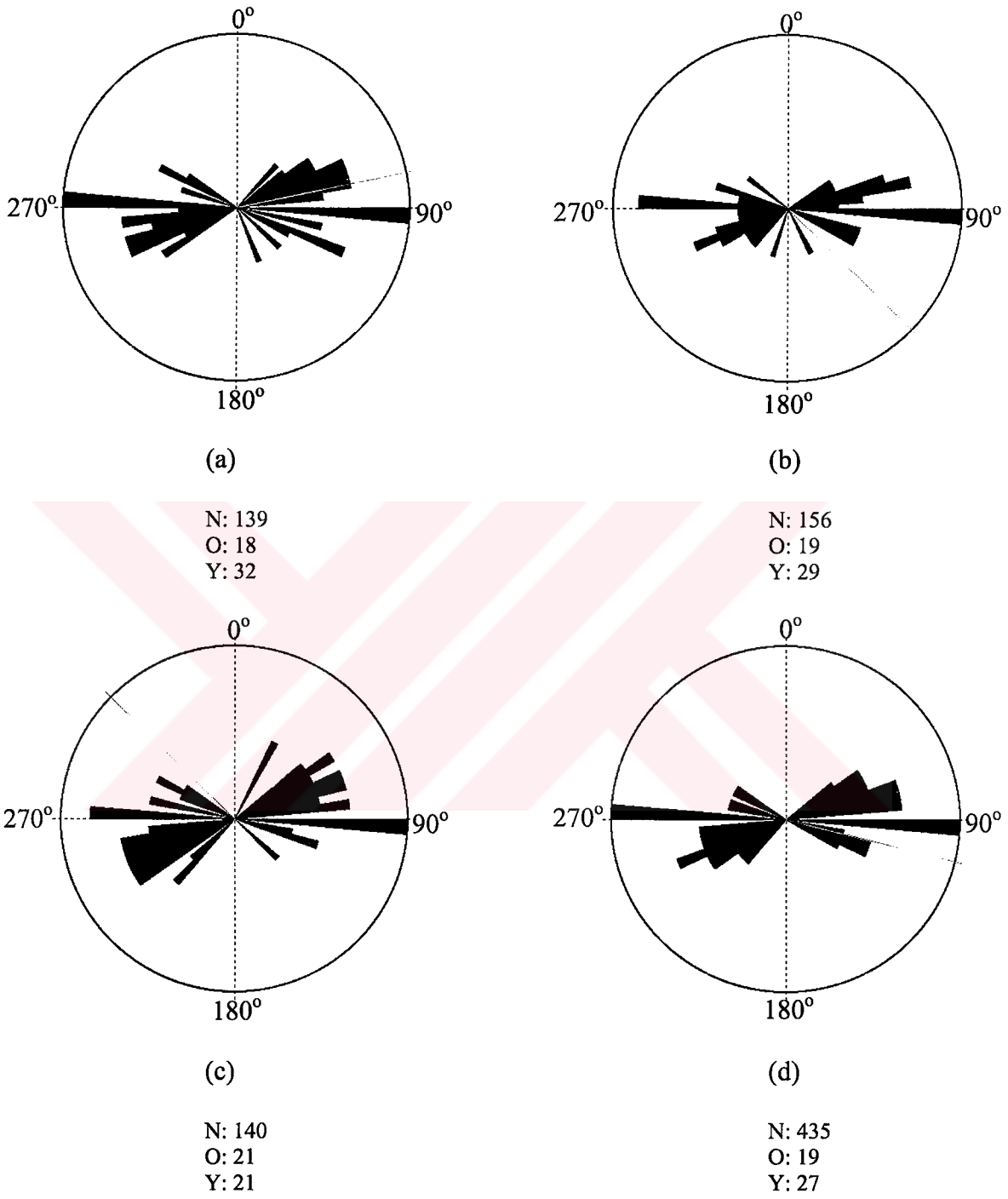
Şekil 4.34. CU deneyi ile 7mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



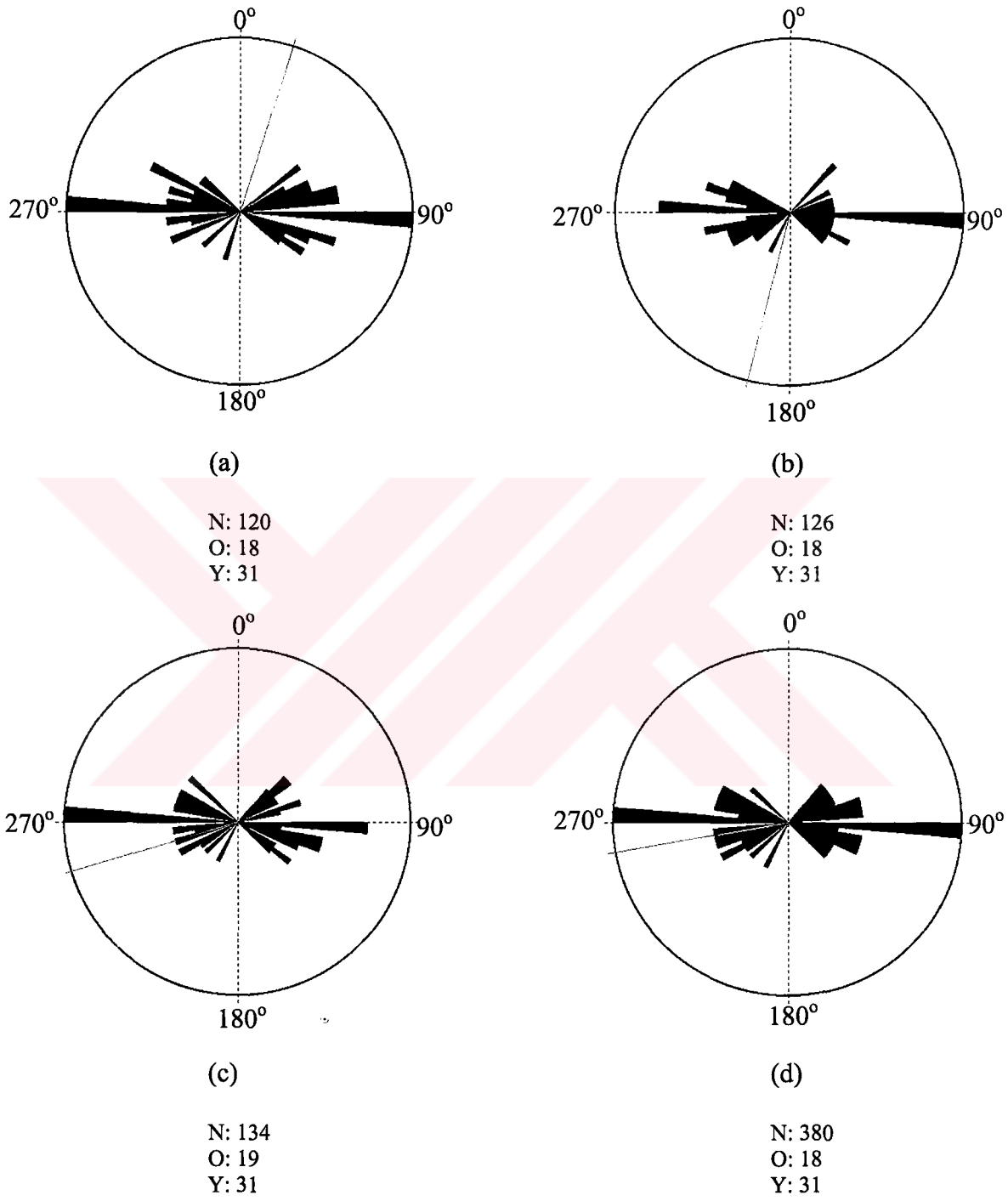
Şekil 4.35. CU deneyi ile 8mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



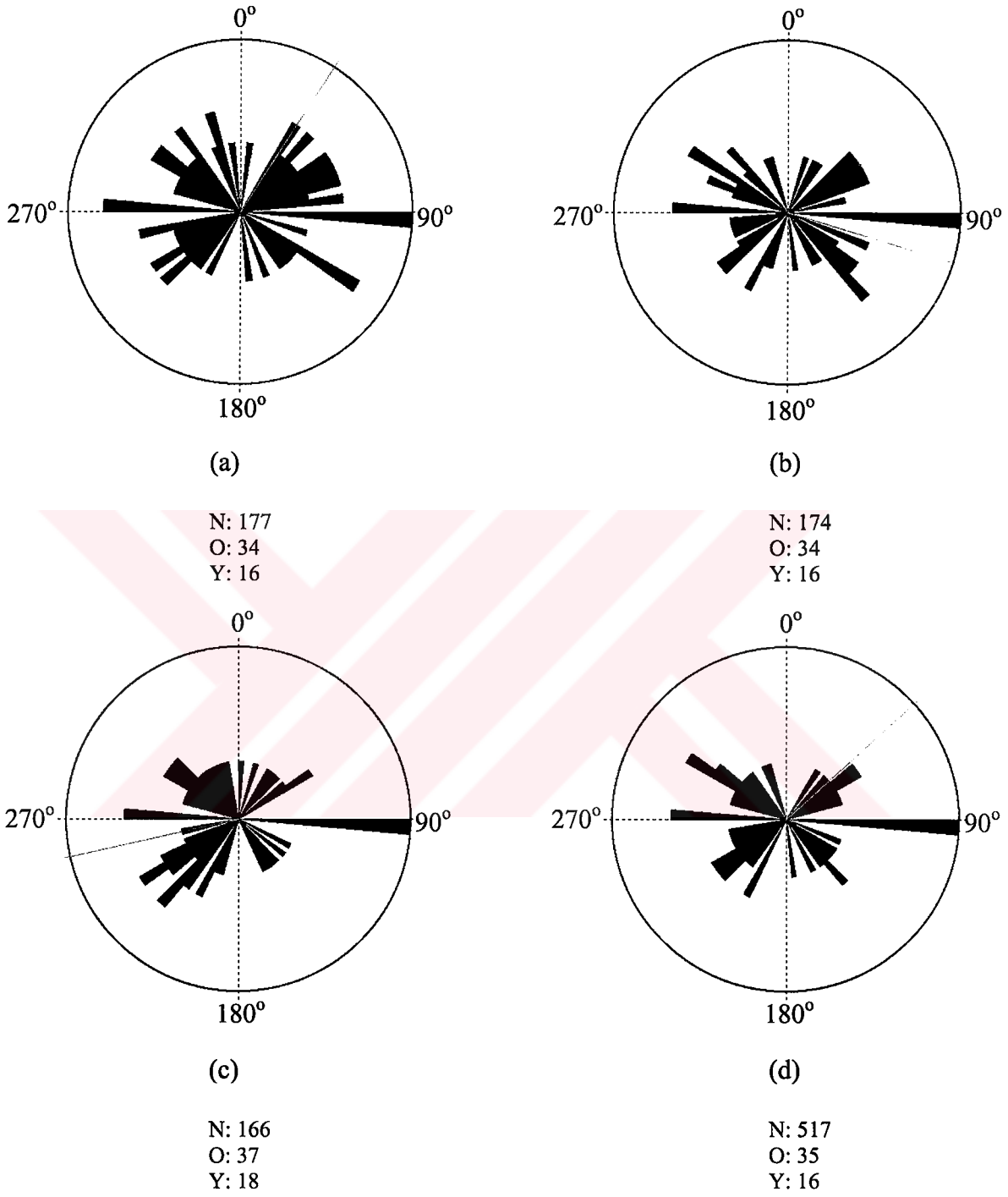
Şekil 4.36. CU deneyi ile 9mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



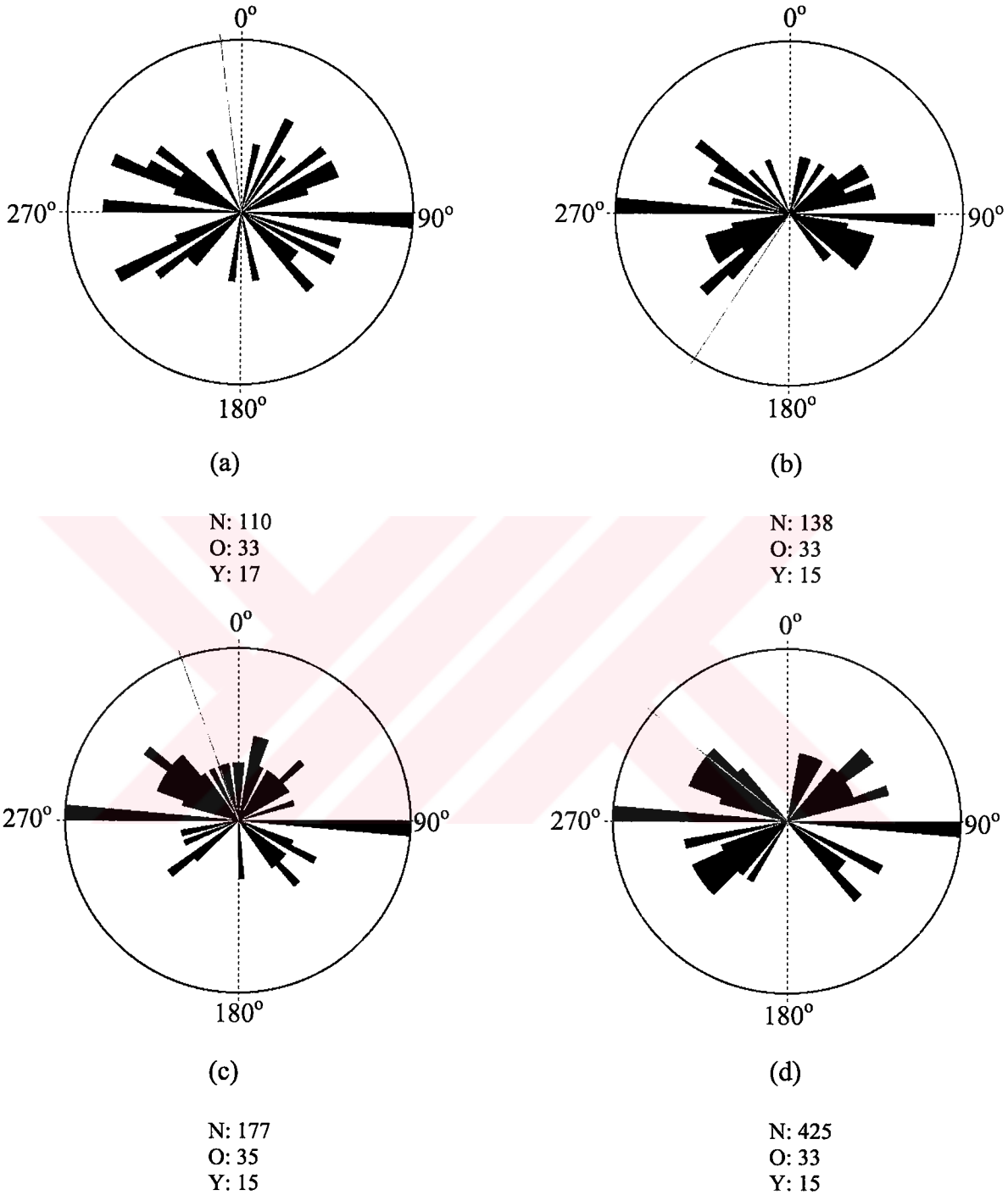
Şekil 4.37. CU deneyi ile 11mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



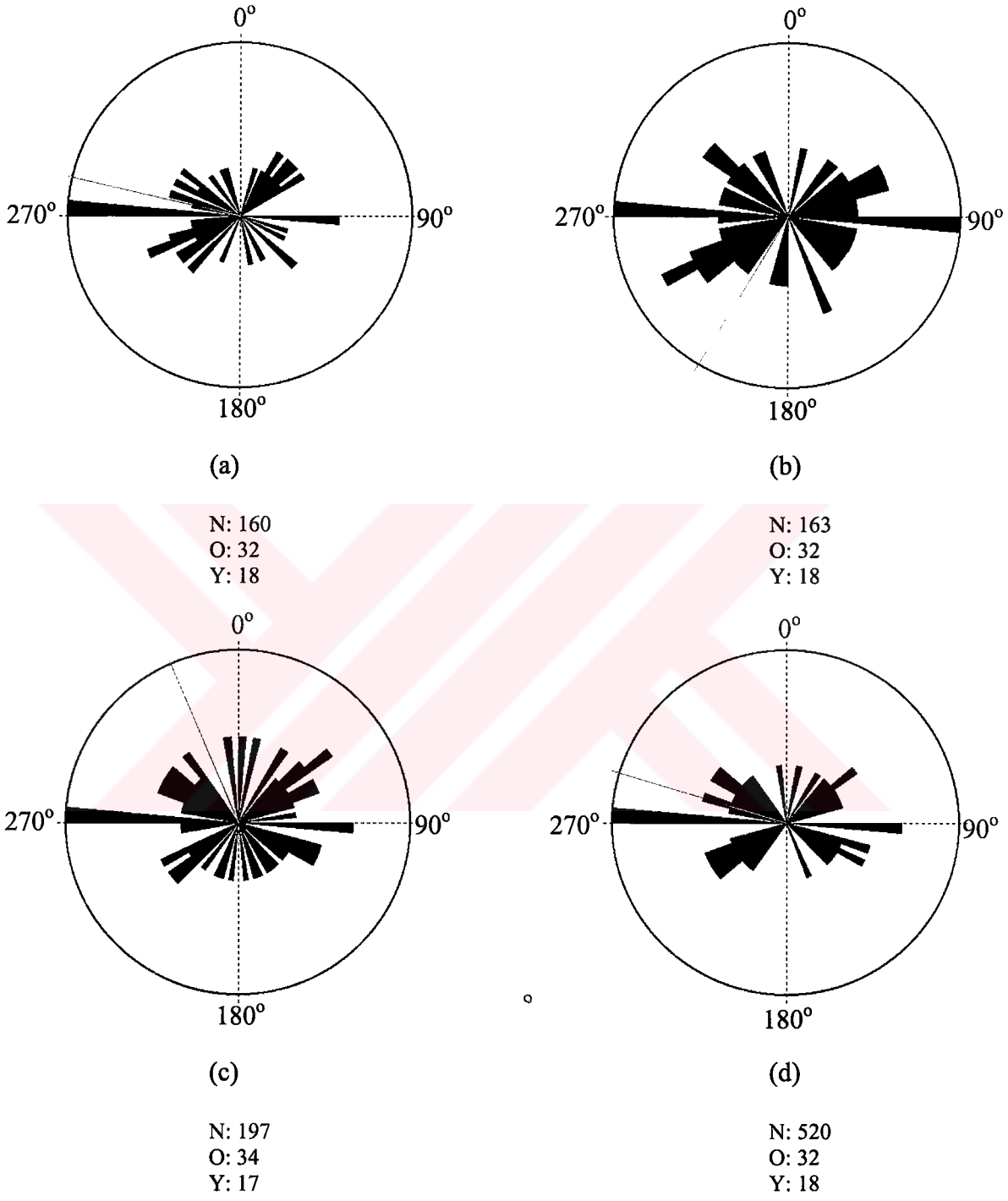
Şekil 4.38. CU deneyi ile 13mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



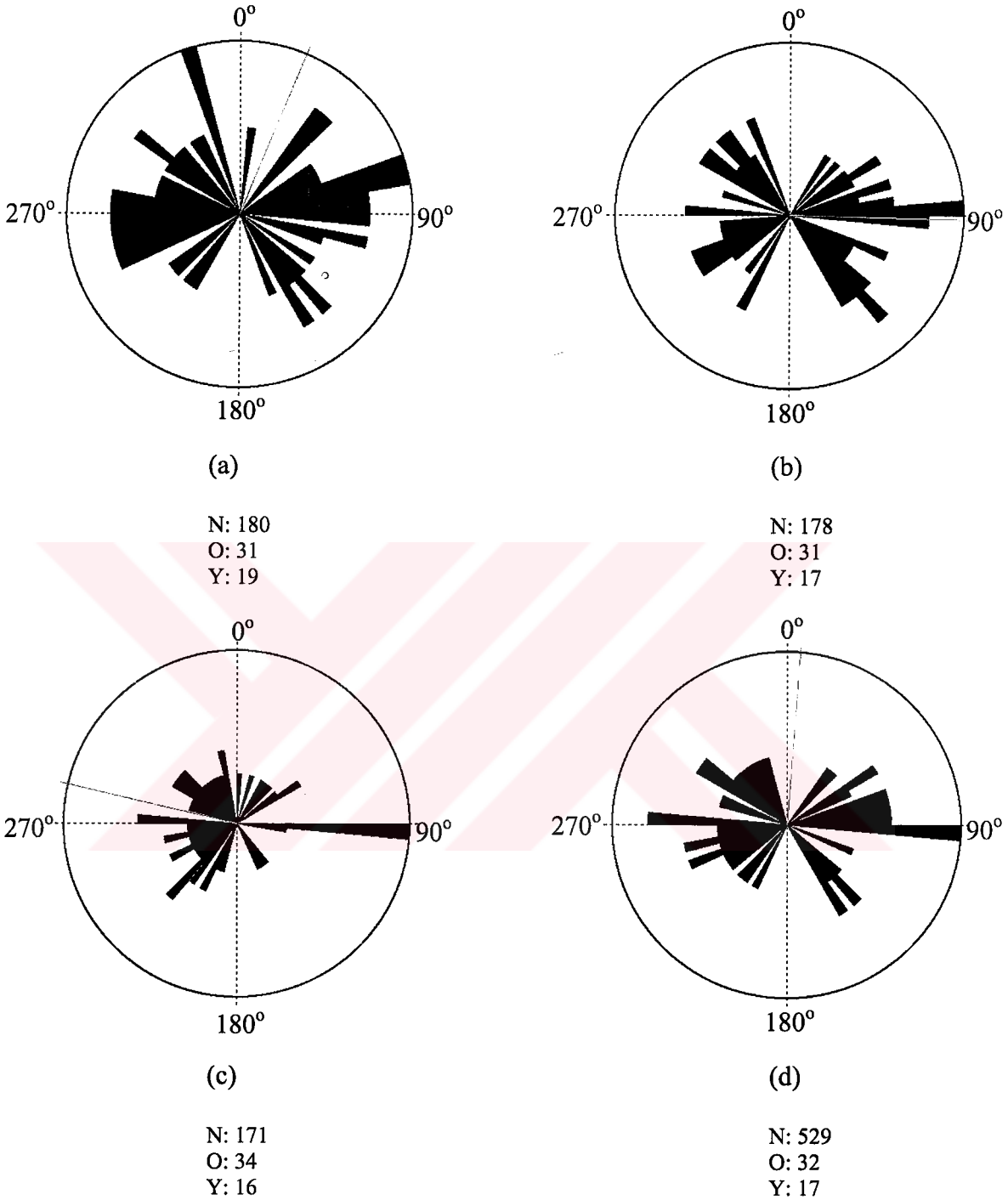
Şekil 4.39. CD deneyi ile 1mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



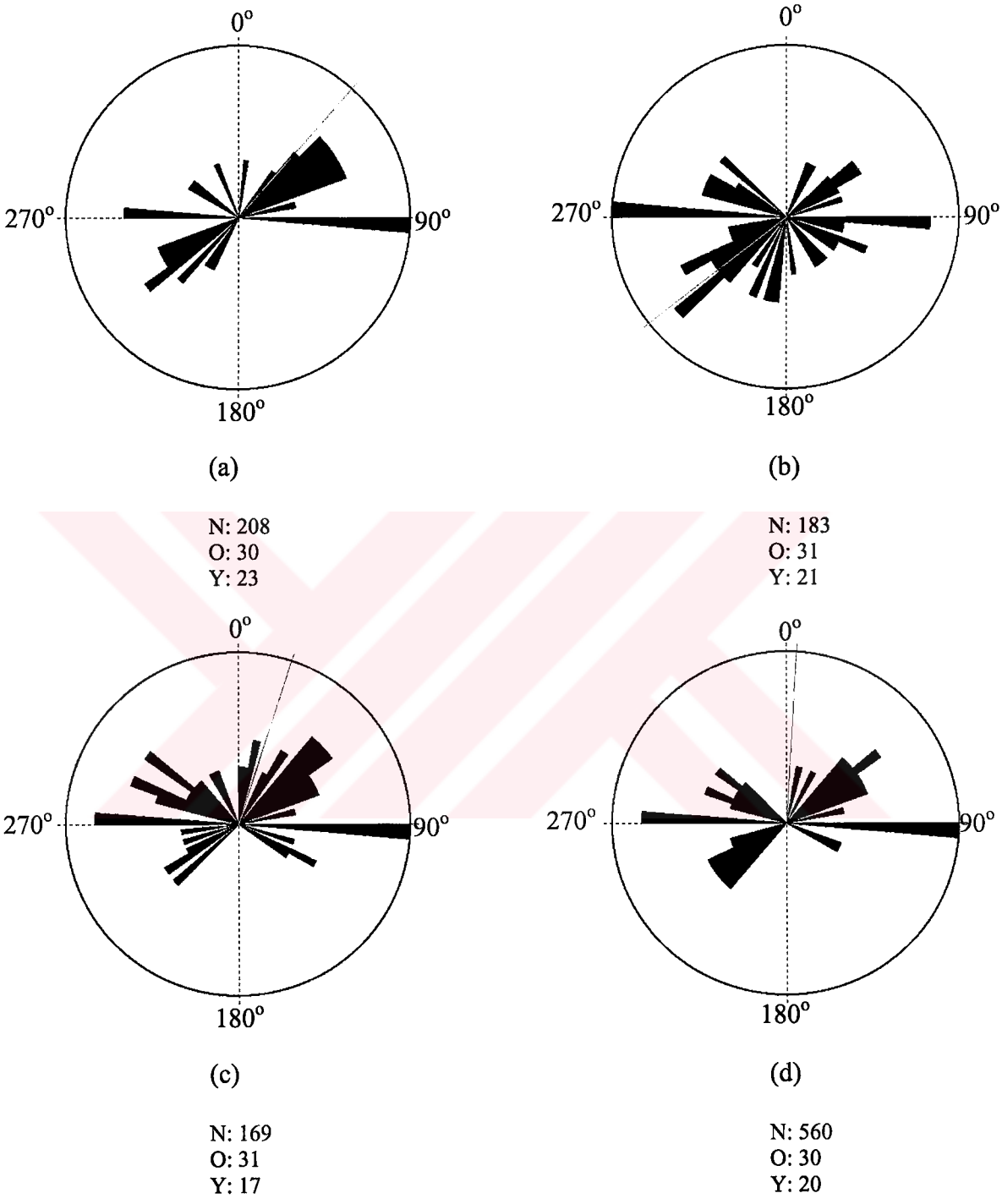
Şekil 4.40. CD deneyi ile 2mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



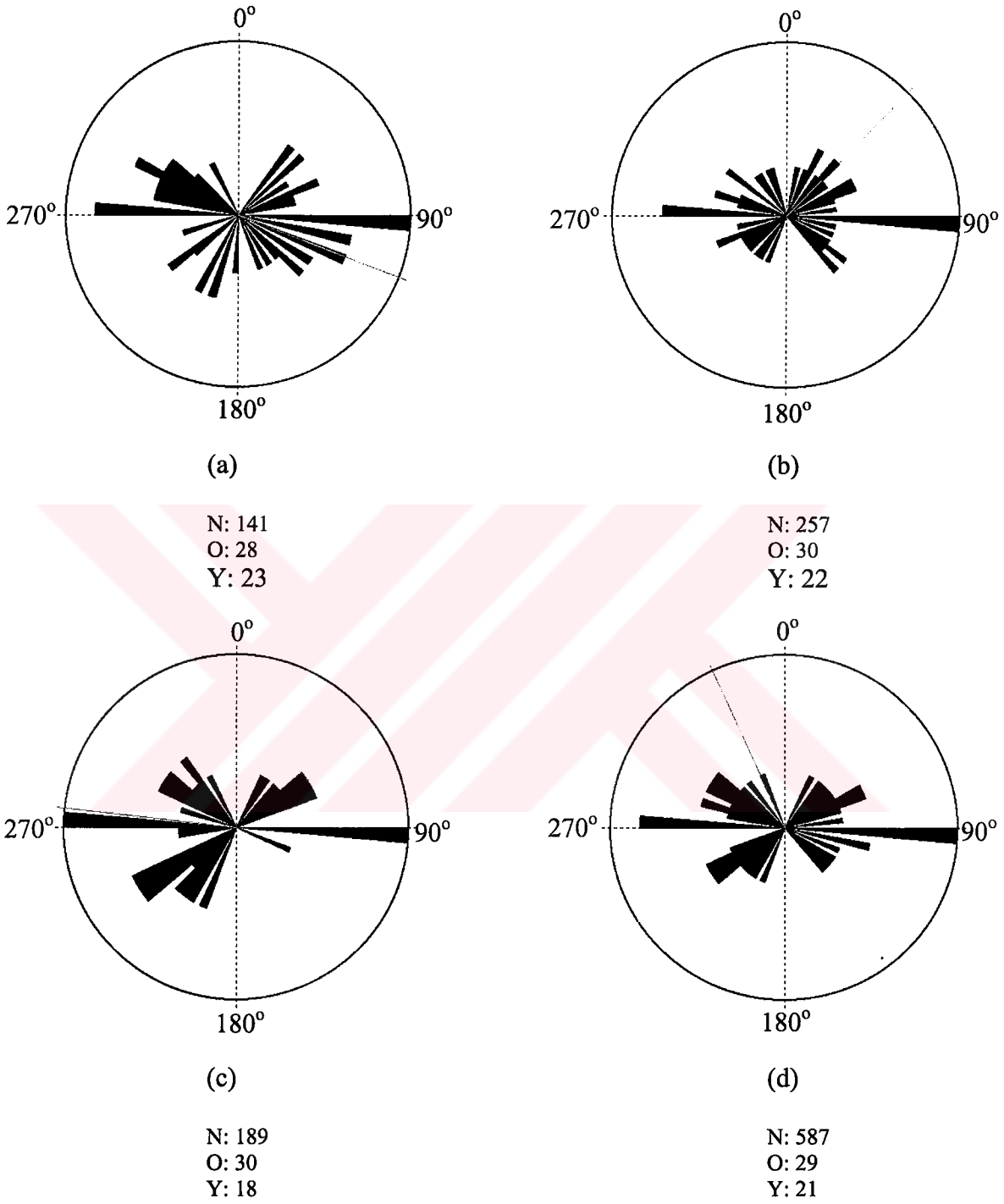
Şekil 4.41. CD deneyi ile 3mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



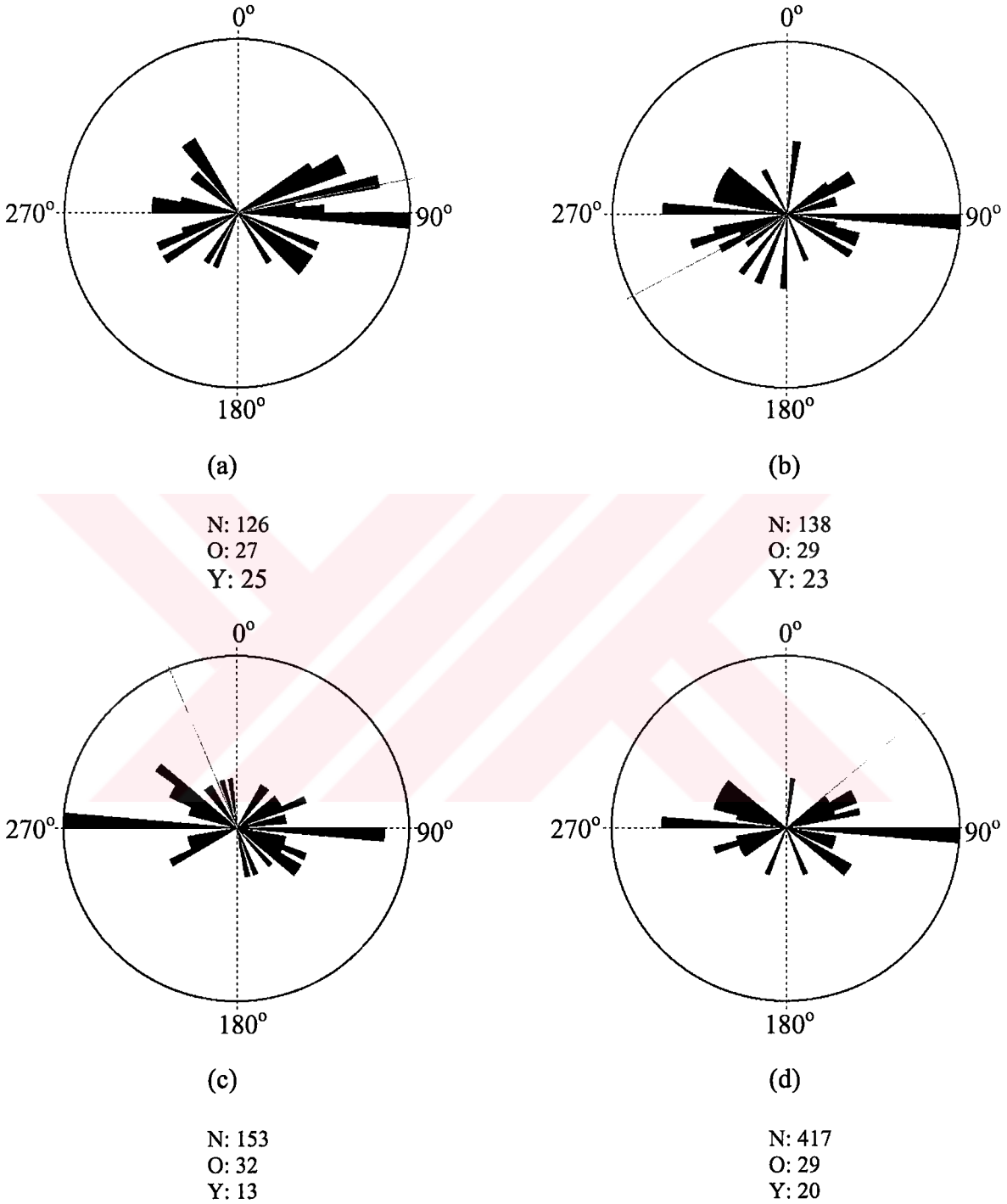
Şekil 4.42. CD deneyi ile 4mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



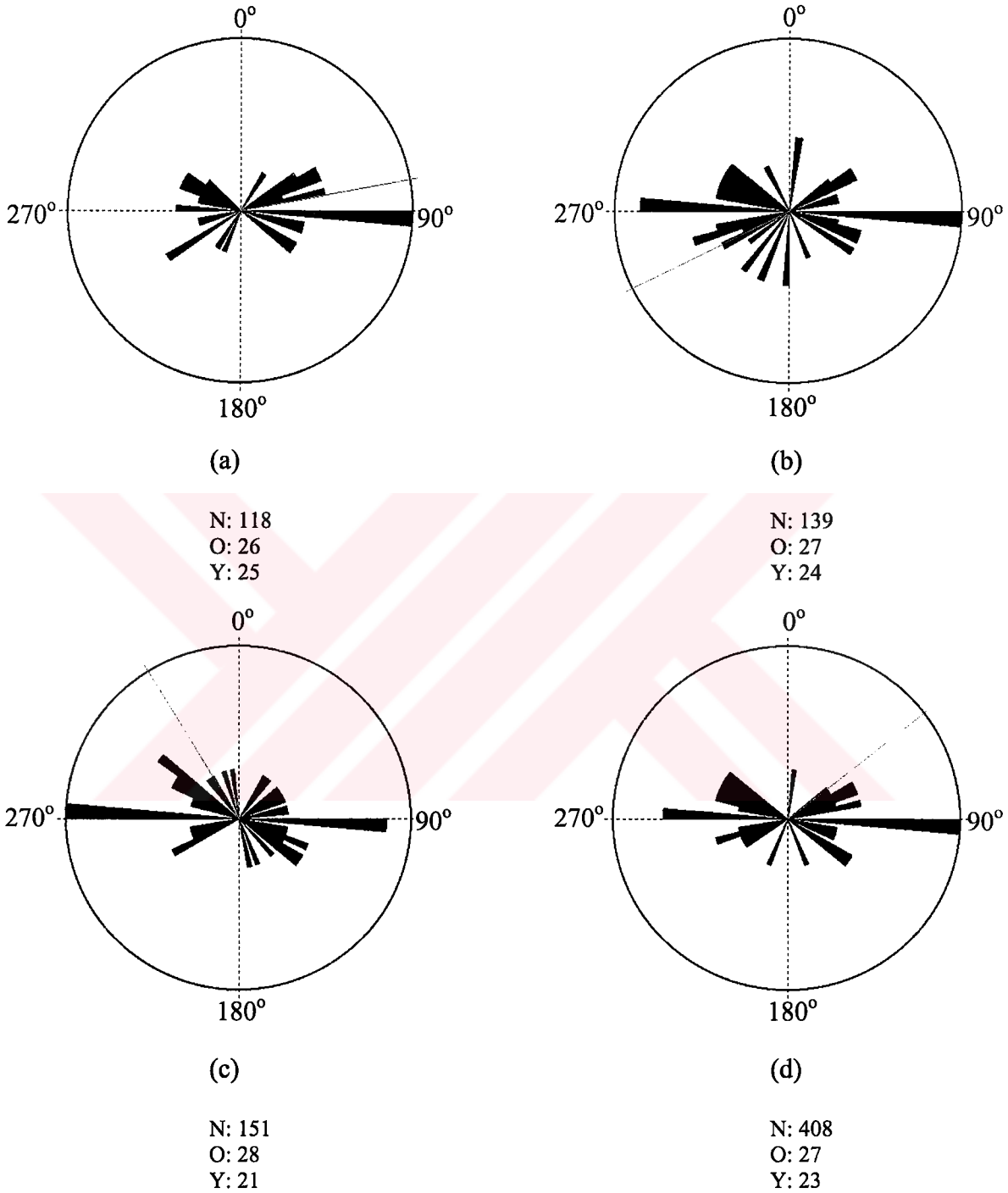
Şekil 4.43. CD deneyi ile 5mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



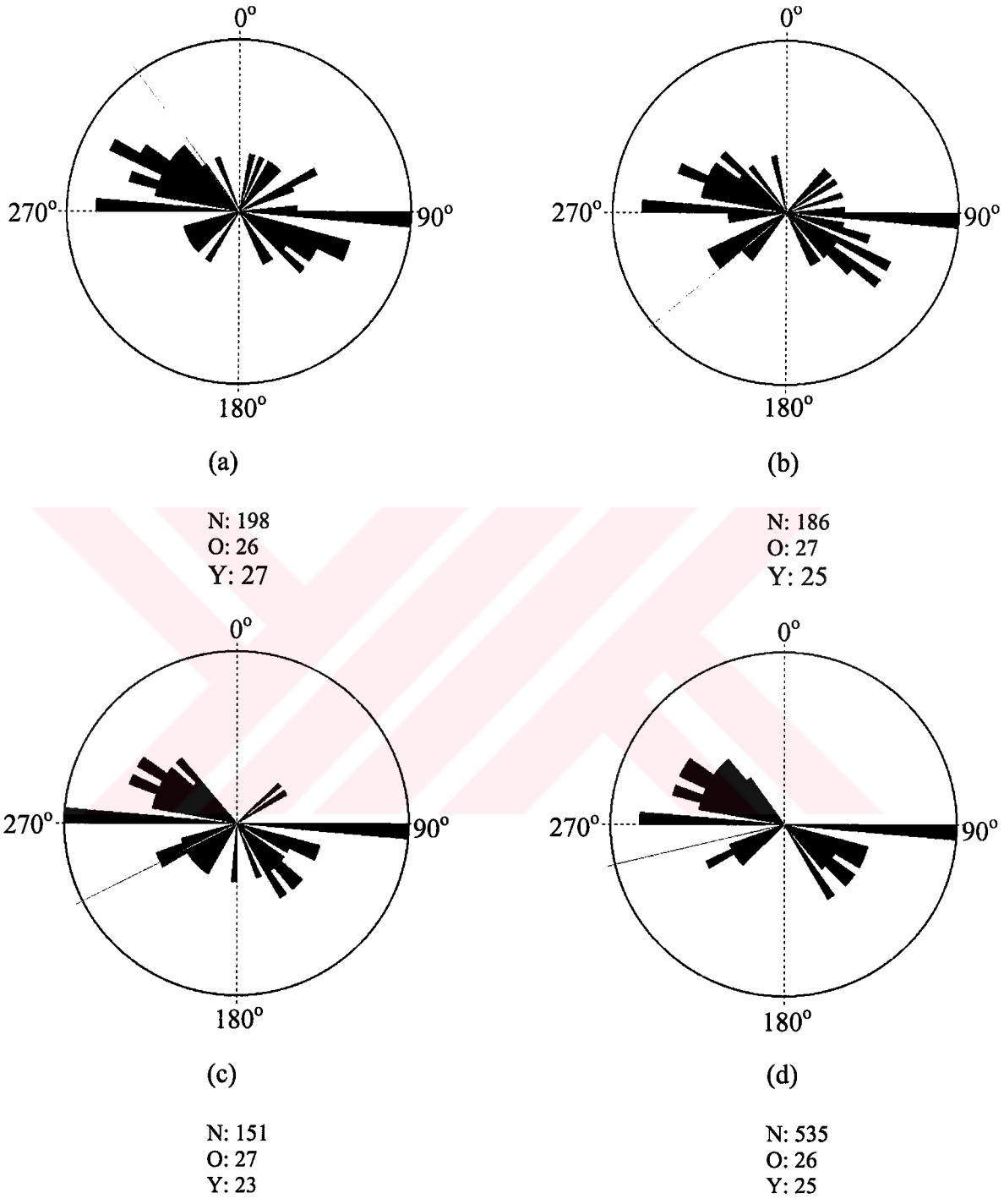
Şekil 4.44. CD deneyi ile 6mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



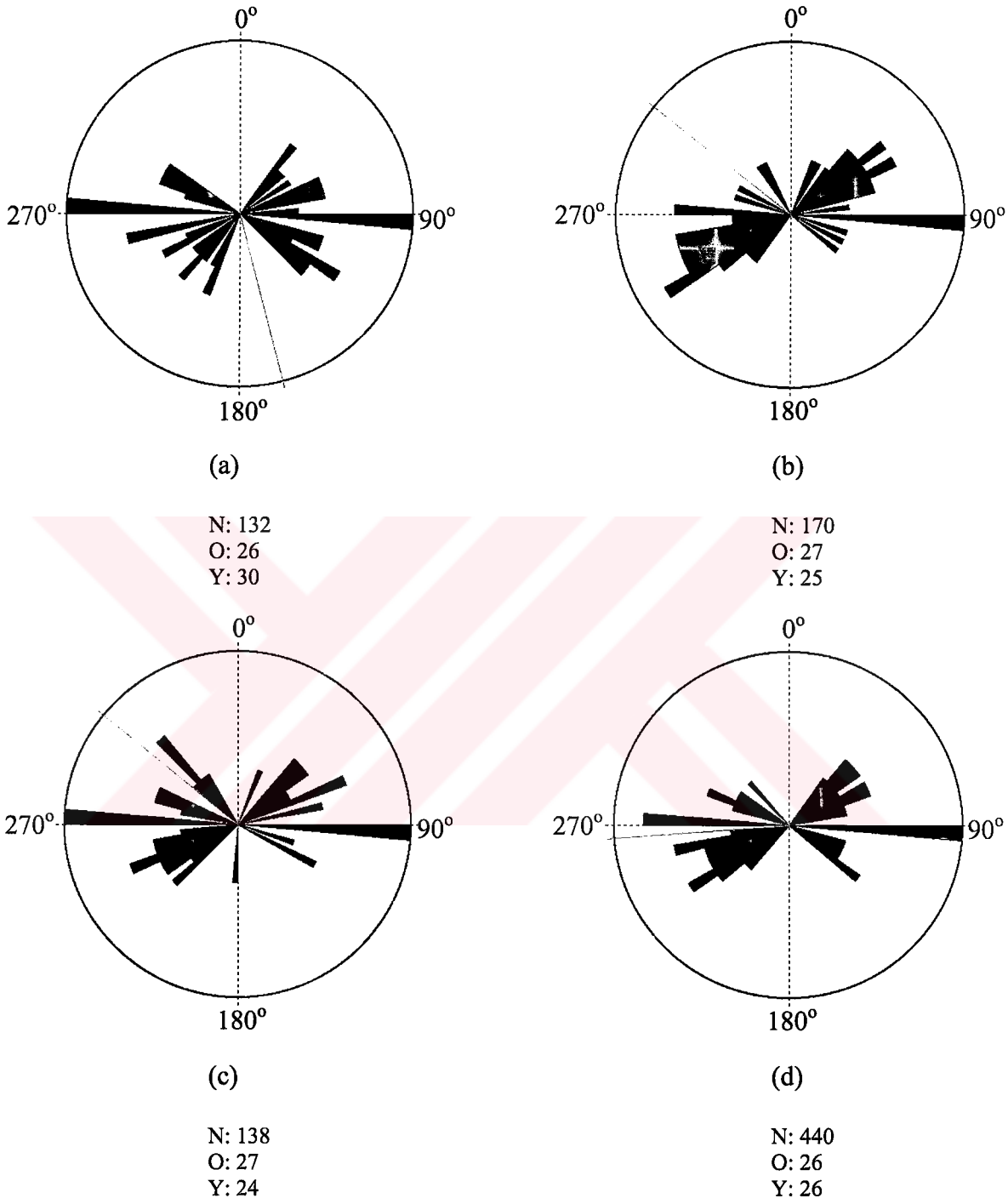
Şekil 4.45. CD deneyi ile 7mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



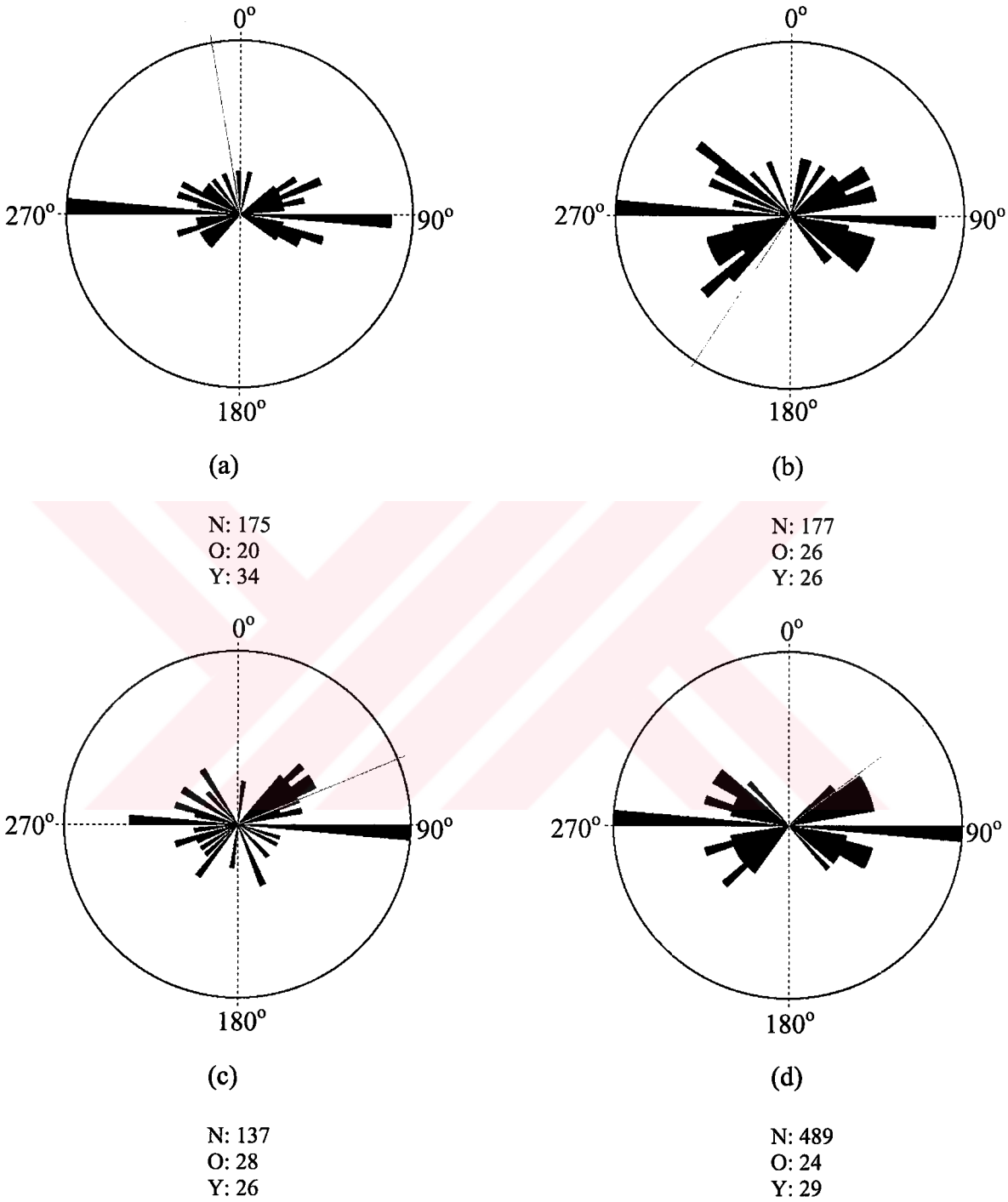
Şekil 4.46. CD deneyi ile 8mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Temsili kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



Şekil 4.47. CD deneyi ile 9mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



Şekil 4.48. CD deneyi ile 11mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.



Şekil 4.49. CD deneyi ile 13mm'lik kesme yer değiştirmesi uygulanan zemin örneğinin bileşenlerinin yönlenmesine ait gül diyagramları. Kayma düzleminden (a) 5mm, (b) 10mm, (c) 15mm uzaklıklardaki zonlar ile (d) tüm bu zonlardaki zemin bileşenlerinin yönlenmesini göstermektedir. N: Ölçüm adedi, O: zemin bileşenlerinin yatayla yaptıkları ortalama açı, Y: yatayla 0-5° arasında açı yapan bileşenlerin toplam yüzdesi.

4.7. Farklı Deneylerden Elde Edilen Sonuçların Karşılaştırılması

Kesilmemiş zemin örneği ile konsolide edilmiş zemin numunesinin yönlenmiş bileşenlerinin yatayla yapmış oldukları ortalama açılar aynı olup, 41^0 ile 43^0 arasında değişmektedir. Konsolide edilmiş zemin örneğinin bileşenlerine ait yönlenmelerin konsolide edilmemiş örneğinin bileşenlerinin yönlenmeleri ile aynı olması, konsolidasyon gerilmesinin ($1kgf/cm^2$) zemin dokusunu değiştirmeye yetmediğini, dolayısıyla ilksel dokunun korunduğunu göstermektedir.

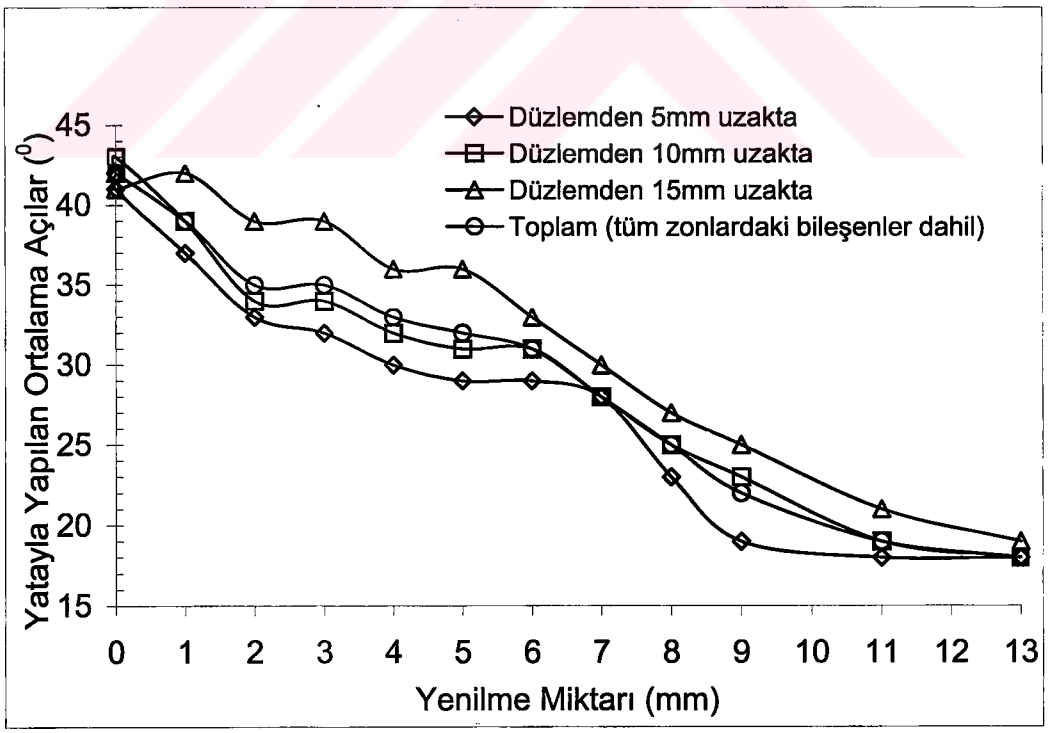
CU deneyi ile kesilen örneklerin kayma düzlemine en yakın zonda yenilmeye başlandığı andan itibaren ilk dokularını koruyamadıkları, 2 mm yenilme miktarına kadar bileşen yönlenmelerinin yatayla yapmış oldukları açılarda 41^0'den 33^0 'ye ani bir düşüş oluştuğu gözlenmektedir. 2 mm' den 5 mm yenilme aralığında zeminin bileşen yönlenmelerinin artmaya devam ettiği, fakat bu artış hızının daha düşük olduğu görülmektedir. 5 mm ile 7 mm yenilme aralığında zemin, oluşmuş yeni dokusunu korumaya çalışmakta, yeni yönlenmeler oluşmamakta, ya da çok az oluşabildiği görülmektedir. 7 mm ile 9 mm yenilme aralığında ise zemin, bu yeni oluşmuş dokusunu da koruyamamakta ve bileşenler yeniden şiddetli bir yönlenme göstererek son bir kararlı doku oluşturmaya çalışmaktadırlar. Zemin, 9 mm'lik bir yer değiştirme soucu kayma düzlemi oluşturarak yenildiği kabul edildikten sonra ise, bileşenlerde ilave bir yönlenme görülmemekte ve bu oluşan son doku korunmaya çalışılmaktadır. Bu değerlendirmelere ait toplu sonuçlar Çizelge 4.2 ve Şekil 4.50' de görülmektedir. Çizelgelerde 1. sütun kayma düzleminden 5 mm mesafede, 2. sütun 10 mm mesafede, 3. sütun 15 mm mesafede, 4. sütun ise kayma düzlemi gözetilmeden ölçümü alınan bütün bileşenlere aittir.

Bütün bu doku değişimlerinin şiddeti kayma düzleminden uzaklaştıkça azalmakta, düzleme uzak zonlarda zemin tamamen yenildiği halde, yenilme miktarının artmasına bağlı olarak, tane yönlenmeleri de halen devam etmektedir.

Çizelge 4.2. Kesilmemiş örnekler ile CU deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin sayısal değerleri.

Uygulanan yanal hareket miktarı (mm)	1			2			3			4		
	N	O (^{0})	Y (%)	N	O (^{0})	Y (%)	N	O (^{0})	Y (%)	N	O (^{0})	Y (%)
0 (Konsolide edilmemiş)	198	42	3	153	42	3	81	42	4	432	42	3
0	185	41	3	144	43	3	118	41	3	477	42	3
1	189	37	11	198	39	9	226	42	8	622	39	9
2	133	33	23	168	34	9	91	39	9	392	35	14
3	221	32	18	206	34	12	187	39	12	613	35	14
4	160	30	21	153	32	14	124	36	12	437	33	16
5	178	29	22	181	31	14	114	36	13	473	32	16
6	185	29	24	171	31	16	262	33	16	618	31	18
7	169	28	24	116	28	19	168	30	16	453	28	20
8	149	23	27	134	25	20	131	27	19	414	25	22
9	99	19	32	120	23	27	93	25	20	312	22	26
11	139	18	32	156	19	29	140	21	21	435	19	27
13	120	18	31	126	18	31	134	19	31	380	18	31

N: İnce kesit üzerinde ölçümü alınan bileşen adedi, O: Yönlenmiş bileşenlerin yatay ile yaptıkları ortalama açı, Y: Yatay ile 0-5^0 arasında açı yapan bileşenlerin oranı.

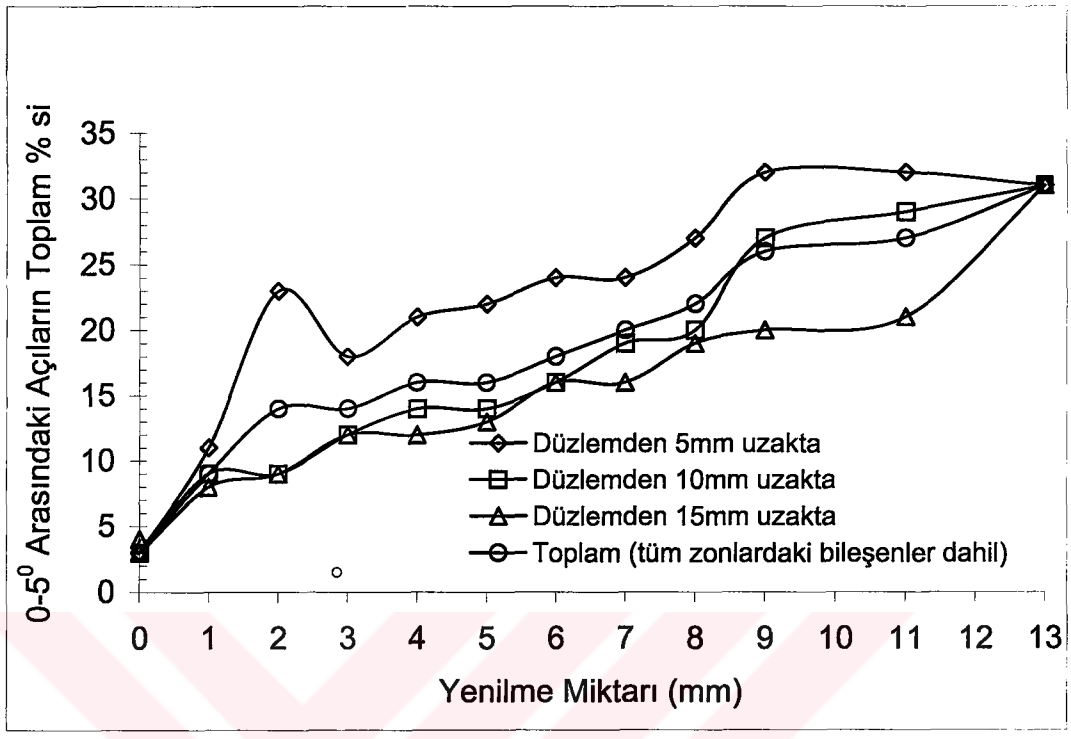


Şekil 4.50. Kesilmemiş örnekler ile CU deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin yatayla yaptıkları ortalama açılarının karşılaştırılması.

ASTM D 3080-90 (1993 c) zeminlerin kayma esnasında en büyük kayma gerilmesi sürekli artış göstererek belirgin bir şekilde belirlenemediği durumlarda, % 15'lik kayma deformasyonuna (9 mm) karşılık gelen gerilme değerinin en büyük kayma gerilmesi olarak alınabileceği, yani zeminin % 15 kayma deformasyonunda yenilmiş olması gerektiğini söylemektedir. Bir önceki bölümde değinilen birim deformasyon sertleşmesine bağlı davranış da dikkate alınarak, kayma düzleminden 5 mm uzaklıktaki zon'a ait sonuçlar bu varsayımın doğru olduğunu göstermektedir.

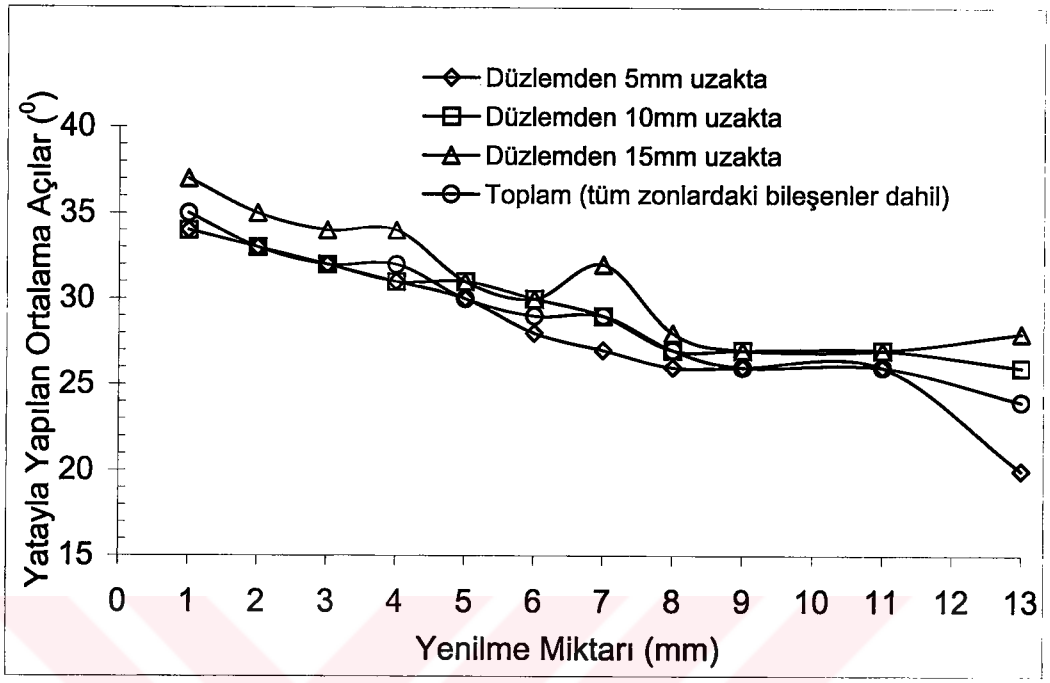
Konsolide edilmiş zemin örneği ile konsolide edilmemiş örnekteki yönlenmiş bileşenlerden ölçümü yapılanların, yatayla $0\text{-}5^0$ arasında açı yapanların toplam yüzdeleri aynıdır. Kayma düzlemine en yakın zonda zemine 2 mm' ye kadar kayma deformasyonu uygulanınca $0\text{-}5^0$ arasında açı yapan bileşenlerin oranı % 3'ten % 23'e hızlı bir artış göstermektedir. Bu da, zeminin yenilmeye başladığı andan itibaren ilk dokusunu koruyamadığını ve bileşenlerinin rotasyona uğrayarak yeni bir doku oluşturduğunu göstermektedir. Fakat % 23' lük bu doruk değer diğer yenilme aşamalarında ölçülen bileşenlerin $0\text{-}5^0$ arasında açı yapanların oranları ile uyum göstermediğinden, bir ölçüm hatasından kaynaklanmış olabilir. Zemin 2 mm ile 7 mm yenilme aralığında $0\text{-}5^0$ arasında yönlenmiş bileşenlerin oranı yine artmakta, ancak bu artış hızı yüksek olmamaktadır. Bu da zeminin yenilme karşısında yeni dokusunu korumaya çalıştığını ancak direnemediğini göstermektedir. Zeminin 7 mm ile 9 mm yenilme aralığında $0\text{-}5^0$ arasında açı yapan bileşenlerin oranı tekrar hızlı bir şekilde artmakta ve 9 mm yenildikten sonra ise herhangi bir artış görülmemektedir (Şekil 4.51). Yatayla $0\text{-}5^0$ arasında açı yapan bileşenlerin oranı kayma düzleminden uzaklaştıkça azalmaktadır.

Bu sonuçlardan zemin 2 mm yenilmeye kadar ani bir doku değişimi göstermekte, yenilme deformasyonu devam etmekle beraber, 7 mm' ye kadar doku değişimi yavaşlayarak yine artmakta, zemin örneğinin yenilmesi için gerekli kayma miktarı olan 9 mm' ye ulaşıldığında ise en üst düzeye ulaşmaktadır ulaşmaktadır. Zemin yenildikten sonra kayma miktarı arttığı halde düzleme yakın zonlarda dokuda belirgin bir değişim görülmemekte, ancak uzak zonlarda bu değişim devam etmektedir.

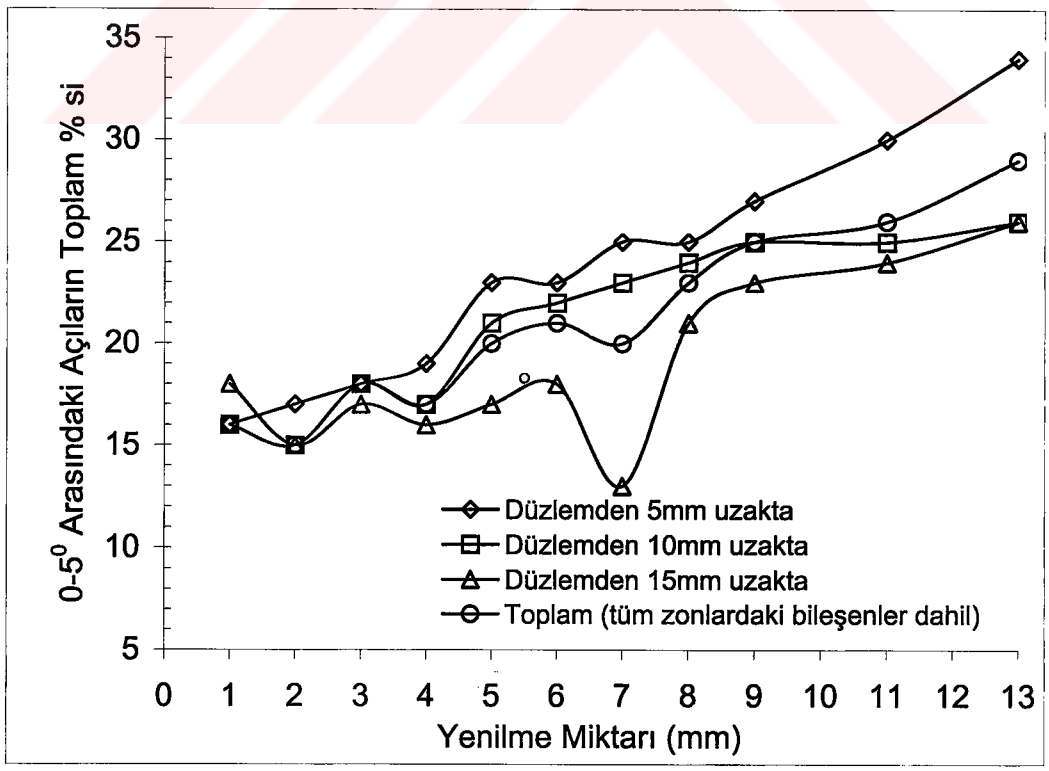


Şekil 4.51. Kesilmemiş örnekler ile CU deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin yatayla 0-5^0 arasında açı yapan bileşenlerin oranlarının karşılaştırılması.

CD deneyi ile kesilen yapay zeminin kayma düzlemine en yakın zonda yönlenmiş bileşenlerinin, yatayla yapmış oldukları ortalama açılar 1 mm ile 8 mm yenilme aralığında 34^0'den 26^0'ye kadar düzenli bir şekilde azalmakta, 8 mm ile 11 mm yenilme aralığında ise değişim görülmemektedir. Yönlenmiş bileşenlerin yatayla yapmış oldukları ortalama açılar 11 mm yenilme miktarına kadar kayma düzlemine yakın ve uzak zonlarda benzerlik göstermekte, sadece düzleme en yakın zonda 11 mm yenildikten sonra belirgin bir azalma görülmektedir. CD deneyi ile kesilen yapay zeminin kayma düzlemine en yakın zonda yatayla 0-5^0 arasında açı yapan yönlenmiş bileşenlerinin oranı, 8 mm yenilme miktarına kadar % 16' dan % 25' e kadar birbirine yakın oranlarda yükselmekte, yenilme miktarı 8 mm' yi aşınca yatayla 0-5^0 arasında açı yapan yönlenmiş bileşenlerin oranı daha hızlı bir şekilde artmaktadır (Şekil 4.52, Şekil 4.53, Çizelge 4.3). Ayrıca Şekil 4.51-4.53'de birer noktada gözlenen ani artış ve ani azalışların muhtemelen ince kesitlerin hazırlanmasında ortaya çıkan bazı hatalarla ilişkili olabileceği düşünülmüştür.



Şekil 4.52. CD deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin yatayla yaptıkları ortalama açılarının karşılaştırılması.



Şekil 4.53. CD deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin yatayla $0\text{-}5^0$ arasında açı yapan bileşenlerin oranlarının karşılaştırılması.

Çizelge 4.3. CD deneyleri sonucu oluşan yönlenmelerin sayısal değerleri.

Uygulanan yanal hareket miktarı (mm)	1			2			3			4		
	N	O (^{0})	Y (%)	N	O (^{0})	Y (%)	N	O (^{0})	Y (%)	N	O (^{0})	Y (%)
1	177	34	16	174	34	16	166	37	18	517	35	16
2	110	33	17	138	33	18	177	35	15	425	33	15
3	160	32	18	163	32	18	197	34	17	520	32	18
4	180	31	19	178	31	17	171	34	16	529	32	17
5	208	30	23	183	31	21	169	31	17	560	30	20
6	141	28	23	257	30	22	189	30	18	587	29	11
7	126	27	25	138	29	23	153	32	13	417	29	20
8	118	26	25	139	27	24	151	28	21	408	27	23
9	198	26	27	186	27	25	151	27	23	535	26	25
11	132	26	30	170	27	25	138	27	24	440	26	26
13	175	20	34	177	26	26	137	28	26	489	24	29

Bu sonuçlardan zeminin yenilmeye başlandığı andan itibaren mevcut dokusunu koruyamadığı, tane yönlenmelerinin değişimine bağlı olarak 8 mm'lik bir kayma düzlemi oluşuncaya kadar sürekli dokusunun değiştiği, 8 mm yenildikten sonra yenilme devam ettiği halde zeminin belirgin bir doku değişimi göstermediği, buna rağmen yatayla $0\text{-}5^0$ arasında açı yapan yönlenmiş bileşenlerin oranının artmaya devam ettiği görülmektedir. Bu verilerden CD deneyi ile kesilen yapay zeminin de ASTM'nin varsayımına uygun olarak 8-9 mm'lik kayma düzlemi oluşunca yenildiği söylenebilir. Ancak burada farklı olan artan kayma gerilmesi ile birlikte zemin 8 mm'lik kayma düzlemi oluşuncaya kadar yönlenme artmakta, 8 mm' den sonra ise 0-5 mm zonunda yönlenme yüzdesi artarken diğer zonlarda genelde aynı kalmaktadır.

CU deneyi ile kesilen örneklerin bileşenlerinin yönlenmeleri her kesilme kademesinde CD deneyi ile kesilen örneklerin bileşenlerinin yönlenmelerinden daha belirgindir. Bunun nedeni, CU deneyinde zemin bileşenlerinin her kesilme kademesinde yönlenmeye yeterli zaman bulamadıklarından, CD deneyi ise yavaş gerçekleştiğinden zemin bileşenlerinin yönlenme için yeterli zaman bulduklarından daha düzenli şekilde rotasyona uğramalarından kaynaklandığı söylenebilir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada zeminin hızlı (CU) ve yavaş (CD) kesildikten sonra mikro yapısında meydana gelen değişiklikler araştırılmıştır. Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar aşağıda verilmiştir.

1. Birbirlerinden farklı miktarlarda kesilen 22 adet yapay zemin örneği ile kesilmeyen 2 adet zemin örneğinden, toplam 24 adet ince kesit hazırlanmış ve bu ince kesitlerden 11.455 adet zemin bileşenin yönlenmesi ölçülmüştür. Sonuçlar örneğin en alt ve en üst kesimlerinde de yönlenme artışı olduğunu göstermiştir.

2. Zemin bileşenleri, CU ve CD deneylerinden sonra kayma gerilmesine ve kayma düzlemine paralel yönlenmişlerdir.

3. Zemin konsolide edilmeden önce ve 1 kgf/cm^2' lik gerilme altında konsolide edildikten sonra da, bileşenlerinin yönlenmesi birbirine benzer, düzensiz ve gelişigüzel görülmüştür.

4. Zemin bileşenlerinin yönlenmesi, CU deneyinde gerilme artışı ile birlikte zemin 9 mm kesilinceye kadar farklı oranlarda da olsa artmakta, kesilme miktarı 9 mm' yi aşıp zemin tamamen yenildikten sonra ise, zemin bileşenlerinin yönlenmesinde belirgin bir değişim oluşmamaktadır.

5. CD deneyinde ise, artan kayma gerilmesi ile birlikte zemin bileşenlerinin yönlenmesi, zemin 8 mm kesilinceye kadar artmakta, 8 mm' den sonra ise 0-5 mm zonunda yönlenme yüzdesi artarken, diğer zonlarda genelde aynı kalmaktadır

6. Zemin bileşenlerinin yönlenmesi ile kayma gerilmesi arasındaki ilişki kayma düzlemine yakın bölgelerde artmakta, düzlemden uzaklaştıkça azalmaktadır. Kayma gerilmesi arttıkça yönlenme de artmaktadır. Bunun sonucu olarak zemin bileşenlerin yönlenmesi, kayma düzlemine yakın bölgelerde artmakta ve yatayla yapılan açılar sıfıra yaklaşmaktadır. Kayma düzlemden uzaklaştıkça da yönlenme azalmakta ve bileşenlerin yatayla yaptıkları açı değerleri büyümektedir.

7. Daha sonra bu konuda çalışma yapacaklara kayma düzleminden ne kadar uzakta tane yönlenmesinin gelişmeyeceğinin belirlenmesi için daha kalın zemin örnekleri kullanmaları önerilir.

KAYNAKLAR

ASTM D 2435-90, 1993 a. Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils, Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, PA, 04.08, 313-324

ASTM D 422-63, 1993 b. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Vol.04.08, Philadelphia, PA, pp.93-99.

ASTM D 3080-90, 1993 c. Standard Test Method for Direct Shear of Soils Under Consolidated Drained Conditions, In: Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, PA, 04.08, 417-422.

ASTM D 4318-84, 1993 d. Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Philadelphia, PA, 04.08, 628-692.

BARDEN.L., 1972. The Influence of Structure on Deformation and Failure in Clay Soil. Geotechnique, 22, 159-164.

BARTON,C. M., 1974. The Micromorphological Soil-Investigation Work of Dr. Lafeber. In Soil Microscopy. G.K Rutherford (ed.). The Limestone Press, Kingston, Ontario, 1-19.

BERRY,P. L, and RAID, D., 1987. An Introduction to Soil Mechanics. McGraw Hill, England, 317.

BREWER,R., 1976. Fabric and Mineral Analysis of Soils. Robert E. Krieger Publishing Company, Huntington, NY, 733.

CASAGRANDE, A., 1932. The Structure of Clay and its Importance in Foundation Engineering. Journal of Boston Soc.of Civil Engineering, 19, 168-208.

CERNICA, J.N., 1995. Geotechnical Engineering: Soil Mechanics. John Wiley and Sons, Inc., NewYork, 453.

COLLINS, K., and McGOWN, A., 1974. The Form and Function of Microfabric Featurres in a Variety of Naturel Soils. Geotechnique, 24 (2), 234-254.

CRAIG, R,F., 1989. Soil Mechanics. ELBS, London, 410.

ÇETİN,H., 1998. Soil Pore and Particle Orientations Caused by Active Faulting; A Micromorphological Perspective. Soil Science, USA, 163, 374-381.

DAS, B.M., 1990. Principles of Geotechnical Engineering. PSW-KENT,Boston, 665.

DOUGLAS,L.A 1981. Soil Micromorphology and Faulting. U.S. Geological Survey Open File Report 81-942.

DOUGLAS, L. A., SOLE-BENET, A., LOW, A. J., and D. W. PLATT, 1983. The Micromorphology of Two Soils Fault-Breccias. In Soil Micromorphology .P. Bullock, and C.Murphy (eds.). AB Academic Publishers, Berkhamsted, Herts, UK, 347-353.

FITZPATRICK, E. A., 1984. Micromorphology of Soils.Chapman and Hall, London and NewYork, 433.

FITZPATRICK, E. A., 1993. Soil Microscopy and Micromorphology. John Wiley and Sons, Chichester, UK, 403.

GOLDSCHMIDT ,V. M., 1926. Undersokelser Over Lersedimenter. Nordisk Jordbrugsforskning, 4, (7): 434-445.

HEAD, K. H., 1992. Manual of Soil Laboratory Testing, Vol(2), Pentech Press, London, 422.

HOLTZ,R, D., and KOVACS,W. D., 1981. An Introduction to Geotechnical Engineering Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.733.

HOUSMANN, M. R., 1990. Engineering Principles of Ground Modification. McGraw Hill, Singapore, 632.

INGLES, O. G., and LAFEBER, D., 1966. The Influence of volume Defects on the Strength and Strength Isotropy of Stabilized Clays. Engineering Geology 1, 305-310.

INGLES,O. G., and LAFEBER, D., 1967. The Initiation and Development of Crack and Joint Systems in Granular Masses. Proc. Symp. Stress and Failure Around Underground Openings. Dept. Miner. Engineering, Univ. of Sydney 7, 1-7.

INGLES, O. G., and LEE, I. K., 1971. The Influence of Initial Grain Shape and Pore Anizotropy on Strength of Brittle Soils. Geotechnique, 21, 143-153,

KIRKPATRICK, W. M., and RANNIE, I. A., 1972. Directional Properties of Consolidated Kaolin. Geotechnique, 22, 166-169.

LAFEBER, D., 1966. Aspects, of Stress-Induced Differential Movements of Fabric Elements in Mineral Soils. Australian Road Research Board 1, 1059-1067.

LAMBE, T.W., 1953. The Structure of Inorganic Soils. Prog. Am. Soc Civil Engineering, 79, 315.

LAMBE, T. W., 1958 The Engineering Behavior of Compacted Clay, J. Soil Mechanics Found. Div., ASCE, V. 84, SM2, Pt. 1, 1655, 35.

LOVE, A. J., DOUGLAS, L. A., and PLATT., D. W. 1982. Soil Pore Orientation and Faults. Soil Sci. Soc. Am. 46, 789-792.

LUPINI, J. F., SKINNER, A. E., and VAUGHAN, P. R., 1981. The Drained Residual Strength of Cohesive Soils. Geotechnique 31 (2), 181-213.

LUZA, K V., R.F. MADOLE, and A.J.CRONE. 1987. Investigation of the Meers fault, Southwestern Oklahoma, Oklahoma Geological Survey, Norman, ok, Special Publication.

MAHMOOD, A., 1973. Fabric-Mechanical Property Relationship in Fine Granular Soils. Ph.D. Dissertation, University of California, Berkeley.

MITCHELL, J. K., 1976. Fundamentals of Soil Behavior. John Wiley and Sons. New York, 422.

MURPHY, C. P., BULLOCK, P. and BISWELL., K. J., 1977. The Measurement and Characterization of Voids in Soil Thin Sections by Image Analysis: Part II. Applications. J: Soil Sci., 28, 509-518.

ODA, M., 1972. Initial Fabrics and Their Relations to Mechanical Properties of Granular Material, Soils and Foundations, 12 (1). 17-37.

PUSH,R., 1970. Microstructural Changes in Soft Quick Clay at Failure. Can. Geotech. J., 7, 1-7.

SCHOFIELD, R .K., SAMSON, H. R., 1954. Flocculation of Kaolinite Due to The Attraction of Oppositely Charged Crystal Faces. Faraday Society, 18, 135-145.

SCHOKKING, F.,1998. Anisotropic Strength Behaviour of a Fissured Overconsolidated Clay in Relation to Saalian Glacial Directions, Engineering Geology 49, 31-51.

SLOANE, R. L., NOWATZKI,E. A., 1967. Electron Optical Study of Fabric Changes Accompanying Shear in a Kaoline Clay, III.C.P.M.S.I.F., 1, 215-225.

WHITLOW, R., 1990. Basic Soil Mechanics. Longman Scientific and Technical, Hong Kong, 528.

YOUNG, R. N., 1971. General Report to Session 5. Soil Technology and Stabilization. Proc.4th. Asian Reg. Conf. Soil Mechanics, Bangkok, 2.

ÖZGEÇMİŞ

01.07.1967 yılında Adıyaman'ın Besni ilçesinin Suvarlı kasabasında doğdu. İlk ve orta okulu Suvarlı'da, lise öğrenimini Gaziantep Lisesi'nde tamamladı. 1986 yılında Akdeniz Üniversitesi Isparta Mühendislik Fakültesi'nin Jeoloji Mühendisliği bölümünü kazanarak 1991 şubatında mezun oldu. 1992 yılında askerlik görevini bitirdikten sonra Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Jeoloji Anabilim Dalında yüksek lisansa başlayarak 1995 yılında yüksek mühendis unvanını aldı. Yüksek lisansı devam ederken 1994 yılında Celal Bayar Üniversitesi İnşaat Mühendisliği bölümüne araştırma görevlisi olarak atandı. 1996 Eylül'ünde Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı, bu çalışması halen devam etmektedir.

EKLER

Killi Zemin (Handere Formasyonu)								
Kap+ Kuru Numune Ağırlığı:152,77gr.				Kap Ağırlığı:103,18gr.				
Kuru Numune Ağırlığı:49,59gr.				Özgül Ağırlık:2,70				
Tarih	Geçen Zaman (Dk)	Sıcaklık (C)	Hidrometre Okuması	Hidrometre Düzeltmesi	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Zr (cm)	D (mm)	N (%)
15.03.2002	0,25	20	1,0350	0,0066	1,0284	10,00	0,0852	96,72
"	0,5	20	1,0340	0,0066	1,0274	10,25	0,0595	93,52
"	1	20	1,0330	0,0066	1,0264	10,60	0,0428	90,32
"	2	20	1,0320	0,0066	1,0254	10,80	0,0306	87,11
"	5	20	1,0290	0,0066	1,0224	10,40	0,0178	77,51
"	10	20	1,0270	0,0066	1,0204	11,00	0,0130	71,10
"	20	20	1,0250	0,0066	1,0184	11,50	0,0094	64,70
"	40	20	1,0230	0,0066	1,0164	12,00	0,0068	58,29
"	60	20	1,0215	0,0066	1,0149	12,25	0,0056	53,49
"	120	20	1,0200	0,0066	1,0134	12,75	0,0041	48,68
"	240	20	1,0180	0,0066	1,0114	13,25	0,0029	42,28
"	480	20	1,0165	0,0066	1,0099	13,75	0,0021	37,47
16.03.2002	1440	20	1,0140	0,0066	1,0074	14,40	0,0013	29,47

Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Elek+Zemin Ağırlığı (gr)	Elek Ağırlığı (gr)	Elek Üstü Zemin Ağırlığı (gr)	% Kalan	Toplam % Kalan	Toplam % Geçen
18	1	360,58	360,58	0	0	0	100
40	0,42	426,6	426,56	0,04	0,081	0,081	99,92
80	0,177	408,24	407,8	0,44	0,89	0,97	99,03
200	0,074	348,14	347,45	0,69	1,39	2,36	97,64
	Kap	0	0	0	0	2,36	

Ek-1. Deneylerde kullanılan killi zeminin hidrometre ve elek analizi

(Mikalı Numune)

Kap+ Kuru Numune Ağırlığı:171,9gr. Kap Ağırlığı:119,6gr.

Kuru Numune Ağırlığı:52,3gr. Özgül Ağırlık:2,70

Tarih	Geçen Zaman (Dk)	Sıcaklık (C)	Hidrometre Okuması	Hidrometre Düzeltmesi	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Zr (cm)	D (mm)	N (%)
18.04.2001	0,25	21	1,0230	0,0061	1,0169	13,00	0,0948	57,45
"	0,5	21	1,0219	0,0061	1,0158	13,25	0,0677	54,12
"	1	21	1,0210	0,0061	1,0149	13,50	0,0483	51,40
"	2	21	1,0190	0,0061	1,0129	14,10	0,0349	45,36
"	5	21	1,0178	0,0061	1,0117	13,20	0,0203	41,73
"	10	21	1,0168	0,0061	1,0107	13,40	0,0145	38,70
"	20	21	1,0155	0,0061	1,0094	13,70	0,0104	34,77
"	40	21	1,0140	0,0061	1,0079	14,20	0,0075	30,24
"	60	21	1,0135	0,0061	1,0074	14,30	0,0061	28,73
"	120	21	1,0120	0,0061	1,0059	14,60	0,0044	24,19
"	240	21	1,0109	0,0061	1,0048	14,80	0,0031	20,86
"	480	22	1,0094	0,0060	1,0034	15,00	0,0022	16,93
19.04.2001	1440	20	1,0085	0,0063	1,0022	15,40	0,0013	12,70

Elek Açıklığı (mm)	Elek+Zemin Ağırlığı (gr)	Elek Ağırlığı (gr)	Elek Üstü Zemin Ağırlığı (gr)	% Kalan	Toplam % Kalan	Toplam % Geçen
1	100,1	99,6	0,5	0,96	0,96	99,04
0,5	102,5	93,8	8,7	16,63	17,58	82,42
0,25	100,7	94,5	6,2	11,85	29,43	70,57
0,125	91,4	86,8	4,6	8,79	38,22	61,78
0,074	85,9	83,3	2,6	4,97	43,19	56,81
Kap	82,9	82,6	0,3	0,57	43,76	

ve

Kap No:	6	7	8	9	10
Darbe Adedi	13	28	35	38	55
Islak Numune + Kap Ağ.(gr)	70,13	69,36	60,05	75,02	56,45
Kuru Numune + Kap Ağ.(gr)	61,68	61,64	55,56	67,23	52,91
Su Ağırlığı (gr)	8,45	7,72	4,49	7,79	3,54
Kap Ağırlığı (gr)	42,25	40,31	39,52	38,22	37,58
Kuru Numune Ağırlığı (gr)	19,43	21,33	16,04	29,01	15,33
Su İçeriği (%)	43	36	28	27	23
Likit Limit (%)	38				
Plastik Limit (%)	22				

(1) Rötre Kap no:	18
(2) Rötre Kabı + Yaş Numune Ağırlığı (gr)	63,47
(3) Rötre Kabı + Kuru Numune Ağırlığı:(gr)	53,11
(4) Rötre Kabı Ağırlığı:(gr)	33,75
(5) Numunedeki Su Ağırlığı, [(2)-(3)]:(gr)	10,36
(6) Kuru Numune Ağırlığı W_k, [(3)–(4)] (gr)	19,36
(7) Su İçeriği w, [(5)/(6)x100]:(%)	53,51
(8) Rötre Kabı Hacmi V_y; (cm^3)	16,95
(a) Rötre Kabı + Civa: (gr)	264,31
(b) Civa Ağırlığı,[(a)-(4)]: (gr)	230,56
V_y = [(b)/(13,6=γ_{Hg})]: (cm^3)	16,95
(9) Kuru Numune Hacmi Vk; (cm^3)	10,708
(c) Taşan Civa + Kap Ağırlığı: (gr)	197,24
(d) Kap Ağırlığı: (gr)	51,61
(e) Taşan Civa Ağırlığı: [(c)-(d)]:(gr)	145,63
V_k = [(e)/(13,6=γ_{Hg})]: (cm^3)	10,708
(10) V_y-V_k:= [(8)-(9)]: (cm^3)	6,24
(11) Rötre Limiti; [(7)-((10)/(6))x100]: (%)	21,27
(12) Rötre Oranı R, [(6)/(9)]:	1,83
(13) Lineer Rötre L_R [100x(1- (100/(C+100))$^{1/2}$)] (%)	0,2936
(14) C = [((7)-(11))x(12)]:(%)	58,99

Ek-3. Deneylerde kullanılan killi zeminin kıvam limitleri deney sonuçları.

Kap No:	1	2	3	4	5
Darbe Adedi	11	16	31	38	51
Islak Numune + Kap Ağ.(gr)	63,17	66,74	58,67	61,51	54,96
Kuru Numune + Kap Ağ.(gr)	57,27	60,75	53,84	57,08	51,51
Su Ağırlığı (gr)	5,9	5,99	4,83	4,43	3,45
Kap Ağırlığı (gr)	36,21	37,71	32,85	37,8	36,15
Kuru Numune Ağırlığı (gr)	21,06	23,04	20,99	19,28	15,36
Su İçeriği (%)	28	26	23	23	22
Likit Limit (%)	24				
Plastik Limit (%)	18				

(1) Rötre Kap no:	12
(2) Rötre Kabı + Yaş Numune Ağırlığı: (gr)	116,01
(3) Rötre Kabı + Kuru Numune Ağırlığı: (gr)	105,56
(4) Rötre Kabı Ağırlığı:(gr)	80,06
(5) Numunedeki Su Ağırlığı, [(2)-(3)]: (gr)	10,45
(6) Kuru Numune Ağırlığı W_k, [(3)–(4)]:(gr)	25,5
(7) Su İçeriği w, [(5)/(6)x100]:(%)	40,98
(8) Rötre Kabı Hacmi V_y; (cm^3)	19,46
(a) Rötre Kabı + Civa: (gr)	344,80
(b) Civa Ağırlığı,[(a)-(4)]: (gr)	264,74
V_y = [(b)/(13,6=γ_{Hg})]: (cm^3)	19,46
(9) Kuru Numune Hacmi Vk; (cm^3)	13,19
(c) Taşan Civa + Kap Ağırlığı:(gr)	231,01
(d) Kap Ağırlığı: (gr)	51,59
(e) Taşan Civa Ağırlığı: [(c)-(d)]:(gr)	179,42
V_k = [(e)/(13,6=γ_{Hg})]: (cm^3)	13,19
(10) V_y-V_k:= [(8)-(9)]: (cm^3)	6,27
(11) Rötre Limiti; [(7)-((10)/(6))x100]:(%)	16,4
(12) Rötre Oranı R, [(6)/(9)]:	1,93
(13) Lineer Rötre L_R [100x(1- (100/(C+100))$^{1/2}$)]:(%)	0,2363
(14) C = [((7)-(11))x(12)]: (%)	47,44

Ek-4. Deneylerde kullanılan yapay zeminin kıvam limitleri deney sonuçları.

Numune No: MSK-1
Numune Tanımı: Gri, yeşilimsi,CL-ML tipi killi zemin
Numune Derinliği: Yüzeyden

[A] Numune Datası

Deney Başı

1) Numune Tipi: [X] Örselenmemiş [ ] Örselenmiş
(2) Numune Çapı, D: 5cm
(3) Numune Alanı, A: 19.63cm^2
(4) Deney Başı Numune Yüksekliği, H_0 :2 cm
(5) Deney Başı Numune Hacmi, V_0, [(3)x(4)]: 39.25cm^3
(6) Ring + Islak Numune Ağırlığı: 136.91 gr.
(7) Ring Ağırlığı: 70.19 gr.
(8) Deney Başı Islak Numune Ağırlığı, [(6)–(7)]: 66.72 gr.
(9) Islak Birim Hacim Ağırlık, [(8)/(5)]: 1.69 gr/cm^3
(10) Su İçeriği:
(a) Kap No: 62 gr (b) Islak Numune+Kap ağırlığı: 93.92 gr
(c) Kuru Numune + Kap Ağırlığı: 86.68 gr (d) Kap Ağırlığı: 31.18 gr
(e) Su Ağırlığı, [(b)-(c)]: 7.24 gr
(f) Kuru Numune Ağırlığı,[(c)-(d)]: 55.5 gr
(g) Deney Başı Su İçeriği, [((e)/(f)x100)]: % 13.045
(11) Deney Başı Kuru Numune Ağırlığı (Hesapla), [((8)/(10)+100)x100]: 59.02 gr
(12) Özgül Ağırlık: 2.70
(13) Numune İçi Katı (Tane) hacmi, [(11)/(12)]: 21.85 gr
(14) Numune İçi Boşluk hacmi, [(5)-(13)]: 17.4 gr
(15) Numune İçi Su hacmi, [(8)-(11)]: 7.7 gr
(Not: Suyun Birim hacim Ağırlığı: 1cm^3)
(16) Deney Başı Doygunluk Derecesi, [((15)/(14))x100]: % 44.25

Deney Sonu

(17) Kap No:
(18) Kap + Islak Konsolidasyon Numunesi: 101.05 gr
(19) Kap + Kurutulmuş Konsolidasyon Numunesi: 90.50 gr
(20) Kap Ağırlığı: 31.70 gr
(21) Deney Sonu Numune Su Ağırlığı, [(18) – (19)]: 10.55 gr
(22) Deney Sonu Kuru Numune Ağırlığı, [(19) – (20)]: 58.8 gr
(23) Deney Sonu Su İçeriği, [(21)/(22)x100]: 17.94 gr
(24) Deney Sonu Doygunluk Derecesi: % 100
Boşluk Oranı

(25) Deney Sonu Numune İçi Katı (Tane) hacmi, [(22)/(12)]: 21.77 cm^3
(26) Deney Başı Numune Hacmi V_0,[(3)*(4)]: 39.25 cm^3
(27) Deney Başı Numune Boşluk Hacmi V_b, [(26) – (25)]: 17.48 cm ^{3}
(28) Deney Başı Boşluk Oranı e_0, [(27)/(25)]: 0.8029

[B] Zaman Deformasyon ve Boşluk Oranı Datası

(1) Katı (Tane) Kısmın Yüksekliği Hs, [(25)/(3)]: 1.109 cm
(2) 1 Birim Okuma = 0.01 mm
(3) Yük Kolu Etkisi: 10

Ek-5. Konsolidasyon deney numunesi verileri.

Tarih	Zaman (saat:Dk)	Geçen Zaman (saat)	Birim Okuma	Düzeltil-miş Okuma (mm)	Toplam Def. (mm)	Yük (kg)	Gerilme (kg/cm^2)	Boşluk Oranı
25.05.2001	12:10	24.0	5	0,050	-0,050	0,010	0,005	0,7984
26.05.2001	12:10	24.0	5,8	0,058	-0,058	0,020	0,010	0,7976
27.05.2001	12:17	24.1	7,2	0,072	-0,072	0,050	0,025	0,7964
28.05.2001	12:08	24.0	10,1	0,101	-0,101	0,100	0,050	0,7938
29.05.2001	12:11	24.0	22	0,220	-0,220	0,250	0,127	0,7831
30.05.2001	12:13	24.1	40	0,400	-0,400	0,500	0,254	0,7668
31.05.2001	12:11	24.0	52	0,520	-0,520	0,700	0,356	0,7560
01.06.2001	12:10	24.0	66	0,660	-0,660	1,000	0,509	0,7434
02.06.2001	12:16	24.1	92	0,920	-0,920	1,500	0,764	0,7199
03.06.2001	12:12	24.0	118,5	1,185	-1,185	2,000	1,018	0,6960
04.06.2001	12:11	24.0	161	1,610	-1,610	3,000	1,528	0,6577
05.06.2001	12:09	24.0	223	2,230	-2,230	5,000	2,542	0,6018
06.06.2001	12:13	24.1	262	2,620	-2,620	7,000	3,565	0,5666
07.06.2001	12:13	24.1	305	3,050	-3,050	10,00	5,094	0,5279
08.06.2001	12:13	24.1	365	3,650	-3,650	16,00	8,150	0,4738
09.06.2001	12:11	24.0	345	3,450	-3,450	4,000	2,037	0,4918
10.06.2001	12:12	24.0	325	3,250	-3,250	1,000	0,509	0,5098
11.06.2001	12:10	24.0	310	3,100	-3,100	0,250	0,127	0,5234
12.06.2001	12:10	24.0	302	3,020	-3,020	0,050	0,025	0,5306

Numune No: 4D-1								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi:432								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
5	22	46	53	60	68	80	289	311
6	25	47	53	60	69	83	291	312
7	29	48	54	61	70	86	295	316
7	30	48	54	61	70	86	299	318
10	31	49	55	62	71	90	300	325
12	39	50	55	62	72	276	302	325
17	42	51	57	63	72	281	303	329
17	42	51	57	63	72	283	304	330
19	44	51	57	65	73	284	306	333
20	45	52	59	65	74	286	306	343
20	45	52	59	65	79	287	309	347
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
109	124	133	145	165	189	219	233	250
111	125	131	147	166	195	222	234	256
113	126	132	149	166	195	223	235	256
115	126	133	151	170	196	224	237	259
116	127	136	153	170	200	225	238	260
116	128	137	154	173	201	226	240	261
119	128	138	155	175	202	226	240	261
120	129	139	158	179	209	229	241	263
121	129	140	160	181	211	229	241	265
122	130	144	161	186	218	231	245	270
123	132	145	162	188	219	231	246	270
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
3	20	46	52	59	66	80	287	311
5	25	47	53	60	69	82	290	311
7	27	48	54	61	70	85	292	316
8	30	49	55	61	70	89	299	320
11	35	49	55	62	71	275	302	325
17	40	51	56	63	72	281	303	329
18	43	51	57	64	72	283	305	332
19	45	51	59	65	74	285	306	335
20	46	52	59	65	79	287	310	347
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
107	124	132	145	164	189	219	233	248
111	125	131	146	166	194	221	234	253
115	126	133	150	166	196	223	237	257
116	126	135	153	170	200	224	237	259
116	128	136	154	172	201	225	239	261
119	128	138	155	177	204	228	240	261
121	129	140	159	180	210	229	241	264
122	130	143	161	185	217	230	245	269
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
6	25	48	53	61	69	85	292	316
9	31	49	55	62	71	90	299	322
15	40	50	56	62	72	280	303	327
18	44	51	57	64	73	283	305	333
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
110	125	130	146	165	191	220	233	251
115	126	133	150	168	196	224	237	259
116	127	136	154	171	201	225	239	260
120	128	138	156	178	206	229	240	262
122	129	140	160	184	216	230	244	266

Ek-7. Kesilmemiş zemin örneğinin bileşenlerinin kuzey ile yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 4D-2								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 446								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
3	21	46	53	61	71	80	291	318
5	23	48	54	63	71	82	296	321
5	24	49	54	63	71	84	299	323
7	26	49	54	63	73	90	300	329
7	28	49	56	64	73	272	301	329
9	30	49	56	64	73	275	303	331
13	30	50	57	66	74	277	304	
13	33	50	58	67	74	280	309	
16	35	50	58	67	78	289	311	
19	42	52	60	70	80	290	316	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
106	123	133	142	161	184	221	239	256
110	124	134	146	164	187	222	241	258
112	125	134	146	166	190	225	243	258
114	126	135	146	170	191	225	245	260
116	127	136	149	170	195	226	246	261
116	127	137	150	173	197	227	248	263
118	128	137	151	173	200	230	250	264
120	129	138	153	176	200	231	251	264
121	130	139	156	177	206	233	253	266
122	130	140	158	179	209	235	254	269
122	131	141	159	182	215	236	255	270
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
0	19	44	51	61	70	78	288	309
4	22	47	54	63	70	80	290	311
6	26	51	54	63	71	81	291	316
9	29	49	56	64	73	270	299	323
13	31	50	58	66	73	275	301	329
16	36	50	58	67	74	281	304	332
16	39	50	58	67	75	281	305	333
19	40	50	59	69	77	283	307	337
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
105	123	131	142	161	183	119	239	255
105	123	131	141	160	183	116	237	255
109	124	133	143	163	186	222	241	258
112	126	135	146	168	191	225	245	260
116	127	136	150	170	197	227	248	261
119	128	138	151	175	200	231	250	264
121	130	140	156	179	208	233	253	266
123	132	141	159	182	215	236	237	270
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
0	21	44	51	61	70	78	288	309
3	22	46	53	61	70	79	289	311
5	24	49	54	63	71	80	291	315
7	26	49	56	64	73	84	296	321
11	30	49	56	66	73	274	301	325
15	33	50	58	67	74	279	303	331
18	40	50	58	69	75	281	305	333
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
109	124	133	142	163	186	222	240	256
110	125	134	145	166	188	225	241	258
115	127	135	148	170	194	226	246	261
118	128	137	151	173	199	229	248	263
121	129	139	154	176	204	233	253	266
122	130	140	158	181	213	236	255	269

Numune No: 4D-3									
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 552									
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
36	78	90	299	308	313	318	326	341	90
43	80	90	300	309	313	318	327	344	77
50	80	272	304	309	314	318	329	344	232
55	82	272	305	310	314	318	330	345	150
59	85	273	305	310	315	318	330	346	145
63	86	275	305	311	315	320	331	340	140
66	88	276	306	311	316	320	332	325	134
72	88	278	306	311	316	322	335	317	128
73	88	279	306	311	317	323	335	313	124
73	89	280	307	312	317	323	337	308	149
75	90	288	308	312	317	325	339	295	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
106	124	129	135	140	145	150	238	263	261
108	124	130	136	140	145	150	242	263	260
110	124	131	136	141	146	151	245	265	227
111	125	132	136	141	146	189	250	267	144
115	125	132	137	143	147	195	253	269	139
117	126	133	138	143	147	199	254	270	134
120	127	134	138	143	147	220	254	270	128
122	127	134	139	143	149	223	257	270	123
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
17	60	88	279	307	311	316	325	342	87
25	63	90	280	307	312	318	328	343	55
29	67	90	287	307	312	319	330	343	277
33	69	90	290	308	313	319	330	353	335
33	71	90	291	308	313	319	330	353	325
39	72	90	293	308	313	322	332	340	315
42	72	90	299	308	314	323	333	325	310
46	79	273	303	308	314	323	333	316	305
49	80	275	303	309	314	323	334	311	277
51	83	276	305	310	315	323	335	305	83
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
92	110	133	143	150	160	230	224	243	130
95	111	133	145	152	161	233	225	251	139
98	111	133	145	153	162	238	227	264	149
99	112	134	145	154	165	239	227	270	158
99	115	135	145	154	165	241	231	270	220
102	118	136	145	154	167	243	233	270	251
103	119	136	146	156	167	244	234	270	237
107	121	138	147	156	168	244	236	270	108
107	124	139	149	157	170	249	236	270	241
109	131	142	150	159	228	253			
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
17	54	63	79	90	291	311	321	335	335
19	54	65	79	90	293	313	321	337	321
20	55	67	80	90	294	313	322	340	310
22	55	69	80	90	298	314	322	342	289
27	56	69	83	90	299	314	323	342	90
30	58	69	84	90	300	316	325	343	76
35	58	71	87	90	300	316	327	345	62
38	59	71	88	90	307	317	329	345	53
42	60	72	88	277	307	317	330	351	
49	60	73	89	281	309	318	330	351	
51	61	73	90	286	309	319	334	353	
53	62	74	90	288	309	319	334	354	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
113	128	139	143	147	155	172	257	248	139
118	130	139	143	148	155	173	258	249	128
121	131	140	144	148	157	180	261	252	128
122	131	140	144	149	160	187	263	270	139
125	132	141	144	151	161	190	266	270	142
125	132	141	144	151	163	198	231	270	147
125	133	141	144	152	164	200	231	245	154
125	136	141	145	153	164	215	232	256	171
125	138	141	146	153	165	223	233	172	248
127	139	141	147	153	170	230	237	155	241
127	139	142	147	154	170	241	239	147	142

Ek-9. CU deneyi ile 1 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 4D-4								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 392								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
13	53	58	70	90	90	310	323	357
42	54	58	70	90	90	313	328	
43	54	58	90	90	301	313	333	
49	55	59	90	90	307	314	336	
52	56	59	90	90	309	316	339	
52	56	64	90	90	309	320	346	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
101	120	142	201	218	236	247	270	270
105	121	146	201	223	239	247	270	270
106	127	159	202	224	242	248	270	270
108	128	159	208	226	242	250	270	270
110	128	169	209	229	243	256	270	
113	130	169	210	230	245	270	270	
114	130	172	214	230	245	270	270	
115	132	182	215	231	246	270	270	
118	136	183	216	234	246	270	270	
119	142	187	216	235	246	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
8	45	64	81	90	288	300	309	329
11	45	65	81	90	288	301	311	334
16	47	66	81	271	292	301	312	338
20	48	67	88	278	292	301	312	350
28	51	67	90	279	293	301	312	354
30	51	69	90	280	295	302	313	
35	52	69	90	282	296	303	313	
35	60	74	90	282	296	304	313	
38	60	75	90	287	298	305	317	
40	62	78	90	287	299	306	318	
42	62	79	90	287	299	306	322	
43	63	80	90	288	300	308	327	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
98	111	125	137	174	207	225	244	270
102	112	125	139	177	208	225	247	270
104	113	126	150	181	210	225	250	270
106	115	126	151	195	214	227	250	
107	117	127	165	204	215	228	250	
108	119	127	165	207	219	231	254	
109	120	130	169	207	225	241	264	
110	123	136	170	207	225	243	264	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
5	25	42	53	75	275	295	304	341
7	35	43	56	79	275	295	311	
9	37	43	59	85	283	295	312	
16	37	44	59	90	285	296	315	
21	39	47	65	90	293	296	319	
22	42	49	73	90	294	301	328	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
97	115	130	149	192	216	231	249	270
97	122	132	157	193	223	233	252	270
100	124	143	172	193	224	234	257	
107	126	143	187	195	227	236	259	
113	126	145	189	216	228	241	263	

Ek-10. CU deneyi ile 2 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş

Numune No: 4D-5									
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 559									
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
3	48	61	70	84	90	90	300	319	337
11	54	62	70	84	90	278	301	321	341
25	55	62	70	85	90	282	302	328	343
31	55	64	70	90	90	288	304	332	47
33	56	64	71	90	90	288	307	318	317
34	56	65	71	90	90	290	307	300	300
35	58	66	73	90	90	293	311	90	90
39	58	67	74	90	90	298	312	90	90
39	59	67	80	90	90	299	313	83	83
45	59	68	80	90	90	299	313	70	69
45	60	69	83	90	90	299	315	61	60
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
98	114	130	151	189	219	231	252	270	270
101	115	131	153	192	219	234	255	270	114
104	118	133	156	195	221	236	255	270	130
105	119	137	160	207	221	237	257	270	270
105	121	137	161	207	223	238	264	270	245
106	121	137	162	208	225	238	270	270	230
107	121	141	162	209	225	239	270	249	216
107	122	142	165	210	226	240	270	230	184
108	123	146	177	211	228	241	270	218	150
111	124	147	180	212	228	241	270	188	125
112	124	147	184	215	229	243	270	150	112
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
4	51	59	69	75	90	283	296	325	346
20	52	61	69	76	90	285	296	32	328
24	54	61	70	76	90	288	298	323	329
26	54	62	71	78	90	288	299	320	331
26	54	65	72	81	90	289	300	319	337
31	55	66	72	83	90	290	305	319	344
36	55	67	73	85	273	292	309	315	69
39	55	67	74	88	273	293	311	295	59
43	58	67	74	90	275	294	312	283	49
44	58	67	74	90	280	294	312	90	
46	59	68	75	90	282	295	313	75	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
98	114	139	159	200	225	236	254	270	196
99	116	140	166	201	225	238	257	222	113
102	117	140	167	202	225	239	257	251	196
103	117	143	171	203	225	242	258	233	156
104	122	144	174	205	226	243	265	270	137
108	124	144	175	208	228	243	266	270	191
109	124	147	180	210	230	243	267	270	154
110	125	149	181	212	231	244	267	249	137
110	125	150	182	212	231	246	270	233	113
113	134	153	185	217	233	249	270	221	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
2	42	62	74	295	305	313	323	342	351
6	46	64	79	296	308	314	324	345	359
10	47	64	90	298	308	315	325	344	358
11	48	64	90	299	308	315	326	342	354
12	49	66	90	300	309	317	328	342	353
20	57	66	90	300	309	319	329	338	61
29	58	68	90	300	309	320	329	322	40
30	59	70	90	302	311	320	334	313	
33	61	71	90	302	311	320	335	304	
39	61	72	90	304	311	322	337	289	
39	61	72	289	304	313	322	338	72	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
102	123	132	149	197	232	241	249	270	270
102	124	132	151	201	233	241	249	270	270
106	124	133	153	211	235	242	251	270	248
108	125	133	164	213	235	243	254	270	240
110	127	139	175	214	238	243	265	270	230
112	128	140	190	219	238	243	270	270	197
114	129	146	192	228	239	243	270	270	149
119	129	146	196	229	240	243	270	270	131
121									

Ek-11. CU deneyi ile 3 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 1A-1								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 446								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
11	50	65	84	90	283	297	313	334
15	50	66	84	90	284	298	313	346
15	52	81	84	90	285	299	313	346
26	53	83	85	90	286	300	314	355
28	57	83	85	90	289	302	316	
30	58	83	90	90	289	303	319	
31	60	84	90	90	289	305	320	
36	60	84	90	90	290	305	323	
37	60	84	90	90	293	306	324	
43	60	84	90	281	295	307	326	
45	64	84	90	282	295	311	332	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
110	144	192	224	233	241	258	270	270
114	151	195	224	234	241	259	270	270
124	169	201	226	234	243	260	270	270
125	180	207	229	235	245	265	270	270
128	182	210	230	236	250	267	270	
133	185	213	231	238	252	270	270	
141	186	220	231	238	253	270	270	
143	191	222	233	240	255	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
12	47	65	79	85	290	298	307	319
23	54	68	79	85	291	299	307	333
26	54	71	81	90	292	300	307	337
32	55	71	81	90	294	302	308	
33	58	75	82	285	295	303	308	
34	59	77	83	286	296	303	309	
41	60	78	83	288	296	304	310	
42	65	78	83	288	298	306	318	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
107	122	136	184	222	226	237	265	270
109	124	137	198	223	228	241	266	270
110	124	144	204	224	228	243	268	270
111	126	154	207	224	229	243	269	270
111	126	154	208	224	232	243	269	270
111	127	154	215	225	232	244	270	270
112	129	155	215	225	234	248	270	
116	135	161	219	225	234	259	270	
120	136	176	220	226	235	262	270	
121	136	181	221	226	236	265	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
1	20	32	41	49	59	86	299	314
5	20	32	43	49	59	86	302	314
13	20	33	44	50	60	90	304	320
15	25	35	44	52	62	90	309	322
15	25	38	45	54	85	90	310	326
17	27	39	47	54	85	280	311	
18	28	39	48	56	85	297	313	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
106	115	123	144	226	234	242	254	265
108	116	124	145	227	237	244	255	265
108	117	127	162	228	238	248	257	265
111	117	133	166	228	238	250	260	270
111	118	134	183	229	239	253	262	270
112	119	137	221	232	241	253	262	270
112	119	144	225	234	242	253	263	270

Ek-12. CU deneyi ile 4 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 1A-2								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 472								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
23	40	56	76	86	90	90	288	312
30	50	61	79	90	90	284	296	336
35	50	61	82	90	90	284	297	342
35	51	62	83	90	90	285	300	349
37	51	62	83	90	90	286	301	349
38	53	63	85	90	90	286	303	349
39	53	64	85	90	90	286	304	350
39	53	66	85	90	90	286	306	352
39	54	69	87	90	90	287	306	352
40	55	73	88	90	90	287	311	358
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
99	110	139	195	223	239	246	260	270
99	111	140	198	224	240	248	260	270
100	112	141	204	225	240	249	261	270
102	113	154	205	226	240	249	265	270
102	113	157	205	226	240	249	265	270
103	114	166	206	226	240	249	270	270
103	114	168	210	229	240	251	270	270
109	135	174	221	236	245	257	270	
109	137	186	222	237	245	258	270	
109	139	186	222	239	246	259	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
36	51	61	71	80	84	282	300	317
36	52	62	73	80	90	283	302	320
41	56	63	75	80	90	283	303	322
44	58	64	75	81	90	285	305	332
48	60	65	75	81	90	287	309	341
48	61	68	79	82	90	288	310	345
49	61	69	80	82	90	293	311	
49	61	70	80	83	90	295	315	
51	61	71	80	83	90	297	317	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
93	120	128	162	202	222	233	262	270
98	121	129	168	203	222	233	270	270
100	122	130	169	206	222	235	270	270
106	123	131	171	206	225	236	270	270
106	123	132	171	209	226	236	270	270
106	124	134	172	211	226	241	270	270
110	125	136	175	211	228	242	270	270
111	126	140	179	215	228	245	270	
116	126	147	185	216	229	246	270	
118	127	154	185	216	229	247	270	
118	127	154	198	217	231	259	270	
118	127	157	200	219	233	262	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
11	39	44	47	57	61	62	90	331
23	39	45	47	57	61	90	90	341
27	40	46	48	58	61	90	285	342
30	43	47	56	60	62	90	292	350
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
98	131	149	186	216	231	243	253	270
109	132	150	194	220	236	245	254	270
113	133	150	201	222	236	246	255	270
114	137	152	204	223	236	246	257	270
115	139	155	204	224	237	247	260	270
118	141	156	205	225	239	247	270	270
119	142	166	206	227	240	247	270	
121	142	183	208	228	241	250	270	
123	144	183	210	231	242	251	270	

Ek-13. CU deneyi ile 5 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş
açı

Numune No: 1A-3									
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 555									
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
18	49	54	65	84	90	281	308	327	90
18	50	55	65	85	90	282	309	327	81
32	51	57	66	87	90	288	309	334	64
35	51	57	68	88	90	289	310	334	64
42	52	59	69	90	90	290	311	336	54
43	52	60	70	90	90	291	313	350	46
43	52	60	73	90	90	293	315	357	
45	53	60	74	90	90	298	316	324	
46	53	61	75	90	273	301	316	307	
46	53	62	80	90	274	302	323	275	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
92	115	143	211	232	236	241	267	270	270
102	121	145	213	233	236	242	270	270	270
103	123	151	215	233	236	246	270	270	266
103	123	157	217	233	236	246	270	270	241
104	129	166	218	234	238	251	270	270	236
106	130	176	220	234	239	256	270	270	229
107	132	186	220	235	239	251	270	270	200
108	133	193	224	235	240	252	270	270	140
112	139	199	225	235	240	265	270	270	113
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
12	54	67	75	90	275	289	318	333	66
32	55	68	76	90	276	290	318	345	53
35	56	69	76	90	279	292	320	356	
39	58	70	78	90	282	297	320	332	
46	61	70	79	90	283	297	320	313	
48	61	73	80	90	284	301	322	289	
50	63	73	80	90	286	302	322	90	
51	64	74	81	90	286	304	322	84	
52	66	75	81	90	287	307	323	75	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
101	147	205	221	228	236	241	261	270	260
112	152	208	222	229	237	242	261	270	241
113	154	212	222	230	237	248	265	270	236
121	165	215	223	230	238	249	266	270	225
123	186	216	223	231	240	250	266	270	220
132	189	217	224	231	240	253	266	270	205
135	194	218	224	232	240	253	266	270	144
135	195	218	224	232	240	259	270	270	
142	202	219	224	233	240	260	270	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
0	34	46	60	67	90	285	300	319	318
10	36	46	61	68	90	287	301	321	300
14	37	48	61	69	90	287	303	321	284
15	38	48	61	69	90	288	304	325	90
18	38	52	63	73	90	290	306	326	67
21	39	52	63	75	90	290	307	327	60
21	42	52	64	75	90	291	308	339	45
22	43	53	64	78	90	292	309	345	34
23	43	56	65	79	90	292	310	345	
23	43	57	66	80	90	293	313	346	
27	43	57	66	84	90	293	313	351	
28	44	58	66	86	90	297	315	352	
28	44	59	66	86	90	297	315	353	
32	44	60	66	90	90	298	315	354	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
92	110	123	141	195	227	239	264	270	141
96	110	124	141	199	227	240	270	270	123
96	112	125	144	202	227	243	270	270	110
99	112	125	144	209	227	243	270	270	270
99	112	126	144	211	228	244	270	270	258
104	114	126	146	211	228	244	270	270	234
105	115	130	147	213	229	245	270	270	226
105	115	132	156	216	229	249	270	270	189
106	117	132	161	220	231	258	270	270	139
106	118	133	180	220	231	246	270	262	121
108	118	135	181	221	233	246	270	238	110
109	119	137	183	222	234	250	270	226	
109	120	139	187	225	234	253	270	192	

Ek-14. CU deneyi ile 6 mm kesilen zemin numunesinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 1A-4								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 433								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
33	50	62	71	78	90	90	291	314
36	55	63	71	79	90	90	292	318
43	57	65	71	82	90	90	294	321
43	58	66	74	83	90	90	295	322
45	59	67	74	90	90	90	296	328
46	60	68	74	90	90	281	300	344
48	60	69	76	90	90	288	306	347
49	62	70	77	90	90	289	306	350
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
101	123	147	182	222	234	250	270	270
110	124	147	184	223	234	250	270	270
112	125	148	195	224	237	253	270	270
113	125	149	206	225	238	254	270	270
115	126	151	207	227	239	255	270	270
115	131	158	207	227	240	257	270	270
116	132	163	210	228	243	263	270	270
117	136	173	216	228	244	264	270	270
117	137	176	219	231	248	266	270	270
118	137	178	222	233	248	270	270	
120	139	181	222	233	249	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
17	56	81	88	90	292	298	302	308
37	57	83	88	272	292	298	304	309
41	61	85	90	273	293	298	305	312
47	62	85	90	275	294	299	306	317
52	72	86	90	275	294	301	307	319
53	74	86	90	275	296	302	308	329
54	78	87	90	283	297	302	308	329
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
105	109	112	118	121	143	202	233	265
106	110	112	119	125	148	202	239	266
108	110	112	119	128	149	212	240	268
108	110	113	119	130	164	227	245	270
109	111	114	120	130	172	227	246	270
109	112	115	120	133	202	227	249	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
1	44	58	82	90	284	300	318	343
5	45	62	85	90	285	301	318	343
15	47	63	86	90	286	303	326	344
21	50	64	87	273	287	304	328	345
22	52	65	88	275	288	308	328	349
35	53	65	90	278	290	309	329	
38	55	67	90	278	290	310	329	
40	55	67	90	282	291	311	332	
41	55	71	90	283	292	316	337	
43	57	76	90	284	294	316	338	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
94	107	115	127	150	227	244	266	270
98	107	116	127	153	229	247	267	270
99	107	116	128	175	233	249	267	270
101	111	116	130	207	235	249	268	
101	112	116	135	208	235	251	270	
102	112	120	145	208	237	254	270	
103	112	122	145	210	238	259	270	
103	113	124	146	213	239	262	270	
104	114	125	147	220	240	263	270	
105	115	125	149	226	240	265	270	

Ek-15. CU deneyi ile 7 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 1A-5								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 411								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
6	48	66	75	90	90	278	294	303
6	49	67	81	90	90	280	295	304
10	51	67	82	90	90	282	295	306
12	53	68	90	90	90	284	298	307
24	55	68	90	90	90	287	299	310
24	56	68	90	90	90	288	299	313
42	58	68	90	90	276	290	300	313
46	65	70	90	90	276	292	302	313
46	66	71	90	90	277	292	302	314
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
109	131	211	233	241	261	266	270	270
111	132	214	234	242	261	270	270	270
112	136	220	234	244	262	270	270	270
115	138	223	234	248	263	270	270	270
117	147	225	235	248	263	270	270	
119	147	227	236	250	263	270	270	
127	173	228	237	252	264	270	270	
131	202	229	241	260	264	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
0	41	54	72	85	90	275	294	324
24	47	60	75	85	90	283	295	324
34	49	61	75	86	90	286	300	340
35	50	63	76	87	90	287	300	
39	50	66	76	87	90	290	302	
40	50	67	77	88	90	290	310	
40	51	69	80	88	90	291	317	
41	54	70	83	89	273	293	318	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
96	112	122	204	235	249	258	265	270
103	112	131	206	237	251	259	266	270
104	114	136	211	237	252	260	266	
106	115	137	214	239	252	260	267	
106	117	141	227	241	253	260	268	
109	118	151	228	242	256	262	268	
110	119	152	231	243	256	264	270	
111	122	187	231	244	257	265	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
20	49	57	78	84	90	274	305	355
26	50	59	78	84	90	275	307	
29	52	59	79	90	90	275	312	
41	55	61	81	90	90	275	318	
44	56	64	82	90	272	301	322	
47	56	66	82	90	273	303	322	
49	57	74	83	90	273	303	344	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
100	110	149	192	227	243	250	259	268
101	111	150	197	228	244	251	261	269
104	120	155	202	232	244	251	263	270
104	124	159	205	235	244	253	264	270
105	127	159	209	235	244	254	264	270
107	130	162	214	240	245	255	264	270
107	130	181	222	242	249	255	264	270
107	148	182	223	243	250	257	265	270

Ek-16. CU deneyi ile 8 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 3C-1								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 316								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
30	60	75	88	90	90	284	291	342
44	60	81	88	90	90	284	297	
46	63	84	89	90	90	288	299	
48	67	86	90	90	273	288	315	
50	68	86	90	90	274	289	320	
55	70	87	90	90	278	289	337	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
97	105	113	120	231	245	255	270	270
99	109	114	124	236	245	256	270	270
99	109	114	129	236	248	257	270	
100	110	115	148	239	249	266	270	
101	110	116	194	242	252	269	270	
103	111	116	199	243	254	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
18	72	79	90	276	291	300	309	348
38	72	82	90	281	292	301	310	352
50	73	90	90	281	294	301	316	
59	73	90	90	282	295	302	325	
60	74	90	90	283	297	303	328	
62	77	90	90	285	297	304	331	
70	78	90	90	290	299	304	347	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
102	110	115	123	155	244	258	270	270
102	111	116	123	162	245	260	270	270
105	111	116	125	167	248	260	270	270
106	113	116	125	210	254	265	270	270
108	113	121	139	211	254	265	270	270
108	113	122	141	234	255	267	270	270
109	114	122	146	237	256	270	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
5	60	75	84	90	280	299	302	312
18	62	75	87	90	286	300	304	315
37	66	76	88	90	290	300	306	
40	68	78	90	90	295	300	306	
47	70	80	90	90	296	301	308	
56	71	82	90	274	296	301	312	
57	73	84	90	275	299	302	312	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
101	128	195	220	228	238	254	266	270
109	133	209	224	231	242	259	269	270
117	146	213	225	232	244	263	270	
123	150	215	228	234	249	264	270	

Ek-17. CU deneyi ile 9 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş

Numune No: 3C-3								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 434								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
15	58	66	71	79	90	90	90	300
38	61	67	71	83	90	90	272	303
40	62	67	72	85	90	90	275	328
41	62	69	73	86	90	90	275	336
53	65	69	74	88	90	90	292	352
54	66	71	74	88	90	90	297	
55	66	71	76	89	90	90	298	
58	66	71	76	89	90	90	299	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
100	114	158	237	249	256	261	270	270
103	114	158	237	249	256	264	270	270
104	117	201	240	250	257	265	270	270
107	119	217	242	250	258	266	270	270
110	124	223	245	252	260	266	270	270
110	131	232	247	252	260	267	270	
111	131	235	248	253	260	270	270	
112	145	235	248	253	260	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
5	63	74	77	83	90	90	279	300
12	66	74	78	83	90	90	279	308
39	67	75	78	85	90	90	281	308
51	71	75	79	85	90	90	281	308
57	72	76	79	90	90	90	285	344
59	72	76	80	90	90	90	287	357
59	72	76	81	90	90	90	287	
60	73	77	82	90	90	90	289	
60	74	77	83	90	90	277	289	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
105	112	158	227	243	248	262	270	270
106	116	192	231	244	249	262	270	270
107	117	195	234	244	250	263	270	270
108	119	198	234	244	250	265	270	270
109	119	218	238	246	251	265	270	270
109	127	223	239	247	252	270	270	270
110	146	224	239	247	253	270	270	
111	151	225	240	247	258	270	270	
112	152	226	241	248	259	270	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
26	56	67	72	81	90	90	294	315
27	57	67	73	82	90	90	297	334
28	59	68	75	84	90	90	297	350
39	59	68	78	84	90	90	297	
44	59	69	78	84	90	281	298	
53	62	70	79	90	90	283	301	
54	63	71	80	90	90	283	304	
54	64	71	80	90	90	285	307	
56	66	71	80	90	90	291	313	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
99	130	228	240	245	253	259	270	270
101	196	233	242	246	253	260	270	
104	214	236	242	248	254	261	270	
108	216	236	243	248	255	261	270	
108	223	237	243	249	256	270	270	
109	224	238	243	250	257	270	270	
115	224	239	244	252	257	270	270	
130	225	239	245	252	258	270	270	

Ek-18. CU deneyi ile 11 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 3C-4								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 381s								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
6	62	77	83	90	90	286	297	312
30	65	77	84	90	90	286	298	328
49	67	77	90	90	90	286	298	346
52	68	79	90	90	273	287	299	350
53	73	80	90	90	273	287	304	
54	73	81	90	90	279	290	307	
56	74	82	90	90	281	291	307	
62	77	83	90	90	283	296	312	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
99	110	120	197	246	260	270	270	270
105	110	122	225	247	261	270	270	270
105	110	124	229	248	264	270	270	270
105	112	125	233	250	270	270	270	270
107	116	127	239	256	270	270	270	270
108	119	196	240	258	270	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
32	64	84	90	90	90	279	288	296
42	69	86	90	90	90	280	288	297
44	72	89	90	90	90	282	289	297
44	74	90	90	90	90	283	289	303
47	76	90	90	90	90	284	291	308
57	76	90	90	90	90	285	292	334
63	80	90	90	90	279	287	293	350
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
98	112	126	205	238	246	257	270	270
99	115	128	206	241	247	257	270	270
101	116	133	216	242	250	257	270	270
103	116	134	216	243	251	259	270	270
106	119	138	230	243	251	259	270	270
108	122	140	231	244	252	263	270	270
110	122	161	238	245	256	263	270	270
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
24	50	63	85	90	90	289	297	325
38	51	72	90	90	274	289	298	
41	52	73	90	90	281	291	301	
43	54	74	90	90	282	291	311	
45	55	75	90	90	284	292	312	
48	55	79	90	90	286	296	314	
49	60	81	90	90	286	296	316	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
97	106	113	133	240	252	270	270	270
97	107	113	135	241	253	270	270	270
100	107	117	155	241	254	270	270	270
100	107	120	206	241	255	270	270	270
102	108	122	206	242	257	270	270	270
103	108	125	226	243	260	270	270	
103	109	126	227	245	261	270	270	
104	111	127	236	251	261	270	270	
106	113	131	236	252	261	270	270	

Ek-19. CU deneyi ile 13 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 3C-5								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 505								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
3	40	57	72	90	90	303	316	341
5	40	61	72	90	90	303	317	341
8	43	64	73	90	90	304	318	344
10	44	64	74	90	287	305	321	347
19	46	64	75	90	288	306	322	347
25	48	67	76	90	290	307	322	351
30	51	67	80	90	291	307	322	354
30	51	67	81	90	295	309	325	
31	53	67	82	90	297	309	334	
34	57	68	83	90	300	310	336	
37	57	69	90	90	301	311	339	
38	57	70	90	90	302	314	341	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
105	123	136	158	208	229	238	258	270
106	124	138	162	210	229	242	259	270
111	124	140	168	216	231	243	259	270
119	128	140	172	217	233	247	264	270
121	129	141	174	222	236	248	267	270
121	130	152	174	222	236	252	270	270
121	131	155	195	225	237	252	270	270
123	135	158	206	228	238	255	270	270
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
16	46	58	69	90	90	294	304	338
19	46	58	69	90	90	295	306	338
23	49	59	70	90	90	296	312	341
28	52	59	77	90	90	300	312	344
28	52	60	78	90	284	300	316	356
29	53	61	90	90	289	301	317	
31	53	61	90	90	289	302	318	
33	54	63	90	90	290	302	319	
39	54	63	90	90	290	303	319	
44	56	66	90	90	291	304	324	
45	56	66	90	90	293	304	335	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
104	125	135	143	174	207	228	246	260
106	126	136	145	187	207	229	247	262
110	128	136	146	194	208	230	247	267
113	130	136	150	196	209	230	251	270
114	130	137	150	196	210	231	252	270
114	133	138	152	200	216	232	253	270
122	133	138	155	201	224	238	256	270
124	133	139	169	202	227	238	257	270
125	134	139	170	205	228	239	259	270
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
1	40	57	90	90	288	301	312	332
2	41	57	90	90	291	303	313	334
6	43	58	90	90	294	304	313	339
18	48	64	90	90	294	305	317	339
19	51	74	90	90	297	306	319	341
20	52	90	90	90	298	307	321	344
30	53	90	90	90	298	307	324	346
33	55	90	90	90	300	308	325	348
37	55	90	90	285	300	309	329	
38	56	90	90	286	301	311	331	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
105	137	165	208	220	228	236	241	270
110	140	171	209	221	230	236	241	270
117	140	176	209	222	231	237	246	270
118	143	188	211	222	232	237	247	270
126	147	195	216	224	233	238	252	270
129	149	198	217	224	234	239	259	
133	152	202	217	224	235	239	259	
136	152	204	218	226	235	240	270	
137	157	206	218	227	236	240	270	

Ek-20. CD deneyi ile 1 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 3C-6								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 425								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
6	31	53	69	90	275	294	305	331
12	35	54	69	90	287	296	307	337
14	35	55	70	90	289	296	307	346
26	40	60	72	90	290	297	307	356
27	45	60	77	90	290	299	310	
28	51	61	85	90	291	303	318	
29	53	67	90	90	292	303	331	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
106	119	133	148	221	233	244	266	270
106	119	135	165	224	236	248	270	270
109	122	135	166	226	242	249	270	
110	125	137	185	227	242	254	270	
116	126	139	186	232	244	259	270	
118	131	142	219	233	244	265	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
5	31	54	67	80	90	298	312	358
11	41	55	68	81	275	300	313	
12	42	55	70	85	278	302	321	
18	46	56	72	90	289	302	324	
22	47	57	72	90	290	303	326	
22	47	61	73	90	291	303	327	
27	50	64	73	90	291	304	338	
28	53	67	75	90	295	310	342	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
116	155	210	223	233	238	252	259	270
117	158	211	223	233	240	253	260	270
129	172	211	226	235	241	255	270	270
131	174	213	227	237	242	255	270	270
138	192	218	228	238	243	255	270	270
146	192	221	229	238	248	256	270	270
152	197	223	229	238	248	257	270	270
154	206	223	230	238	249	258	270	270
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
2	31	53	90	90	297	307	317	352
4	32	54	90	90	297	309	317	357
11	35	56	90	90	298	309	317	358
12	37	57	90	90	300	309	318	
13	43	59	90	282	303	310	320	
15	44	65	90	288	304	311	322	
16	45	70	90	289	304	312	328	
17	46	70	90	290	306	312	331	
18	46	80	90	290	306	313	333	
20	47	81	90	292	306	314	342	
23	47	82	90	292	306	314	343	
24	48	82	90	295	307	315	346	
25	49	83	90	296	307	317	348	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
99	116	136	160	208	233	253	263	270
102	118	136	177	212	234	253	263	270
110	120	138	177	222	239	254	264	270
111	125	139	184	228	244	258	264	270
114	129	140	187	229	248	258	266	270
115	130	140	192	229	249	260	270	270
115	131	144	199	230	250	261	270	
115	134	153	204	232	251	262	270	

Ek-21. CD deneyi ile 2 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 3C-7								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 517								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
0	31	45	57	90	286	299	311	340
5	31	46	59	90	286	300	316	346
18	32	47	77	90	288	343	321	350
19	37	49	80	90	289	302	322	
22	39	50	85	90	289	303	325	
25	43	52	90	90	294	306	330	
27	43	54	90	282	295	306	335	
31	44	55	90	284	295	306	336	
31	44	55	90	285	297	306	337	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
106	131	166	223	239	249	259	270	270
106	132	170	226	241	250	259	270	270
109	134	177	230	244	251	261	270	270
109	134	200	231	246	251	263	270	270
116	135	203	232	247	253	263	270	270
118	141	207	232	247	253	263	270	
123	146	216	235	248	254	264	270	
125	150	221	236	249	257	264	270	
130	153	222	237	249	257	266	270	
131	166	223	237	249	258	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
8	47	63	74	87	90	288	307	327
11	50	64	74	90	90	290	307	331
13	52	65	75	90	90	293	308	332
18	56	65	76	90	90	293	310	336
37	58	65	78	90	280	298	311	337
39	59	66	83	90	281	300	313	340
40	61	70	84	90	281	302	313	353
41	61	71	86	90	287	303	315	
44	63	73	86	90	288	306	317	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
103	120	142	187	221	236	245	266	270
103	122	150	188	221	238	245	270	270
108	124	155	189	224	239	247	270	270
109	125	157	190	226	240	247	270	270
110	129	157	193	227	241	251	270	
110	129	167	198	230	242	254	270	
113	130	172	208	232	243	259	270	
115	132	176	215	233	243	259	270	
116	135	183	218	234	244	262	270	
117	136	184	218	236	244	265	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
1	34	53	65	90	279	298	306	344
2	35	53	65	90	282	298	308	346
11	41	54	65	90	284	298	309	351
12	42	54	66	90	284	300	310	351
14	46	54	67	90	286	301	314	352
14	47	56	69	90	287	301	317	354
14	49	58	71	90	290	303	318	357
27	49	59	71	90	290	304	319	360
30	50	61	82	90	290	304	320	
30	51	62	84	90	291	304	320	
30	52	63	88	90	293	305	321	
33	52	64	90	90	296	306	322	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
105	113	129	158	202	228	240	268	270
106	116	131	160	203	229	242	270	270
107	118	136	164	216	230	242	270	270
107	119	138	172	216	231	243	270	270
107	119	140	173	217	232	244	270	270
109	119	141	187	220	234	246	270	270
110	120	146	189	226	235	253	270	270
110	120	148	192	227	237	262	270	270
112	126	155	196	227	237	263	270	270
112	126	157	199	228	239	266	270	270

Ek-22. CD deneyi ile 3 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş

açı

Numune No: 3C-8								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 529								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
4	41	70	76	85	90	285	310	338
8	43	70	76	85	90	288	312	340
9	43	72	77	86	90	290	315	341
13	43	72	77	86	273	293	316	342
15	44	73	78	86	273	297	318	342
28	49	72	78	87	273	302	320	343
35	56	72	78	88	273	303	326	344
36	59	73	78	88	274	303	326	344
36	60	73	81	90	274	305	329	343
37	63	73	81	90	275	306	333	345
38	66	74	81	90	275	306	333	353
38	67	76	82	90	275	308	334	356
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
100	119	136	148	211	234	249	258	268
101	120	137	148	218	238	250	258	268
103	122	140	149	218	241	251	260	268
103	125	144	150	222	245	252	260	269
105	130	144	155	225	246	252	260	270
107	133	145	155	226	246	255	263	270
108	135	145	197	230	246	255	265	270
112	136	147	210	234	247	257	266	270
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
19	53	70	84	88	90	300	313	324
22	55	70	84	88	90	301	315	325
25	57	73	85	89	90	304	316	326
30	57	74	85	89	90	305	318	329
33	57	74	85	89	280	306	319	335
33	58	74	86	90	285	306	319	336
37	59	76	86	90	289	306	321	336
40	60	78	86	90	294	308	323	339
44	64	79	86	90	299	308	323	358
48	64	81	88	90	300	309	323	
51	68	83	88	90	303	310	324	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
106	120	136	141	156	215	243	246	260
110	122	136	141	190	216	243	247	262
111	126	137	143	197	230	244	247	267
111	127	137	145	200	233	245	251	270
113	130	137	145	205	233	246	252	270
113	132	138	145	206	236	246	253	270
115	132	138	148	206	238	248	256	270
118	133	139	149	209	240	238	257	270
120	135	140	150	212	241	239	259	270
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
1	40	57	83	90	288	301	312	332
2	41	57	90	90	291	303	313	334
6	43	58	90	90	294	304	313	339
18	48	64	90	90	294	305	317	339
19	51	74	90	90	297	306	319	341
20	52	76	90	90	298	307	321	344
30	53	78	90	90	298	307	324	346
33	55	81	90	90	300	308	325	348
37	55	82	90	285	300	309	329	348
38	56	82	90	286	301	311	331	348
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
94	137	165	208	220	230	246	259	264
94	140	171	209	221	233	247	260	266
96	140	176	209	222	235	248	260	267
96	143	188	211	222	236	250	261	270
97	147	195	216	224	237	252	263	270
100	149	198	217	224	240	253	263	270
108	152	202	217	224	240	255	263	270
116	152	204	218	226	243	255	264	270
128	157	206	218	227	244	256	264	270

Ek-23. CD deneyi ile 5 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş

Numune No: 2B-1								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 553								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
4	41	49	59	78	90	286	305	323
9	41	49	59	78	90	287	305	331
10	42	49	61	85	90	289	306	332
11	42	50	61	90	90	291	307	335
11	42	51	61	90	90	291	307	336
13	42	52	63	90	90	291	308	340
20	43	52	63	90	90	292	308	349
27	43	52	64	90	90	293	309	350
29	45	52	65	90	90	294	310	
30	45	53	68	90	90	297	311	
32	48	53	68	90	90	297	312	
32	49	56	68	90	90	301	315	
33	49	56	69	90	282	302	317	
39	49	57	69	90	285	303	319	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
106	119	163	225	237	249	263	270	270
108	120	179	228	237	250	264	270	270
115	121	181	229	241	252	270	270	270
117	130	217	235	242	254	270	270	270
117	153	220	236	242	257	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
4	43	51	58	65	76	90	284	324
6	44	51	59	65	80	90	285	324
7	45	51	59	65	80	90	287	329
10	46	52	60	66	90	90	291	335
12	46	52	60	66	90	90	293	335
15	46	54	60	66	90	90	298	338
23	47	54	60	68	90	90	299	348
28	47	56	61	68	90	90	301	352
33	47	56	62	69	90	90	302	355
37	48	56	62	69	90	90	304	
38	49	57	63	69	90	90	306	
39	50	57	63	70	90	90	308	
41	51	57	63	72	90	90	309	
42	51	58	63	76	90	90	313	
43	51	58	64	76	90	279	316	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
101	148	213	230	236	241	247	262	270
107	193	220	230	236	242	247	262	270
109	199	221	231	237	242	247	270	270
112	203	221	231	238	242	247	270	270
113	205	222	232	238	242	248	270	
119	206	222	233	239	244	250	270	
122	209	227	234	239	244	251	270	
136	210	229	234	239	245	255	270	
146	213	230	234	240	246	256	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
11	48	58	90	90	90	291	300	315
20	49	58	90	90	279	292	304	329
21	51	61	90	90	284	292	304	334
26	53	61	90	90	286	293	306	341
26	53	62	90	90	288	295	310	
27	53	71	90	90	289	296	311	
38	55	72	90	90	289	296	312	
47	57	73	90	90	291	299	313	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
97	123	177	204	225	232	242	270	270
99	123	185	206	225	233	242	270	270
103	137	187	212	225	233	242	270	270
104	139	188	214	226	234	243	270	270
110	140	189	219	226	235	244	270	270
111	141	190	220	226	236	245	270	270
112	144	192	220	228	238	245	270	270
112	146	193	223	228	238	247	270	270
114	149	194	223	228	238	254	270	270
114	150	197	224	229	239	254	270	270
116	165	202	224	229	240	255	270	270
116	172	203	225	230	241	256	270	270
118	174	204	225	231	242	265	270	

Ek-24. CD deneyi ile 5 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 2B-2									
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 582									
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
24	48	68	90	90	283	293	302	322	
34	49	71	90	90	284	294	302	328	
35	54	73	90	90	284	295	303	333	
37	59	76	90	90	285	295	307	333	
39	59	79	90	90	286	296	307	339	
43	60	83	90	90	286	297	308	350	
45	66	89	90	273	287	299	310	359	
45	68	90	90	275	291	299	314		
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
95	106	120	132	158	209	236	270	270	267
102	111	122	138	163	209	241	270	270	233
102	112	123	139	180	222	247	270	270	205
103	113	123	143	184	228	250	270	270	156
103	114	124	145	196	229	253	270	270	131
104	114	127	149	196	230	259	270	270	117
104	114	131	153	198	230	260	270	270	104
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
1	36	59	74	90	90	284	300	326	298
6	38	60	77	90	90	285	302	327	284
13	40	60	78	90	90	286	305	327	90
14	41	61	80	90	90	286	306	329	88
14	42	62	81	90	90	286	306	330	73
18	42	62	81	90	90	286	306	336	58
20	43	63	82	90	90	287	306	337	35
22	44	64	82	90	90	289	307	338	324
23	44	64	83	90	90	289	308	338	322
27	45	67	83	90	90	289	309	339	295
27	45	68	83	90	90	289	309	340	283
27	46	68	84	90	277	289	310	342	90
27	48	68	84	90	280	291	314	342	86
29	52	68	84	90	281	294	318	348	72
30	52	68	85	90	281	294	320	353	53
35									
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
100	123	133	161	214	234	248	270	270	212
101	124	137	167	215	235	248	270	270	156
101	125	137	181	216	236	248	270	270	132
104	125	137	184	219	237	249	270	270	122
109	126	137	199	222	238	256	270	270	
109	126	139	200	224	240	256	270	270	
112	126	143	203	225	241	257	270	270	
112	128	146	203	226	242	260	270	270	
114	128	146	204	228	243	260	270	265	
115	130	150	209	229	247	263	270	248	
122	131	151	212	231	247	264	270	231	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
8	45	59	75	90	90	296	309	324	70
13	45	59	77	90	90	298	309	330	57
22	47	60	78	90	90	299	309	331	43
25	50	61	78	90	90	300	311	337	
26	51	62	80	90	274	301	312	343	
30	51	64	81	90	283	301	313	357	
31	52	65	83	90	286	301	316	323	
32	55	65	84	90	286	302	317	308	
39	56	65	84	90	290	303	319	296	
41	56	65	90	90	295	303	320	90	
43	56	67	90	90	296	305	322	90	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
102	202	214	227	234	237	245	264	270	233
110	202	215	229	234	238	247	264	270	223
113	203	216	229	234	238	247	264	270	214
118	204	217	230	235	240	248	265	270	200
120	208	217	230	235	240	249	266	270	
169	211	219	231	236	241	261	268	270	
176	212	220	232	236	242	261	270	270	
185	213	221	232	236	242	261	270	244	
196	213	223	233	236	242	262	263	236	

Ek-25. CD deneyi ile 6 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 2B-3

Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 423

Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
12	61	68	77	87	90	272	290	323
33	61	68	77	88	90	272	297	323
35	61	68	78	90	90	275	304	324
45	62	69	78	90	90	275	306	326
50	62	69	78	90	90	277	307	327
55	63	75	81	90	90	278	310	329
56	63	77	82	90	90	280	314	330
56	67	77	85	90	271	284	317	340
58	68	77	86	90	272	286	322	350
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
99	113	126	131	161	214	237	245	268
103	117	129	133	177	221	238	260	270
106	120	129	136	202	228	239	265	270
110	122	130	145	204	235	242	267	270
111	123	130	148	210	237	143	268	270
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
6	28	65	84	90	90	289	297	306
7	35	70	85	90	90	289	297	307
9	39	73	88	90	284	289	299	308
9	43	77	89	90	286	289	300	311
9	50	79	89	90	286	290	301	316
13	52	80	90	90	287	290	302	328
18	59	81	90	90	287	291	304	333
20	61	83	90	90	288	294	305	334
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
100	115	158	185	216	242	253	263	270
103	123	158	186	217	245	254	266	270
103	135	166	191	219	248	255	266	270
105	128	171	193	223	250	256	267	270
106	129	178	199	232	251	257	268	270
108	130	182	204	234	253	260	268	270
115	134	182	211	240	253	261	268	270
116	151	183	216	240	253	263	270	270
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
6	49	66	79	90	291	301	307	340
7	52	67	82	90	291	302	309	342
20	55	68	84	90	291	303	313	347
25	58	68	85	90	295	304	317	353
33	60	71	86	90	295	306	320	353
35	60	71	88	280	296	306	320	354
35	60	71	88	282	297	306	326	358
38	64	74	88	286	298	307	326	359
45	66	77	89	290	299	307	333	359
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
105	120	132	150	204	243	256	261	267
107	121	133	155	211	246	256	262	268
108	122	133	156	226	248	257	262	268
109	123	134	158	231	248	258	262	268
111	125	135	159	235	251	258	263	270
111	128	135	159	241	253	258	263	270
112	129	137	166	243	254	259	264	270
115	130	140	175	243	254	259	265	270

Ek-26. CD deneyi ile 7 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri

Numune No: Y-1								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 408								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
10	60	67	77	90	90	286	300	335
31	60	67	77	90	90	287	304	347
32	60	68	78	90	90	290	304	359
42	60	68	85	90	90	293	306	
48	61	71	90	90	90	294	307	
54	63	74	90	90	90	295	310	
55	63	76	90	90	90	295	314	
55	67	76	90	90	273	298	317	
57	67	77	90	90	275	299	322	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
91	107	123	129	161	214	237	251	270
102	109	124	133	177	221	238	251	270
103	115	125	136	202	228	239	265	270
104	122	125	141	204	235	242	266	
106	123	126	148	210	237	247	269	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
4	53	73	90	90	90	285	296	305
7	56	77	90	90	90	287	297	308
8	56	77	90	90	282	289	299	309
8	58	85	90	90	283	289	300	311
9	61	90	90	90	283	291	301	316
17	62	90	90	90	283	292	302	328
48	63	90	90	90	283	293	303	333
52	71	90	90	90	285	295	304	334
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
98	114	156	197	217	242	253	270	270
102	120	158	200	217	245	254	270	270
103	120	165	203	219	248	255	270	270
106	123	170	203	223	250	256	270	
106	124	176	203	232	251	257	270	
107	128	182	207	234	253	160	270	
113	134	183	211	240	253	162	270	
113	150	184	216	240	253	164	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
4	52	68	90	90	290	300	309	340
5	53	73	90	90	291	300	309	342
19	55	76	90	90	291	301	314	347
23	58	78	90	90	295	304	319	353
33	60	79	90	90	296	305	321	353
34	62	81	90	279	296	305	321	354
35	62	83	90	282	297	305	325	358
38	67	90	90	286	298	307	327	
47	67	90	90	289	298	308	331	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
102	118	125	149	205	244	255	266	270
103	119	125	153	211	246	256	270	270
105	119	127	155	226	248	257	270	270
106	120	129	156	231	248	257	270	270
110	121	133	157	235	251	259	270	270
110	121	135	164	241	253	262	270	270
111	123	137	165	243	254	263	270	270
114	123	142	168	244	255	264	270	270

Ek-27. CD deneyi ile 8 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş açı

Numune No: 2B-4									
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 611									
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
1	36	59	74	90	90	284	300	326	53
6	38	60	77	90	90	285	302	327	72
13	40	60	78	90	90	286	305	327	90
14	41	61	80	90	90	286	306	329	90
14	42	62	81	90	90	286	306	330	283
18	42	62	81	90	90	286	306	336	295
20	43	63	82	90	90	287	306	337	322
22	44	64	84	90	90	289	307	338	35
23	44	64	85	90	90	289	308	338	35
27	45	67	88	90	90	289	309	339	58
27	45	68	90	90	90	289	309	340	73
27	46	68	90	90	90	289	310	342	90
27	48	68	90	90	90	291	314	342	90
29	52	68	90	90	281	294	318	348	284
30	52	68	90	90	281	294	320	353	298
324									
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
100	123	133	161	214	234	248	270	270	212
101	124	137	167	215	235	248	270	270	156
101	125	137	181	216	236	248	270	270	132
104	125	137	184	219	237	249	270	270	122
109	126	137	199	222	238	256	270	270	
109	126	139	200	224	240	256	270	270	
112	126	143	203	225	241	257	270	270	
112	128	146	203	226	242	262	270	270	
114	128	146	204	228	243	266	270	270	
115	130	150	209	229	247	270	270	248	
122	131	151	212	231	247	270	270	231	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
1	34	53	65	90	279	298	306	344	90
2	35	53	65	90	282	298	308	346	64
11	41	54	65	90	284	298	309	351	52
12	42	54	66	90	284	300	310	351	33
14	46	54	67	90	286	301	314	352	
14	47	56	69	90	287	301	317	354	
14	49	58	71	90	290	303	318	357	
27	49	59	71	90	290	304	319	360	
30	50	61	82	90	290	304	320	322	
30	51	62	84	90	291	304	320	306	
30	52	63	88	90	293	305	321	296	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
105	113	129	158	202	228	240	268	270	270
106	116	131	160	203	229	242	270	270	270
107	118	136	164	216	230	242	270	270	266
107	119	138	172	216	231	243	270	270	239
107	119	140	173	217	232	244	270	270	228
109	119	141	187	220	234	246	270	270	199
110	120	146	189	226	235	253	270	270	157
110	120	148	192	227	237	262	270	270	126
112	126	155	196	227	237	263	270	270	112
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
4	41	49	59	78	90	286	305	323	57
9	41	49	59	78	90	287	305	331	49
10	42	49	61	85	90	289	306	332	39
11	42	50	61	90	90	291	307	335	69
11	42	51	61	90	90	291	307	336	317
13	42	52	63	90	90	291	308	340	302
20	43	52	63	90	90	292	308	349	282
27	43	52	64	90	90	293	309	350	90
29	45	52	65	90	90	294	310	319	69
30	45	53	68	90	90	297	311	303	56
32	48	53	68	90	90	297	312	285	49
32	49	56	68	90	90	301	315	90	33
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar									
106	119	163	225	237	249	263	270	270	
108	120	179	228	237	250	264	270	270	
115	121	181	229	241	252	270	270	270	
117	130	217	235	242	254	270	270	270	
117	153	220	236	242	257	270	270		

Ek-28. CD deneyi ile 9 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 2B-5

Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 563

Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
8	45	59	75	90	90	296	309	324
13	45	59	81	90	90	298	309	330
22	47	60	87	90	90	299	309	331
25	50	61	90	90	90	300	311	337
26	51	62	90	90	274	301	312	343
30	51	64	90	90	283	301	313	357
31	52	65	90	90	286	301	316	
32	55	65	90	90	286	302	317	
39	56	65	90	90	290	303	319	
41	56	65	90	90	295	303	320	
43	56	67	90	90	296	305	322	
43	57	70	90	90	296	308	323	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
102	202	214	227	234	237	245	270	270
110	202	215	229	234	238	250	270	270
113	203	216	229	234	238	258	270	270
118	204	217	230	235	240	261	270	270
120	208	217	230	235	240	262	270	270
169	211	219	231	236	241	265	270	270
176	212	220	232	236	242	266	270	
185	213	221	232	236	242	267	270	
196	213	223	233	236	242	270	270	
200	214	223	233	236	244	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
8	42	50	59	65	79	90	90	325
20	42	50	60	66	81	90	90	327
24	43	51	60	67	82	90	286	330
26	45	51	60	67	87	90	288	333
27	46	51	60	68	90	90	293	336
32	48	53	60	69	90	90	295	359
39	48	54	61	70	90	90	296	
39	49	54	62	72	90	90	298	
39	49	56	64	74	90	90	304	
42	50	58	64	74	90	90	315	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
100	208	231	237	242	247	251	258	270
105	215	232	237	243	248	253	259	270
106	219	232	238	243	248	253	259	270
116	221	233	238	243	250	253	261	270
117	221	233	238	244	250	255	263	270
124	224	235	239	244	250	256	265	
126	225	236	239	245	250	257	266	
126	228	236	239	245	251	257	270	
129	229	237	240	246	251	258	270	
148	231	237	241	246	251	258	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
4	43	51	58	65	76	90	284	324
6	44	51	59	65	80	90	285	324
7	45	51	59	65	80	90	287	329
10	46	52	60	66	90	90	291	335
12	46	52	60	66	90	90	293	335
15	46	54	60	66	90	90	298	338
23	47	54	60	68	90	90	299	348
28	47	56	61	68	90	90	301	352
33	47	56	62	69	90	90	302	355
37	48	56	62	69	90	90	304	
38	49	57	63	69	90	90	306	
39	50	57	63	70	90	90	308	
41	51	57	63	72	90	90	309	
42	51	58	63	76	90	90	313	
43	51	58	64	76	90	279	316	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
101	148	213	230	236	241	247	262	270
107	193	220	230	236	242	247	262	270
109	199	221	231	237	242	247	270	270
112	203	221	231	238	242	247	270	270
113	205	222	232	238	242	248	270	
119	206	222	233	239	244	250	270	
122	209	227	234	239	244	251	270	
136	210	229	234	239	245	255	270	
146	213	230	234	240	246	256	270	

Ek-29. CD deneyi ile 11 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerleri.

Numune No: 2B-6								
Yönlenmesi Ölçülen Zemin Bileşen Adedi: 526								
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
2	31	53	90	90	297	307	317	352
4	32	54	90	90	297	309	317	357
11	35	56	90	90	298	309	317	358
12	37	57	90	90	300	309	318	
13	43	59	90	282	303	310	320	
15	44	65	90	288	304	311	322	
16	45	70	90	289	304	312	328	
17	46	70	90	290	306	312	331	
18	46	80	90	290	306	313	333	
20	47	90	90	292	306	314	342	
23	47	90	90	292	306	314	343	
24	48	90	90	295	307	315	346	
25	49	90	90	296	307	317	348	
Kayma Düzleminden 5mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
99	116	136	160	208	233	257	270	270
102	118	136	177	212	234	260	270	270
110	120	138	177	222	239	270	270	270
111	125	139	184	228	244	270	270	270
114	129	140	187	229	248	270	270	270
115	130	140	192	229	249	270	270	270
115	131	144	199	230	250	270	270	
115	134	158	204	232	256	270	270	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
11	48	58	90	90	90	291	300	315
20	49	58	90	90	279	292	304	329
21	51	61	90	90	284	292	304	334
26	53	61	90	90	286	293	306	341
26	53	62	90	90	288	295	310	
27	53	71	90	90	289	296	311	
38	55	72	90	90	289	296	312	
47	57	73	90	90	291	299	313	
Kayma Düzleminden 10mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
97	123	177	204	225	232	242	270	270
99	123	185	206	225	233	242	270	270
103	137	187	212	225	233	242	270	270
104	139	188	214	226	234	243	270	270
110	140	189	219	226	235	244	270	270
111	141	190	220	226	236	245	270	270
112	144	192	220	228	238	245	270	270
112	146	193	223	228	238	247	270	270
114	149	194	223	228	238	254	270	270
114	150	197	224	229	239	254	270	270
116	165	202	224	229	240	255	270	270
116	172	203	225	230	241	256	270	270
118	174	204	225	231	242	265	270	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Üst Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
1	40	57	90	90	288	301	312	332
2	41	57	90	90	291	303	313	334
6	43	58	90	90	294	304	313	339
18	48	64	90	90	294	305	317	339
19	51	74	90	90	297	306	319	341
20	52	90	90	90	298	307	321	344
30	53	90	90	90	298	307	324	346
33	55	90	90	90	300	308	325	348
37	55	90	90	285	300	309	329	
38	56	90	90	286	301	311	331	
Kayma Düzleminden 15mm Uzaklıkta Alt Bölgede 5mm'lik Zondan Ölçülen Düzeltilmiş Açılar								
105	137	165	208	220	228	236	241	270
110	140	171	209	221	230	236	241	270
117	140	176	209	222	231	237	246	270
118	143	188	211	222	232	237	247	270
126	147	195	216	224	233	238	252	270
129	149	198	217	224	234	239	259	
133	152	202	217	224	235	239	259	
136	152	204	218	226	235	240	270	
137	157	206	218	227	236	240	270	

T.C. YÜKSEKÖĞRETİM KURULU DOKÜMANTASYON MERKEZİ

Ek-30. CD deneyi ile 13 mm kesilen zemin örneğinin ölçümü yapılan yönlenmiş bileşenlerinin kuzeyle yaptıkları açı değerler.