

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YENİDEN ÇÖKELTME YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN VERİLER KULLANILARAK
ÖRSELENMEMİŞ ÖRNEKLERİN DRENAJSIZ MAKASLAMA DAYANIMI
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

DOKTORA TEZİ

Muhammet Oğuz SÜNNETCİ

**ARALIK 2022
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**YENİDEN ÇÖKELTME YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN VERİLER KULLANILARAK
ÖRSELENMEMİŞ ÖRNEKLERİN DRENAJSIZ MAKASLAMA DAYANIMI
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Muhammet Oğuz SÜNNETCİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
DOKTOR (JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ)
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 29 / 11 / 2022

Tezin Savunma Tarihi : 23 / 12 / 2022

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Hakan ERSOY
ORCID :

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

Bu çalışma Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle ve özellikle, çalışmaya hem tasarım hem de uygulama aşamasında konuya olan ilgisi, bilgi birikimi ve tecrübesiyle yön veren ve bu doktora tezinin ortaya çıkmasında maddi ve manevi açıdan en çok katkısı olan “doktora babam” Prof. Dr. Hakan Ersoy’a sonsuz minnet ve şükran duygularımı sunarım.

Doktora çalışmamın tez izleme komitesinde bulunan değerli hocalarım Prof. Dr. Fikri Bulut ve Doç. Dr. Zekai Angın hocalarıma, sondaj çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen arkadaşım Emrah Ocak’a; bu çalışma kapsamında tasarlanan konsolidometre deney aletinin üretilmesinde çok emeği olan Ozan Şahin ve İlkay Çay beylere; CPTu deneylerinin yapılmasında özveri ile çalışan Ömer Bakır ve Levent Semerci beylere; sondaj lokasyonlarının belirlenmesinde ve çalışma alanının jeoloji haritasının hazırlanmasında destekleri olan saygıdeğer hocalarım Prof. Dr. Arzu Fırat Ersoy ve Prof. Dr. İrfan Temizel’e; laboratuvar deneylerinde yardımlarını esirgemeyen sevgili dostum Öğr. Gör. Murat Karahan’a; tez konumu belirlememde yardımcı olan ve yeniden çökeltilme yöntemiyle ilgili tüm sorularıma sabırla cevap veren Dr. Brendan Casey’e çok teşekkür ederim.

Maddi ve manevi desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen aileme; anneme, babama, kardeşlerime ve abilerime en içten teşekkürlerimi sunarım.

Son olarak, bu zorlu süreçte maddi ve manevi hiçbir desteğini benden esirgemeyen, daha çok çalışmak için beni sürekli teşvik eden, desteğini ve varlığını her zaman hissettiren çok kıymetli eşim Merve Sünnetci’ye en derin sevgilerimi ve şükranlarımı sunarım.

Bu çalışmayı, hayattaki en değerli varlığım olan oğlum Kağan’a adıyorum.

Muhammet Oğuz SÜNNETCİ

Trabzon, 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Yeniden ökeltme Yöntemiyle Elde Edilen Veriler Kullanılarak Örselenmemiş Örneklerin Drenajsız Makaslama Dayanımı Parametrelerinin Belirlenmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Hakan Ersoy’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 23/12/2022

Muhammet Oğuz SÜNNETCİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖNSÖZ	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	IX
TABLolar DİZİNİ.....	XII
SEMBOLLER DİZİNİ	XV
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş	1
1.2. Çalışmanın Amacı ve Konusu	3
1.3. Örselenmiş ve Örselenmemiş Örnek Kavramları	4
1.3.1. Örselenmiş Örnekler	5
1.3.2. Örselenmemiş Örnekler	8
1.4. Yapay Zemin Örnekleri	12
1.4.1. Yoğrulmuş (Remoulded) Örnekler	13
1.4.2. Yeniden Yapılandırılmış (Reconstituted) Örnekler	13
1.4.3. Yeniden Çökeltilmiş (Resedimented) Örnekler.....	13
1.5. Yeniden Çökeltme Yöntemi ile İlgili Önceki Çalışmalar.....	14
1.6. Çalışma Alanının Konumu	30
1.7. Çalışma Alanının Jeolojisi	33
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	37
2.1. Çalışma Sahasının Seçimi.....	37
2.2. Arazi Çalışmaları ve Deneyleri.....	39
2.2.1. Sondaj Çalışmaları ile Örselenmemiş Örnek Temini	39
2.2.2. Boşluk Suyu Basıncı Ölçümlü Koni Penetrasyon Testi (CPTu)	41
2.3. Laboratuvar Deneyleri	43
2.3.1. Doğal Su Muhtevası Tayini	43
2.3.2. Özgül Ağırlık (Piknometre) Deneyi	44
2.3.3. Doğal Birim Hacim Ağırlık Tayini.....	45
2.3.4. Doygunluk Derecesi ve Boşluk Oranı Tayini.....	45

2.3.5. Plastik Limit Deneyi	46
2.3.6. Likit Limit Deneyi	47
2.3.7. Yıkamalı Elek Analizi	47
2.3.8. Hidrometre Deneyi	48
2.3.9. Konsolidasyonsuz-Drenajsız (UU) Üç Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi	50
2.3.10. Yeniden Çökeltme İşlemi	52
2.4. Çok Değişkenli Regresyon (ÇDR) Analizleri	52
2.5. Yapay Sinir Ağları Analizleri	53
3. BULGULAR.....	55
3.1. Zeminlerin Karakterizasyonu	55
3.1.1. Yerinde Arazi Deneyleri.....	55
3.1.2. Laboratuvar Deneyleri	59
3.1.3. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması.....	66
3.1.4. Drenajsız Makaslama Dayanımı ve Makaslama Dayanımı Parametreleri	67
3.2. Örselenmiş Örnekler Üzerinde Yeniden Çökeltme İşlemi	72
3.2.1. Deney Düzenekinin Tasarımı	72
3.2.2. Deneyin Uygulanışı	75
3.2.3. Yeniden Çökeltilmiş Örneklerin Dayanım Özellikleri	80
3.3. Örselenmemiş Örnekler ile Yeniden Çökeltilmiş Örneklerin Makaslama Dayanımı Parametrelerinin Karşılaştırılması.....	85
3.3.1. Drenajsız Makaslama Dayanımı.....	85
3.3.2. Kohezyon.....	86
3.3.3. İçsel Sürtünme Açısı.....	87
3.4. Örselenmiş Örnekler Kullanılarak Makaslama Dayanımı Parametrelerinin Tahmini.....	88
3.4.1. Korelasyon Analizleri	88
3.4.2. Çok Değişkenli Regresyon (ÇDR) Analizleri	91
3.4.3. Yapay Sinir Ağları Analizleri	100
4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR	108
5. ÖNERİLER.....	117
6. KAYNAKLAR	119
7. EKLER.....	125
ÖZGEÇMİŞ	

Doktora Tezi

ÖZET

YENİDEN ÇÖKELTME YÖNTEMİYLE ELDE EDİLEN VERİLER KULLANILARAK ÖRSELENMEMİŞ ÖRNEKLERİN DRENAJSIZ MAKASLAMA DAYANIMI PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Muhammet Oğuz SÜNNETCİ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Hakan ERSOY
2022, 124 Sayfa, 38 Sayfa Ek

Bu çalışmada örselenmiş zemin örneklerinin makaslama dayanımı parametrelerinin yeniden çökeltilen örnekler kullanılarak belirlenmesine yönelik bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Bu bağlamda Samsun ili Bafra ilçesi Sahilkent yöresinden karotlu sondajlarla temin edilen örselenmemiş alüvyal zemin örnekleri üzerinde plastik ve indeks özellik tayinleri ile UU üç eksenli basınç dayanımı deneyleri yapılmıştır. Deneylerde kullanılarak örselenen bu örnekler çalışmanın ikinci aşamasında arazideki ilksel özelliklerini yansıtacak şekilde yeniden çökeltiştir. Yeniden çökeltme işleminde tasarımı ve üretimi bu çalışma kapsamında yapılan 9 cm çaplı konsolidometreler kullanılmıştır. Yeniden çökeltilen örnekler üzerinde UU üç eksenli basınç dayanımı deneyleri tekrar edilmiştir. Çok değişkenli regresyon analizleri sonucunda drenajsız makaslama dayanımı, kohezyon ve içsel sürtünme açısının tahmini için korelasyon katsayıları 0,795 ve 0,850 arasında değişen; yapay sinir ağları analizleri ile ise korelasyon katsayıları 0,875 ile 0,974 arasında değişen eşitlikler önerilmiştir. Yapay sinir ağları ile geliştirilen eşitliklerin korelasyon katsayılarının çok değişkenli regresyon analizleri ile elde edilen eşitliklerden daha yüksek olmasına rağmen yapay sinir ağları analizlerinde kullanılan bağımsız değişken sayısının çok fazla olması ve ampirik eşitliklerin elde edilmesi sürecinin zorlu olmasından dolayı çok değişkenli regresyon analizleriyle elde edilen eşitliklerin tercih edilmesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yeniden çökeltme, Örselenmiş örnek, Makaslama dayanımı, Çok değişkenli regresyon, Yapay sinir ağları, Tahmin modeli

PhD Thesis

SUMMARY

DETERMINATION OF UNDRAINED SHEAR STRENGTH PARAMETERS OF UNDISTURBED SAMPLES USING THE DATA OBTAINED BY RESEDIMENTATION METHOD

Muhammet Oğuz SÜNNETCİ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Geological Engineering Graduate Program
Supervisor: Prof. Hakan ERSOY
2022, 124 Pages, 38 Pages Appendix

In this study, an estimation model was developed to determine the shear strength parameters of disturbed soil samples using resedimented samples. In this context, plastic and index property determinations and UU triaxial compressive strength tests were carried out on undisturbed alluvial soil samples obtained by core drillings from Sahilkent region of Bafra district (Samsun). These samples, which were disturbed after the initial experiments, were resedimented in the second stage of the study by reflecting their original characteristics in the field. Consolidometers with a diameter of 9 cm, designed and produced within the scope of this study, were used in the resedimentation process. The UU triaxial compressive strength tests were repeated on the resedimented samples. As a result of multivariate regression analysis, empirical equations with coefficients of correlation varying between 0.795 and 0.850 were developed for the estimation of undrained shear strength, cohesion, and internal friction angle, whereas equations with coefficients of correlation ranging from 0.875 to 0.974 were proposed using artificial neural networks. Although the coefficients of correlation of the equations developed with artificial neural networks are higher than the equations obtained by multivariate regression analysis, it is recommended that the equations obtained by multivariate regression analyzes should be preferred because the number of independent variables used in artificial neural networks is too large and the process of obtaining empirical equations is difficult.

Key Words: Resedimentation, Disturbed sample, Shear strength, Multiple regression, Artificial neural network, Estimation model

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Örselenmiş zemin örneği temininde kullanılan el aletlerinden bazıları	7
Şekil 2. Araştırma çukurundan örselenmiş örnek alımı	7
Şekil 3. İş makinesine monte edilen helezon burgu ile örselenmiş örnek alımı.....	7
Şekil 4. SPT sırasında örselenmiş örnek alımı	8
Şekil 5. Yüzeyden veya araştırma çukurlarından blok ve silindirik örnek alımı	10
Şekil 6. U100 örnek alıcı tüpün bileşenleri	10
Şekil 7. Shelby örnek alıcı tüpün kesiti	11
Şekil 8. Pistonlu örnek alıcının bileşenleri	11
Şekil 9. Denison tüpün kesiti ve bileşenleri	12
Şekil 10. Çalışma alanının yerbulduru haritası.....	32
Şekil 11. Çalışma alanının jeoloji haritası.	35
Şekil 12. Çalışma kapsamında özel olarak yaptırılan UD tip örnek alıcı (a) ve sondajın ilk 3 metresinin auger ile geçilmesi (b).....	40
Şekil 13. Örselenmemiş örneklerin parafinlenmesi ve streç filme sarılıp etiketlenmesi.....	41
Şekil 14. CPTu deneylerinde kullanılan taşınabilir CPT cihazı ve piezokoni.....	43
Şekil 15. Hidrometre düzeltme grafiği	48
Şekil 16. p-q grafiğinde Mohr yenilme zarfı ve makaslama dayanımı parametreleri	51
Şekil 17. YSA analizinde çok katmanlı algılayıcı tekniğinin şematik görünümü.....	54
Şekil 18. Sondajlardan elde edilen genelleştirilmiş zemin profili	55
Şekil 19. q_t değerlerinin her bir CPTu kuyusunda derinlikle değişimi.....	56
Şekil 20. f_s değerlerinin her bir CPTu kuyusunda derinlikle değişimi	57
Şekil 21. Robertson (1990) tarafından önerilen zemin davranış tipi sınıflaması ve çalışmada kullanılan örneklerin bu sınıflamadaki konumları. Q_{tn} : Toplam gerilmeye göre normalize edilen düzeltilmiş koni uç direnci	57
Şekil 22. Çalışma alanındaki zemin katmanına ait CPTu verileriyle elde edilen zemin profili.....	58
Şekil 23. Örneklerle ait dane boyu dağılımı grafikleri	60
Şekil 24. Zemin örneklerinin Casagrande plastisite grafiğindeki konumları	67
Şekil 25. Örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan UU üç eksenli sıkışma dayanımı deney verileri kullanılarak çizilen ait p-q grafikleri.....	69
Şekil 26. Çalışmanın erken aşamasında üretilen büyük konsolidometre cihazı	73

Şekil 27. Çalışma kapsamında üretilen konsolidometre (1: üst ve alt başlıklar; 2: yükleme kolları; 3: ağırlıklar (10 kg); 4: piston ve piston kolu; 5: sabitleyici miller; 6: su tahliye çıkışları; 7: numune; 8: poröz taşlar ve filtre kağıtları; 9: yük sabitleyici	74
Şekil 28. Kurutulmuş, öğütülmüş ve 100 no'lu elekten elenmiş malzeme	77
Şekil 29. Yeniden çökeltilmiş örneklerin hazırlanma aşaması. (a) Öğütülmüş örnek, saf su ve karıştırma kabı; (b) Öğütülmüş örneğin karıştırma kabına aktarılması; (c) Saf suyun eklenmesi; (d) Öğütülmüş örnekle saf suyun karıştırılarak bulamacın hazırlanması.....	77
Şekil 30. Bulamacın konsolidometreye aktarılması. (a) Konsolidometrenin alt kısmının, örnek haznesinin ve filtre kağıdının görünümü; (b) Bulamacın örnek haznesine aktarılması; (c) Bulamaçla dolmuş olan örnek haznesinin görünümü; (d) Dinlenmeye bırakılan bulamaç ve konsolidometrenin görünümü	78
Şekil 31. 24 saatin ardından konsolidometrenin üst kapağının yerleştirilmesi (a) ve yükleme adımına geçilmesi (b).....	78
Şekil 32. Yeniden çökeltilmiş örneğin konsolidometreden çıkarılması (a) ve çıkarılmış örneğin görünümü (b)	79
Şekil 33. Yeniden çökeltilmiş örnekten UU üç eksenli basınç deneyi için örnek alınması. (a) Örnek alıcı aparatın ve yeniden çökeltilmiş örneğin görünümü; (b) Örnek alıcı aparatın örnek içerisine sokulması; (c) Alınan üç eksenli basınç deney örneğinin görünümü.....	79
Şekil 34. Yeniden çökeltilmiş örneklerle ait UU üç eksenli basınç dayanımı deney verileri kullanılarak çizilen p-q grafikleri	82
Şekil 35. Örselenmemiş ve yeniden çökeltilmiş örneklerle ait drenajsız makaslama dayanımı değerlerinin karşılaştırılması	85
Şekil 36. Örselenmemiş örnekler ile yeniden çökeltilmiş örneklerin kohezyon değerlerinin karşılaştırılması.....	86
Şekil 37. Yeniden çökeltilmiş örneklerle örselenmemiş örneklerin içsel sürtünme açısı değerlerinin karşılaştırılması.....	87
Şekil 38. s_u ile $s_{u(res)}$ arasındaki ilişki.....	89
Şekil 39. c ile $c_{(res)}$ arasındaki ilişki	90
Şekil 40. ϕ ile $\phi_{(res)}$ arasındaki ilişki	91
Şekil 41. s_u değerlerine karşılık (a) Eş. 6 ve (b) Eş. 7 kullanılarak hesaplanan $s_{u(reg)}$ değerleri	95
Şekil 42. c değerlerine karşılık Eş. 8 kullanılarak hesaplanan $c_{(reg)}$ değerleri	97
Şekil 43. ϕ değerlerine karşılık (a) Eş. 21, (b) Eş. 22 ve (c) Eş. 23 kullanılarak hesaplanan $\phi_{(reg)}$ değerleri	100
Şekil 44. Örselenmemiş örneklerle ait s_u değerleri ile YSA analizleri ile tahmin edilen $s_{u(ysa)}$ değerlerine ait grafik.....	102

Şekil 45. Örselenmemiş örneklere ait c değerleri ile YSA analizleri ile tahmin edilen $c_{(ysa)}$ değerlerine ait grafik	104
Şekil 46. Örselenmemiş örneklere ait ϕ değerleri ile YSA analizleri ile tahmin edilen $\phi_{(ysa)}$ değerlerine ait grafik.....	106
Şekil 47. Çalışma kapsamında deneysel olarak belirlenen ve istatistiksel olarak hesaplanan drenajsız makaslama dayanımı verilerinin dağılımı.....	112
Şekil 48. Çalışma kapsamında deneysel olarak belirlenen ve istatistiksel olarak hesaplanan kohezyon verilerinin dağılımı	114
Şekil 49. Çalışma kapsamında deneysel olarak belirlenen ve istatistiksel olarak hesaplanan içsel sürtünme açısı verilerinin dağılımı	115



TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Zemin örnekleme ekipmanları ve örnek kalitesini gösteren tablo (Joyce, 1982)....	2
Tablo 2. Örselenme derecesine göre zemin örneklerinin sınıflanması ve bu örnekler üzerinde yapılabilecek tayinler (Ulusay, 2010)	5
Tablo 3. Uygulanacak deneye bağlı olarak araziden alınması gereken örnek miktarları (Clayton vd., 1995)	6
Tablo 4. Örselenmemiş örnek alımında kullanılacak tüplere ait boyutlar (ASTM, 2015)....	9
Tablo 5. Yapay zemin hazırlama yöntemlerinin kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları ve bu yöntemleri kullanan çalışmalardan bazıları	15
Tablo 6. Yeniden çökeltme yönteminin uygulandığı çalışmalara ait özet tablo	31
Tablo 7. Doktora çalışması kapsamında yapılan çalışmalar.....	38
Tablo 8. Çalışma kapsamında yapılan sondajların koordinatları	39
Tablo 9. Sondajlardan alınan numunelerin derinlikleri ve örnek setlerinin oluşturulmasında uygulanan sistem	42
Tablo 10. Çalışma kapsamında yapılan CPTu deneylerinin koordinatları ve yakınında bulundukları sondajlar.....	43
Tablo 11. Örneklerin dane boyu dağılımları	59
Tablo 12. Örneklerin doğal su muhtevaları	63
Tablo 13. Örneklerin doygunluk derecesi ve boşluk oranı değerleri	63
Tablo 14. Örneklerle ait özgül ağırlık değerleri	64
Tablo 15. Zemin örneklerinin doğal birim hacim ağırlıkları	64
Tablo 16. Örneklerin likit limit (LL), plastik limit (PL) ve plastisite indisi (PI) değerleri	65
Tablo 17. Örneklerin Burmister (1951)'e göre sınıflandırılması	65
Tablo 18. Leonards (1962) tarafından önerilen plastisite sınıflaması	66
Tablo 19. IAEG (1976) tarafından önerilen plastisite sınıflaması.....	66
Tablo 20. Çalışmada kullanılan zemin örneklerinin USCS zemin sınıfları	67
Tablo 21. Örselenmemiş örneklerle ait UU üç eksenli basınç dayanımı deney sonuçları ve hesaplanan p ve q değerleri	68
Tablo 22. Zemin örneklerinin drenajsız makaslama dayanımları ve makaslama dayanımı parametreleri	72
Tablo 23. Yeniden çökeltilmiş örnekler üzerinde yapılan UU üç eksenli basınç deneylerinin sonuçları ve hesaplanan p ve q değerleri	80
Tablo 24. Yeniden çökeltilmiş örneklerle ait $s_{u(res)}$, $c_{(res)}$ ve $\phi_{(res)}$ değerleri.....	81
Tablo 25. Örselenmemiş örneklerin ve yeniden çökeltilmiş örneklerin drenajsız makaslama dayanımı değerleri.....	88

Tablo 26. Örselenmemiş örneklerin ve yeniden çökeltilmiş örneklerin kohezyon değerleri	89
Tablo 27. Örselenmemiş örneklerin ve yeniden çökeltilmiş örneklerin içsel sürtünme açısı değerleri	90
Tablo 28. ÇDR analizlerinde kullanılan deney parametreleri ve değişken türleri	92
Tablo 29. s_u tahmini için yapılan regresyon analizine ait katsayılar tablosu.....	93
Tablo 30. S. beta değeri yüksek değişkenler kullanılarak s_u tahmini için yapılan ÇDR analizine ait model özeti tablosu	93
Tablo 31. s_u tahmini için yapılan ÇDR analizine ait katsayılar tablosu	93
Tablo 32. Örselenmemiş örneklere ait s_u değerleri ile ÇDR analizleri sonucunda hesaplanan $s_{u(reg)}$ değerleri.....	94
Tablo 33. c tahmini için yapılan regresyon analizine ait katsayılar tablosu.....	95
Tablo 34. S. beta değeri yüksek değişkenler kullanılarak c tahmini için yapılan ÇDR analizine ait model özeti tablosu	95
Tablo 35. c tahmini için yapılan ÇDR analizine ait katsayılar tablosu	96
Tablo 36. Örselenmemiş örneklere ait c değerleri ile ÇDR analizleri sonucunda hesaplanan $c_{(reg)}$ değerleri.....	96
Tablo 37. ϕ tahmini için yapılan regresyon analizine ait katsayılar tablosu	97
Tablo 38. S. beta değeri yüksek değişkenler kullanılarak ϕ tahmini için yapılan ÇDR analizine ait model özeti tablosu	97
Tablo 39. ϕ tahmini için yapılan ÇDR analizine ait katsayılar tablosu	98
Tablo 40. Örselenmemiş örneklere ait ϕ değerleri ile ÇDR analizleri sonucunda hesaplanan $\phi_{(reg)}$ değerleri	99
Tablo 41. ÇDR analizleriyle elde edilen eşitlikler	99
Tablo 42. YSA ile s_u tahminine ait ağ özeti tablosu.....	101
Tablo 43. YSA ile s_u tahminine ait vaka işleme özeti tablosu.....	101
Tablo 44. YSA ile s_u tahminine ait parametre tahmin tablosu	102
Tablo 45. YSA ile c tahminine ait ağ özeti tablosu	103
Tablo 46. YSA ile c tahminine ait vaka işleme özeti tablosu.....	103
Tablo 47. YSA ile c tahminine ait parametre tahmin tablosu	104
Tablo 48. YSA ile ϕ tahminine ait ağ özeti tablosu.....	105
Tablo 49. YSA analizleri ile ϕ tahminine ait vaka işleme özeti tablosu.....	105
Tablo 50. YSA ile c tahminine ait parametre tahmin tablosu	105
Tablo 51. YSA analizleriyle hesaplanan $s_{u(ysa)}$, $c_{(ysa)}$ ve $\phi_{(ysa)}$ değerleri kullanılarak örselenmemiş örneklere ait s_u , c ve ϕ değerlerinin tahminine yönelik eşitlikler ve bu eşitliklerin korelasyon katsayıları.....	106

Tablo 52. Zemin örneklerinin plastik ve indeks parametrelerine ait özet tablo	108
Tablo 53. Zemin örneklerinin dane boyu dağılımları ve makaslama dayanımı parametrelerine ait özet tablo	109
Tablo 54. ÇDR ve YSA analizleri sonucunda elde edilen istatistiksel eşitlikler ve bu eşitliklerin korelasyon katsayıları	111
Tablo 55. Örselenmemiş ve yeniden çökeltilmiş örnekler ile ÇDR ve YSA analizleri ile tahmin edilen s_u parametrelerine ait değerler.....	112
Tablo 56. Çalışma kapsamında belirlenen ve hesaplanan kohezyon değerleri	113
Tablo 57. Zemin örneklerine ait belirlenen ve tahmin edilen içsel sürtünme açısı değerleri	115



SEMBOLLER DİZİNİ

%	: Yüzde
°C	: Santigrat derece
A_j	: Mezürün kesit alanı
ASTM	: Amerikan Test ve Malzeme Kurumu
BBC	: Boston Mavi Kili
c	: Örselenmemiş örneğin deneysel olarak belirlenen kohezyonu
$c_{(reg)}$	: Örselenmemiş örneğin regresyon analizleri ile hesaplanan kohezyonu
$c_{(res)}$	: Yeniden çökeltilmiş örneğin deneysel olarak belirlenen kohezyonu
$c_{(ysa)}$	: Örselenmemiş YSA analizleri ile hesaplanan kohezyonu
C_c	: Sıkışma katsayısı
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetre kare
CP	: Kil yüzdesi
CU	: Konsolidasyonlu-drenajsız
C_v	: Konsolidasyon katsayısı
D	: Dane boyu
d	: Hidrometre düzeltme değeri
e	: Boşluk oranı
ϵ	: Birim deformasyon
FP	: İnce daneli malzeme (kil+silt) yüzdesi
g	: Gram
GMC	: Meksika Körfezi Kili
G_s	: Özgül ağırlık
G_w	: Suyun özgül ağırlığı
h	: Yükseklik

H_v	: Hidrometre hacmi
K	: Toprak basıncı katsayısı
K_0	: Sükunetteki toprak basıncı katsayısı
kg	: Kilogram
KPa	: Kilopascal
k_v	: Hidrolik iletkenlik
L	: Litre
LVDT	: Doğrusal değişken türevsel dönüştürücü
m	: Kütle
m	: Metre
MDSS	: Çok yönlü direkt kesme
MIT	: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
ml	: Mililitre
MPa	: Megapascal
N	: D dane çapından küçük danelerin yüzdesi
ω_n	: Doğal su muhtevası
NaCl	: Sodyum klorür
NaClO ₂	: Sodyum klorit
NC	: Normal konsolide
OC	: Aşırı konsolide
OCR	: Aşırı konsolidasyon oranı
PI	: Plastisite indisi
PL	: Plastik limit
R	: Korelasyon katsayısı
r	: Süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması
r	: Yarıçap

R^2	: Regresyon katsayısı
r_a	: Deney sırasında süspansiyondaki hidrometre okuması
RBBC	: Yeniden Çökeltilmiş Boston Mavi Kili
RGMC	: Yeniden Çökeltilmiş Meksika Körfezi Kili
RPM	: Dakikadaki devir sayısı
r_s	: Sudaki hidrometre okuması
RVBC	: Yeniden Çökeltilmiş Vicksburg Buckshot Kili
SK	: Sondaj kuyusu
SPT	: Standart Penetrasyon Testi
S_r	: Doygunluk oranı
S_u	: Örselenmemiş örneğin deneysel olarak belirlenen drenajsız makaslama dayanımı
$S_{u(reg)}$	: Örselenmemiş örneğin regresyon analizleri ile hesaplanan drenajsız makaslama dayanımı
$S_{u(res)}$	: Yeniden çökeltilmiş örneğin deneysel olarak belirlenen drenajsız makaslama dayanımı
$S_{u(ysa)}$	: Örselenmemiş örneğin YSA analizleri ile hesaplanan drenajsız makaslama dayanımı
t	: Zaman
UU	: Konsolidasyonsuz-drenajsız
V_b	: Boşluk hacmi
V_p	: Boyuna dalga hızı
V_s	: Katı hacim
V_s	: Kayma dalgası hızı
V_{sp}	: Süspansiyonun hacmi
V_t	: Toplam hacim
V_w	: Su hacmi
m_k	: Kuru kütle

W_L, LL	: Likit limit
m_n	: Doğal kütle
YSA	: Yapay Sinir Ağları
YY	: Yeniden yapılandırılmış
Z_r	: Süspansiyonun yüzeyinden hidrometre merkezine olan uzaklık
γ_n	: Doğal birim hacim ağırlık
γ_s	: Dane birim hacim ağırlığı
γ_w	: Suyun birim hacim ağırlığı
Δ	: Fark
$\Delta\sigma/\sigma$	: Toplam gerilme artışı oranı
μ	: Deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi
ρ	: Rezistivite
σ'_c	: Konsolidasyon gerilmesi
σ'_{vc}	: Ön konsolidasyon gerilmesi
σ_1	: En büyük normal gerilme
σ_2	: Ortanca normal gerilme
σ_3	: En küçük normal gerilme
σ_c	: Konsolidasyon gerilmesi
τ	: Makaslama dayanımı
τ_2	: Buzul yükü
ϕ	: Örselenmemiş örneğin deneysel olarak belirlenen içsel sürtünme açısı
$\phi_{(reg)}$	: Örselenmemiş örneğin regresyon analizleri ile hesaplanan içsel sürtünme açısı
$\phi_{(res)}$	: Yeniden çökeltilmiş örneğin deneysel olarak belirlenen içsel sürtünme açısı
$\phi_{(ysa)}$	: Örselenmemiş örneğin YSA analizleri ile hesaplanan içsel sürtünme açısı

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Giderek artmakta olan Dünya nüfusu ve buna paralel olarak artan altyapı ve barınma ihtiyacı gibi etkenler inşaat sektörünün her geçen yıl daha büyük bir oranda büyümesine neden olmaktadır. 2021 yılı itibariyle inşaat sektörünün değeri küresel ölçekte 12,5 trilyon doları geçmiştir ve bu rakamın 2025 yılında 16,6 trilyon dolara ulaşması beklenmektedir (URL-1, 2021). Yapılaşmadaki bu büyük artış zemin-temel etkileşiminin daha iyi anlaşılmasının önemini de kaçınılmaz hale getirmiş, devasa ölçekli projeler detaylı saha karakterizasyonu çalışmalarını gerektirmiştir. Bununla birlikte, birtakım mekânsal kısıtlamalar ve stratejik etkenler mühendislik yapılarının düşük dayanımlı ya da sorunlu zeminler (örneğin şişme eğilimi gösteren killeri) üzerine inşa edilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu tür uygulamalarda ekonomik ve güvenli bir mühendislik tasarımı oluşturulabilmesi için öncelikle yapının inşa edileceği zemin malzemesinin jeoteknik özelliklerinin hassas bir şekilde belirlenmesi ve zeminin değişen gerilme koşullarına karşı göstereceği davranışın doğru bir şekilde tahmin edilmesi gerekmektedir (Coduto, 2001). İnşa edilecek yapının güvenliği için kaçınılmaz olan bu gereksinim ancak yerinde uygulanan büyük ölçekli arazi deneylerinden ve/veya yüksek kalitede örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler kullanılarak mümkündür. Özellikle büyük ölçekli arazi deneyleri her ne kadar jeolojik ortam ve yükleme koşullarını gerçekçi bir şekilde temsil edebilmesi açısından proje mühendislerine büyük bir avantaj sağlasa da hem uygulamadaki zorluğu hem de yüksek maliyet sebebiyle bazı projelerde tercih edilmemektedir (Holtz vd., 1981). Küçük boyutlu örnekler üzerinde uygulanabilen laboratuvar deneyleri ise bu konuda daha çok rağbet görmekle birlikte, özellikle özel sektör uygulamalarında makaslama dayanımı parametrelerinin belirlenmesi için uygulanan laboratuvar deneylerinde dahi kalitesiz, ilksel özelliklerini büyük oranda kaybetmiş olan örselenmiş numunelerin kullanıldığı görülmektedir.

Zeminlerin makaslama dayanımı, temel tasarımından şev duraylılığına kadar birçok jeoteknik uygulamada kullanılan en önemli girdi parametrelerinden birisidir. Zeminlerin makaslama dayanımı parametreleri olan kohezyon (c) ve içsel sürtünme açısı (ϕ) ise laboratuvar ortamında farklı yükleme ve drenaj koşullarında yapılan üç eksenli basınç ve

direkt kesme deneyleri ile belirlenir. Bu deneyler örnek örselenmesine karşı oldukça duyarlı olan deneylerdir ve yüksek kalitede örselenmemiş örnekler üzerinde yapılması gerekmektedir (Das, 2010). Örselenmemiş örneklerin temin edilmesi ise özel ekipman, zaman ve emek gerektirmektedir. Bunun yanında, alınan örselenmemiş örneklerin deneylerin yapılacağı laboratuvara taşınması, deneylere tabi tutulana kadar ilksel özelliklerini kaybetmeden saklanması ve örnek alıcı tüplerden örselenmeden çıkarılması da ayrı sorunlar teşkil etmektedir. Farklı zemin türlerinden örnek temin etmek amacıyla kullanılan ekipmanlar ve örnek kalitesi değerleri Tablo 1’de özetlenmiştir.

Tablo 1. Zemin örnekleme ekipmanları ve örnek kalitesini gösteren tablo (Joyce, 1982)

Zemin türü	U ₁₀₀ tüpü	Pistonlu tüp	SPT örnek alıcı	Blok örnek	Örselenmiş örnek	Karot örneği
Hassas kil	2. sınıf	1. sınıf	-	-	3. sınıf	-
Duyarsız kil	1. ve 2. sınıf	2. sınıf	-	1. sınıf	3. sınıf	-
Sıkı kil	2. ve 3. sınıf	-	-	2. sınıf	3. sınıf	2. ve 3. sınıf
Gevşek kil	3. sınıf	1. sınıf	3. ve 4. sınıf	-	3. ve 4. sınıf	-
Sıkı silt	2. sınıf	2. sınıf	3. ve 4. sınıf	-	3. ve 4. sınıf	-
Gevşek kum	-	-	3. ve 4. sınıf	-	3. ve 4. sınıf	-
İnce çakıl	-	-	3. ve 4. sınıf	-	3. ve 4. sınıf	-
Orta/iri çakıl	-	-	3. ve 4. sınıf	-	3. ve 4. sınıf	-
Yumuşak kaya	3. sınıf	-	3. ve 4. sınıf	2. sınıf	4. ve 5. sınıf	1. ve 2. sınıf
Sert kaya	-	-	-	-	4. ve 5. sınıf	1. sınıf
Not: 1. sınıf örselenmemiş, 5. sınıf örselenmiş örnekleri temsil etmekte olup ara değerler örselenme derecesini ifade eder (bkz. Tablo 2)						

Örselenmemiş zemin örnekleri yüzeyden veya araştırma çukurlarından alınabileceği gibi özellikle sığ veya derin zemin araştırmalarında sondaj kuyularından temin edilmektedir. Sondaj kuyularından temin edilen örselenmemiş örneklerin laboratuvara taşınması, örnek alıcı aparatlardan çıkarılması veya deneye hazırlanması sırasında örselenmesi durumunda aynı derinlikten tekrar örselenmemiş örnek alınması için yeni bir sondaj kuyusu açılması gerekecektir. Hatta inşaatı tamamlanmış büyük ölçekli yapılarda herhangi bir mühendislik problemi ile karşılaşılması durumunda bu yapılara ait temel zeminlerinden tekrar örnek alınması ihtiyacı doğacaktır. Her iki durumda da yeniden örnek temin etme çabasının hem ekonomik hem de zamansal açıdan önemli kayıplara neden olacağı ortadadır.

Tüm bu olumsuzluklar aslında;

- (i) indeks özelliklerin belirlenmesi amacıyla temin edilen örselenmiş örneklerin,
- (ii) alındığı ilk aşamada örselenmemiş olan ancak özellikle zamana bağlı olarak ilksel özelliğini kaybeden örneklerin,
- (iii) hatta örselenmemiş kabul edilmesine karşın temin, nakliye, depolama ve deney hazırlama aşamalarında örselenen örneklerin,

makaslama direnci parametrelerinin ve konsolidasyon karakteristiklerinin belirlenmesi amacıyla yapılan deneylerde kullanılıp kullanılamayacağı sorusunu gündeme getirmektedir.

Böyle bir durumda mevcut ve/veya temini çok kolay olan örselenmiş örneklerin, örselenmemiş örnek gerektiren hassas laboratuvar deneylerinde kullanılabilmesi hem ekonomik hem de zamansal açıdan çok büyük fayda sağlayabilecektir.

1.2. Çalışmanın Amacı ve Konusu

Bilimsel çalışmalarda örselenmemiş örnekler ya doğrudan araziden temin edilmekte ya da örselenmiş zemin örneklerinin özel yöntemlerle yeniden çökeltilmesi sonucu elde edilmektedir. Literatürde örselenmiş örnekler kullanılarak yeniden çökeltilen zemin örneklerinin jeoteknik özellikleriyle bilinen yöntemlerle temin edilen örselenmemiş zemin örneklerinin jeoteknik özellikleri arasındaki ilişkilerin araştırıldığı birçok çalışma mevcuttur. Ancak bu çalışmalar belli jeoteknik özelliklerin karşılaştırılması seviyesinden öteye gidememiştir. Özellikle zeminlerin yeniden çökeltilmesi sonucu oluşturulan örneklerin makaslama dayanımı parametreleri kullanılarak örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametrelerinin tahmin edilmesi ile ilgili bir çalışma literatürde mevcut değildir.

Bu çalışmada, literatürdeki bu eksiklik dikkate alınarak, temin edilmesi ve saklanması özel ekipman ve yüksek maliyet gerektiren örselenmemiş zemin örneklerine ait makaslama dayanımı parametreleri, örselenmiş örneklerin yeniden çökeltilmesi ile oluşturulan ve orijinal örneğin ilksel özelliklerini yansıtan zemin örnekleri kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır.

Çalışma kapsamında Sahilkent (Bafra, Samsun) yöresinde yüzeylenen kil, siltli kil ve killi silt bileşimindeki suya doymuş alüvyal zeminlerden karotlu sondajlarda kullanılan özel örnek alıcılarla örselenmemiş zemin örnekleri temin edilmiştir. Bu örneklerin plastik ve indeks özellikleri ile makaslama dayanımı parametreleri standart laboratuvar deneyleriyle belirlenmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında, deneylerde kullanılan ve örselenen zemin örnekleri arazideki ilksel koşullarına uygun olarak yeniden çökeltilmiştir. Çalışmanın son aşamasında ise yeniden çökeltilen zemin örneklerinin makaslama dayanımı parametreleri belirlenmiş, bu parametreler kullanılarak yapılan çok değişkenli regresyon ve yapay sinir ağları analizleri ile örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Bu çalışma ile,

- Özellikle bilimsel çalışmalarda temin edilmesi, taşınması ve saklanması fazladan emek, ekipman ve mali kaynak gerektiren örselenmemiş örneklere olan ihtiyacı azaltacak,
- Mühendislik uygulamalarında araziden tekrar örselenmemiş örnek alınmasının herhangi bir sebeple (ekonomik, lojistik, stratejik, vb.) mümkün olmadığı durumlarda eldeki örselenmiş örnekleri tekrar değerlendirecek ve böylece hem ekonomik hem de çevresel faydalar sağlayacak,
- Makaslama dayanımı parametrelerinin belirlenmesi için gerçekleştirilen ve aynı örnek üzerinde birden fazla deneyin yapılmasını gerektiren üç eksenli basınç ve direkt kesme deneylerinde yeniden çökeltilmiş ve birbirleriyle tamamen özdeş örneklerin kullanılmasıyla deney sonuçlarının güvenilirliğini en üst düzeye çıkartacak,

yeni bir yöntem geliştirilmiştir.

1.3. Örselenmiş ve Örselenmemiş Örnek Kavramları

Jeoteknik uygulamalarda laboratuvar deneylerinden elde edilen veriler büyük bir önem arz etmektedir. Zeminlere ait laboratuvar deney sonuçlarının güvenilirlik ve kalitesini belirleyen en önemli unsurlardan birisi ise örnek alımında gösterilen hassasiyettir. Gerek örselenmiş gerekse örselenmemiş örnek alımında alınan örneğin incelenen zemini gerçekçi bir şekilde temsil etmesi esastır. Örnek vermek gerekirse; kil, silt ve kum katmanlarından oluşan bir zemin profilinin dane boyu dağılımı belirlenirken bu katmanlardan sadece bir

veya iki tanesini temsil eden örnekler kullanmak yanıltıcı olacaktır. Bilimsel çalışma veya mühendislik projelerinde uygulanacak olan deney prosedürünün gerekliliklerine göre hangi tür örneklerin alınması gerektiği belirlenmeli ve jeoteknik çalışmalar bu çerçevede planlanmalıdır. Tablo 2’de farklı örnekleme yöntemleri, bu yöntemlere göre örselenme hassasiyeti ve bu örneklerden tayin edilebilecek zemin özellikleri özetlenmiştir.

Tablo 2. Örselenme derecesine göre zemin örneklerinin sınıflanması ve bu örnekler üzerinde yapılabilecek tayinler (Ulusay, 2010)

Sınıf	Tanım	Tayin edilebilecek özellikler	Örnekleme yöntemi
1	Örselenmemiş	Sınıflama deneyleri, elek analizi, dayanım ve deformasyon özellikleri, konsolidasyon vb.	Blok örnek alımı
2	Örselenmemiş	Su içeriği, sınıflama deneyleri, yoğunluk	Baskı ile sürülen pistonlu ince çeperli tüp
3	Örselenmiş	Su içeriği, sınıflama deneyleri	Kalın çeperli tüp ve burgular
4	Örselenmiş	Sadece sınıflama deneyleri	Kavanoz, torba ve kutu örnekleri
5	Örselenmiş	Sadece istifin tanımlanması	Yıkılarak örnek alımı

1.3.1.Örselenmiş Örnekler

Yapısal ve/veya indeks özellikleri zeminin arazideki yapısını yansıtamayacak derecede bozulmuş olan örneklere örselenmiş örnek denilmektedir. Zeminin üç boyutlu yapısının veya dokusunun bozulması, su muhtevasının değişmesi, boşluk oranının artması veya azalması gibi durumlar en yaygın örselenme şekilleridir. Örselenmiş örnekler üzerinde dane boyu dağılımı, Atterberg limitleri tayinleri ve uygun koşullarda doğal su muhtevası tayinleri yapılabilmektedir. Bu veriler zemin malzemesini tanımlamak ve sınıflandırmak için çoğu zaman yeterli olsa da zeminin makaslama dayanımı veya konsolidasyon özelliklerinin belirlenebilmesinde kullanılamamaktadır.

Örselenmiş örnekler arazide kürek ve benzeri araçlarla doğrudan veya araştırma çukurlarından, elle kontrol edilen kazıcı/auger’lerle veya Standart Penetrasyon Testi (SPT) gibi bazı arazi deneyleri sırasında alınabilmektedir. Bununla birlikte dış çap/duvar kalınlığı oranı düşük olan örnek alıcı aparatlarla alınan örnekler de örselenmiş olarak kabul edilmektedir (ASTM, 2015). Tablo 3’te uygulanacak deneye göre araziden alınması gereken örnek miktarları verilmiştir.

1.3.1.1. Yüzeyden veya Araştırma Çukurlarından Örselenmiş Örnek Alımı

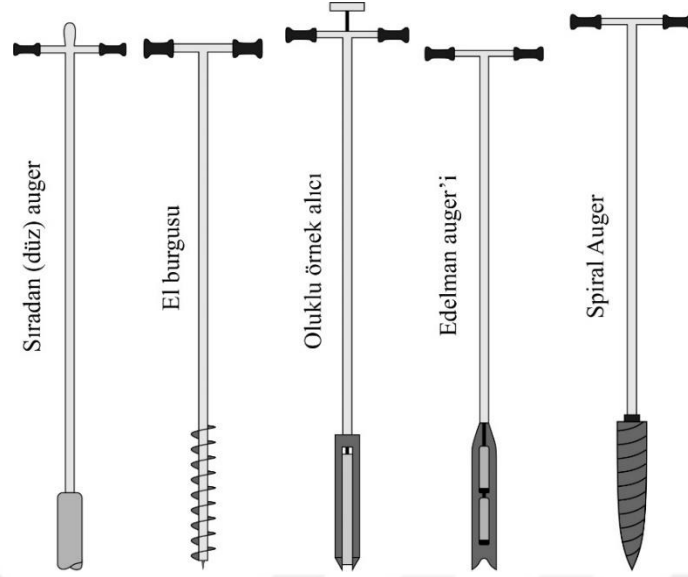
Çapa, el burgusu, kürek vb. el araçları kullanılarak yüzeyden veya araştırma çukurlarından örselenmiş örnekler alınabilmektedir (Şekil 1). Yüzeyden örnek alınırken zemin profilinin üst kısmındaki bitkisel toprak tabakası mutlaka kaldırılmalıdır. Araştırma çukurlarının genişliği derinliğinin en az iki katı olmalıdır. Araştırma çukurunun tabanına bir branda serilerek duvar kısmındaki malzeme buraya dökülür (Şekil 2). Bu işlem farklı noktalarda birkaç kere tekrar edilir ve alınan malzemeler karıştırılır.

Tablo 3. Uygulanacak deneye bağlı olarak araziden alınması gereken örnek miktarları (Clayton vd., 1995)

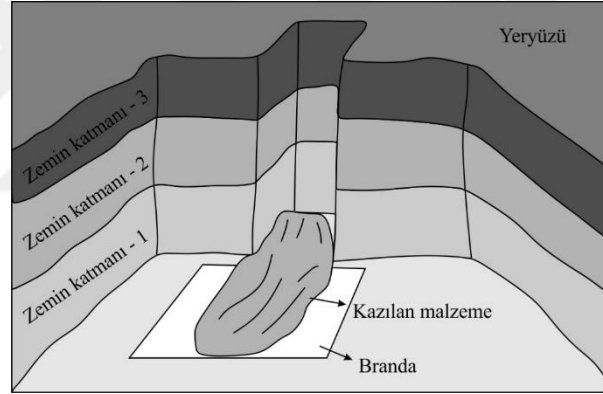
Deney	Zemin türü		
	İnce daneli	Orta daneli	İri daneli
Su içeriği	50 g	350 g	4 kg
Kıvam limitleri	500 g	1000 g	2 kg
Elek analizi	150 g	2500 g	17 kg
Çöktürme	250 g	250 g	250 kg
Kimyasal deney	150g	600 g	3,5 kg
Özdirenç	12 kg	15 kg	20 kg
Kompaksiyon	50 kg	50 kg	50 kg
<i>İnce daneli: %90'ı 2 mm'den geçen; orta daneli: %90'ı 20 mm'den geçen; iri daneli: %90'ı 37.5 mm'den geçen</i>			

1.3.1.1. Helezon (Dönel) Burgulu Sondajlarla Örselenmiş Örnek Alımı

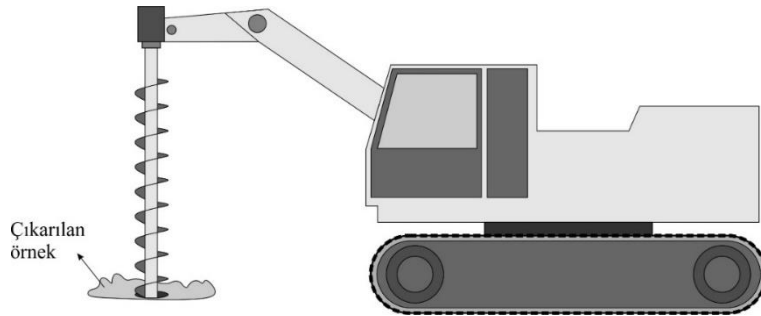
Etrafında dönel şekilli burgulara sahip olan bir borudan oluşan sistem sondaj tijine monte edilerek sondaja başlanır (Şekil 3). Sondaj sırasında sondaj sıvısı veya su kullanılmaz. Sondaj işlemi sırasında kuyudaki zemin malzemesi helezon burgular sayesinde yeryüzüne çıkarılır. Sisteme yeni tijler eklenerek helezon burgu istenilen derinliğe kadar indirilebilir.



Şekil 1. Örselenmiş zemin örneği temininde kullanılan el aletlerinden bazıları



Şekil 2. Araştırma çukurundan örselenmiş örnek alımı



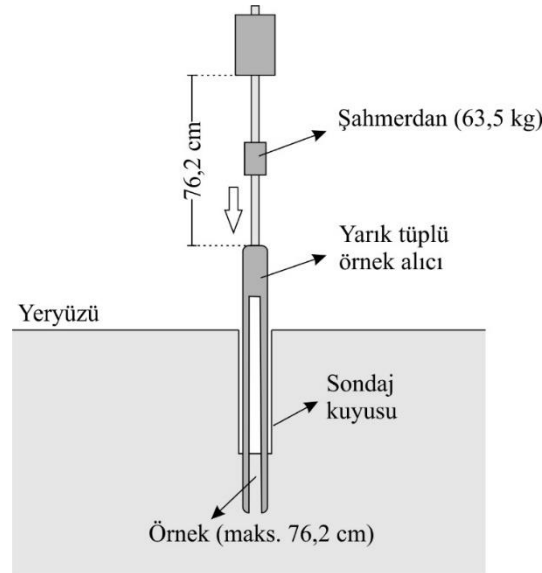
Şekil 3. İş makinesine monte edilen helezon burgu ile örselenmiş örnek alımı

1.3.1.1. Standart Penetrasyon Testi (SPT) Sırasında Örselenmiş Örnek Alımı

SPT zeminlerin taşıma gücünün veya sıvılaşma potansiyelinin belirlenmesi gibi birçok mühendislik çalışmasında yaygın olarak uygulanan bir arazi deneyidir. Deney sırasında yarık tüplü örnek alıcılar genellikle her 1,5 metrede bir şahmerdan yardımıyla zemine çakılır (Şekil 4). Her bir deneyde yarık tüplü örnek alıcı ile örselenmiş örnek de elde edilmiş olur. Deney sonrasında yarık tüplü örnek alıcıdaki örnek uygun bir örnek poşetine nemliliğini kaybetmeyecek şekilde aktarılır.

1.3.2. Örselenmemiş Örnekler

Zeminin arazideki yapısal özelliklerini kabul edilebilir derecede yansıtan örnekler örselenmemiş örnek denilmektedir. Her ne kadar örselenmemiş olarak kabul edilse de bu örnekler numune alıcı aparatların zemine batırılması, taşınma ya da numunenin örnek alıcı aparatından çıkarılması esnasında bir miktar örselenmektedir. Ancak mühendislik tasarımı için gerekli olan veriler örselenmemiş örnekler kullanılarak kabul edilebilir bir hata payıyla elde edilebilmektedir. Örselenmemiş örnekler üzerinde makaslama dayanımı parametrelerinin belirlenmesi, konsolidasyon, geçirimsizlik (permeabilite) deneyleri ve yoğunluk/birim hacim ağırlık tayinleri yapılabilmektedir.



Şekil 4. SPT sırasında örselenmiş örnek alımı

Örselenmemiş örnekler Shelby tüpler ve pistonlu örnek alıcılar ile sondajlardan alınabildiği gibi geniş çaplı örnek alıcı aparatlarla doğrudan da alınabilmektedir. Kullanılan tüplerin dış çap/duvar kalınlığı oranına dikkat edilmelidir Amerikan Test ve Malzeme Kurumu (ASTM) standartlarına göre uygun olan dış çap ve duvar kalınlığı boyutları Tablo 4'te verilmiştir (ASTM, 2015).

Tablo 4. Örselenmemiş örnek alımında kullanılacak tüplere ait boyutlar (ASTM, 2015)

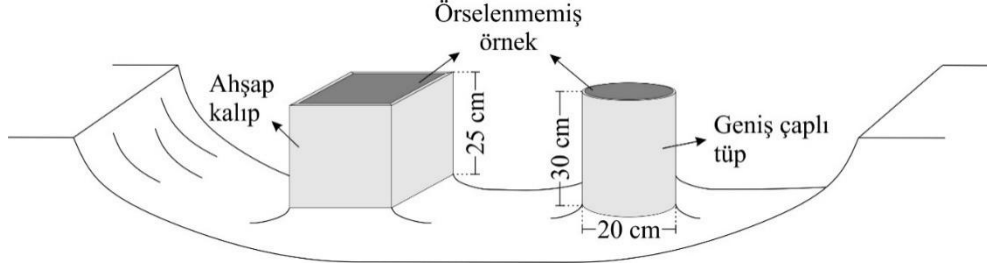
Dış çap (mm)	50.8	76.2	127
Duvar kalınlığı (mm)	1.24	1.65	3.05
Minimum tüp uzunluğu (m)	0.91	0.91	1.45

1.3.2.1. Yüzeyden veya Araştırma Çukurlarından Örselenmemiş Örnek Alımı

Yüzeyden veya araştırma çukurlarından doğrudan örselenmemiş örnek alımı sondaj vb. yöntemlere göre hem daha güvenilir hem de daha ekonomiktir. Ayrıca alınacak örneğin boyutları da yapılacak olan çalışmanın gerekliliklerine göre seçilebilmektedir. Ancak örnek alınacak derinlik sondajlı yöntemlere göre daha kısıtlıdır. Doğrudan örnek alma yöntemlerinden en yaygın olanları blok ve silindirik örnek alma yöntemleridir.

Blok örnekler, alınacak zemin örneğinin etrafının kazılarak örneğin bir blok halinde çıkarılması esasına dayanır. Örneğin çevresindeki açıklık istenilen derinliğe kadar kazılır ve son aşamada kalan kısım alttan kesilerek blok örnek temin edilir (Şekil 5). Örnek sıkılık durumuna bağlı olarak ahşap kalıpla veya geçirimsiz malzemelerle sarılarak parafinlenir. Blok geometrisi ve boyutları değişkendir. Bu yöntemle alınacak zeminlerin belli bir sıkılığa sahip olması ve dağılmaması gereklidir; aksi takdirde blok örneğin temin edilememesi veya örselenmesi söz konusu olabilir.

Silindirik örnek alımında, blok örnek alımından farklı olarak, değişik çaplarda tüpler kullanılır (Şekil 5). Tüp, örnek alınacak olan zemine yavaşça ve düşeyden sapmayacak şekilde itilir. Daha sonra tüpün etrafı kazılarak çıkarılır, alt ve üst yüzeyleri düzeltildikten sonra parafinlenir ve gerek görülürse streç film, naylon torba vb. malzemelerle sarılır.



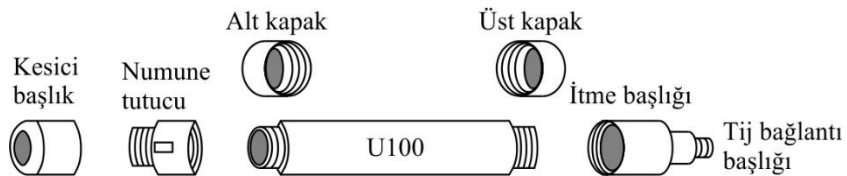
Şekil 5. Yüzeyden veya araştırma çukurlarından blok ve silindirik örnek alımı

1.3.2.2. Sondajlarla Örselenmemiş Örnek Alımı

Sondajlar sırasında örselenmemiş örnek alımında kullanılan aparatlar farklı çalışma esaslarına dayanmaları sebebiyle belirli zemin türlerinde kullanılabilmektedir. Açık uçlu tüpler, U100 tüpler ve Shelby tüpler en çok tercih edilen aparatlar olmakla birlikte Tablo 4'teki şartları sağlamak kaydıyla özel yapım örnek alıcılar da imal edilebilir ve kullanılabilir.

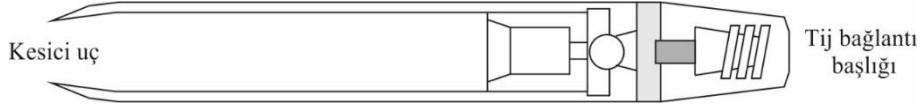
Açık uçlu örnek alıcılar: Sondaj tijine bağlanan örnek alıcı aparat zemine rotasyon olmaksızın hidrolik basınç veya çakma suretiyle itilir. Olması gerekenden daha fazla örneğin tüp içerisine girip sıkışarak örselenmesinin önüne geçmek amacıyla maksimum örnek uzunluğu ile tüp uzunluğu arasında birkaç santimetrelilik bir pay bırakılır. Alınan örneğin alt ve üst yüzeyleri düzeltilir, parafinlenir, tüp tamamen streç film vb. malzemelerle sarılır ve etiketlenerek saklanır.

U100 Tüpler: Kalın çeperli örnek alıcılardır. Kıvamlılığı düşük, sıkı, kohezyonu yüksek ince daneli zeminlerden örselenmemiş örnek alımında kullanılırlar. Tüp çapı 100 mm'dir. Tüpün zemine itilmesi sırasında tüp içerisinde sıkışan havanın tahliye olması için üst kısımda bir supap bulunur (Şekil 6). Dış çap/duvar kalınlığı oranı nispeten yüksek olduğu için örnekteki örselenme miktarı Shelby tüplere göre biraz daha fazladır.



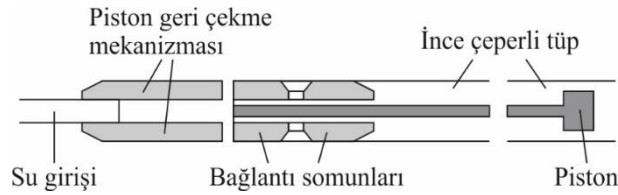
Şekil 6. U100 örnek alıcı tüpün bileşenleri

Shelby Tüpler: İnce çeperli örnek alıcılardır. Orta sıklıkta ve örselenmeye karşı hassas olan ince daneli zeminlerde kullanılır. Çeper kalınlığının tüp çapına oranı %10 civarında olup özellikle hidrolik basınçla zemine itilmesi durumunda çok yüksek kalitede örselenmemiş örnek alımına imkân vermektedir (Şekil 7).



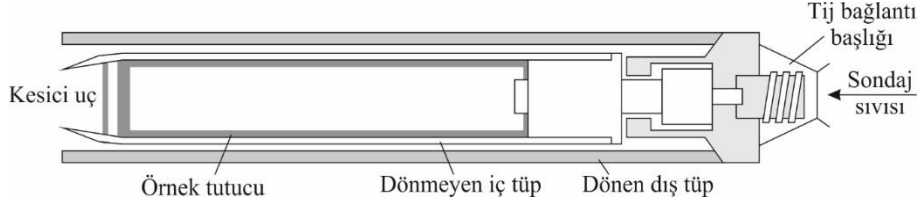
Şekil 7. Shelby örnek alıcı tüpün kesiti

Pistonlu Örnek Alıcılar: Yumuşak, düşük plastisiteli zeminlerde oldukça iyi sonuç veren bir sistemdir. Pistonlu örnek alıcılar zeminin örnek alıcı aparata kontrollü bir şekilde girmesi esasına dayanır. Aparat, örnek alınacak derinliğe indirildikten sonra piston geri doğru çekilir ve zemin örneği tüp içerisine kontrollü bir şekilde alınır (Şekil 8). Pistonun üst kısmından hava ve su giriş-çıkışı serbest bir şekilde ve örneğe temas etmeden gerçekleşir. Böylece tüp içerisine olması gerekenden daha fazla örnek alınmasının önüne geçilir ve aynı zamanda tüp kenarlarındaki sürtünmeden kaynaklanan örselenme minimuma indirilmiş olur.



Şekil 8. Pistonlu örnek alıcının bileşenleri

Denison Tüpler: Dönel sondajlarda kullanılan çift tüplü örnek alıcılardır (Şekil 9). İnce çeperli tüplerin dahi hidrolik basınçla zemine itilemediği çok sert zeminlerde kullanılırlar. Dıştaki tüp sondaj tijiyle birlikte dönerken içteki tüp sabittir. Sondajla birlikte yavaş bir şekilde zemine itilen tüpün ucundaki kesici çark ile örnek tüp içine alındıktan sonra kesilir ve yukarı çekilir.



Şekil 9. Denison tüpün kesiti ve bileşenleri

1.4. Yapay Zemin  rnekleri

Daneli yapıları ve boşluklu olmaları nedeniyle zeminler ilksel özelliklerini d   etkenler sebebiyle kolayca kaybedebilmektedir. Ayrıca ayr  ma süreçleri, gerilmeler, yeraltı suyu vb. koşullar nedeniyle zeminler çok kısa mesafelerde farklı özellikler gösterebilmektedir. Bu nedenle aynı ortamd n alınan zemin örneklerinde dahi önemli bir heterojenlik söz konusu olabilmektedir. Kul Yah   (2018) Trabzon ilinde geniş yayılımlar veren ve kalınlıkları 10 metreye varan rezidüel killer üzerinde yapmış olduğu çalışmada, killerin çok yakın mesafelerde bile hem yatay hem de düşey yönde çok farklı jeoteknik özellikler sunabilece ini ortaya koymuştur. Bu durum zemin malzemesinin farklı gerilme ve yükleme koşullarına kar   göstereceği davran  n sistematik bir şekilde incelenmesini zorlaştırmaktadır. Çünkü sonuçlardaki farklılığın değişen deney koşullarından mı yoksa örneklerin ilksel özelliklerinin farklı olmasından mı kaynakland ı anla ılamamaktadır. Örneğin Kul Yah   ve Ersoy (2021) tarafından yapılan çalışmada, zemin özelliklerinin birkaç metrelik derinlikler boyunca büyük oranda de i iminde kimyasal süreçlerin ve ana kaya topografyasının etkili olduğu belirtilmiştir.

Sistematik incelemelerin sağlıklı sonuçlar verebilmesi için kullanılan tüm örneklerin birbiri ile özdeş olması gerekmektedir ki doğal örnekler için böyle bir durum söz konusu olamamaktadır. Bu nedenle araştırmacılar laboratuvar ortamında ilksel özellikleri değiştirilerek oluşturulmuş yapay örnekler kullanma yoluna gitmişlerdir (Casey ve Germaine, 2013; Abdulhadi vd., 2012; Liu ve Carter, 1999; Burland, 1990; Locat ve Lefebvre, 1985). Bu sayede örneklerin dane boyu dağılımı, boşluk oranı, su muhtevası, gerilme geçmişi, vb.  zellikleri istenildiği gibi ayarlanabilmekte ve birbirleri ile özdeş zemin örneklerinden istenilen sayıda oluşturulabilmektedir. Yapay  rnekler araziden alınan doğal zemin örneklerinin ilksel özelliklerini tamamen kaybedinceye kadar çeşitli işlemlere tabi tutulmasıyla elde edilmektedir. Literatürde 3 farklı yapay zemin  rne i türü araştırmacılar tarafından kullanılmıştır.

1.4.1. Yoğrulmuş (Remoulded) Örnekler

Doğal zemin örneklerinin farklı su muhtevalarında karıştırılıp sıkıştırılmasıyla oluşturulan örneklerdir. Bu yöntemle oluşturulan örneklerin makaslama dayanımı belirgin bir şekilde azalırken boşluk oranı artmaktadır. Yoğrulmuş örnekler denizel ortamlarda oluşabilen topaklı kil zeminleri temsil edebilmesi açısından oldukça önemlidirler ve bu örnekler üzerinde yapılan üç eksenli basınç dayanımı, direkt kesme ve ödometre gibi laboratuvar deneylerinin sonuçları kıydan uzak (offshore) mühendislik projelerinin tasarımında kullanılmaktadır (Kayabali ve Tufenkci, 2010; Miao vd., 2006; Barzegar vd., 1995).

1.4.2. Yeniden Yapılandırılmış (Reconstituted) Örnekler

Bu örnekler doğal zemin örneklerinin likit limitlerinin 1 – 1,5 katı kadar suda iyice karıştırılması ve bir boyutlu olarak konsolide edilmesi veya sıkıştırılması ile oluşturulan örneklerdir (Burland, 1990 (Shipton ve Coop, 2012; Tiwari ve Ajmera, 2011; Cunningham vd., 2003; Vaid ve Negussey, 1998).

1.4.3. Yeniden Çökeltilmiş (Resedimented) Örnekler

Özellikle kohezyonlu zemin örneklerinin kurutulup, öğütülüp, likit limitlerinin 2 katı kadar su muhtevasında karıştırılıp artan gerilmeler altında konsolide edilmesiyle oluşturulan örneklerdir. Tanımı gereği yeniden yapılandırılmış örnekler benzeseler de zemin örneklerinin kurutulup öğütülmesi ve kullanılan su miktarının daha fazla olması gibi temel farklılıklar bulunmaktadır. Yeniden çökeltilmiş örnekler mühendislik problemleri açısından en sorunlu zeminler olan kil zeminlerin jeoteknik parametrelerinin hassas bir şekilde incelenebilmesi amacıyla özdeş örnekler hazırlanmasında kullanılmaktadır.

Yeniden çökeltme yöntemi ilk olarak Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) İnşaat Mühendisliği bölümünde Ladd ve Varallyay (1965) tarafından uygulanmıştır. Mavi Boston Kilini geniş çaplı bir konsolidometrede çökelten araştırmacılar ortaya çıkan zemin pastasından istenen boyutlarda keserek deneylerde kullanmışlardır. Ancak o günün şartlarında üretilen konsolidometre örneğin tamamen doymuş hale gelmesi için gereken basıncı (yaklaşık 200 kPa) veremediği için, Germaine (1982) tamamen suya doymuş

örneklerin geliştirilebilmesi için yöntemi yenilemiş ve yaklaşık 16 g/l tuz içeren üniform örnekler oluşturmuştur. Seah (1990) üretkenliği arttırmak üzere sistemde geliştirmeler yapmış ve konsolidasyon sürecinin anlık olarak takip edilebilmesi için uzaktan veri elde etme sistemini yönteme entegre etmiştir. Sinfield (1994) yeniden çökeltilmiş Mavi Boston Kilinin örnekleme sırasındaki örselenme durumunu araştırmıştır. Mazzei (2008) Meksika Körfezindeki killeri yeniden çökeltmek mekanik özelliklerini incelemiştir. Abdulhadi (2009) farklı bir yaklaşımla her deneyde kullanacağı örneği ayrı ayrı yeniden çökeltme yoluna giderek yüksek ön konsolidasyon basıncı gerektiren örneklerin düşük gerilmeler altında oluşturulabilmesini sağlamıştır. Casey (2014) yaptığı çalışmada yeniden çökeltilmiş örnekler kullanarak ince daneli zeminlerin gerilmeye bağlı makaslama dayanımı ve sıkışma parametrelerini incelemiştir.

Yeniden çökeltme yöntemin uygulanma amacı zeminlerin birtakım jeoteknik ve fiziksel parametrelerinin kontrollü bir şekilde değiştirilen şartlar altında sistematik olarak incelenmesidir. Araziden alınan zemin örnekleri hem örnekleme, taşınma ve çıkarma sırasında farklı şekillerde örselenmesi hem de zemin katmanının heterojen olması sebebiyle birbiri ile özdeş olmamaktadır. Bu durum zemin parametrelerinin sistematik olarak incelenmesinin önüne geçmektedir. Yeniden çökeltme yönteminde ise örneklerin dane boyu dağılımları, su muhtevaları, gerilme geçmişleri ve boşluk oranları istenilen şekilde ayarlanabildiği için birbiri ile neredeyse tamamen özdeş örnekler oluşturulabilmekte, böylece örnekler üzerinde sistematik incelemeler yapılabilmektedir. Tablo 5'te yapay zemin örnek hazırlama yöntemleri, kullanıldığı alanlar ve birbirlerine göre avantaj ve dezavantajları özetlenmiştir.

1.5. Yeniden Çökeltme Yöntemi ile İlgili Önceki Çalışmalar

Ladd ve Varallyay (1965) tarafından Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nde (MIT) gerçekleştirilen bu çalışma yeniden çökeltme yönteminin ilk olarak kullanıldığı çalışmadır. Araştırmacılar yeniden çökeltilmiş Mavi Boston Kili (RBBC) üzerinde farklı gerilme (σ) - birim deformasyon (ϵ) koşullarında üç eksenli basınç deneyleri yaparak bu koşulların zemin örneğinin drenajsız makaslama dayanımı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Anizotropik konsolidasyon, örnekleme, ortanca asal gerilme (σ_2) ve makaslama sırasında asal gerilmelerin rotasyonu gibi etmenlerin dayanım parametreleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 5. Yapay zemin hazırlama yöntemlerinin kullanım alanları, avantaj ve dezavantajları ve bu yöntemleri kullanan çalışmalardan bazıları

	Yoğrulmuş	Y. Yapılandırılmış	Y. Çökeltilmiş
Kullanılan zemin	Kil, silt	Kum	Kil, silt
Araştırılan jeoteknik özellik	Makaslama dayanımı, konsolidasyon, sıvılaşma	Sıvılaşma potansiyeli	Makaslama dayanımı, konsolidasyon
Avantaj	Uygulama kolaylığı	Malzeme teminini kolaylaştırması	Örneklere ait birçok fiziksel özelliğin kontrol edilebilmesi
Dezavantaj	Boşluk oranı vb. parametreler kontrol edilemez	Yüksek plastisiteli zeminlerde uygulanamaz	Prosedür zor ve zaman alıcıdır
Literatür	Kayabali ve Tufenkci, 2010; Miao vd., 2006; Barzegar vd., 1995	Shipton ve Coop, 2012; Tiwari ve Ajmera, 2011; Cunningham vd., 2003; Vaid ve Negussey, 1998	Casey vd., 2016; Casey ve Germaine, 2014; Santagata vd., 2005; Abdulhadi vd. 2012

Çalışmada kullanılan yeniden çökeltme yöntemi aşağıdaki gibidir:

- 10 kg kil pudrası (öğütülmüş kil) %400 su muhtevasında olacak şekilde musluk suyu ile karıştırılır,
- Bulamaç iyice karıştırılır ve 100 ile 200 numaralı (ASTM) eleklerden elenir,
- Bulamacın tuz konsantrasyonu NaCl eklenerek 10-17 g/L'ye çıkarılır. Killerin çökmesinin ardından fazla olan tuzlu alınır ve yaklaşık %140 su içeriğine sahip seyreltik bir bulamaç elde edilir,
- Bulamaç 70°C'ye ısıtılır ve sürekli karıştırılarak vakumlu konsolidometreye yerleştirilir,
- Yaklaşık %140 su muhtevasına sahip olan bulamaç $\sigma_c = 1,5 \text{ kg/cm}^2$ 'lik gerilme altında bir boyutlu olarak konsolide edilir. Konsolidasyon tamamlandıktan sonra örnek konsolidometreden çıkarılır,
- Deneye tabi tutulacak örnekler tel testere ile tıraşlanarak kullanılır.

Seah (1990) MIT'de doktora tezi olarak yaptığı çalışmada normal konsolide (NC) ince daneli zeminlerin anizotropi özelliklerinin dayanımlarına etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla Yöneltilmeli Makaslama Hücresi (DSC) adı verilen ve test edilen malzemeye etkileyen en büyük asal gerilmeyi kontrol edebilen deney sistemini kullanarak direkt kesme deneyleri yapmışlar ve elde edilen sonuçları MIT-E3 davranışsal modeli ile karşılaştırmışlardır. Deney sonuçları NC RBBC'nin davranışının değişen en büyük asal gerilme açısıyla önemli ölçüde

değiştiğini göstermiştir. MIT-E3 modelinin tahmin verilerinin DSC deney verileriyle oldukça uyumlu olduğunu belirtmişlerdir.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme prosedürü aşağıdaki gibidir:

- Kuru kil pudrası saf ve havası alınmış su ve bir miktar tuzla vakumlu bir karıştırma hücresinde karıştırılmış ve yaklaşık 30 cm çapındaki konsolidometreye yerleştirilmiştir. Konsolidometre ve karıştırma hücresinin boyut kısıtlamalarından dolayı 14 cm yüksekliğinde ve %40 su içeriğine sahip bir örnek oluşturabilmek için ilksel su muhtevası %100'e eşit veya daha az olarak uygulanmıştır,
- Örnek 0,063 kg/cm²'den 1 kg/cm²'ye kadar $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde (yani örnek üzerindeki yük her seferinde 2 katına çıkarılarak) yüklenerek konsolide edilmiş ve son olarak 0,25 kg/cm²'ye geri yüklenmiştir. Örnek içerisindeki gözenek suyu basıncının tamamen sönümlenmesi ve üniform bir örnek oluşturulabilmesi amacıyla 0,25 kg/cm²'lik gerilme 4 gün boyunca uygulanmıştır.
- 4 günün ardından örnek konsolidometreden çıkarılmış ve deneye uygun şekilde tıraşlanmıştır.

Ahmed (1990) tarafından farklı konsolidasyon gerilmesi (σ'_{vc}) ve aşırı konsolidasyon oranı (OCR) seviyelerinde yapılan konsolidasyonlu-drenajsız (CU) direkt kesme deneyleriyle RBBC'nin normalize drenajsız gerilme-birim deformasyon-dayanım davranışlarını araştırmışlardır. NC RBBC'nin 1,44 kg/cm² ile 12 kg/cm² arasında değişen σ'_{vc} değerlerinde normalize makaslama dayanımına göre tutarlı bir davranış sergilediği belirlenmiştir. Aşırı konsolide (OC) RBBC'nin artan OCR oranıyla negatif gözenek suyu basıncı geliştirdiği gözlenmiştir.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme yöntemi aşağıdaki gibidir:

- Doğal malzeme 40 numaralı elekten yıkamalı olarak elenerek kaba daneler ve organik malzemeden arındırılır,
- Malzeme 105°C'de kurutulur ve öğütülür. Malzemenin en az %95'inin 100 numaralı elekten geçmesi gerekir. Böylece üniform, kümelenmeyen ve ince kumdan büyük malzeme içermeyen bir örnek elde edilir,
- 15 kg örnek, 15 kg saf su ve havasız su, 2 ml fenol (bakteri oluşumunu engellemek için) ve 16 g/L tuz kullanılarak bulamaç oluşturulur,

- Bulamaç vakumlu bir pleksiglas karıştırma silindirinde iyice karıştırılır ve 30 cm çapındaki konsolidometreye alınır,
- Bulamaç 0,063 kg/cm²'den başlanarak $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde konsolide edilir. Her adımda birincil konsolidasyon tamamlanana kadar yükleme yapılır, son adımda ikincil sıkışma bitene kadar beklenir,
- Örnek kademeli olarak OCR=4 olana kadar geri yüklenir (0,25 kg/cm²). Bu yük 4 gün boyunca örnek üzerinde bekletilir ve örnek çıkarılır,
- Kullanılacak örnekler tel testere ile tıraşlanır.

Burland (1990) yeniden yapılandırılmış (YY) killerin sıkışma ve dayanım özelliklerinden yola çıkarak doğal sedimanter killerin ilgili karakteristiklerini yorumlamıştır. YY örneklerin özelliklerini “içsel (intrinsic) özellikler” olarak isimlendirmiş, bu özelliklerin zeminin doğadaki halinden bağımsız olduğunu belirtmiştir. Farklı killerin sıkışma karakteristiklerini ilişkilendirmek amacıyla boşluk indisi olarak tanımlanan yeni bir parametre önermiştir. Boşluk oranı (e) – efektif gerilme (σ'_{vc}) grafiğinde doğal killerin neredeyse hepsinin doğal sıkışma eğrisinin içsel sıkışma eğrisinden daha yukarıda yer aldığını, bunun sonucunda doğal killerin yeniden yapılandırılmış malzemeye göre daha hassas ve gevrek olduğunu ortaya koymuştur. Doğal sıkışma eğrisinin içsel sıkışma eğrisine göre konumunun depolanma sırasındaki koşullara ve yıkanma gibi depolanma sonrası süreçlere bağlı olduğunu ileri sürmüştür. Her ikisi de OC olan Tadi Kili ve Londra Kili üzerinde yaptığı deneyler sonucunda örselenmemiş dayanımın içsel dayanımdan çok daha yüksek olduğunu göstermiştir.

DeGroot (1992) buzul bölgelerindeki kıyıdan uzak mühendislik yapılarının temel zeminine etkileyen gravite gerilmesi ve buzul yüklerinin zemin davranışına olan etkisini araştırmıştır. Bu amaçla geliştirdiği çok yönlü direkt kesme (MDSS) deney aletini kullanarak yeniden çökeltilmiş örnekler üzerinde anizotropik CU direkt kesme deneyleri gerçekleştirmiştir. Bu deney aletiyle zemin örneğinin konsolidasyon yönüne göre göreceli olarak farklı açılardan etkileyen bir buzul yükü (τ_2) ile örnek kesilmiştir. Böylece mühendislik yapısının zemine yerleştirildiğinde oluşan gravite gerilmesi ve ikincil olarak etkileyen buzul yükleri simule edilmiştir. Çalışma sonucunda σ_c 'nin etkime açısının ve büyüklüğünün RBBC'nin drenajsız dayanımına oldukça etki ettiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, ikincil buzul yüklerinin etkime açısının zeminin pik makaslama dayanımını 0-120 dereceler arasında azalttığı, 120-180 dereceler arasında ise arttırdığı belirlenmiştir.

Çalışmada uygulanan yeniden çöktürme prosedürü aşağıda açıklanmıştır:

- Malzeme 40 numaralı elekten yıkamalı olarak elenir ve fırında kurutulduktan sonra öğütülür,
- Bulamaç kil pudrası, saf su, tuz (NaCl) ve fenolden oluşur. Su ve kil pudrası havaları alınarak vakumlu bir bölmede karıştırılır. Bulamaç %100 su içeriğine ulaştıktan sonra 30 dakika hızlı bir şekilde mekanik olarak karıştırılır ve daha sonra konsolidometreye alınır.
- Bulamaç $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde 1 kg/cm^2 'ye kadar kademeli olarak yüklenir. Her bir yük kademesi birincil konsolidasyon tamamlanana kadar uygulanır. Maksimum gerilme olan 1 kg/cm^2 ise ikincil sıkışmanın bir logaritma devresi boyunca uygulanır. Daha sonra örnek $0,25 \text{ kg/cm}^2$ 'ye (yani $\text{OCR}=4$ 'e) geri yüklenir. BBC için $\text{OCR}=4$ iken $K_0=0,9$ olmakta, yani örnek izotropik duruma çok yakın olmaktadır. Dolayısıyla örneğin konsolidometreden çıkarılması esnasında meydana gelecek deformasyonlar minimuma indirilmiş olmaktadır.
- Örneğin kenarından itibaren yaklaşık 0,3 santimetrelilik bir yarık açılır ve konsolidometre çıkarılır. Böylece sürtünmeden kaynaklı örselenme en aza indirilir. Bu zemin pastasından istenilen boyutlarda örnekler kesilerek deneylerde kullanılır.

Santagata (1998) RBBC'nin yenilme öncesi gerilme-birim deformasyon davranışını incelemiştir. Malzeme davranışının üniform ve yeniden üretilebilir oluşu konsolidasyon gerilmesi seviyesi (σ'_{vc}), OCR, yenilme öncesi konsolidasyon gerilme izi, yenilme öncesi yatay gerilme oranı, kesme hızı ve laboratuvar yaşlandırması süresi gibi parametrelerin drenajsız üç eksenli basınç deneyi sırasında detaylı bir şekilde araştırılabilmesini sağlamıştır. Yapılan deneyler sonucunda ilksel sıkılığın maksimum düşey konsolidasyon ve boşluk oranı tarafından kontrol edildiği tespit edilmiştir. Laboratuvar yaşlandırması ile ilksel sıkılık bir logaritma devresi için %20-25 kadar arttırılabilmiştir. Düşük birim deformasyonlardaki lineer olmayan davranışlar boşluk oranı ve gerilme seviyesinden bağımsızdır ancak yenilme öncesindeki yüklemenin yönü tarafından kontrol edilmektedir.

Çalışmada uygulanan yeniden çöktürme prosedürü aşağıda özetlenmiştir:

- Öğütme: Doğal zemin 40 numaralı elekten yıkamalı olarak elenir, böylece orta kum ve yabancı maddeler izole edilir. Örnek daha sonra fırında kurutulur, öğütülerek pudra haline getirilir ve 100 numaralı elekten geçmesi sağlanır,

- Yeniden Çökeltme: Şekildeki şematik alet kullanılır. 15 kg zemin 15 kg havası alınmış su ile karıştırılır. 100 g sodyum klorit (NaClO_2), 2 ml fenol ve 16 g/L tuz eklenir. Bulamaç üstteki karıştırma hücresinde 60 RPM'lik bıçaklarla karıştırılır ve daha sonra alttaki konsolidasyon hücreğine aktarılır. Konsolidasyon hücresinin duvarları bu işlemten önce gres yağı ile kaplanır.
- Konsolidasyon: Bulamaç konsolidometreye alındıktan sonra piston yerleştirilir ve $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde kademeli olarak yüklenir.
- $0,016 \text{ kg/cm}^2$ 'den 1 kg/cm^2 'ye kadar yükleme yapıldıktan sonra $0,25 \text{ kg/cm}^2$ 'ye geri yükleme yapılır ($\text{OCR}=4$). Düşük gerilme adımları hariç her adımda en az birincil konsolidasyon tamamlanıncaya kadar beklenir, en büyük gerilme kademesi ise ikincil sıkışmanın 1 logaritma devresi sonuna kadar uygulanır. Çift taraflı drenaja sahip olan konsolidometrede bu konsolidasyon süreci 19 günde tamamlanmıştır. $\text{OCR}=4$ olduğunda zemin hidrostatik dengededir ve zemin pastasının konsolidometreden çıkarılması esnasında oluşan makaslama birim deformasyonu en düşüktür.

Gonzalez (2000) birim deformasyon hızı, test ekipmanı etkisi ve veri yorumlama için kullanılan farklı yöntemler gibi sabit birim deformasyon oranı (CRS) deneyini etkileyen parametreleri araştırmıştır. Bu amaçla RBBC ve yeniden çökelttilmiş Vicksburg Buckshot Kilinin (RVBC) CRS konsolidasyon sırasındaki davranışını incelemiştir. Deneyler sırasında birim deformasyon hızı hassasiyeti, gözenek suyu basıncı ve kısa süreli (geçici) durumları takip etmiştir. Wissa vd. (1971) tarafından önerilen iki analiz metodunu model bir zemin üzerinde yapılan nümerik simülasyonlarla irdelemiştir. Deneyler sonucunda her iki zeminin de birim deformasyon hızına duyarlı olduğunu belirlemiştir. Nümerik analiz sonuçlarına göre k_v ve c_v 'yi hesaplamak için kullanılan eşitliklerin büyük deformasyonlarda da çalışabilmesi için modifiye edilmesi gerektiğini belirlemiştir.

Uygulanan yeniden çökeltme yöntemi aşağıdaki gibidir:

- RVBC: Kuru zemin pudrası %80 su muhtevası ($W=1,4 W_L$) olacak şekilde saf su ile karıştırılır. Bulamaç bir behere alınarak 5 dakika boyunca kaynatılır ve bu sırada karıştırılarak havası alınır. Bulamaç hala sıcakken modifiye ödometre cihazına konulur (6,5 cm çap ve 12 cm yükseklik). Konsolidometre yarısına kadar bulamaçla doldurulur ve 24 saat boyunca çökmesi beklenir. Örnek daha sonra $0,75 \text{ kg/cm}^2$ 'lik maksimum gerilmeye kadar $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde yüklenir ve

daha sonra OCR=4'e ($0,188 \text{ kg/cm}^2$) geri yüklenir. Her bir yük kademesi 24 saat yani birincil konsolidasyon tamamlanıncaya kadar uygulanır. Düşey deformasyon LVDT ile ölçülür. Son olarak örnekler çıkarılır ve tıraşlanarak deneye hazırlanır.

- RVBC-2: Yukarıdaki örneklerle yapılan CRS deneylerinde birtakım tutarsızlıklar görülmesi üzerine RBBC için kullanılan konsolidometre kullanılarak yeni bir prosedür uygulanmıştır. 8 kg kuru zemin pudrası 6 kg saf su ile karıştırılıp oda şartlarında dengeye ulaşması beklenir. Böylece $W=1,25W_L$ 'ye karşılık gelen %75 su muhtevasına sahip bir bulamaç oluşturulur. Bulamaç daha sonra geniş bir kaba alınıp yaklaşık 5 dakika boyunca kaynatılır ve aynı zamanda karıştırılır. Hala sıcak haldeyken konsolidometreye alınır. 7,5 cm yüksekliğinde bir örnek oluşturabilmek için konsolidometrenin 11 cm yüksekliğine kadar bulamaç doldurulur ve kendi ağırlığı altında 2 saat oturması beklenir. $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde $0,008 \text{ kg/cm}^2$ 'den $0,75 \text{ kg/cm}^2$ 'ye kadar 8 kademe yüklenir ve daha sonra $0,188 \text{ kg/cm}^2$ 'ye (OCR=4) geri yüklenir.
- RBBC: Doğal zemin musluk suyuyla yumuşatılıp 10 numaralı elekten elenir; kurutulup %95'i 100 numaralı elekten geçecek şekilde öğütülür. Vakum altında, 15 kg zemin pudrası ve 15 kg saf su karışım kabında karıştırılır ve 100 g NaCl (topaklanma oluşması için) ve 2 ml fenol eklenir. Daha sonra örnek kabaca %100 su muhtevasıdadır ve dakikada 120 tur hızla 30 dakika boyunca karıştırılır. Örnek hala vakum altındayken karıştırma bölmesinden konsolidometreye boşaltılır ve vakum kaldırılarak konsolidasyon süreci başlatılır. Bulamaç $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde 1 kg/cm^2 maksimum gerilmeye kadar yüklenir ve daha sonra $0,25 \text{ kg/cm}^2$ 'ye (OCR=4) geri yüklenir. Her bir yük 48 saat boyunca uygulanır ve $0,0156 \text{ kg/cm}^2$ 'den başlanarak 7 adımda tamamlanır. $0,125 \text{ kg/cm}^2$ 'ye kadar olan gerilmeler ölü yüklerle, daha büyük gerilmeler ise yük hücreleriyle uygulanmıştır. Tüm konsolidasyon süreci boyunca düşey deformasyon LVDT'ler ile ölçülmüştür.

Mazzei (2008) Meksika Körfezi'nde yapılan derin deniz sondajlarından alınan zemin örneklerinin ileri derecede örselenmiş olduğunun belirlenmesinin ardından bu örnekleri yeniden çökeltirerek jeoteknik özelliklerini araştırmıştır. Zeminin mekanik özelliklerini 7 adet konsolidasyonlu drenajsız üç eksenli sıkışma deneyiyle konsolidasyon gerilmesinin bir fonksiyonu olarak belirlemiştir. Konsolidasyon gerilmesi (σ'_{vc}) 150 KPa ile 1,2 MPa arasında uygulanmıştır. Deneyler sonucunda artan K_0 oranı ile drenajsız makaslama dayanımının düştüğü belirlenmiştir. Malzemenin normalize drenajsız makaslama dayımı

0,24-0,27 arasında bulunmuş ve bu değerlerin beklenenden düşük olduğu ifade edilmiştir. Malzemenin içsel sürtünme açısının ise 22-26 derece arasında değiştiği belirlenmiştir.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme prosedürü aşağıda özetlenmiştir:

- Örnekler 24 saat oda sıcaklığında kurutulur ve 100 numaralı elekten geçecek şekilde öğütülür. Doğal örnek 200 numaralı elekten geçecek kadar ince daneler içerdiği için bu işlem malzemenin dane dağılımını değiştirmemiştir. Örnek daha sonra saf su ile karıştırılır ve kapalı bir konteynerde nem odasına konularak 24 boyunca hidratlanması sağlanır. Hidratasyondan sonra bulamaç bir ısıpatula ile iyice karıştırılarak homojen bir bulamaç haline getirilir. Meksika Körfezi Kilinin (GMC) yüksek tuz içeriği nedeniyle tuz eklenmez. Bulamaç akışkan ve topaksız hale gelinceye kadar karıştırılır ve vakum aparatına yerleştirilerek havası alınır. Bulamaç daha sonra konsolidasyon tüpüne yerleştirilir.
- Her bir örnek farklı bir gerilme altında konsolide edilir. $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 veya daha azdır. Bunun sebebi zeminin kenarlardan taşmasını önlemektir. İlk yük üst kapatır, daha sonra 100 g, 200 g, 400 g, 800 g ve istenilen seviyeye kadar yükler uygulanır. Maksimum yüke ulaştıktan sonra belli bir süre beklenir ve deneyden 1-2 gün önce OCR=4'e geri yüklenir ve şişmesine izin verilir. Çoğu örnekte yükler 5 gün aralıklarla uygulanmıştır çünkü birincil konsolidasyon ancak tamamlanabilmiştir.

Moniz (2009) RBBC'nin düşük σ'_{vc} ile drenajsız makaslama dayanımı arasındaki ilişkiyi 0,15 MPa ile 2 MPa arasında değişen σ'_{vc} seviyelerinde araştırmıştır. Deney sonuçları drenajsız makaslama dayanımının artan σ'_{vc} ile azaldığını göstermiştir. Drenajsız makaslama dayanımı 0,17 kg/cm²'den 0,15 kg/cm²'ye; içsel sürtünme açısı 45 dereceden 31,1 dereceye düşmüştür. Toprak basıncı katsayısı (K) ile σ'_{vc} arasında bir ilişkinin olmadığı görülmüştür.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme yöntemi aşağıda özetlenmiştir:

- Doğal BBC araziden alındıktan sonra musluk suyu ile karıştırılarak yoğun bir bulamaç elde edilir. Bu bulamaç 10 numaralı elekten elenerek yabancı maddeler, iri kum, çakıl ve kabuklardan arındırılır. Daha sonra 60°C'lik fırında kurutulur ve %95'i 100 numaralı elekten geçecek şekilde öğütülür. Örnek 2 kez rastgele bir şekilde karıştırılır.

- 500 gr örnek ve 500 gr saf su 20 dakika boyunca karıştırılarak homojen bir bulamaç elde edilir. Bulamaca 6 g/kg oranında NaClO_2 eklenerek dağınık bir yapıdan ziyade topaklanmış bir malzeme elde edilir. Daha sonra bulamaç vakumlanarak havası alınır ve 63,5 mm çapındaki konsolidometreye yerleştirilir. Konsolidometrenin içi önceden silikon yağ ile kaplanmış ve alt ve üst yüzeylerine filtre kâğıdı ve poröz taşlar yerleştirilmiştir.
- Örnek konsolidometreye konulduktan sonra $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde kademeli olarak 0,003 MPa'dan 1 MPa'a kadar yüklenir. Her bir yükleme kademesi 24 saat boyunca veya birincil konsolidasyon tamamlanıncaya kadar uygulanır. Maksimum yük ise ikincil sıkışmanın 1 logaritma devresi kadar uygulanır. Her bir kademede gerçekleşen düşey deformasyon LVDT ile ölçülür. Örnek, örselenme etkisini en aza indirmek amacıyla $\text{OCR}=4$ 'e geri yüklendikten sonra konsolidometreden çıkarılır ve 35 mm'ye tıraşlanır.

Abdulhadi (2009) Sondaj kuyularındaki duraysızlıkları incelemek amacıyla NC ve OC RBBC üzerinde 0,15 MPa'dan 10 MPa'a kadar değişen σ' ve seviyelerinde K_0 -konsolide üç eksenli sıkışma ve genleşme deneyleri yapmıştır. Yükleme şekli, örnek geometrisi, yenilme öncesi yatay gerilme, drenaj koşulları, konsolidasyon gerilmesi, gerilme geçmişi gibi etkenlerin sondaj kuyusu üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla model sondaj deneyleri yapmıştır. Üç eksenli sıkışma ve genleşme deneyleri drenajsız dayanım oranının artan konsolidasyon gerilmesi ile belirgin bir şekilde düştüğünü, sıkılık oranının azaldığını ve büyük birim deformasyonlarda içsel sürtünme açısının önemli derecede düştüğünü ortaya koymuştur. İksel kuyu sıkılığı σ' ve arttıkça azalmaktadır.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme yöntemi aşağıda özetlenmiştir:

- Malzeme işleme: doğal BBC musluk suyuyla yumuşatılıp yoğun bir bulamaç haline getirilir ve yabancı maddelerden, kabuklardan, iri kum ve çakıl gibi malzemelerden arındırılmak üzere 10 numaralı elekten elenir. 60C'deki etüvde kurutulan malzeme %95'i 100 numaralı elekten geçecek şekilde öğütülür.
- Çökeltme: Zemin örneği %100 su içeriğine sahip olacak şekilde havası alınmış su ile iyice karıştırılır. Bu su içeriği likit limitin yaklaşık 2 katıdır. Bulamaca NaCl (16 g/L) eklenerek topaklı bir yapı kazanması sağlanır. Daha sonra örnek vakumlanır ve bu haliyle ince bir hortum ve huni yardımıyla konsolidometreye alınır.

- Yeniden çökeltme işlemi rijit bir konsolidometrede gerçekleşir. Konsolidometre bir poröz taş üzerinde ve su içerisinde bulunur. Daha küçük bir poröz taş ve üzerinde filtre kâğıdı konsolidometrenin iç tabanına ve bir başka poröz taş-filtre kâğıdı da üst kısmına yerleştirilir. Bu poröz taş üzerine üst kapak takılır ve örnek buradaki piston yardımıyla konsolide edilir.
- $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde zemin bulamacı kademeli olarak yüklenir ve daha sonra OCR=4'e geri yüklenir. 0,1 MPa'a kadar olan gerilmeler ölü ağırlıklarla, daha büyük gerilmeler ise hava basıncı aktüatörleri ile verilir. Her bir yük kademesi en az birincil konsolidasyon tamamlanıncaya kadar (genelde 1-2 gün), maksimum yük kademesi ise en az ikincil sıkışmanın 1 logaritma devresi kadar (genellikle 2 gün) uygulanır. Bu süreç toplamda 3-4 hafta sürmektedir (arzulanan maksimum gerilme seviyesine göre değişir).
- 1 MPa'dan düşük gerilmelerde piston itilerek, daha büyük gerilmelerde ise hidrolik örnek çıkarıcılarla örnekler konsolidometreden çıkarılır.

Jones (2010) Alaska'da yaklaşık 1,6 km derinden alınan Ugnu Kilini yeniden çökeltmek (RUC) mühendislik özelliklerini araştırmıştır. Sıkışma parametrelerini konsolidasyon gerilmesinin bir fonksiyonu olarak belirlemek amacıyla 6,8-39 MPa arasında değişen σ'_{vc} seviyelerinde 13 adet CRS konsolidasyon deneyi gerçekleştirmiştir. Deney sonuçlarına göre sıkışma oranının artan konsolidasyon gerilmesiyle azaldığını belirlemiştir. Örneklerin yanal gerilme (K_0) ve drenajsız dayanımın (S_u) belirlenmesi amacıyla 0,19-9,8 MPa arasında değişen σ'_{vc} seviyelerinde 13 adet izotropik konsolidasyonlu-drenajsız üç eksenli sıkışma deneyi yapmış, artan konsolidasyon gerilmesiyle K_0 'ın arttığını, S_u 'nın ise azaldığını belirlemiştir. Örneklerin içsel sürtünme açılarının artan konsolidasyon gerilmesiyle azaldığını saptamıştır.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme prosedürü aşağıdaki gibidir:

- Malzeme havan veya diğer öğütücülerle 10 μ m'den ufak parçalara ayrılır ve doğal halindeki tuz içeriğine ve likit limitine bağlı olarak bir bulamaç haline getirilerek havası alınır.
- Bulamaç konsolidometreye yavaşça dökülür. Hedeflenen konsolidasyon gerilmesine ulaşmak amacıyla $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde kademeli olarak yüklenir. Örnekteki boy değişimi bir deformasyon saati veya LVDT ile ölçülerek birincil konsolidasyonun bitip bitmediği kontrol edilir. İstenilen konsolidasyon

gerilmesine ulaşıldıktan yaklaşık 24 saat örnek OCR=4 olacak şekilde geri yüklenir. Böylece malzemenin konsolidometreden çıkarılması sırasında oluşabilecek örselenmenin makaslama bileşeni minimuma indirilmiş olur. Çıkarılan örnek tıraşlanarak deneye hazır hale getirilir.

Horan (2012) gözenek suyundaki tuz içeriğinin GMC, BBC, Londra Kili ve Na-montmorillonit zeminlerin yeniden çökeltilmiş örnekleri üzerindeki etkisini incelemiş ve bu amaçla CRS konsolidasyon ve CU üç eksenli sıkışma dayanımı deneyleri yapmıştır. Örneklerin gözenek suyunun tuz içeriği 0'dan (saf su) 256 g/L'ye kadar değişecek şekilde yeniden çökeltilmiş ve RBBC deney sonuçları ilksel BBC örnekleriyle kıyaslanmıştır. Deney sonuçlarına göre BBC ve Londra Kilinin 256 g/L'ye kadar olan gözenek suyu tuzluluğuna karşı duyarsız oldukları belirlenmiştir. BBC'nin bu tuzluluk oranındaki dayanım karakteristikleri hemen hemen aynı kalmıştır. RBBC'nin yenilmesi için gereken birim deformasyonun sağlam BBC'nin yarısı kadar olduğu saptanmıştır.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme yöntemi aşağıda özetlenmiştir:

- Örnekler kurutulur ve %95'i 100 numaralı elekten geçecek şekilde öğütülür.
- İstenen miktarda zemin istenen miktarda tuzlu su ile karıştırılır ve hidrate olması sağlanır (1 gün – 1 hafta süreyle).
- Bulamaç tamamen hidrate olduktan sonra mekanik olarak 30 dakika boyunca karıştırılır ve havası alınır. Havası alınan bulamaç bir hortum yardımıyla konsolidometreye aktarılır.
- Bulamacın alt ve üst kısımlarına filtre kağıdı ve poröz taş konularak drenaj sağlanır. Daha sonra bulamaç $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde kademeli olarak yüklenir. CRS deneyi örnekleri 100 KPa, üç eksenli sıkışma deneyi örnekleri ise 200 KPa konsolidasyon gerilmesi altında konsolide edilir. Örnek daha sonra OCR=4'e geri yüklenir. Bu çalışmada hedeflenen konsolidasyon gerilmeleri düşük olduğu için sadece ölü yükler kullanılmıştır. Her bir yük kademesi birincil konsolidasyon tamamlanıncaya kadar uygulanmıştır.
- Konsolidasyon süreci tamamlandıktan sonra piston elle itilerek örnekler çıkarılmış ve tıraşlanarak deneye hazır hale getirilmiştir.

Kontopoulos (2012) yeniden çökeltilmiş San Francisco Körfezi Çamuru (RSFBM) örnekleri üzerinde yapılan çoklu örseleme simülasyonlu üç eksenli sıkışma deneyleriyle

literatürde var olan ön konsolidasyon gerilmesi belirleme yöntemlerinin sistematik incelemesini yapmıştır. Çalışmada önerilen ‘ideal örnek yaklaşımı’ ile örnekler etkiyen farklı örselenme miktarlarının sıkışma eğrisi ve ön konsolidasyon gerilmesi üzerindeki etkisi sayısallaştırmıştır. Her bir örselenme döngüsünden sonra örnekler tekrar konsolide edilmiş (bakir sıkışma eğrisine kadar), böylece örselenmenin önceki etkileri ortadan kaldırılmıştır. Daha sonra her bir yeniden sıkışma eğrisi, miktarı bilinen bir örselenmenin ilksel sıkışma evresi olarak kabul edilmiştir. Geniş bir gerilme aralığında örnekler NC ve OC olarak deneye tabi tutulmuşlardır. Örnekleme tüpünün merkezinden geçen çizginin dışında kalan bir zemin elementi için örselenme etkisi simüle edilmiştir. Modifiye yeniden sıkışma katsayısı/sıkışma katsayısı (C_C) oranı kullanılarak örselenmeyi sayısallaştıran yeni bir yöntem önerilmiştir. Örselenme etkisinin artan OCR ile azaldığı gözlenmiştir.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme yöntemi aşağıdaki gibidir:

- Doğal malzeme oda koşullarında kurutulur ve 200 numaralı elekten geçecek şekilde öğütülür. Böylece örnek kil boyutuna kadar küçültülür ve önceki yapısı ve gerilme geçmişi tamamen silinir. Çeyreklemeye yöntemiyle homojen bir pudra oluşturulur ve bu pudra havası alınmış su ile karıştırılarak düşük viskoziteli yoğun bir bulamaç elde edilinceye kadar (30-45 dakika) elle karıştırılır. Ortaya çıkan bulamacın su muhtevası %100'dür ki bu W_L 'nin 1,5 katına denk gelmektedir. Bulamaç bu haliyle tamamen hidrate oluncaya kadar bekletilir ve daha sonra havası alınarak konsolidometreye aktarılır.
- Bulamacın alt ve üst yüzeylerine konsolidometre ile aynı çapta filtre kâğıdı ve poröz taş yerleştirilir. Konsolidometre olduğu gibi su banyosuna alınır ve banyonun konsolidasyon süresi boyunca dolu kalması sağlanır. Daha sonra bulamaç $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde kademeli olarak yüklenir ve yükleme tamamlandıktan sonra OCR=4'e geri yüklenir. Yüklemler direkt olarak veya yükleme kolları aracılığı ile ölü yükler vasıtasıyla uygulanmış, meydana gelen düşey deformasyonlar LVDT ile ölçülmüştür. Her bir yük kademesi Casagrande log-zaman yöntemi ile belirlenen birincil konsolidasyon tamamlanuncaya kadar (24-72 saat) uygulanır.
- Bu şekilde örneğin istenilen ön konsolidasyon gerilmesinde konsolide edilmesi 2,5-3 hafta sürmektedir; bu nedenle aynı özelliklerde üç adet konsolidometre kullanarak süreç hızlandırılmıştır.

House (2012) BBC ve RBBC'nin davranışlarını CRS konsolidasyon ve CU üç eksenli sıkışma deneyleriyle araştırmıştır. RBBC'nin sıkışma oranı, hidrolik iletkenlik, konsolidasyon katsayısı (C_v), yatay gerilme oranı, ön konsolidasyon gerilmesi ve doruk içsel sürtünme açısı parametrelerinin tipik aralıklarının BBC ile uyumlu olduğunu belirlemiştir. Sekant içsel sürtünme açısı, şişme oranı ve drenajsız dayanım değerlerinin değişim aralıklarının ise BBC'yi de kapsayacak şekilde daha geniş olduğunu saptamıştır. Araştırmacı deneysel bir çalışma yapmayıp önceki çalışmaların sonuçlarını derleyerek kıyaslamıştır.

Casey (2014) yeniden çökeltilmiş ince daneli zeminlerin 0,1-100 MPa arasında değişen efektif gerilmelerdeki konsolidasyon ve makaslama dayanımını araştırmıştır. 8 farklı zemin örneği üzerinde CU üç eksenli sıkışma dayanımı deneyleri gerçekleştirmiş ve bu zeminlerin sabit bir normalize davranış gösterdiğini öne süren yaklaşımın, zemin davranışı geniş bir gerilme aralığında incelendiğinde, doğru olmadığını belirlemiştir. Yüksek plastisiteli zeminlerin hem normalize drenajsız dayanımının hem de kritik içsel sürtünme açısının düşük plastisiteli zeminlere göre çok daha hızlı bir şekilde azaldığını ortaya koymuştur. Ön konsolidasyon gerilmesinin artması ise tüm zemin tiplerinde daha sünek bir gerilme-birim deformasyon davranışı gözlenmesine yol açmıştır. Zeminlerin permeabilite-porozite ilişkisinin likit limitle ilişkilendirilebileceğini öne sürmüştür.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme prosedürü aşağıdaki gibidir:

- Öğütme: Doğal malzeme parçalanır, kurutulur ve öğütülür.
- Çökeltme: İstenen miktarda zemin pudrası saf su ile karıştırılıp elektrikli karıştırıcı ile karıştırılır. Kullanılan saf su miktarı likit limitin 2 katı kadardır. Daha sonra bulamacın havası alınır ve konsolidometreye huni yardımıyla dökülür.
- Konsolidasyon: $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde kademeli olarak yükleme yapılır. Her bir yük kademesi en az birincil konsolidasyonun sonuna kadar uygulanırken son yük kademesi ikincil sıkışmanın bir logaritma devresinin sonuna kadar uygulanır. Daha sonra örnek tek kademedede $OCR=5$ 'e geri yüklenir.
- Çıkarma ve Hazırlama: Yeniden çökeltme tamamlandıktan sonra malzeme elle veya hidrolik başlıklarla çıkarılır. Bu örnekler tel testere ile tıraşlanamadığı için üç eksenli deney örneğiyle aynı çapta çökeltilmişlerdir. Örneğin alt ve üst yüzeyleri jilet yardımıyla kesilerek düzeltilir ve deneye hazır hale getirilir. Kesilen parçalar su muhtevasının belirlenmesinde kullanılır.

Fahy (2014) 0-256 g/L tuzluluk oranına sahip gözenek suyu seviyelerinde yeniden çöktürülen yüksek plastisiteli GMC örneklerinin mekanik özelliklerini incelemiş ve bu amaçla CRS konsolidasyon ve CU üç eksenli sıkıştırma deneyleri gerçekleştirmiştir. CRS deneyleri 30-40 MPa, üç eksenli sıkıştırma deneyleri ise 0,125-63 MPa arasındaki konsolidasyon gerilmelerinde yapılmıştır. Gözenek suyu tuzluluğu 4, 61 ve 256 g/L olarak kademelendirilmiştir. CRS deneyleri tuzluluğun artmasıyla sıkışabilirliğin azaldığını ve permeabilitenin belirgin bir şekilde arttığını göstermiştir. Konsolidasyon gerilmesinin 40 MPa seviyelerine çıkmasıyla tuzluluğun sıkışabilirlik üzerindeki etkisi ihmal edilebilir boyutlara inmiştir. Hem normalize drenajsız dayanım (S_u) hem de kritik içsel sürtünme açısı artan konsolidasyon gerilmesiyle birlikte belirgin bir şekilde azalmıştır.

Çalışmada uygulanan yeniden çöktürme prosedürü aşağıda özetlenmiştir:

- Çalışılabilir derecede akışkan ancak içerisinde serbest su bulunmayan bir bulamaç elde etmek için likit limitin yaklaşık 2 katı kadar su zemine ilave edilir ve hidrate olması beklenir. Bu işlem zemin mineralojisine bağlı olarak birkaç gün sürebilir.
- Bulamaç tamamen hidrate olduktan sonra mekanik karıştırıcıda yavaş hızda 10 dakika kadar karıştırılır. Karıştırma kabının yan duvarları ve tabanı plastik ısıpatula ile kazındıktan sonra tekrar 10 dakika kadar karıştırılır.
- Karıştırma işleminin ardından vakum yardımıyla bulamacın havası alınır ve hortum ve huni yardımıyla konsolidometreye aktarılır. Kabarcık oluşumunun engellenmesi için huninin uç kısmı yükselen zemin kolonunun hemen üzerinde tutulmalıdır.
- Bulamaç herhangi bir çaptaki konsolidometreye konulur ve alt ve üst yüzeylerine filtre kâğıdı ve poröz taş yerleştirilir. Konsolidometrenin iç duvarları silikon yağ veya yüksek viskoziteli vakum gresi ile kaplanır. Konsolidometrenin içinde bulunduğu rezervuar veya banyo, bulamaç hazırlanırken kullanılan suyunu aynısı ile doldurulur ve bu su aynı zamanda bulamacın üst kısmından da dökülür. $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde kademeli olarak yükleme yapılır. Her bir yük kademesi birincil konsolidasyon tamamlanıncaya kadar, son yük kademesi ise ikincil sıkışmanın 1 logaritma devresi kadar uygulanır. Daha sonra örnek $OCR=4'$ e geri yüklenir. CRS konsolidasyon deneyine tabi tutulacak örnekler 0,1 MPa; üç eksenli sıkıştırma deneyine tabi tutulacak örnekler ise deneyde uygulanacak olan düşey efektif gerilmenin yarısı kadar bir konsolidasyon gerilmesi altında yeniden

çökeltmiştir. 0,5 MPa'a kadar olan gerilmeler ölü yüklerle, 10 MPa'a kadar olan gerilmeler ise ödometre düzeneğinin 100:1 oranındaki yükleme kolları ile uygulanmıştır.

Adams (2014) kübik RBBC örnekleri üzerinde yapılan sistematik deneylerle çamur taşlarında gelişen permeabilite (K) ve rezistivite (ρ) anizotropilerini araştırmıştır. Üniform RBBC örneklerinin porozitesinin 0,49'dan 0,36'ya inmesiyle birlikte permeabilite anizotropisi ve iletkenlik anizotropisinin (rezistivite anizotropisinin tersi) 1,2'den 1,9'a çıktığını belirlemiştir. Artan gerilmeyle birlikte örneklerdeki plaka şekilli parçacıkların yatayla yaptığı açının 42 dereceden 28 dereceye düşmesiyle permeabilite anizotropisinin gelişmeye başladığını gözlemlemiştir. Örneklerin porozite değerlerinin 0,36'nın da altına indirilmesinden sonra ise hem permeabilite anizotropisinin hem de iletkenlik anizotropisinin azaldığını ortaya koymuştur.

Nordquist (2015) yeniden çökeltmiş killi zeminlerin permeabilite anizotropisini (yatay permeabilitenin düşey permeabiliteye oranı) araştırmışlardır. Düşey efektif gerilme 0,1 MPa'dan 40 MPa'a çıktığında RBBC'nin permeabilite anizotropisi 1,5'ten 3'e yükselmiştir. Aynı gerilme şartlarında RGMG'nin permeabilite anizotropisi ise 1'den 5'e yükselmiştir. Deneyler CRS konsolidasyon deney aletinde ve bu çalışma kapsamında tasarlanan yatay yönelimli bir CRS cihazıyla yapılmış ve böylece yatay ve düşey permeabilite verileri kesin bir şekilde ölçülerek anizotropi belirlenmiştir. Sonuçlar aynı zamanda örneklerin elektriksel iletkenlik verileri ile de ilişkilendirilmiştir ancak bu şekilde elde edilen anizotropi değerlerinin CRS deneyleriyle elde edilen değerlerden daha düşük olduğu görülmüştür.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme yöntemi aşağıda özetlenmiştir:

- Gerekli miktarda zemin pudrası, deniz tuzu ve saf su karıştırılarak bir bulamaç haline getirilir. Kullanılan su miktarı genellikle likit limitin 2 katı kadardır. Bulamaç karıştırıldıktan sonra 24 saat kadar dengeye ulaşması beklenir ve derecelenmenin önüne geçmek amacıyla bulamaç tekrar karıştırılır. Daha sonra bulamacın havası alınarak konsolidometreye yerleştirilir.
- Konsolidometre tuzlu su banyosuna yerleştirilir ve iç duvarları silikon yağ ile kaplanır. Konsolidometrenin tabanına ve bulamacın alt ve üst yüzeylerine filtre kâğıdı ve poröz taşlar yerleştirilir. Karışım üzerindeki poröz taş ilk yük kademesi

olarak birkaç gün uygulandıktan sonra $\Delta\sigma/\sigma$ oranı 1 olacak şekilde kademeli olarak yüklemeye devam edilir. Başlangıçtaki yüklemeler doğrudan konsolidometre üzerine ağırlık konularak, daha ileri seviyelerdeki yüklemeler ise yükleme kolları vasıtasıyla uygulanır.

- Her yükleme kademedeki yükseklik değişimi LVDT'ler ile ölçülür ve mevcut kademedeki konsolidasyon %90'a ulaştığında sıradaki yükleme kademesine geçilir (Taylor, 1948). Son yükleme kademesi ise birincil konsolidasyon tamamlandıktan sonra 1 logaritma devresi boyunca uygulanır ve böylece aşırı gözenek suyu basıncının sönümlenmesi sağlanır.
- Örnek önce $OCR=2$ 'ye, daha sonra da $OCR=4$ 'e geri yüklenir ve 1 logaritma devresi kadar beklenir. Örnek bu haldeyken hidrostatik denge durumundadır.
- Örnek deneye hazır hale geldiğinde yük tamamen kaldırılır ve örnek elle veya hidrolik pistonlarla konsolidometreden çıkarılır.

Marjanovic (2016) zeminlerin boyuna ve makaslama dalga hızlarının belirlenmesinde uygulanan 3 farklı yöntemi kıyaslamıştır. 0,1 MPa'dan 70 MPa'a kadar değişen düşey gerilmeler altında yeniden çökeltilmiş zemin örneklerinin V_p ve V_s değerleri ölçülmüştür. V_p ve V_s değerlerinin farklı plastisiteye sahip örneklerde artan gerilmeyle birlikte farklı trendler gösterdiğini saptamıştır. V_p/V_s oranının ise en çok likit limitten etkilendiğini belirlemiştir. Herhangi bir likit limit değeri için V_p/V_s oranının gerilmenin bir fonksiyonu olarak belirlenebilmesi için bir model geliştirmiştir.

Deirieh (2016) GMC ve BBC'nin laboratuvarında çökeltilmesiyle elde edilen yeniden çökeltilmiş örneklerin mikroyapısal özelliklerini SEM ve Cryo-SEM analizleriyle incelemiştir. SEM analizleriyle etüvde kurutulmuş örnekler incelenebilirken Cryo-SEM analizleri örneklerin arazideki özelliklerini araştırmak için kullanılmıştır. Çamurtaşlarının gözenekliliğinin farklı büyütmelerde çekilmiş olan SEM görüntülerinden yola çıkılarak belirlenmesine yarayan bir yöntem önermiştir. Ancak SEM çekimlerinden önce yapılması gereken kurutma işlemi sebebiyle nanometre boyutundaki gözeneklerin neredeyse %50'sinin kapanmasından ve SEM'in sağladığı çözünürlük değerinin altında kalan gözeneklerin belirlenememesinden dolayı yöntemin toplam porozitenin yalnızca %30'unu belirleyebildiğini belirtmiştir. Son olarak çamurtaşlarının daneler arası ve dane için gözeneklerinin uygulanan düşey gerilmeyle birlikte aynı anda kapanmaya başladığını ortaya koymuştur.

Çalışmada uygulanan yeniden çökeltme yöntemi şöyledir:

- Doğadan alınan malzeme kurutulur ve %95'i 100 numaralı elekten geçecek şekilde elenir.
- Kil pudrası, saf su ve deniz tuzu karıştırılarak bulamaç oluşturulur ve bulamaç elektrikli karıştırıcı ile yavaş bir hızda karıştırılır. Gece boyu dinlenmeye bırakılır.
- Bulamacın havası vakum ile alınır ve poröz taş ve filtre kâğıdı yerleştirilmiş konsolidometreye aktarılır.
- Giderek artan gerilmeler altında karışım konsolide edilir. Her bir yük kademesi birincil konsolidasyonun sonuna kadar uygulanır. Maksimum yük kademesi ise ikincil sıkışmanın sonuna kadar uygulanır.
- Örnek OCR=4'e geri yüklenir ve hidrolik başlık kullanılarak konsolidometreden çıkarılır. Çıkarılan örnek gerektiği gibi tıraşlanarak deneye hazır hale getirilir.

Ranjpour (2020) RGMCM'nin artan düşey efektif gerilmeler altında V_p ve V_s değerlerinin değişimi incelenmiştir. %25 düşey birim deformasyon oranına kadar üç eksenli hücresinde 1-10 MPa düşey yük altında kesilirken V_p üç eksenli V_s ise iki eksenli ölçülmüştür. Deneyler sırasında V_p yaklaşık 300 m/sn (%17) artarken V_s 350 m/sn (%250) yükselmiştir. Çalışmanın ikinci aşamasında yüksek poroziteye sahip (%25-45) malzeme yüksek basınç (>10 MPa) altında konsolide edilirken V_p ve V_s ölçümleri yapılmıştır. Deneyler sonucunda malzemenin V_p değerlerinin 450 m/sn (+%26), V_s değerlerinin ise 550-600 m/sn (+%283-300) arttığı görülmüştür.

Yeniden çökeltme yönteminin uygulandığı çalışmalarda kullanılan zemin türü, araştırılan özellik ve ilgili sınır koşulları Tablo 6'da özetlenmiştir.

1.6. Çalışma Alanının Konumu

Çalışma alanı Samsun ili Bafra ilçesinin yaklaşık 12 km kuzeybatısında bulunan Sahilkent Köyü içerisinde yer almaktadır (Şekil 10). Bafra kent merkezine 010-15 numaralı Sinop-Samsun devlet karayolu ile ulaşım mümkün olup buradan sonra çalışma alanına köy yolları ile ulaşım sağlanmaktadır.

Tablo 6. Yeniden çökeltme yönteminin uygulandığı çalışmalara ait özet tablo

Referans	Kullanılan zemin	Araştırılan özellik	Sınır koşulları
Ladd ve Varallyay (1965)	Kil	Farklı σ - ϵ oranlarının s_u üzerindeki etkisi	NC
Seah (1990)	Kil + silt	Anizotropinin τ üzerindeki etkisi	NC
Ahmed (1990)	Kil	Farklı σ - ϵ oranlarının s_u üzerindeki etkisi	NC, OC
Burland (1990)	Kil	Yeniden yapılandırılmış örneklerle doğal örneklerin sıkışma ve dayanım özelliklerinin kıyaslanması	OC
DeGroot (1992)	Kil	Buzul yüklerinin s_u üzerindeki etkisi	-
Santagata (1998)	Kil	σ - ϵ ilişkisi	NC, OC
Gonzalez (2000)	Kil	CRS deneyini etkileyen parametreler	-
Mazzei (2008)	Kil	$\sigma'_{vc} - s_u$ ilişkisi	NC
Moniz (2009)	Kil	$\sigma'_{vc} - s_u$ ilişkisi	NC
Abdulahdi (2009)	Kil	$\sigma'_{vc} - s_u$ ilişkisi	NC, OC
Jones (2010)	Kil	C_v, s_u	-
Horan (2012)	Kil	C_v, s_u	-
Kontopoulos (2012)	Kil + silt	Örselenmenin sıkışma katsayısı (C_v) ve σ'_{vc} üzerindeki etkisi	NC, OC
House (2012)	Kil	Yeniden çökeltilmiş ve doğal örneklerin C_v ve s_u değerlerinin kıyaslanması	-
Casey (2014)	Kil	$\sigma'_{vc} - s_u$ ve $\sigma'_{vc} - C_v$ ilişkileri	NC, OC
Fahy (2014)	Kil	C_v, s_u	NC, OC
Adams (2014)	Kil	K ve ρ	-
Nordquist (2015)	Kil	K	-
Marjanovic (2016)	Kum, silt, kil	V_p, V_s	-
Deirieh (2016)	Kil	n	-
Ranjpour (2020)	Kil	V_p, V_s	-



Şekil 10. Çalışma alanının yerbulduru haritası.

Çalışma alanı Kızılırmak nehri havzasında bulunan ve Güncel Delta Düzlüğü veya Bafra Kıyı Ovası olarak adlandırılan bölgede yer almaktadır. Çalışma alanının bulunduğu alan üçgen şekilli, tipik delta görünümüne sahip bir yarımada yapısında olup çalışma alanının güneybatısında Alaçam ve Yakakent ilçeleri, güneydoğusunda Bafra ve Ondokuzmayıs ilçeleri, güneyinde Canik Dağları, kuzeyinde ise Karadeniz yer almaktadır.

Bölgede Orta Karadeniz iklimi hakimdir. Yıllık ortalama sıcaklık 14,6°C, ortalama yağış ise 718 mm'dir (URL-2, 2022). En çok yağış kış aylarında, en az yağış ise yaz aylarında düşmektedir. Yıllık sıcaklık ortalaması ile günlük sıcaklık ortalaması arasındaki farkın düşük olduğu bölgede genel olarak ılıman bir iklim hakimdir.

Bafra Kıyı Ovası düşük rakımlı ve az engebeli olup tarım arazileri ve genişliği 4-5 metreye ulaşan su kanalları çok yaygındır. Güneye doğru gidildikçe rakım yükselmekte ve topoğrafya engebeli bir görünüm kazanmaktadır.

1.7. Çalışma Alanının Jeolojisi

Çalışma alanı Alp-Himalaya dağ oluşum sisteminin ülkemizdeki uzantısı olan Doğu Pontid Orojenik Kuşağı'nda (DPOK) yer almaktadır. Yaklaşık 500 km uzunluğunda ve 200 km genişliğindeki magmatik bir yay olarak tanımlanan DPOK (Eyüboğlu, 2011), doğuda Gürcistan sınırına kadar uzanırken batıda Orta Pontidler, kuzeyde Doğu Karadeniz Havzası ve güneyde ise Anatolid-Torid Bloku ile sınırlanmaktadır (Okay, 2013).

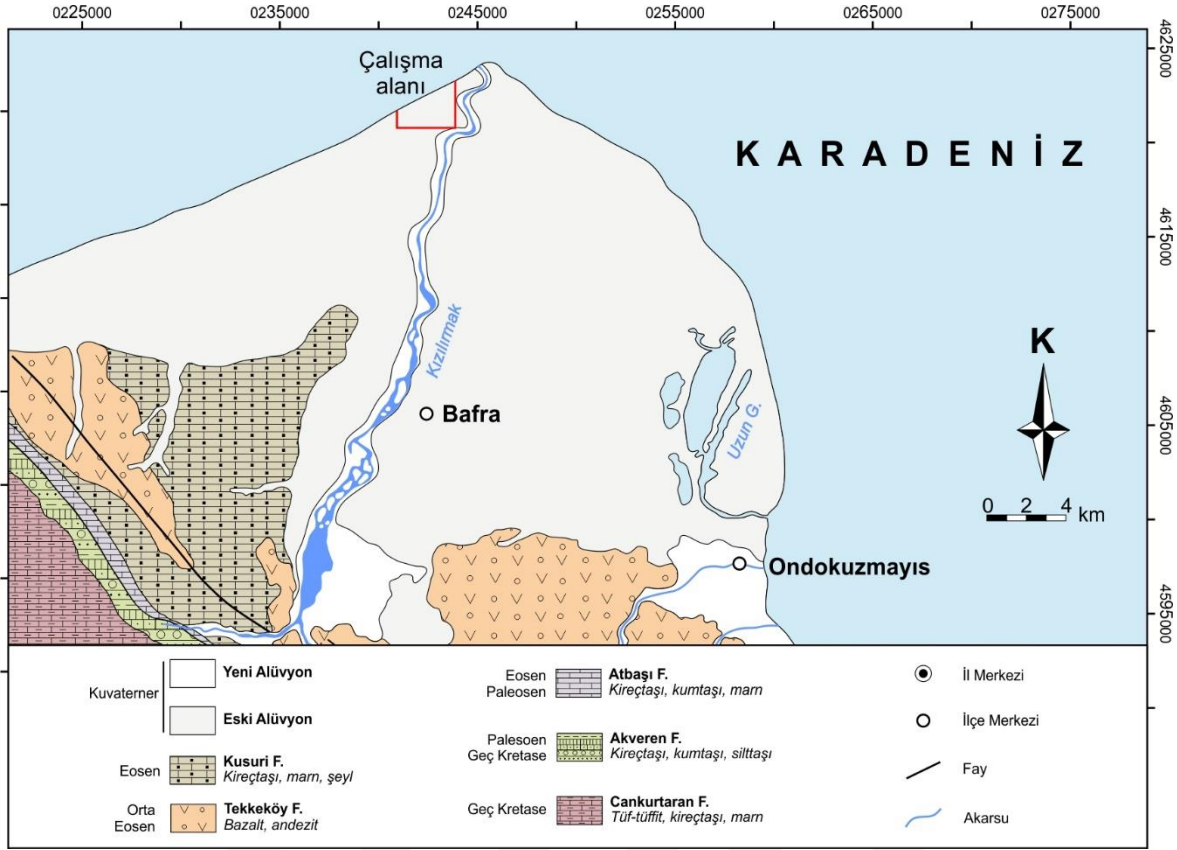
DPOK içerdiği litolojik birimler ile gösterdiği fasiyes değişimleri ve tektonik özellikler dikkate alınarak kendi içerisinde kuzeyden güneye doğru sırasıyla Kuzey Zon, Güney Zon ve Eksen Zonu olmak üzere 3 farklı bölüme ayrılmıştır (Bektaş vd., 1999; Eyüboğlu vd., 2007). Kuzey Zon'da genellikle Geç Kretase ve Tersiyer yaşlı volkanik kayalar ve granitik sokulumlar gözlenirken, Güney Zon Paleozoik yaşlı metamorfik ve magmatik temel üzerine gelen Jura, Kretase ve Eosen yaşlı tortul ve volkano-tortul kayalar, yüksek potasyumlu volkanikler ve ayrıca Eosen yaşlı granitik sokulumlar ile karakteristiktir (Okay ve Şahintürk, 1997; Arslan vd., 1997, 2013; Şen, 2007; Aydın vd., 2008). Daha güneydeki Eksen Zonu'nda ise Geç Kretase yaşlı şoşonitik-ultrapotassik volkanik kayalar ile manto peridotitleri, Orta Kretase yaşlı olistrostromal ofiyolitik melanj ve Miyosen yaşlı volkano-tortul seri baskın litolojileri oluşturmaktadır (Eyüboğlu, 2011).

Çalışma alanının da içerisinde bulunduğu Bafra yöresi DPOK'nın kuzeybatı ucunda, Orta Pontidler sınırında yer almaktadır (Temizel vd., 2016) (Şekil 11). Bölgedeki en yaşlı birim Geç Kretase yaşlı Cankurtaran Formasyonu'dur (Görür ve Tüysüz, 1997). Kumtaşı ve şeyl ara katlı tuf-tüfit, kumlu kireçtaşı ve marnlardan oluşan birim kumtaşı, kumlu kireçtaşı, kireçtaşı ve silttaşlarından oluşan Geç Kretase-Erken Paleosen yaşlı Akveren Formasyonu tarafından uyumlu olarak örtülmektedir (Görür ve Tüysüz, 1997). Geç Paleosen-Erken Eosen yaşlı Atbaşı Formasyonu (Gedik vd., 1984) bu birimleri uyumlu olarak örtmektedir. Kireçtaşı, kumlu kireçtaşı, kumtaşı ve yer yer marn ara katmanları içeren birim kumtaşı-marn-şeyl ara katlı kireçtaşlarından oluşan Orta Eosen yaşlı Kusuri Formasyonu tarafından uyumsuz olarak örtülmektedir (Gedik ve Korkmaz, 1984; Aydın vd., 1995; Görür ve Tüysüz, 1997). Eosen yaşlı bazalt ve andezitlerden oluşan Tekkeköy Formasyonu, Kusuri Formasyonu üzerine uyumsuz olarak gelir (Gedik vd., 1984). Bu birimler tefritik kayalar ile bunların piroklastiklerinden oluşan Orta Eosen yaşlı Mahmurdağ volkanikleri tarafından örtülür (Temizel, 2014). Kuvaterner yaşlı taraça ve alüvyonlar bütün birimleri uyumsuz olarak örtmektedir.

Cankurtaran Formasyonu ilk olarak Blumenthal (1940) tarafından “Orta Filiş” olarak ortaya konulmuş, sonraki yıllarda Badgley (1959) tarafından “Üst Cankurtaran üyesi”, Ketin ve Gümüş (1963) tarafından “Gürsöku Formasyonu” olarak tanımlanmıştır. Gedik vd. (1981) tarafından ise “Cankurtaran Formasyonu” olarak isimlendirilmiştir. Birim türbiditik kumtaşı, marn, şeyl, kumlu kireçtaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmuştur (Gedik vd., 1981). Birim içerisinde Bouma (1962) istifleri yaygın olarak gözlenirken üst kısımlara doğru koyu renkli ve kalın şeyl seviyeleri ve yine üst kısımlarda kılavuz katman niteliğindeki şeyl, sultası, marn ve kireçli kumtaşları bulunur (Gedik ve Korkmaz, 1984). Kalınlığı 2200 metreye kadar ulaşmaktadır. Yaşı, içerdiği fosil faunasına bağlı olarak Geç Kampaniyen – Erken Maestrihtiyen (Geç Kretase) olarak verilmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

Akveren Formasyonu Badgley (1959), Ketin ve Gümüş (1963), Gedik vd. (1981) ve Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından aynı adla tanımlanmıştır. Blumenthal (1940) tarafından ise “Kalkerli Filiş” olarak ele alınmıştır (Gedik ve Korkmaz, 1984). Birim beyaz renkli kireçtaşı, kumlu kireçtaşı ve marn ardalanmasından oluşur (Gedik vd., 1981). Hâkim litoloji kireçtaşı olup 5 cm- 2 m arasında kalınlığa sahip olan kireçtaşı katmanları içerisinde silis ve çört yumruları gözlenir (Sonel vd., 1989). Cankurtaran Formasyonu’nun üzerine uyumlu olarak gelmektedir. Birimin kalınlığı 930 metre olup yaşı fosil faunası göz önünde bulundurularak Geç Kretase – Paleosen olarak verilmiştir (Gedik ve Korkmaz, 1984).

Atbaşı Formasyonu Ketin ve Gümüş (1963) ve Gedik vd. (1981) tarafından aynı isimle, Blumenthal (1940) tarafından ise “Alacalı Filiş” olarak tanımlanmıştır. Kırmızı-bordo ve bej renkli kumtaşı, kireçtaşı aratabakalı marn ve şeyl ardalanmasından oluşan türbiditik bir birimdir (Gedik ve Korkmaz, 1984). Kalınlığı 500 metrenin üzerinde olan birim Akveren Formasyonu üzerine geçişli ve uyumlu olarak gelir. Yaşı, içerdiği fosil faunasına bağlı olarak Geç Paleosen-Erken Eosen olarak belirlenmiştir (Gedik vd., 1981).



Şekil 11. Çalışma alanının jeoloji haritası.

Kusuri Formasyonu ince kumtaşı ara tabakaları içeren marn ve şeyl ardalanmasından oluşur. Üst kısımlarda Nummulites içeren kireçtaşı mercekleri görülür (Gedik vd. 1981). Birimin kalınlığı Gedik ve Korkmaz (1984) tarafından tip kesit bölgesinde 1460 metre olarak ölçülmüştür. Kusuri Formasyonu, Atbaşı Formasyonu'nun üzerine paralel uyumsuzlukla gelir. Yaşı, içerdiği fosil faunası göz önünde bulundurularak Eosen olarak verilmiştir (Gedik vd. 1981).

Tekkeköy Formasyonu Gedik vd. (1981) ve Yoldaş vd. (1985) tarafından aynı ad altında tanımlanmıştır. Kusuri Formasyonu uyumlu olarak gelen birim marn, silttaşı, kumtaşı ara tabakaları içeren andezitik ve bazaltik tuf ve aglomeradan meydana gelmiştir. Yer yer andezit ve bazalt daykları diğer kayalar kesmiştir (Aktimur vd. 1992). Birimin kalınlığı yaklaşık 600 metre olup yaşı Orta-Üst Eosen olarak verilmiştir (Gedik vd. 1981, Aktimur vd. 1992).

Pleistosen yaşlı eski alüvyon ve Holosen yaşlı yeni alüvyon olmak üzere ikiye ayrılan Kuvaterner yaşlı alüvyonlar bütün birimleri uyumsuz olarak örtmektedir. Bu çalışmanın

konusunu oluşturan alüvyal çökeller Sahilkent yöresinde bulunmaktadır. Yörede, ülkemizin en büyük ikinci drenaj alanına sahip nehri olan Kızılırmak'a ait alüvyon malzemesi çok geniş bir alanda yüzeyleme vermektedir (Turoğlu, 2010). Alüvyon malzemesi Geç Kuvaterner (Holosen) yaşlı yeni alüvyon ve Erken Kuvaterner (Pleistosen) yaşlı eski alüvyon olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Eski alüvyon genellikle taraça ve sekiler halinde bulunurken yeni alüvyon güncel nehir yatağını ve Karadeniz sahilini de içine alan bölgeyi kaplamaktadır. Eski ve yeni alüvyonun bulunduğu sulak ve düz alan güncel delta düzlüğü veya Bafra kıyı ovası olarak adlandırılmaktadır (Turoğlu, 2010; Sünnetci ve Ersoy, 2021). Çalışma alanının tamamı bu alüvyon malzemesi içerisinde yer almaktadır.



2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bu çalışmada örselenmiş zemin örneklerinden yararlanılarak kayma direnci parametrelerinin tahminine yönelik jeoteknik bir model geliştirilmiştir. Çalışma sırasıyla;

- (1) literatür araştırması,
- (2) uygun arazi seçimi,
- (3) sondaj uygulamaları ve örnek (örselenmiş ve örselenmemiş) temini,
- (4) yerinde arazi deneyleri (CPTu)
- (5) laboratuvar deneyleri (indeks ve dayanım deneyleri)
- (6) örneklerin yeniden çökeltilmesine yönelik cihaz tasarımı,
- (7) örneklerin yeniden çökeltilmesi,
- (8) jeoteknik değerlendirme,
- (9) veri analizi ve istatistiksel çalışma (regresyon, yapay sinir ağları),
- (10) tahmin modelinin kurulması

aşamalarından oluşmaktadır. Çalışma aşamaları Tablo 7’de detaylı olarak özetlenmiştir.

2.1. Çalışma Sahasının Seçimi

Yeniden çökeltme yöntemi, tanımı ve uygulandığının bir gereği olarak su altı çökeltme ortamlarında oluşmuş olan ince daneli zeminleri temsil etmektedir. Bu nedenle literatürde çoğunlukla denizel ortamda oluşmuş kil zeminler kullanılmıştır. Trabzon ili ve çevresinde kil zeminler geniş yüzeylenmeler vermesine rağmen bu zeminler çökeltme ile değil ana kayanın ayrışması ile oluşmuş olan rezidüel zeminlerdir (Arslan vd., 2006; Ersoy vd., 2013; Kul Yahşi, 2018; Kul Yahşi ve Ersoy, 2021). Rezidüel zeminler genellikle magmatik kökenli olan ana kayadan türedikleri için kohezyon ve drenajsız makaslama dayanımı değerleri çok yüksektir ve gerilme geçmişlerinin ödometre deneyleriyle tahmin edilmesi güçtür (Abdioğlu ve Arslan, 2005; Sünnetci, 2015; Sünnetci ve Ersoy, 2016; Sünnetci vd., 2018). Bu etkenler göz önüne alındığında, rezidüel zeminlerin yeniden çökeltme yöntemi ile yeniden oluşturulmasının yanlış sonuçlar elde edilmesine neden olacağı ortadadır. Bunun yanında, yeniden çökeltme yöntemi ile suya tamamen doygun örnekler hazırlanmaktadır. Dolayısıyla araziden alınan örneklerin yeraltı su tablasının altından alınması gerekmektedir. Trabzon ili

ve çevresinde ise topoğrafyanın çok engebeli ve eğimli olması nedeniyle yeraltı suyu nadiren oluşabilmektedir.

Tablo 7. Doktora çalışması kapsamında yapılan çalışmalar

Çalışma Türü	Yapılan Çalışma/Deney	Amaç	İlgili Standart
Arazi	Sondaj çalışmaları	Örselenmemiş örnek temini	-
	Koni Penetrasyon Testi	Zemin profilinin belirlenmesi	ASTM D5778
Laboratuvar	Islak elek analizi	200 no'lu elek üzerinde kalan malzemenin dane boyu dağılımının belirlenmesi	ASTM D422
	Hidrometre deneyi	200 no'lu elekten geçen malzemenin dane boyu dağılımının belirlenmesi	ASTM D422
	Likit limit deneyi	Örneklerin likit limitinin belirlenmesi	BS 1377-2:1990
	Plastik limit deneyi	Örneklerin plastik limitinin belirlenmesi	ASTM D4318
	Özgül ağırlık (piknometre) deneyi	Örneklerin özgül ağırlıklarının belirlenmesi	ASTM D854
	Doğal su muhtevası tayini	Örneklerin doğal su içeriklerinin belirlenmesi	ASTM D2216
	Doygunluk derecesi tayini	Örneklerin doymunluk derecesinin belirlenmesi	-
	Birim hacim ağırlık tayini	Örneklerin birim hacim ağırlıklarının belirlenmesi	-
	Konsolidasyonsuz-drenajsız üç eksenli basınç dayanımı deneyi	Örneklerin makaslama dayanımı parametrelerinin (s_u , c ve ϕ) belirlenmesi	ASTM D2850
	Yeniden çökeltme işlemi	Örselenmiş örneklerden ilksel koşullarında örselenmemiş örnek oluşturulması	-
Büro	Çok değişkenli regresyon analizleri	Örselenmiş örneklerden oluşturulan yeniden çökeltilmiş örnekler kullanılarak kayma direnci parametrelerinin tahmini	-
	Yapay sinir ağları analizleri	Örselenmiş örneklerden oluşturulan yeniden çökeltilmiş örnekler kullanılarak kayma direnci parametrelerinin tahmini	-

Bu çalışmada Samsun ili Bafra ilçesinde yer alan Sahilkent yöresi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Bu kararın başlıca nedenleri aşağıda sıralanmıştır:

- Çalışma alanı ve çevresinde ince daneli malzeme oranı yüksek olan ve su altı ortamında çökelme yoluyla oluşmuş olan alüvyon malzemesinin geniş yüzeylenmeler vermesi,
- Yeraltı su tablasının sığ (yüzeyden 2-3 metre derinlikte) olması,
- Alüvyon malzemesinin makaslama dayanımı ve kohezyon değerlerinin çok yüksek olmaması,
- Alüvyon malzemesinin yaşının genç olması nedeniyle gerilme geçmişinin kolaylıkla belirlenebilir olması.

2.2. Arazi Çalışmaları ve Deneyleri

2.2.1. Sondaj Çalışmaları ile Örselenmemiş Örnek Temini

Çalışma alanında 10'ar metre derinliğinde 5 adet sondaj yapılmış ve bu sondajlardan örselenmemiş örnekler temin edilmiştir. Örnekler özel olarak yaptırılan 60 cm uzunluğunda (maksimum örnek uzunluğu 50 cm) ince yanaklı UD tip örnek alıcılarla alınmıştır. Sondajlar sırasında örselenmeyi minimuma indirmek amacıyla su kullanılmamış ve UD tüpler rotasyon olmaksızın yalnızca hidrolik baskılamayla zemine itilmiştir (Şekil 12). Örneklerin tüplerden çıkarılması esnasında oluşabilecek örselenmeleri minimuma indirmek amacıyla tüplerin iç kısmı silikon bazlı kalıp çıkarıcıyla kaplanmıştır. Tablo 8'de sondajlara ait konum bilgileri verilmiştir. Sondajların yapılmasında saha karakterizasyonu gibi bir ihtiyaç olmadığı için deneylerin daha tutarlı sonuçlar verebilmesi adına sondaj lokasyonları birbirine yakın seçilmiştir.

Tablo 8. Çalışma kapsamında yapılan sondajların koordinatları

Sondaj No	Koordinatlar		Kot (m)	Derinlik (m)
	Enlem	Boylam		
SK-1	41°40'55.09"K	35°50'43.37"D	5	10
SK-2	41°40'54.89"K	35°50'43.90"D	5	10
SK-3	41°40'54.40"K	35°50'44.32"D	5	10
SK-4	41°40'54.00"K	35°50'44.95"D	5	10
SK-5	41°40'53.45"K	35°50'45.43"D	5	10



Şekil 12. Çalışma kapsamında özel olarak yaptırılan UD tip örnek alıcı (a) ve sondajın ilk 3 metresinin auger ile geçilmesi (b)

Tüplerin zemine olması gerekenden daha fazla itilmesi sebebiyle oluşabilecek örselenmelerin önüne geçmek amacıyla sondaj tijlerinin üzerine permanant kalem ile 50 cm'lik aralıklar işaretlenmiş ve her örnek alımından sonra sondaj kuyusunun derinliği şerit metre ile ölçülmüştür. Sondajlarda ortalama 2-3 metrede yeraltı suyuna rastlanılmıştır. Yeniden çökeltme yöntemiyle oluşturulacak olan yapay zemin örnekleri tamamen suya doymun olacağı için, örselenmemiş örnekler 4. metreden itibaren alınmaya başlanmıştır. 4. ve 10. metreler arasından her 50 cm'de 1 örselenmemiş örnek temin edilmiş, böylece 5 sondaj kuyusundan toplam 60 adet örnek alınmıştır. Alınan her bir örnek hemen alt ve üst yüzeyleri düzelterilip parafinlenerek streç filme sarılmış ve örnek numarası ile alındığı derinlik bilgisi örnek üzerine etiketlenmiştir (Şekil 13).



Şekil 13. Örselenmemiş örneklerin parafinlenmesi ve streç filme sarılıp etiketlenmesi

Çalışma alanında yapılan sondaj çalışmalarıyla 60 adet örselenmemiş örnek temin edilmiştir. Tek bir UD tüp örneğinden 3 adet üç eksenli basınç örneği elde etmek çok zor olacağından, 1 UD tüp örneğinden 1 adet üç eksenli basınç örneği alınmış, örneğin geri kalan kısmı üzerinde ise indeks ve fiziksel özellik tayinleri yapılmıştır. Üç eksenli basınç deneylerinin en az 3 örnek üzerinde tekrarlanması gerektiğinden, her bir sondaj kuyusu için yüzeyden derine doğru alınan ardışık 3 tüp örnek tek bir örnek seti olarak değerlendirilmiş, böylece çalışma kapsamında bütün fiziksel ve mekanik özellikleri bilinen 20 adet örnek seti oluşturulmuştur (Tablo 9). Diğer bir deyişle, tüm sondaj kuyularında yüzeyden derine doğru her 1,5 metrelik kısım tek bir örnek setiyle karakterize edilmiştir. Çalışmanın yeniden çökeltme aşaması sırasında bütün örnekler arazideki koşullarına uygun olarak yeniden çökeltilmiş ve örnek numaraları değiştirilmeden kullanılmıştır.

2.2.2. Boşluk Suyu Basıncı Ölçümlü Koni Penetrasyon Testi (CPTu)

CPT zeminlerin jeoteknik özelliklerini ve yeraltı stratigrafisini belirlemede sıklıkla kullanılan bir arazi deneyidir. Deney prensip olarak koni şeklindeki bir aparatın tijler yardımıyla zemine batırılması ve koni ucundaki direncin ve sürtünme kolundaki sürtünmenin elektronik algılayıcılarla kaydedilmesi esasına dayanır. İnce daneli zeminler genel olarak düşük koni uç direnci-yüksek kenar sürtünmesi değerlerine sahipken iri daneli zeminler yüksek koni uç direnci-düşük kenar sürtünmesi değerlerine sahiptir. CPT deneyiyle

elde edilen bu veriler yardımıyla zemin profilinin dane boyu özellikleri tahmin edilebilmektedir.

Tablo 9. Sondajlardan alınan numunelerin derinlikleri ve örnek setlerinin oluşturulmasında uygulanan sistem

Derinlik (m)	Örnek No (UD Tüp No)	Örnek Seti No (3 silindirik numune)				
		SK-1	SK-2	SK-3	SK-4	SK-5
4,0-4,5	1					
4,5-5,0	2	1	5	9	13	17
5,0-5,5	3					
5,5-6,0	4					
6,0-6,5	5	2	6	10	14	18
6,5-7,0	6					
7,0-7,5	7					
7,5-8,0	8	3	7	11	15	19
8,0-8,5	9					
8,5-9,0	10					
9,0-9,5	11	4	8	12	16	20
9,5-10,0	12					

Deney 1930'lu yıllarda uygulanmaya başlasa da (Buisman, 1935; Huizinga, 1942; Plantema, 1948) 1960'lı yıllardan itibaren daha gelişmiş konilerin kullanılmasıyla yaygınlaşmıştır. Begemann (1953, 1969) konik uca takılan adhezyon kaplamalı sürtünme kolu sayesinde koni uç direncinin yanı sıra kenar sürtünmesini de belirlemeyi başarmış; böylece koni uç direnci/kenar sürtünmesi oranını kullanarak zemin katmanlarının sınıflandırılabilmesini sağlamıştır (Begemann, 1965). Senneset ve Janbu (1985) koni ucuna yerleştirdikleri elektronik bir aparatla zeminin gözenek suyu basıncını belirlemeyi başarmış ve kumlu-killi zeminlerin efektif makaslama dayanımı parametrelerinin tahmin edilebilmesini sağlamıştır (CPTu). Bu aparat sonraki yıllarda sönümlenme (dissipation) deneyi ile ince daneli zeminlerin konsolidasyon parametrelerinin CPT deneyi ile belirlenebilmesine olanak sağlamıştır.

Bu çalışma kapsamında 5 adet CPTu deneyi yapılmış ve her bir deneyde 15 metre derinliğe inilmiştir. CPTu deneylerinde Gouda® marka taşınabilir CPT sistemi ve görece en gelişmiş koni olan elektrikli koni (piezokoni) kullanılmıştır (Şekil 14). Deneyler sırasında zemin ortamına ait koni uç direnci ve kenar sürtünmesi değerlerine ek olarak gözenek suyu basıncı, efektif gerilme, doygunluk oranı, vb. parametreler her 5 cm'de bir kaydedilmiştir. CPTu deney verileri ile sondaj kuyu kayıtlarının deneştirilebilmesi amacıyla CPTu deney

noktaları sondaj kuyularının en fazla 1 metre uzağında olacak şekilde seçilmiştir. Tablo 10'da CPTu deneylerine ait konum bilgileri verilmiştir.

Tablo 10. Çalışma kapsamında yapılan CPTu deneylerinin koordinatları ve yakınında bulundukları sondajlar

CPTu No	Koordinatlar		Kot (m)	Derinlik (m)	Yakın Sondaj No
	Enlem	Boylam			
CPTu-1	41°40'55.08"K	35°50'43.33"D	5	15,13	SK-1
CPTu-2	41°40'54.88"K	35°50'43.86"D	5	15,17	SK-2
CPTu-3	41°40'54.42"K	35°50'44.28"D	5	15,14	SK-3
CPTu-4	41°40'53.98"K	35°50'44.98"D	5	15,15	SK-4
CPTu-5	41°40'53.48"K	35°50'45.41"D	5	15,18	SK-5



Şekil 14. CPTu deneylerinde kullanılan taşınabilir CPT cihazı ve piezokoni

2.3. Laboratuvar Deneyleri

2.3.1. Doğal Su Muhtevası Tayini

Araziden alınan ve nemliliğini kaybetmeyecek şekilde muhafaza edilen zemin örneklerinin doğal koşullarındaki su içeriğini belirlemek amacıyla uygulanan bir deneydir.

Bu çalışmada kullanılan 20 adet zemin örneğinin su muhtevası ASTM D 6780 standardı takip edilerek belirlenmiştir. Her örnekten bir miktar zemin alınmış ve ağırlığı bilinen bir kaba koyularak 0.01 g hassasiyetindeki terazi ile tartılmıştır. Daha sonra örnek 105°C'lik etüvde 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan örnek tekrar hassas terazi ile tartılmış ve bu ağırlık kaydedilmiştir. Örneğe ait doğal su muhtevası (ω) yüzde cinsinden aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir:

$$\omega_n = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100 \quad (1)$$

Burada;

ω_n : doğal su muhtevası (%)

m_1 : kabın kütlesi (g)

m_2 : kap + yaş örneğin kütlesi (g)

m_3 : kap + kuru örneğin kütlesi (g)

2.3.2. Özgül Ağırlık (Piknometre) Deneyi

Bu deneyle katı danelerin özgül ağırlığı (G_s) belirlenir. Bu çalışmada incelenen zemin örneklerinin özgül ağırlığı ASTM D-854 standardına uygun olarak yapılan piknometre deneyleri ile belirlenmiştir.

Deneyde kullanılacak olan piknometreler temizlenir, kurutulur ve tartılır. Daha sonra piknometrenin kalibrasyon çizgisine kadar saf koyulur ve vakum yardımıyla içerisindeki su kabarcıkları alınır. Piknometre bu haliyle tekrar tartılır ve içerisinde bir miktar saf su kalacak şekilde boşaltılır. Deneye tabi tutulacak olan malzeme 4 numaralı elekten geçirilir ve 30-40 gr. malzeme 105°C'lik etüvde 24 saat kurutulur. Bu malzemeden bir miktar alınarak piknometre içerisine konulur ve piknometrenin tekrar havası alınır. Daha sonra piknometrenin kalibrasyon çizgisine kadar havası alınmış şu eklenir. Deney sırasında ortam ve su sıcaklığı sürekli not edilmelidir. Örneklerin özgül ağırlığı aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

$$G_{s(Tx)} = \frac{m_s * G_{w(Tx)}}{m_s + m_{pw(Tx)} - m_{psw(Tx)}} \quad (2)$$

Burada;

$G_{s(Tx)}$: katı danelerin özgül ağırlığı,

m_s : kuru numunenin kütlesi (g)

$m_{pw(Tx)}$: piknometre + suyun T_x sıcaklığındaki kütlesi (g)

$m_{psw(Tx)}$: piknometre + numune + suyun T_x sıcaklığındaki kütlesi (g)

$G_{w(Tx)}$: suyun T_x sıcaklığındaki özgül ağırlığıdır.

2.3.3. Doğal Birim Hacim Ağırlık Tayini

Örneklerin birim hacim ağırlıkları UU üç eksenli basınç deneyleri için hazırlanan silindirik şekilli örnekler üzerinde yapılan deneylerle belirlenmiştir. Hazırlanan örneklerin yükseklikleri (h) ve yarıçapları (r) 0,01 cm hassasiyetindeki dijital kumpasla, kütleleri (m) ise 0,01 g hassasiyetindeki hassas terazi ile ölçülmüştür. Örneklerin doğal birim hacim ağırlıkları (γ_n) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$\gamma_n \text{ (kN/m}^3\text{)} = \frac{m \cdot g}{\pi r^2 h} \quad (3)$$

Burada g yer çekimi ivmesidir ve 9,81 m/sn² olarak alınmıştır.

2.3.4. Doygunluk Derecesi ve Boşluk Oranı Tayini

Doygunluk derecesi (S_r) zemin içerisindeki boşlukların ne kadarının suyla dolu olduğunun ifadesidir ve aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

$$S_r \text{ (\%)} = V_b / V_w \quad (4)$$

Burada V_b boşluk hacmi, V_w ise su hacmidir.

Bu çalışma kapsamında örneklerin doygunluk dereceleri UU üç eksenli basınç deneyi için hazırlanan silindirik şekilli örnekler üzerinde yapılan deneylerle belirlenmiştir.

Hacimleri ve doğal kütleleri belirlenen örnekler UU üç eksenli basınç deneyinden sonra 105°C'lik etüvde 24 saat kurutularak kuru kütleleri belirlenmiştir. Örneklerin katı hacimleri kuru kütle ve özgül ağırlık verileri kullanılarak aşağıdaki faz eşitliğiyle belirlenmiştir:

$$V_s = m_k / G_s \quad (5)$$

Örneklerin su hacmi değerleri aşağıdaki eşitlikle belirlenmiştir:

$$V_w = m_n - m_k \quad (6)$$

Burada m_n doğal kütledir.

Daha sonra aşağıdaki eşitlikle örneklerin boşluk hacmi belirlenmiştir:

$$V_b = V_t - V_s \quad (7)$$

Burada V_t toplam hacimdir.

Örneklerin doygunluk dereceleri Eşitlik 4 kullanılarak belirlenmiştir.

Elde edilen veriler kullanılarak örneklerin boşluk oranı (e) değerleri ise V_b/V_s oranı ile belirlenmiştir.

2.3.5. Plastik Limit Deneyi

Zeminlerin plastik davranış göstermeye başladığı su muhtevasına plastik limit denilmektedir. Bu çalışmada zemin örneklerinin plastik limitleri ASTM D 4318-84 standardına göre yapılan plastik limit deneyleriyle belirlenmiştir.

40 numaralı elekten geçirilen zemin örneği uygun bir cam yüzeyde saf su eklenerek homojen ve viskoz bir malzeme elde edilinceye kadar karıştırılır. Elde edilen malzemeden misket büyüklüğünde bir parça alınıp yoğrulur ve cam levha üzerinde 3 mm çapa gelinceye kadar yuvarlanır. Bu kalınlıkta örnekte kopmalar ve çatlaklar meydana geliyorsa zemin su muhtevasının ölçülmesi için uygun halde demektir. Aksi halde örneğin su muhtevası artırılarak veya azaltılarak işlem tekrarlanır. Örnek uygun hale geldiğinde yaklaşık 5 gram

numune alınarak uygun yöntemlerle su muhtevası belirlenir. Aynı işlem 3 veya daha fazla kez tekrarlanarak değerlerin ortalaması alınır.

2.3.6. Likit Limit Deneyi

Zemin örneğinin akışkan davranış gösterdiği su muhtevasına likit limit denilmektedir. Bu çalışmada zemin örneklerinin likit limitleri İngiliz Standardı BS 1377-2:1990'a göre yapılan düşen koni deneyleriyle belirlenmiştir.

Deneye tabi tutulacak malzeme 40 numaralı elekten geçirildikten sonra yaklaşık 400 gr. örnek alınarak 105°C'lik etüvde 24 saat kurutulur. Bu örnek bir miktar saf suyla homojen bir malzeme elde edilinceye kadar karıştırılır. Karıştırılan örnekten bir miktar alınarak standarda uygun olan bir kaba konulur ve bir ıspatula yardımıyla yüzeyi düzeltilir. Kap deney düzeneğine yerleştirilir ve koni, uç kısmı örnek yüzeyine temas edecek şekilde yerleştirilir. Daha sonra koni bu yükseklikten serbest şekilde düşürülür ve 5 saniye sonra koninin örnek içine batma miktarı ölçülür. Örneğin bu adımdaki su muhtevası belirlenir. Bu işlem farklı su muhtevalarında 4 kez tekrarlanır ve sonuçlar batma miktarı-su muhtevası grafiğine aktarılır. Örneğin likit limiti 20 mm batmaya karşılık gelen su muhtevasıdır.

2.3.7. Yıkamalı Elek Analizi

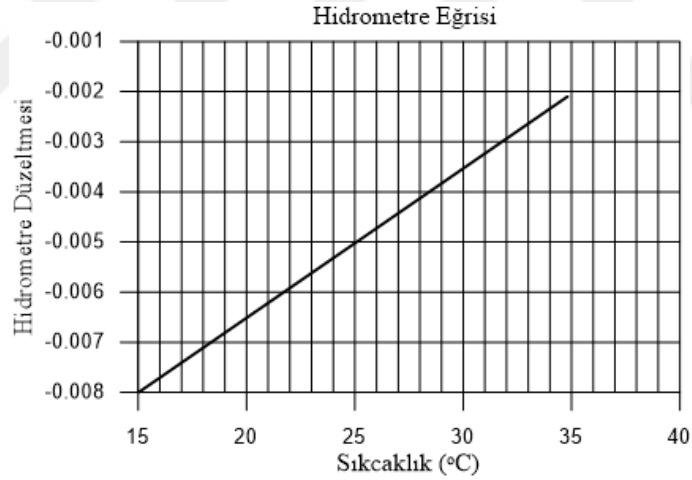
Zemin malzemesinin dane boyu dağılımını belirlemek amacıyla yapılan bir deneydir. Bu deneyde yalnızca 200 numaralı elek üzerinde kalan malzemelerin dane boyu dağılımı belirlenebilmektedir.

Bu deneyde ayırım yapılması istenen elekler yukarıdan aşağıya doğru küçülen elek açıklıklarında olacak şekilde birbiri üzerine eklenir ve malzemenin tamamı yukarıdan boşaltılır. Daha sonra malzeme su yardımıyla eleklerden elenir. Eleklerden geçen su ayrı bir kapta hidrometre deneyi için saklanır. Eleklerden geçen su tamamen berraklaşana kadar yıkamaya devam edilir. Daha sonra her bir elek üzerinde kalan malzeme 24 saat 105°C'lik etüvde kurutulduktan sonra tartılır ve ağırlığı belirlenir. Son olarak malzemeye ait granülometri eğrisi yarı logaritmik %geçen malzeme – dane boyu (mm) grafiğine aktarılarak çizilir. Kil-silt boyutundaki malzemelerin ayırımı hidrometre deneyi ile yapılır.

2.3.8. Hidrometre Deneyi

200 no'lu elekten geçen malzemelerin dane boyu dağılımının belirlenmesinde kullanılır. 50 g kadar kurutulmuş örnek sodyum metafosfatlı çözeltiye konulur ve 1 dakika kadar baş aşağı – baş yukarı edilerek örneğin karışması sağlanır. Daha sonra 0.25, 0.5, 1, 2, 5, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 180, 240. dakikalar ile 1, 2, 4 ve 7. günlerde hidrometre okumaları alınır.

Deney sırasında kaydedilen hidrometre okumaları için düzeltme yapmak gerekmektedir. Hidrometreler belli bir sıcaklıkta kalibre edilirler. Düzeltme için deney süresince her bir hidrometre okumasının alınması sırasında mezürün içindeki suyun ölçülen sıcaklığı baz alınır. Daha sonra Şekil 15'ten bu sıcaklığa karşılık gelen düzeltme katsayısı belirlenir ve alınan hidrometre okumalarından düzeltme katsayısının çıkarılması ile düzeltilmiş hidrometre okuması elde edilir (Eşitlik 8).



Şekil 15. Hidrometre düzeltme grafiği

$$r = r_a - d \quad (8)$$

Burada,

r : süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması

r_a : deney sırasında süspansiyondaki hidrometre okuması

d : hidrometre düzeltme değeridir.

Elde edilen ölçüm değerleriyle dane çapı hesabı iki şekilde yapılır. Bunlardan biri, ilk 2 dakikadaki ölçümler için dane çapı hesabı, diğeri ise 2. dakikadan sonraki ölçümleri için dane çapının hesabıdır.

$$V = \frac{(\gamma_s - \gamma_w) \times 980}{30 \times \mu} \times D^2 \quad (9)$$

$$D = \sqrt{\frac{30 \times \mu}{(\gamma_s - \gamma_w) \times 980}} \times \sqrt{\frac{Z_r}{t}} \quad (10)$$

2 dakikadan sonraki ölçümler için dane çapı:

$$D = \sqrt{\frac{30 \times \mu}{(\gamma_s - \gamma_w) \times 980}} \times \sqrt{\frac{Z_r - \left(\frac{H_v}{2 \times A_j} \right)}{t}} \quad (11)$$

Burada;

D : dane boyu (mm)

μ : deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi

γ_s : dane birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

γ_w : deney sıcaklığındaki suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm³)

Z_r : süspansiyonun yüzeyinden hidrometre hacim merkezine olan uzaklık (cm)

H_v : hidrometre hacmi (cm³) (67 cm³)

A_j : mezürün kesit alanı (cm²) (27.17 cm²)

t : toplam geçen zamandır (dk).

Geçen yüzde hesabı, herhangi bir hidrometre okumasına karşılık bulunan D dane çapından daha küçük danelerin yüzdesi aşağıdaki formülle hesaplanır:

$$N = \frac{G_s}{G_s - 1} \times \left(\frac{V_{sp}}{m_s} \right) \times (r - r_s) \times 100 \quad (12)$$

Burada;

N : D dane çapından k danelerin yüzdesi (%)

G_s : numunenin zgl ağırlığı

V_{sp} : süspansiyonun hacmi (cm³)

m_s : kuru zemin kütlesi (gr)

r : süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması

r_s : sudaki hidrometre okumasıdır (Sünnetci, 2015).

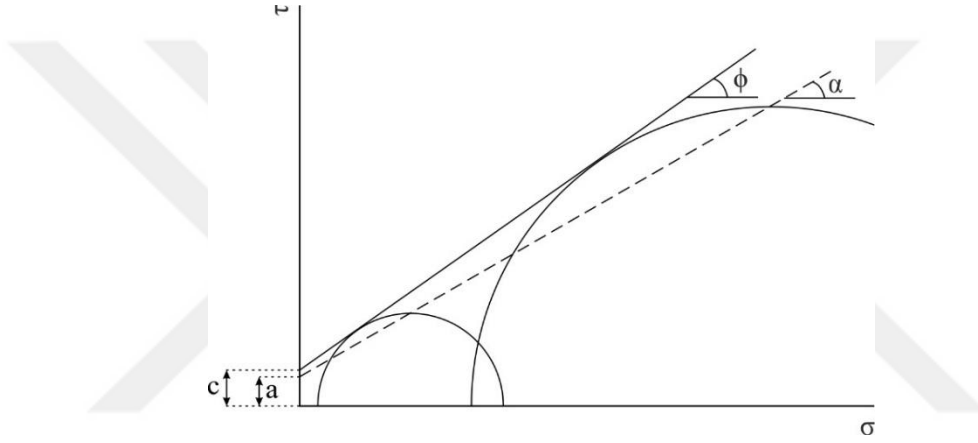
2.3.9. Konsolidasyonsuz-Drenajsız (UU)  Eksenli Basınç Dayanımı Deneyi

Bu deney kohezyonlu zeminlerin konsolidasyonsuz ve drenajsız durumdaki makaslama dayanımı parametrelerinin (c , ϕ) belirlenmesi amacıyla yapılır. Bu çalışmada zemin örneklerinin makaslama dayanımı parametreleri yarı otomatik servo motorlu üç eksenli basınç deney sistemi kullanılarak 3,8 cm çaplı silindirik örnekler üzerinde ASTM D2850 standardına uygun olarak yapılan deneylerle belirlenmiştir.

3,8 cm iç çapa sahip örnek alma kalıpları, tüplerden çıkarılan zemin örneklerine batırılır ve alt ve st yüzeyleri düzeltilerek zemin örnekleri deneye hazır hale getirilir. Örneğın apı ve yüksekliğı 0,001 cm hassasiyetinde lr ve tartılarak kütlesi not edilir. Daha sonra örnek geçirimsiz membrana sarılır ve alt ve st yüzeylerine filtre kâğıdı ve poröz taş yerleştirilir. rnek bu haliyle üç eksenli deney hücresine yerleştirilir ve st kısmına yükleme başlığı oturtulduktan sonra hücre kapağı kapatılır. Hücre bu haliyle deney düzenegine yerleştirilir ve su ile doldurulur. Örnekteki yükseklik değişimi sürekli takip edilerek 10 dakika kadar örneğın dengeye ulaşması beklenir. Daha sonra istenilen vre basıncı örneğe uygulanır. 15-20 dakika kadar örneğın dengeye ulaşması beklenir ve süre sonunda örnekteki yükseklik değişimi not edilir. Son olarak örnek uygulanan vre basıncı altında kesilir ve en yüksek makaslama gerilmesi, nihai yükseklik gibi veriler kaydedilir. Deney farklı vre basınçlarında en az 3 kez tekrar edilir ve deneylere ait Mohr zarfı çizilerek örneğın makaslama dayanımı parametreleri olan c ve ϕ belirlenir. Bu alışma kapsamında UU deneyler her bir örnek için 50, 100 ve 200 KPa'lık vre basınçlarında 0,5 mm/dk kesme hızında gerçekleştirilmiştir. Deneyler örnekten %20 oranında birim deformasyon

gerçekleştğinde veya makaslama gerilmesi %10 kadar azaldığında durdurulmuştur. Gözenek suyu basıncı ölçümü yapılmamıştır.

Bilindiği üzere Mohr zarfı, deneylere ait Mohr dairelerine teğet olacak şekilde çizilmektedir. Ancak buna alternatif olarak Mohr dairelerinin tepe noktalarından ($\tau_{\max}$) geçen bir zarf da çizilebilmekte ve örneğe ait c ve ϕ değerleri bu zarf kullanılarak da belirlenebilmektedir (Şekil 16). Söz konusu yöntem pratikliği ve bilgisayar ortamında daha kolay bir şekilde çözümlenebilir olması nedeniyle bu çalışmada benimsenmiştir. Yöntemin uygulandığı aşağıda açıklanmıştır.



Şekil 16. σ - τ grafiğinde Mohr yenilme zarfı ve makaslama dayanımı parametreleri

Klasik bir Mohr yenilme zarfı için Mohr-Coulomb yenilme kriteri aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (13)$$

Yenilme zarfının Şekil 16'daki gibi çizilmesi durumunda ise yenilme kriteri aşağıdaki eşitlikle ifade edilir:

$$q = a + p \tan \alpha \quad (14)$$

Burada $p = (\sigma_1 + \sigma_3)/2$; $q = (\sigma_1 - \sigma_3)/2$; a ve α sırasıyla c ve ϕ için alternatif dayanım parametreleridir. Bu parametreler aşağıdaki eşitliklerde kullanılarak c ve ϕ hesaplanabilmektedir:

$$\sin\phi = \tan\alpha \quad (15)$$

$$c = a/\cos\phi \quad (16)$$

Örneğe ait drenajsız makaslama dayanımı (s_u) ise aşağıdaki eşitlikle belirlenir:

$$s_u \text{ (KPa)} = (\sigma_1 - \sigma_3) / 2 \quad (17)$$

Burada $\sigma_1 - \sigma_3$ deviatör gerilmedir.

Bu çalışma kapsamında 3 UD tüp örnekten oluşan her örnek seti için 3 adet UU üç eksenli basınç dayanımı deneyi yapılmış ve örneklerle ait p-q grafikleri pik makaslama gerilmesi ve çevre basınçları kullanılarak çizilmiştir. Bu grafikler üzerinden c ve ϕ değerleri Eş. 15 ve 16 kullanılarak hesaplanmıştır.

2.3.10. Yeniden Çökeltme İşlemi

Bu çalışma kapsamında örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri yeniden çökeltilmiş örnekler kullanılarak tahmin edilmeye çalışılmıştır. Yeniden çökeltme işlemi çalışmanın ilk aşamasında kullanılarak örselenen örnekler üzerinde yapılmıştır. Örneklerin yeniden çökeltmesi işlemi konsolidometre veya çamur konsolidometre adı verilen deney düzenekleri ile yapılmaktadır. Bu çalışmada kullanılan konsolidometreler çalışma kapsamında tasarlanmış ve üretilmiştir. Üretilen konsolidometrelere ait teknik detaylar ve yeniden çökeltme işlemin uygulanışı Bölüm 3.2.1 ve 3.2.2’de anlatılmıştır.

2.4. Çok Değişkenli Regresyon (ÇDR) Analizleri

Regresyon eşitlikleri bağımsız değişkenden yola çıkılarak bağımlı değişkenin değerinin tahmin edilmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bağımlı değişkenin birden fazla bağımsız değişkene bağlı olması durumunda ise çok değişkenli regresyon (ÇDR) analizleri kullanılmaktadır.

Bu çalışma kapsamında örselenmemiş ve yeniden çökeltilmiş örneklerle ait fiziksel ve mekanik özellikler üzerinde yapılan ÇDR analizleri sonucunda örselenmemiş örneklerin

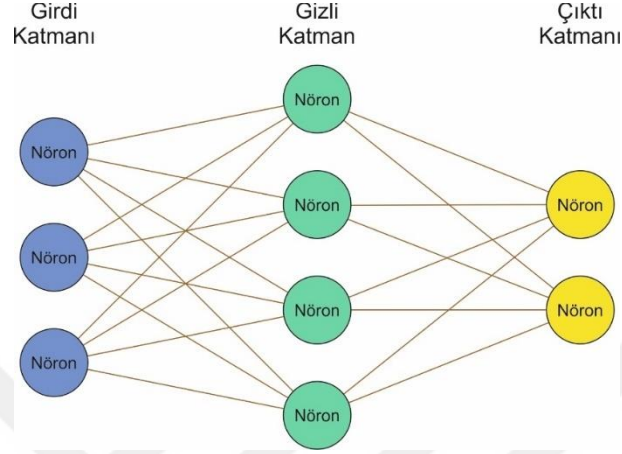
kohezyon, içsel sürtünme açısı ve drenajsız makaslama dayanımı parametreleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. ÇDR analizleri SPSS® v23 yazılımı ile gerçekleştirilmiş ve aynı zamanda her bir bağımsız değişkenin önemliliği test edilmiştir. Önemlilik katsayısı düşük olan bağımsız değişkenler analizden çıkartılarak analizler tekrar edilmiş ve böylece hem korelasyon katsayısı (R) yüksek hem de mümkün olduğunca az sayıda parametreye dayanan ampirik eşitlikler geliştirilmeye çalışılmıştır. Yine uygulama kolaylığı açısından R değerleri arasında çok büyük bir fark olmadığı müddetçe logaritmik veya üstel eşitlikler yerine lineer eşitlikler tercih edilmiştir. Analizler sonucunda örselenmemiş örneklerin kohezyon, içsel sürtünme açısı ve drenajsız makaslama dayanımı parametrelerinin tahmin edilmesine yönelik istatistiksel olarak anlamlı eşitlikler önerilmiştir.

2.5. Yapay Sinir Ağları Analizleri

Yapay Sinir Ağları (YSA) bilgisayar teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte günümüzde birçok farklı uygulama alanında sıklıkla kullanılan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. YSA temel olarak insan beyninin işleyiş biçimini taklit ederek karmaşık verileri ilişkilendirme, bu verilerden yola çıkarak tahmin ve öngörü yapma, kümeleme, filtreleme, optimizasyon, vb. gibi birçok işlemin gerçekleştirilmesine imkân sağlayan bilgisayar tabanlı bir yöntemdir. Bu çalışma kapsamında örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametrelerinin yeniden çöktürülmüş örnekler kullanılarak belirlenmesi amacıyla SPSS® v23 yazılımının YSA modülü kullanılmıştır. Analizler sırasında en çok tercih edilen YSA yöntemlerinden birisi olan ‘multilayer perceptron’ yani çok katmanlı algılayıcı yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntem verilerin eğitilmesinde geri yayılım (back-propagation) adı verilen bir güdümlü öğrenme tekniğini kullanmaktadır ve girdi katmanı, gizli katman ve çıktı katmanı olmak üzere en az 3 katmandan oluşmaktadır (Şekil 17). Girdi katmanında YSA analizinde kullanılacak olan parametreler birer ‘node’ veya nöron olarak bulunmaktadır. Gizli katman verilerin eğitilmesi ve geri besleme ile hataların tekrar eğitilmesi aşamalarını kapsamaktadır. Çıktı katmanında ise analiz sonucunda elde edilen veriler yer almaktadır.

YSA analizlerinin ilk aşamasında örselenmemiş örneklere ait Atterberg limitleri, ince dane içeriği (kil+silt), kil içeriği, özgül ağırlık, doğal su muhtevası, doygunluk oranı, boşluk oranı, içsel sürtünme açısı, kohezyon ve drenajsız makaslama dayanımı (s_u) verileri girdi katmanı olarak düzenlenmiş ve ağın eğitilmesi (gizli katman) amacıyla kullanılmıştır. Analizin ikinci aşamasında ise yeniden çöktürülmüş örneklerin kohezyon, içsel sürtünme açısı

ve drenajsız makaslama dayanımı değerleri YSA ile tahmin edilmeye (ıktı katmanı) alışılmıştır.



şekil 17. YSA analizinde çok katmanlı algılayıcı tekniğinin şematik görünümü.

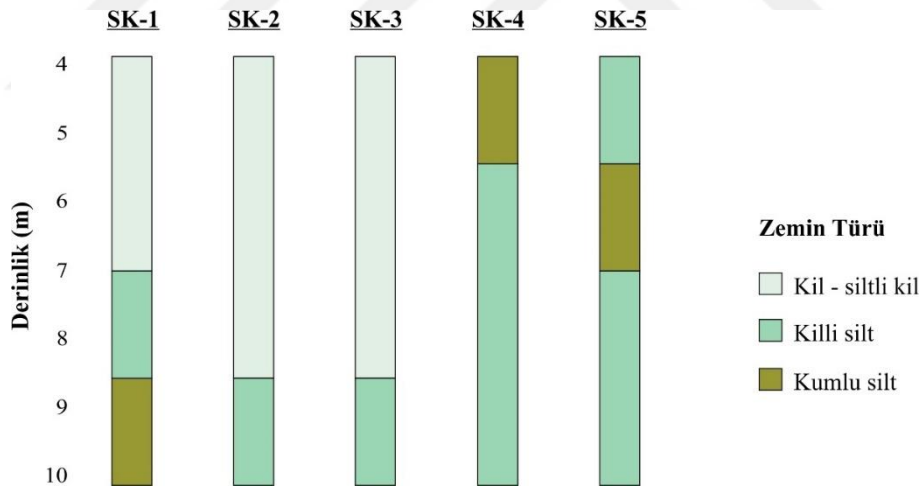
3. BULGULAR

3.1. Zeminlerin Karakterizasyonu

3.1.1. Yerinde Arazi Deneyleri

3.1.1.1. Jeoteknik Sondajlar ve Örnek Temini

Jeoteknik sondajlar temel anlamda örselenmemiş numunelerin temin edilmesi amacıyla yapılmış olsa da sondajlardan elde edilen veriler zemin profilinin belirlenmesinde CPTu verileriyle karşılaştırma yapmak amacıyla da kullanılmıştır. Ancak, daha önce de belirtildiği gibi, sondaj örnekleri 4. metreden itibaren alınmaya başlanmıştır. Bu nedenle yüzeyden 4 metre derinliğe kadar olan kısım sondaj verileriyle değerlendirilememiştir. Çalışma kapsamında açılan 5 adet sondaj kuyusuna ait genelleştirilmiş zemin profili Şekil 18’de verilmiştir.



Şekil 18. Sondajlardan elde edilen genelleştirilmiş zemin profili

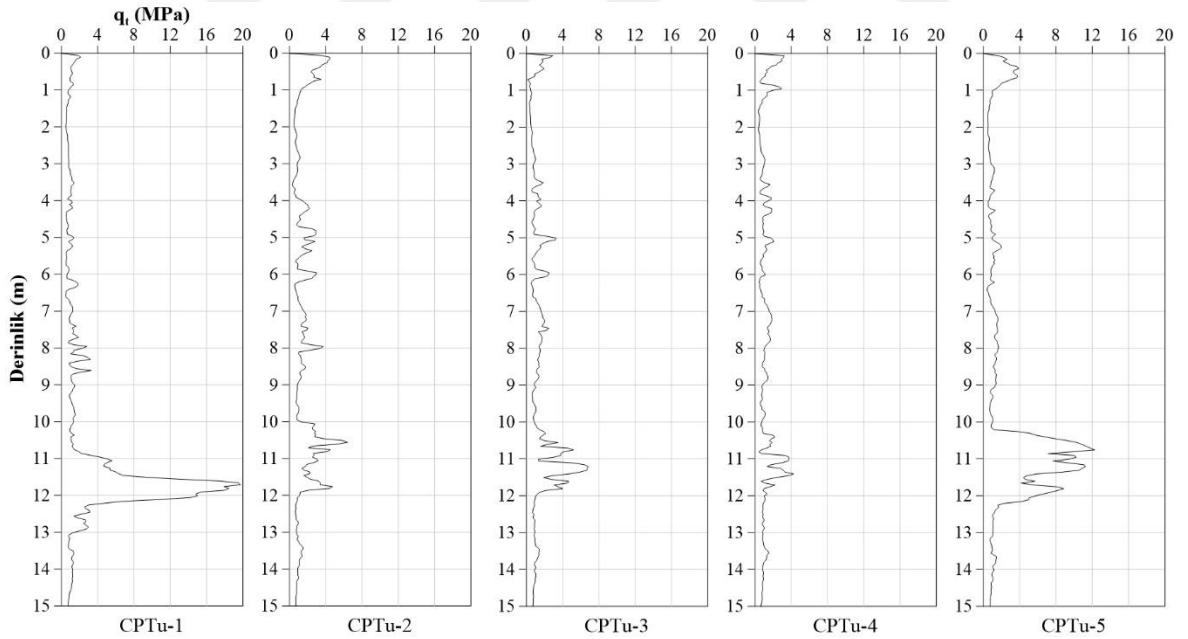
Sondaj verilerine bakıldığında çalışma alanında 4-8,5 metre arasında genellikle killi silt ve siltli kıl bulunduğu gözükülmektedir. Yer yer ince kum boyutlu malzemelerin yoğun olduğu silti-killi kum bantları gözlenmiştir. 8,5-10 metre arasında ise killi silt ve kumlu silt gözlenmektedir. Genel olarak yüzeyden derine doğru dane boylarının büyüdüğü görülmektedir.

Çalışma kapsamında sondajlarda standart penetrasyon testi (SPT) uygulamalarının da yapılması planlanmıştır ancak ortamın suya doymun olması ve zemin malzemesinin çok sıkı olmayan bir yapı göstermesi nedeniyle sağlıklı veri elde edilememiş ve SPT deneyleri iptal edilmiştir.

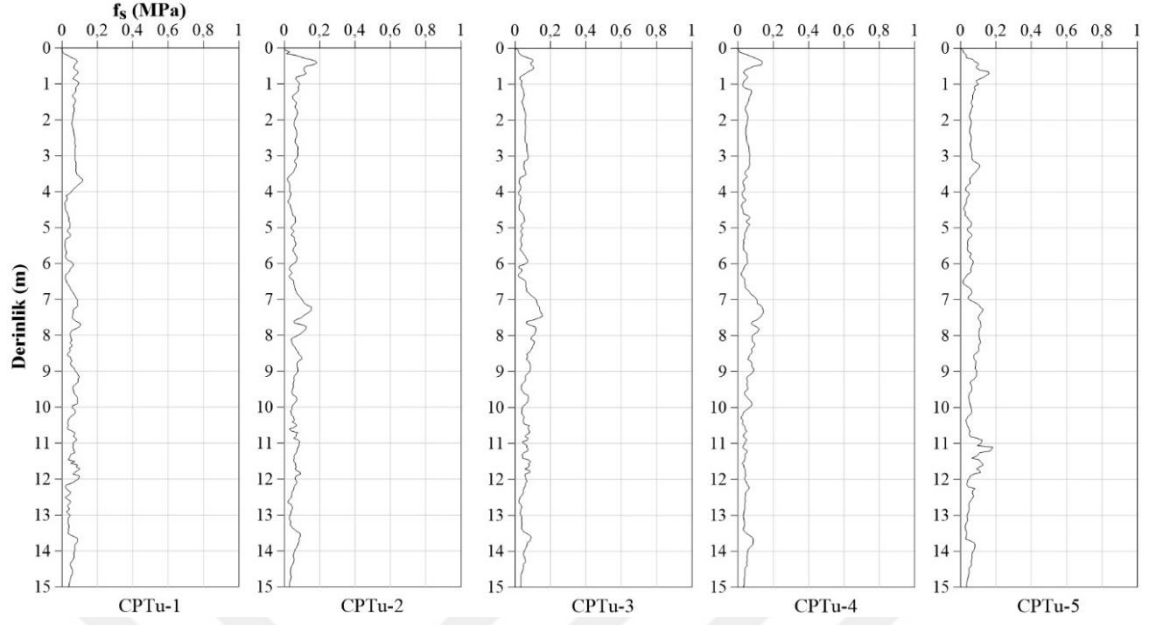
3.1.1.2. CPTu Deneyleri

Çalışma kapsamında yapılan CPTu deneyleri ile zemine ait koni uç direnci, koni kenar sürtünmesi, gözenek suyu basıncı, sıcaklık, toplam gerilme, sürtünme oranı (R_f), zemin davranış türü indeksi (I_c) parametreleri her 5 cm’de bir kaydedilmiştir. 5 CPTu kuyusuna ait verilerin tamamı Ek Tablo 1’de verilmiştir.

CPTu verileri kullanılarak zemin profilinin çıkarılması amacıyla tüm kuyulara ait düzeltilmiş koni uç direnci (q_t) ve kenar sürtünmesi (f_s) değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlerin derinlikle değişimi sırasıyla Şekil 19 ve Şekil 20’de verilmiştir.

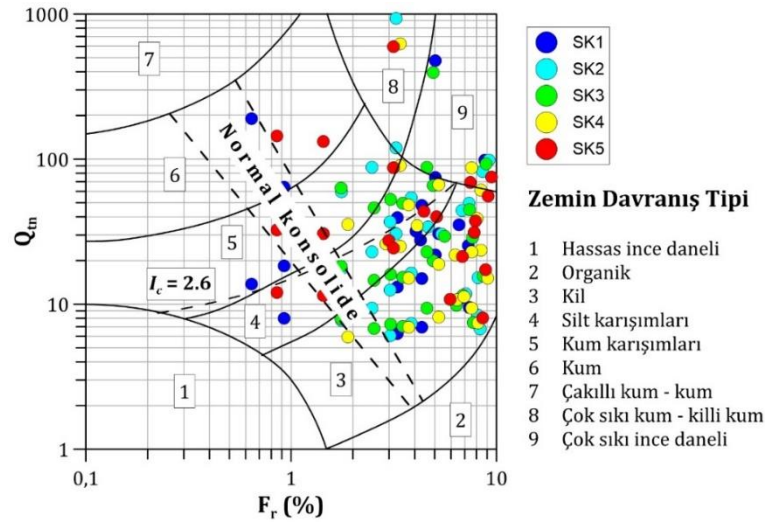


Şekil 19. q_t değerlerinin her bir CPTu kuyusunda derinlikle değişimi

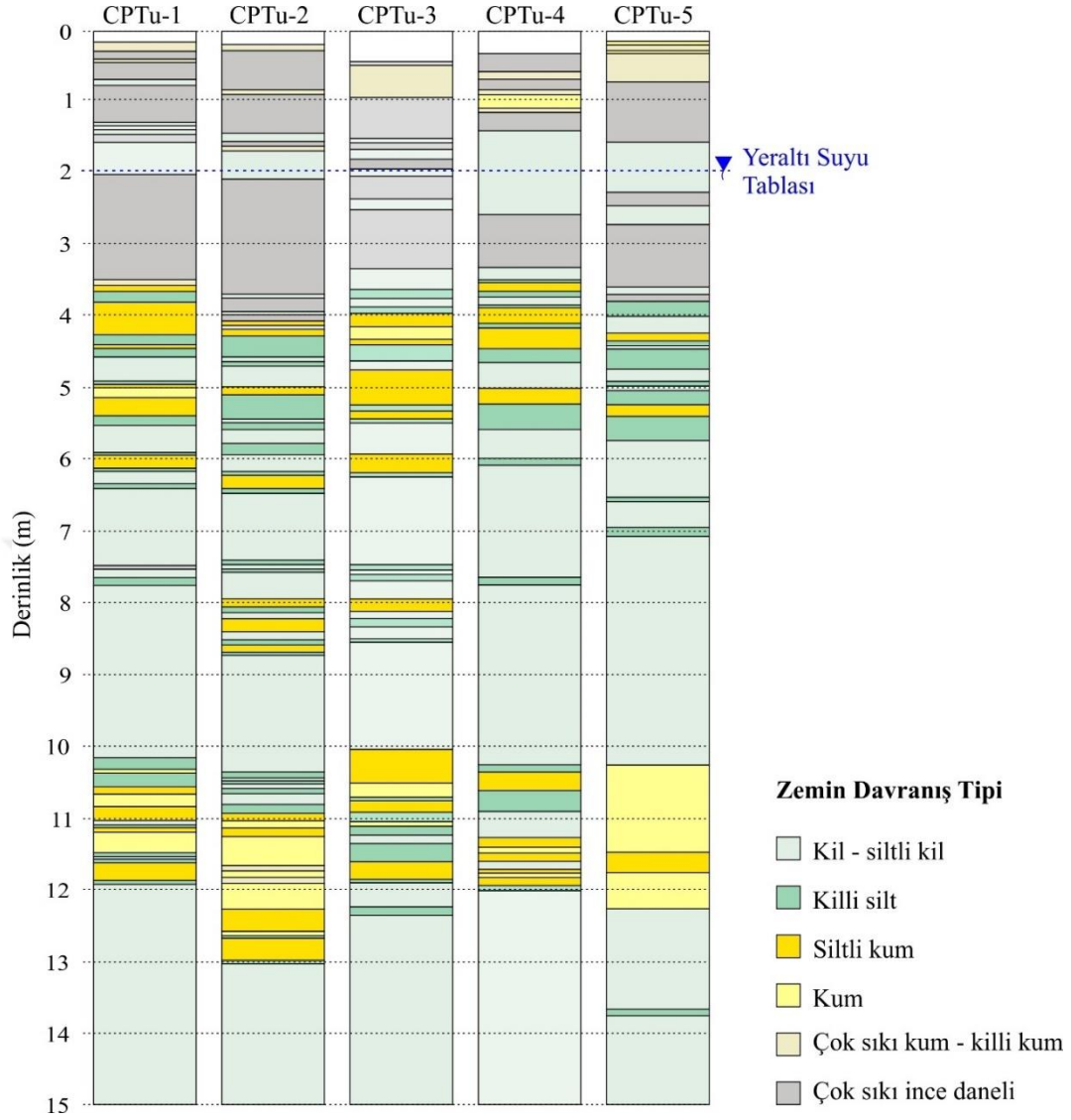


Şekil 20. f_s değerlerinin her bir CPTu kuyusunda derinlikle değişimi

Elde edilen q_t ve f_s değerleri kullanılarak zemin katmanının zemin profili çıkarılmıştır. Zemin profili çıkarılırken Robertson (1990) tarafından önerilen grafik kullanılmıştır. Robertson (1990) tarafından önerilen grafik ve çalışmada kullanılan zeminlerin bu sınıflamadaki konumları Şekil 21’de, zemin katmanının zemin profili ise Şekil 22’de verilmiştir.



Şekil 21. Robertson (1990) tarafından önerilen zemin davranış tipi sınıflaması ve çalışmada kullanılan örneklerin bu sınıflamadaki konumları. Q_{tn} : Toplam gerilmeye göre normalize edilen düzeltilmiş koni uç direnci



Şekil 22. Çalışma alanındaki zemin katmanına ait CPTu verileriyle elde edilen zemin profili

CPT sonuçları değerlendirildiğinde tüm sondajlarda derinlik boyunca 5 katmanın olduğu anlaşılmaktadır. 0,0-3,5 metre arasında genellikle çok sıkı ince daneli zeminler bulunmaktadır. Bu kesim genel olarak yeraltı suyu tablasının üstündedir. Bu derinlikten sonra kil, siltli kil, killi silt ve yer yer siltli kum aralanmasından oluşan bir zon gelmektedir. Bu zon 3,5-6,5 metre arasında bulunmaktadır. 6,5-10,0 metre arasında genel olarak kil ve siltli killer hakimdir. 10,0-12,5 metre arasında ise kil, siltli kil, killi silt ve yer yer siltli kum aralanmasından oluşan zeminler izlenmektedir. En alt kesimde 12,5-15,0 m arasında ise tekrar kil ve siltli killer bulunmaktadır. Bu profil değerlendirildiğinde ilk 3,0 metredeki çok sıkı ince taneli zeminden sonra killi, siltli ve kumlu seviye ile sadece killi seviyenin yaklaşık

3 metre aralıklarla tekrarlandığı net olarak görülmektedir. Bu durum ise tamamen akarsu rejimi ile ilgili depolanmaya bağlıdır.

3.1.2. Laboratuvar Deneyleri

3.1.2.1. Örneklerin Dane Boyu Dağılımları

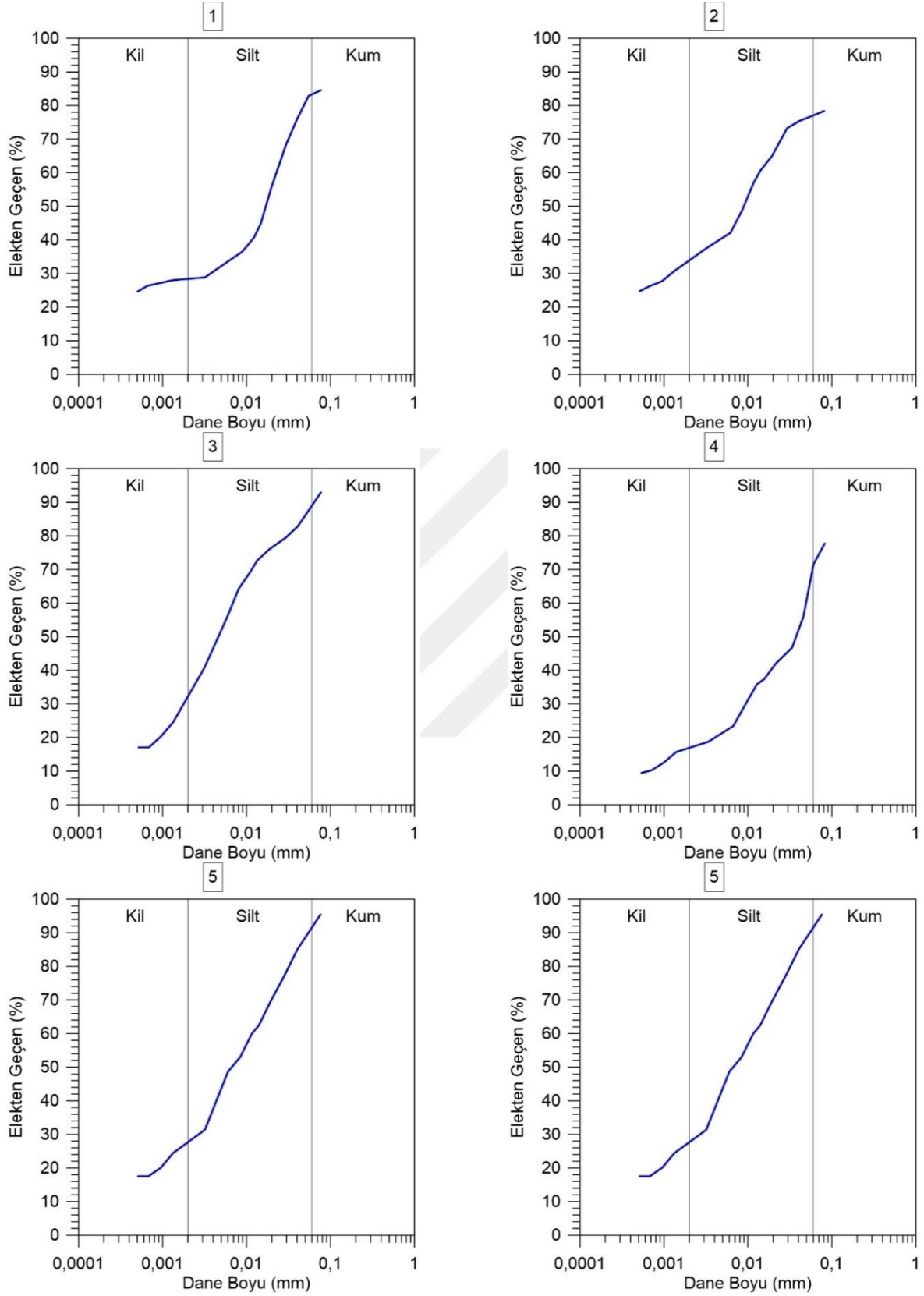
Yıkamalı elek analizi ve hidrometre deneyleri sonucu elde edilen dane boyu dağılımı sonuçları Tablo 11’de verilmiştir. Bu verilere göre örnekler %18-63 arasında kil, %29-67 arasında silt ve %8-28 arasında kum boyutlu malzemelerden oluşmaktadır. Örneklerde çakıl boyutlu malzeme bulunmamaktadır. Örneklerle ait dane boyu dağılımı grafikleri Şekil 23’te verilmiştir.

Tablo 11. Örneklerin dane boyu dağılımları

Örnek Seti	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Örnek Seti	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)
1	27	57	16	11	50	38	12
2	32	43	25	12	22	67	11
3	31	59	10	13	18	59	23
4	18	54	28	14	34	56	10
5	28	63	9	15	38	50	12
6	30	58	12	16	32	59	9
7	42	47	11	17	33	53	14
8	50	43	7	18	21	56	23
9	63	29	8	19	26	60	14
10	52	39	9	20	29	61	10

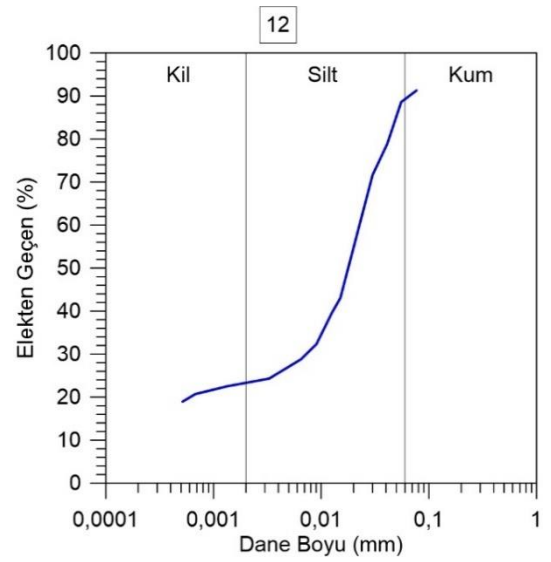
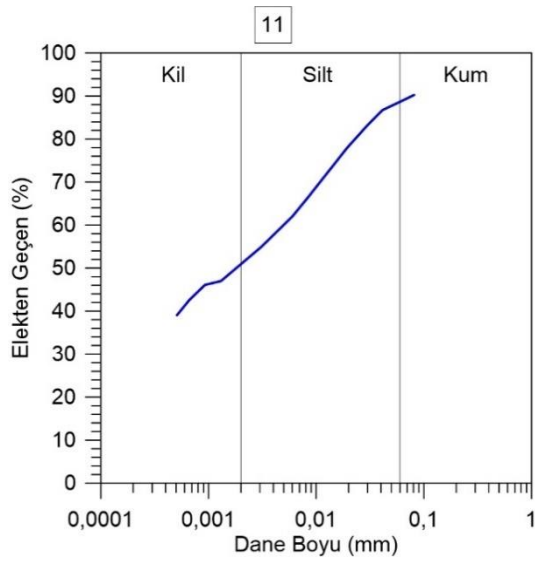
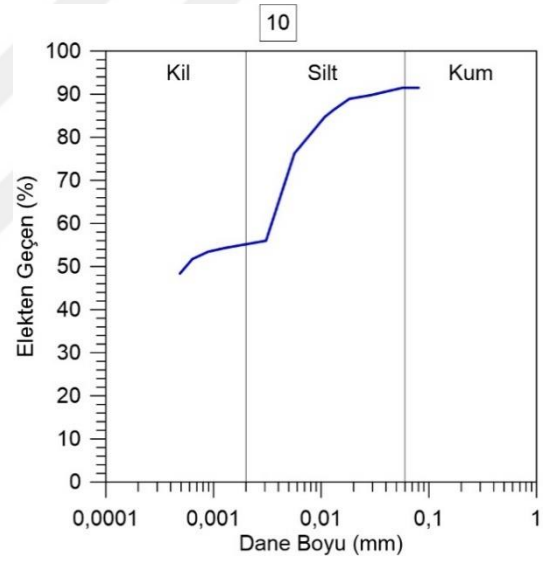
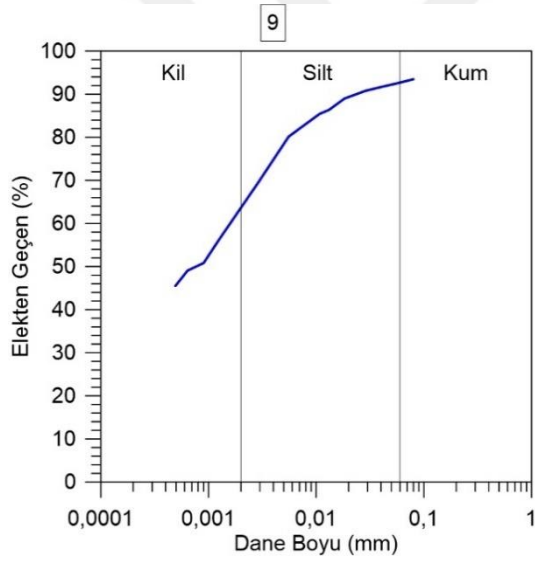
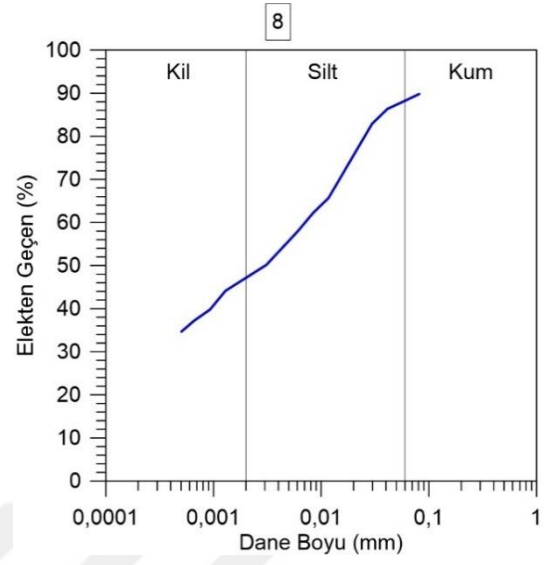
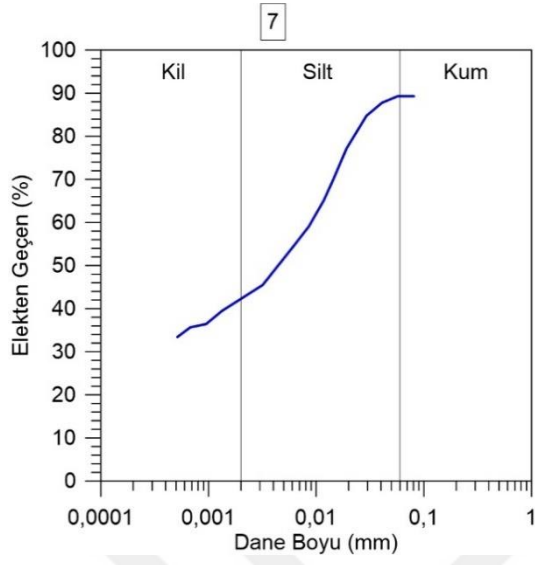
3.1.2.1. Doğal Su Muhtevası, Boşluk Oranı ve Doygunluk Derecesi

Yapılan deneyler sonucunda örneklerin doğal su muhtevalarının %22-39 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 12). UU üç eksenli basınç deneyi için hazırlanan silindirik örnekler üzerinde yapılan deneylerle belirlenen doyumluk derecesi (S_r) ve boşluk oranı (e) değerleri Tablo 13’te özetlenmiştir. Buna göre örneklerin S_r değerlerinin %90,4 ila %97,5 arasında, e değerlerinin ise %59,4 ile %93,2 arasında değiştiği belirlenmiştir.

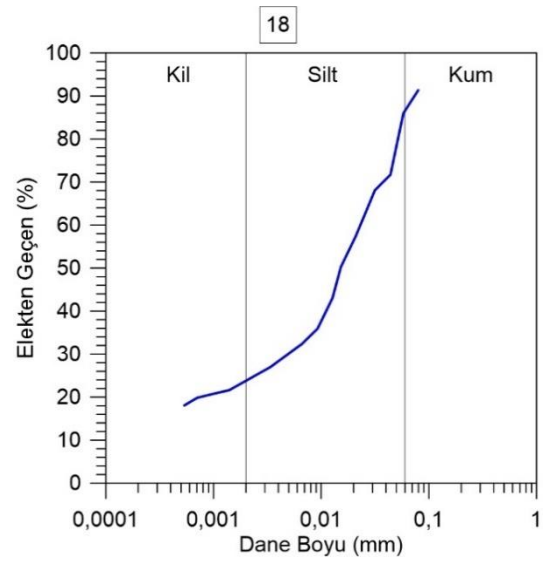
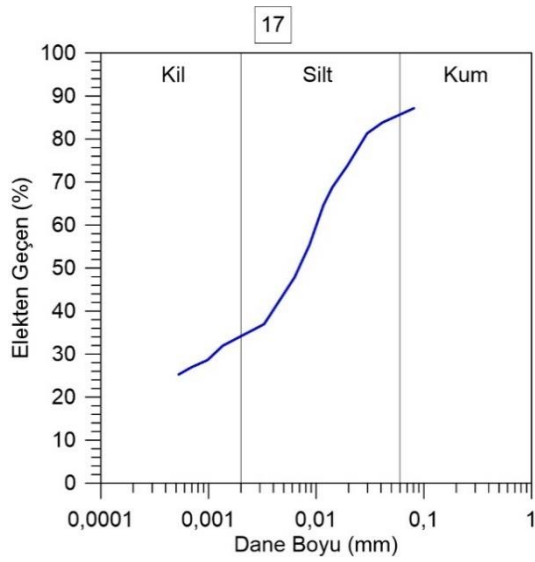
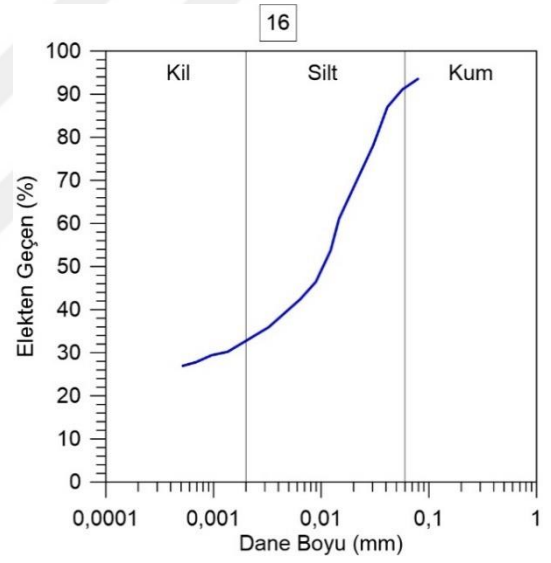
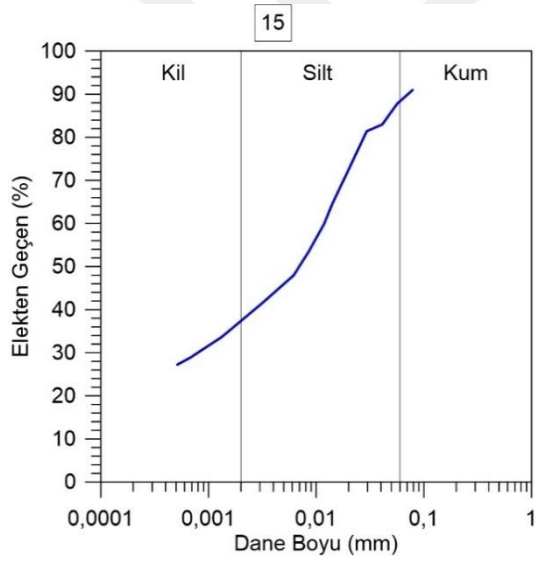
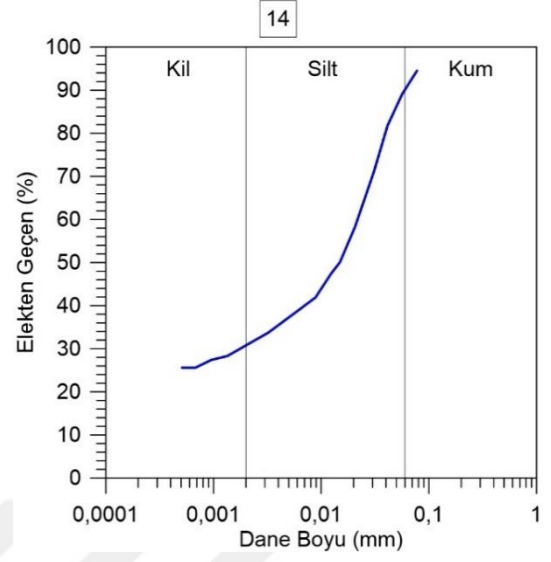
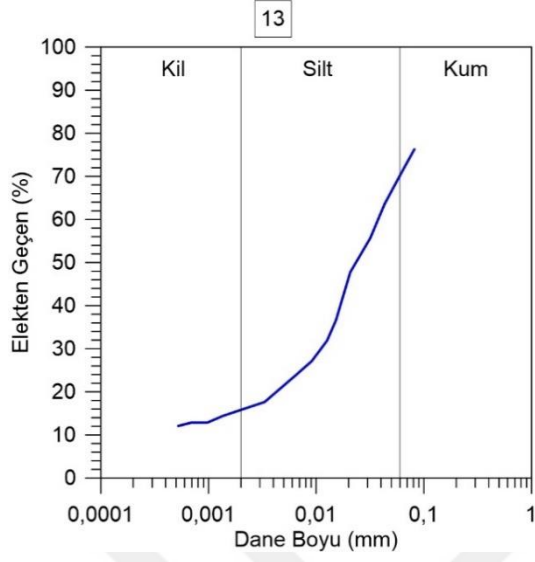


Şekil 23. Örneklere ait dane boyu dağılımı grafikleri

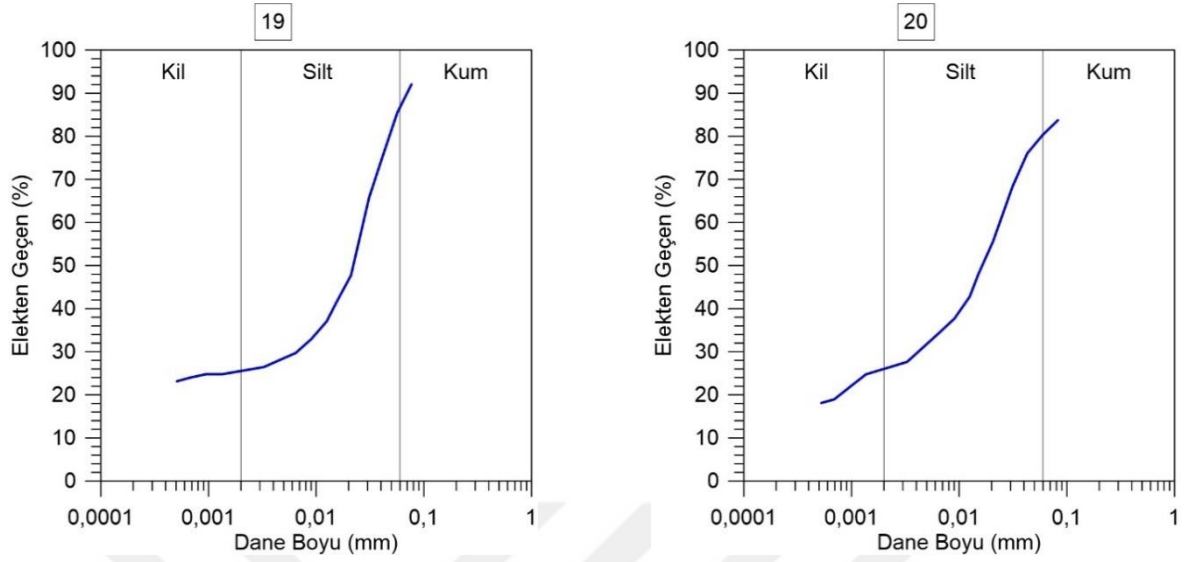
Şekil 23'ün devamı



Şekil 23'ün devamı



Şekil 23'ün devamı



Tablo 12. Örneklerin doğal su muhtevaları

Örnek Seti	ω_n (%)	Örnek Seti	ω_n (%)
1	30	11	39
2	33	12	27
3	30	13	30
4	22	14	25
5	33	15	38
6	28	16	34
7	29	17	38
8	33	18	34
9	28	19	29
10	33	20	30

Tablo 13. Örneklerin doygunluk derecesi ve boşluk oranı değerleri

Örnek Seti	S_r (%)	e (%)	Örnek Seti	S_r (%)	e (%)
1	91,4	88,4	11	96,0	91,5
2	95,2	89,9	12	93,2	77,4
3	96,3	83,3	13	90,8	87,7
4	97,5	59,4	14	92,6	71,1
5	93,6	93,2	15	96,8	80,9
6	90,8	81,8	16	97,2	81,4
7	91,4	79,6	17	96,9	77,7
8	91,6	92,7	18	95,7	78,8
9	90,4	80,8	19	94,4	79,2
10	95,2	86,5	20	93,5	73,2

3.1.2.2. Özgöl Ağırlık

Yapılan piknometre deneyleri sonucunda örneklerin özgöl ağırlıklarının 2,50 ile 2,69 arasında değiştiği belirlenmiştir. Deney sonuçları Tablo 14'te özetlenmiştir.

Tablo 14. Örneklere ait özgöl ağırlık değerleri

Örnek Seti	G_s	Örnek Seti	G_s
1	2.65	11	2.49
2	2.59	12	2.65
3	2.69	13	2.67
4	2.59	14	2.62
5	2.69	15	2.58
6	2.62	16	2.56
7	2.50	17	2.50
8	2.57	18	2.54
9	2.53	19	2.65
10	2.51	20	2.62

3.1.2.3. Doğal Birim Hacim Ağırlık

Silindirik örnekler üzerinde yapılan deneylerle belirlenen doğal birim hacim ağırlık değerleri Tablo 15'te verilmiştir. Bu verilere göre örneklerin doğal birim hacim ağırlıkları 17,3 ile 19,5 kN/m³ arasında değişmektedir.

Tablo 15. Zemin örneklerinin doğal birim hacim ağırlıkları

Örnek Seti	γ_n (KN/m ³)	Örnek Seti	γ_n (KN/m ³)
1	18,0	11	17,3
2	17,8	12	18,7
3	18,6	13	18,1
4	19,5	14	18,8
5	18,1	15	18,5
6	18,1	16	18,2
7	17,7	17	18,0
8	17,5	18	18,4
9	17,7	19	18,6
10	17,6	20	18,8

3.1.2.4. Atterberg Limitleri

Örnekler üzerinde yapılan likit limit ve plastik limit deneylerinin sonuçları ve örneklere ait plastisite indisi (PI) değerleri Tablo 16’da verilmiştir. Buna göre örneklerin likit limitlerinin %31,6-75 arasında, plastik limitlerinin %19,3-33,6 arasında, plastisite indislerinin ise %11,8-43,6 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 16. Örneklerin likit limit (LL), plastik limit (PL) ve plastisite indisi (PI) değerleri

Örnek Seti	PL (%)	LL (%)	PI (%)	Örnek Seti	PL (%)	LL (%)	PI (%)
1	21,2	41,4	20,2	11	33,6	57	23,4
2	19,7	31,6	11,9	12	22,1	34,4	12,3
3	19,3	46,1	26,8	13	24,6	37,5	12,9
4	27,4	41,9	14,5	14	21,5	33,5	12,0
5	22,7	40,4	17,7	15	28,8	62,2	33,4
6	23,6	35,4	11,8	16	26,4	53,9	27,5
7	21,6	46	24,4	17	31,8	55,5	23,7
8	29,1	58	28,9	18	25,6	45,4	19,8
9	32,3	73,5	41,2	19	22,9	35,4	12,5
10	31,4	75	43,6	20	21,4	42,9	21,5

Örneklerin kil yüzdelerinin nispeten yüksek olmasına rağmen likit limit değerlerinin çok yüksek olmadığı (≤ 75) gözükmektedir. Bununla birlikte, plastik limit değerleri oldukça düşüktür ($\leq 33,6$). Bu durum plastisite indisi değerlerinin yüksek olmasına neden olmuştur. Yani örneklerin plastik davranıştan akışkan davranışa geçmesi için gereken su içeriği değeri çok fazladır ki bu da zemin malzemesindeki kil içeriğinin yüksek olmasının bir sonucudur.

Çalışılan zemin örnekleri Burmister (1951), Leonards (1962) ve IAEG (1976) tarafından önerilen plastisite sınıflamaları kullanılarak sınıflandırılmıştır. Sınıflamalar sırasıyla Tablo 17, 18 ve 19’da verilmiştir.

Tablo 17. Örneklerin Burmister (1951)’e göre sınıflandırılması

Plastisite İndisi (%)	Plastisite Derecesi	Tanım	Bu Çalışma (Ö.S.)
0	Plastik değil	Silt	
0-5	Önemsiz derecede	Killi Silt	
5-10	Düşük	Silt ve Kil	
10-20	Orta	Kil ve Silt	2, 4, 5, 6, 12, 13, 14, 18, 19
20-40	Yüksek	Siltli Kil	1, 3, 7, 8, 11, 15, 16, 17, 20
>40	Çok yüksek plastisiteli	Kil	9, 10

Ö. S.: Örnek seti

Örneklerin Burmister (1951) tarafından önerilen plastisite sınıflamasına göre orta – yüksek – çok yüksek plastisiteli kil – siltli kil sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Tablo 18. Leonards (1962) tarafından önerilen plastisite sınıflaması

Plastisite İndisi (%)	Plastisite Derecesi	Bu Çalışma (Ö.S.)
0 - 5	Plastik değil	
5 -15	Az plastik	2, 4, 6, 12, 13, 14, 19
15 - 40	Plastik	1, 3, 5, 7, 8, 11, 15, 16, 17, 18, 20
>40	Çok plastik	9, 10

Örneklerin Leonards (1962) tarafından önerilen plastisite sınıflamasına göre az plastik – plastik – çok plastik sınıflarında oldukları belirlenmiştir.

Tablo 19. IAEG (1976) tarafından önerilen plastisite sınıflaması

Plastisite Özelliği	Plastisite İndisi (%)	Bu Çalışma (Ö.S.)
Plastik olmayan	<1	
Az plastisiteli	1-7	
Orta plastisiteli	7-17	2, 4, 6, 12, 13, 14, 19
Yüksek plastisiteli	17-35	1, 3, 5, 7, 8, 11, 15, 16, 17, 18, 20
Çok yüksek plastisiteli	>35	9, 10

IAEG (1976) tarafından önerilen plastisite sınıflamasına göre örneklerin orta – yüksek – çok yüksek plastisiteli zemin sınıflarında oldukları belirlenmiştir.

Tüm sınıflandırmalar değerlendirildiğinde, örneklerin çok büyük bir çoğunluğunun ‘orta’ ve ‘yüksek’ plastik sınıflarında, az sayıda örneğinse ‘düşük’ ve ‘çok yüksek’ plastisite sınıflarında olduğu belirlenmiştir.

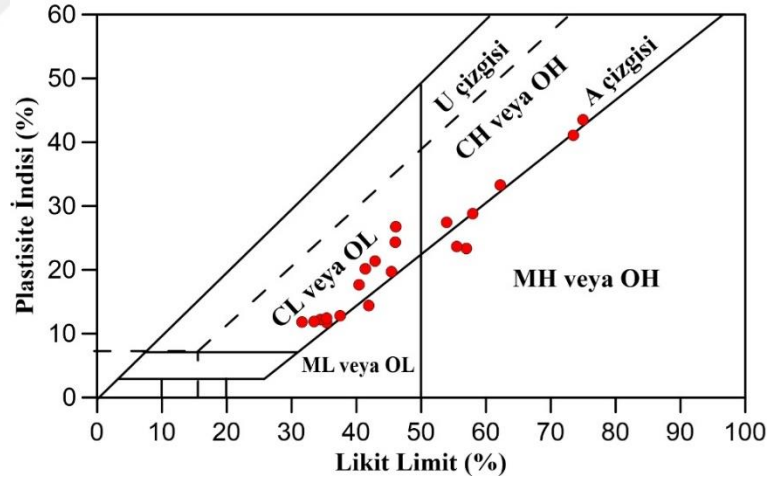
3.1.3. Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması

Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi (USCS) ASTM (2011) tarafından önerilen ve zeminleri plastisite ve dane boyu dağılımı özelliklerine göre sınıflamayı amaçlayan bir

sistemdir. Bu çalışma kapsamında deneylerde kullanılan zemin örnekleri USCS'ye göre sınıflandırılmış ve sonuçlar Tablo 20'de verilmiştir. Örneklerin Casagrande plastisite grafiğindeki konumları ise Şekil 24'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar örneklerin büyük bir çoğunluğunun düşük plastisiteli kil sınıfında olduğunu göstermektedir. Az sayıda örnek ise yüksek plastisiteli kil, yüksek plastisiteli silt ve düşük plastisiteli silt sınıflarındadır.

Tablo 20. Çalışmada kullanılan zemin örneklerinin USCS zemin sınıfları

Örnek Seti	Zemin Sınıfı	Örnek Seti	Zemin Sınıfı
1	CL	11	CL
2	CL	12	CL
3	CL	13	CL-ML
4	ML	14	CL
5	CL	15	CH
6	CL	16	CH
7	CL	17	MH
8	CH-MH	18	CL
9	CH-MH	19	CL
10	CH	20	CL



Şekil 24. Zemin örneklerinin Casagrande plastisite grafiğindeki konumları

3.1.4. Drenajsız Makaslama Dayanımı ve Makaslama Dayanımı Parametreleri

Çalışma kapsamında yapılan UU üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen σ_1 ve σ_3 değerleri kullanılarak her bir deney için p ve q değerleri hesaplanmıştır. Daha sonra Bölüm 2.2.9'da açıklanan yöntem kullanılarak örneklerin kohezyon (c), içsel sürtünme açısı (ϕ) ve drenajsız makaslama dayanımı (s_u) değerleri belirlenmiştir. Örselenmemiş örnekler üzerinde

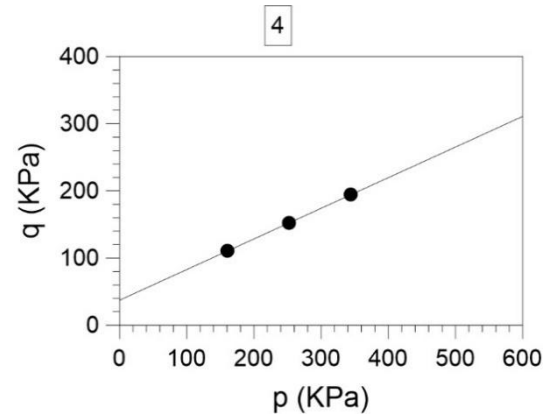
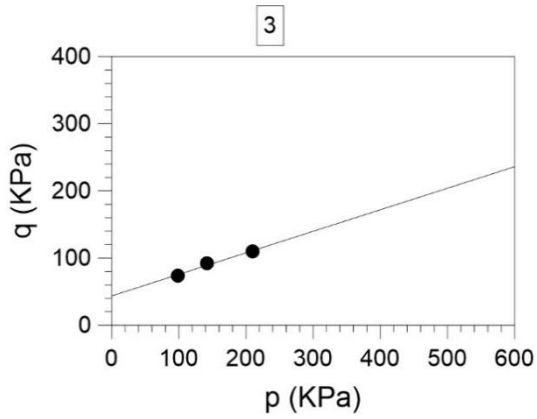
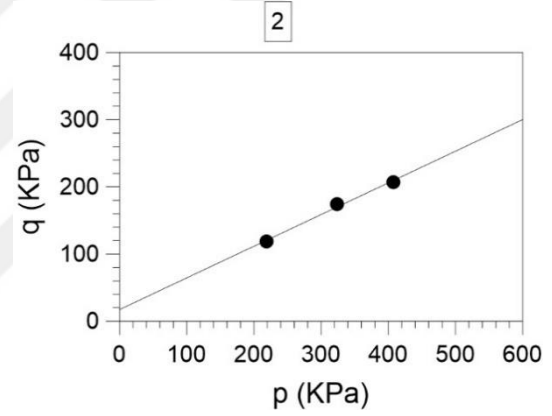
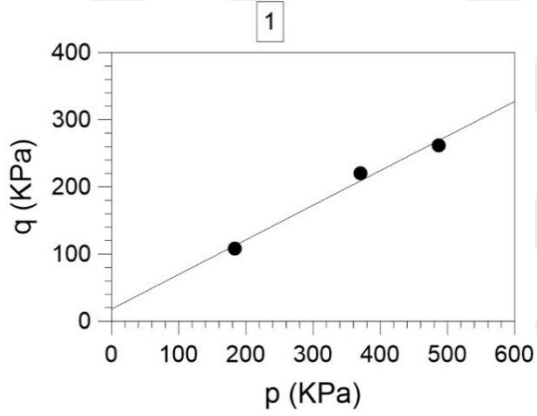
yapılan UU üç eksenli basınç deneylerinin sonuçları ve hesaplanan p ve q değerleri Tablo 21’de verilmiştir. Tüm deneylere ait p-q grafikleri ise Şekil 25’te verilmiştir.

Tablo 21. Örselenmemiş örneklerle ait UU üç eksenli basınç dayanımı deney sonuçları ve hesaplanan p ve q değerleri

Ö.S.	Deney No.	σ_1 (KPa)	σ_3 (KPa)	p (KPa)	q (KPa)
1	1	291,2	75	183,1	108,1
	2	590,5	150	370,3	220,3
	3	749,2	225	487,1	262,1
2	1	337,8	100	218,9	118,9
	2	498	150	324	174
	3	614,6	200	407,3	207,6
3	1	171,6	25	98,3	73,3
	2	234,7	50	142,4	92,4
	3	319,3	100	209,7	109,7
4	1	271	50	160,5	110,5
	2	404,6	100	252,3	152,3
	3	538,7	150	344,4	194,5
5	1	263,2	75	169,1	94,1
	2	517	150	333,5	183,5
	3	749	225	487	262
6	1	211,4	50	130,7	80,7
	2	386,8	100	243,4	143,4
	3	648	200	424	224
7	1	227,8	50	138,9	88,9
	2	425,5	100	262,8	162,8
	3	674,9	200	437,5	237,5
8	1	192,4	50	121,2	71,2
	2	357,3	100	228,7	128,7
	3	653,9	200	426,7	227
9	1	179,6	50	114,8	64,8
	2	392,7	100	246,4	146,4
	3	699,7	200	449,9	249,9
10	1	243,8	50	146,9	96,9
	2	365,8	100	232,9	132,9
	3	783,6	200	491,8	291,8
11	1	231,5	50	140,8	90,8
	2	353,8	100	226,9	126,9
	3	745,2	200	472,6	272,6
12	1	198	50	124	74
	2	400,6	100	250,3	150,3
	3	664,1	200	432,1	232,1
13	1	200,9	50	125,5	74,5
	2	368,4	100	234,2	134,2
	3	646,2	200	423,1	223,1
14	1	279,7	50	164,9	114,9
	2	336,5	100	218,3	118,3
	3	644,8	200	422,4	222,4
15	1	194,2	50	122,1	72,1
	2	351,6	100	225,8	125,8
	3	708,9	200	454,5	254,5

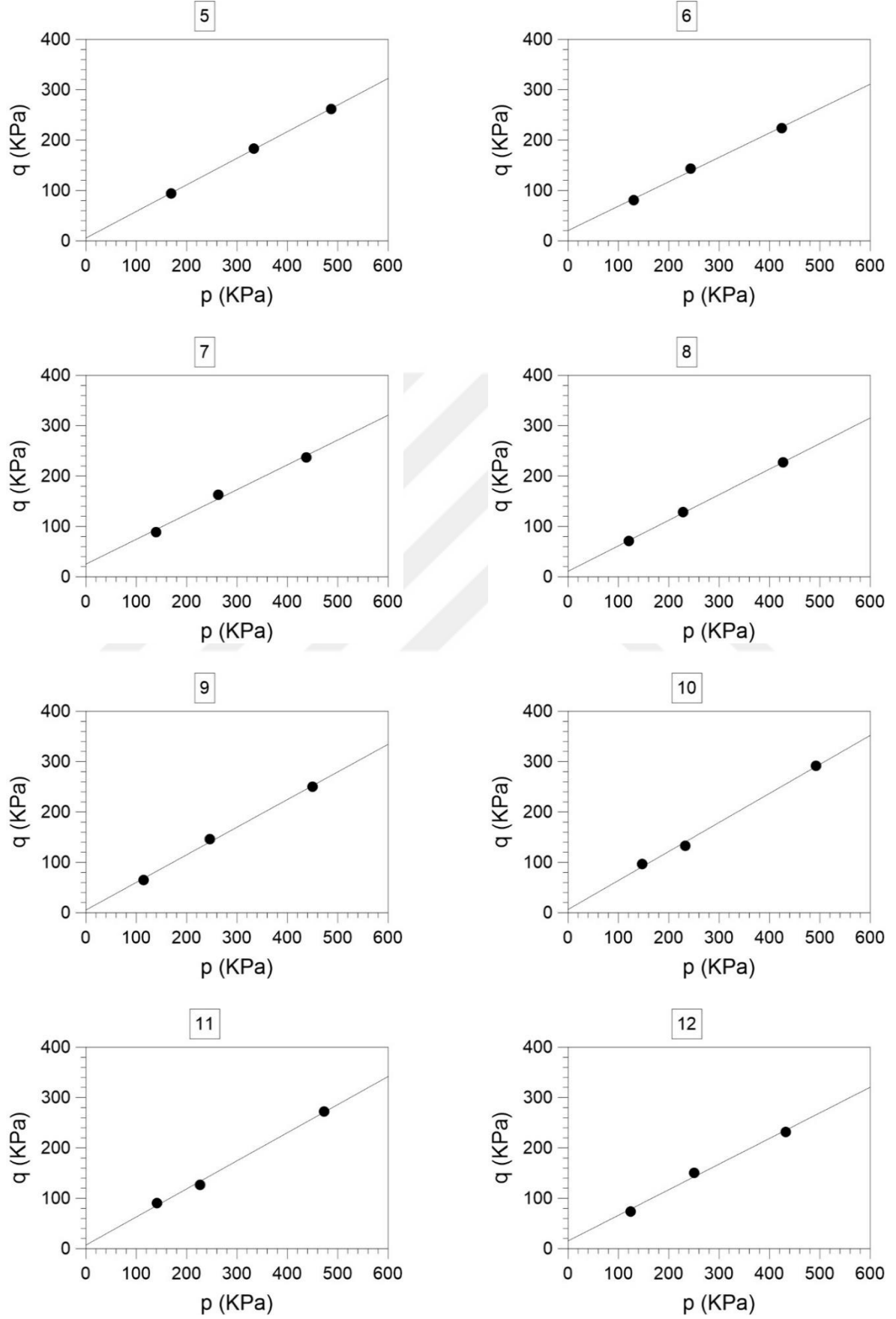
Tablo 21'in devamı

16	1	210,4	50	130,2	80,2
	2	383,6	100	241,8	141,8
	3	694,2	200	447,1	247,1
17	1	241,9	50	146	96
	2	351,9	100	226	126
	3	646,7	200	423,4	223,4
18	1	200,9	50	125,5	75,5
	2	349,3	100	224,7	124,7
	3	637,5	200	418,8	218,8
19	1	182,7	50	116,4	66,4
	2	344,2	100	222,1	122,1
	3	668,4	200	434,2	234,2
20	1	236	50	143	93
	2	333,7	100	216,9	116,9
	3	652,3	200	426,2	226,2

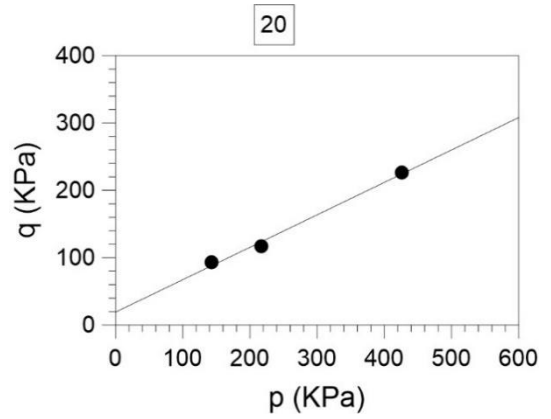
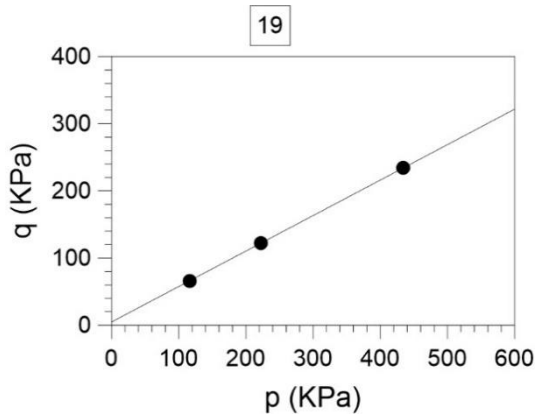
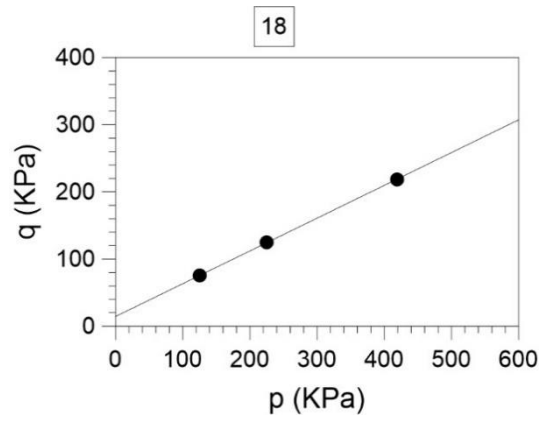
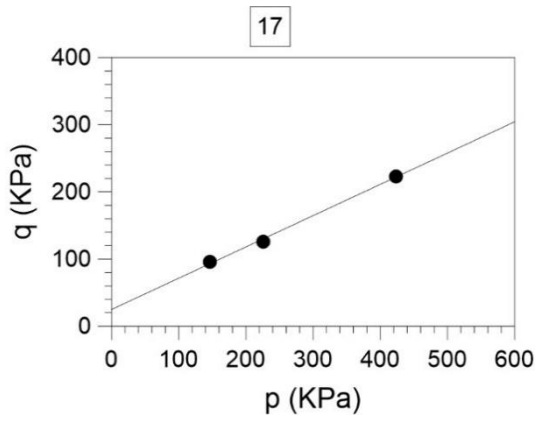
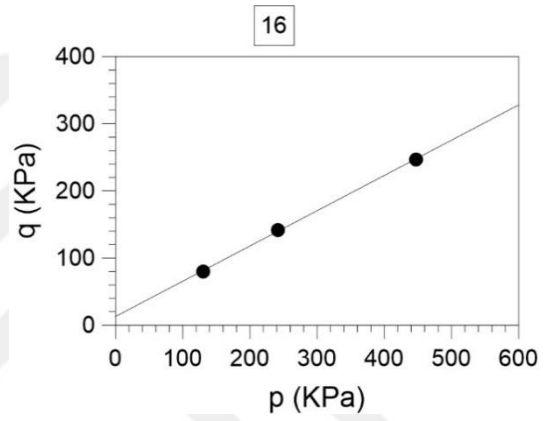
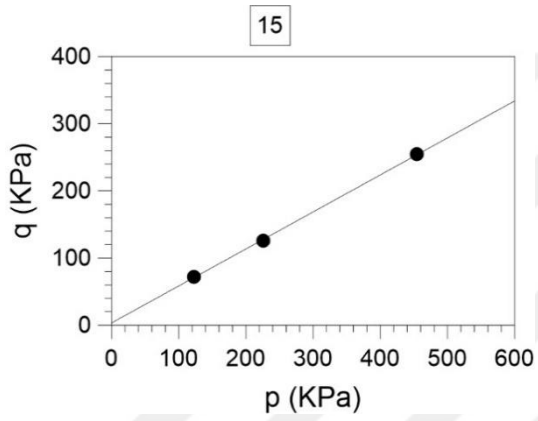
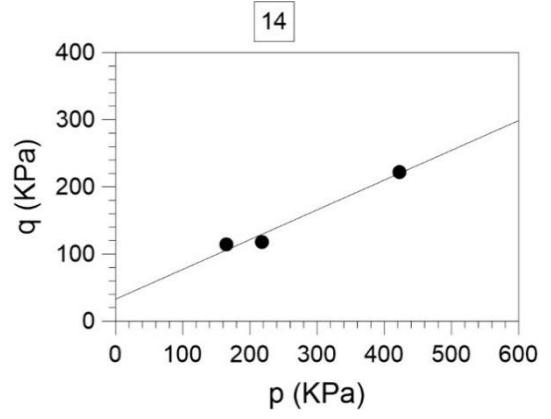
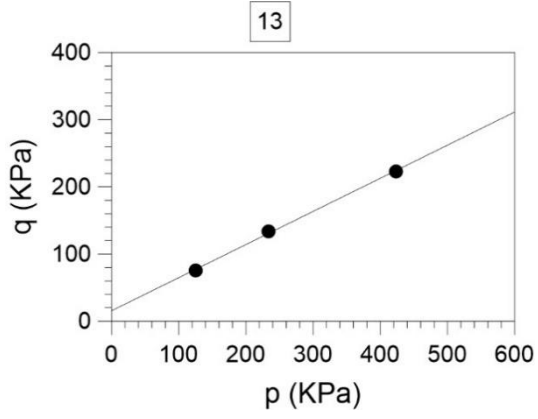


Şekil 25. Örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan UU üç eksenli sıkışma dayanımı deney verileri kullanılarak çizilen ait p-q grafikleri

Şekil 25'in devamı



Şekil 25'in devamı



Bölüm 2.3.9’da açıklanan yöntemle hesaplanan s_u , c ve ϕ değerleri Tablo 22’de özetlenmiştir. Bu verilere göre örneklerin kohezyonlarının 4,1-46,1 KPa arasında, içsel sürtünme açılarının 26-35 derece arasında, drenajsız makaslama dayanımlarının ise 139,6-196,8 KPa arasında değiştiği belirlenmiştir.

Bilindiği gibi suya tamamen doygun zeminler üzerinde yapılan UU üç eksenli basınç deneylerinde boşluk suyu basıncı sönmümlenemeyeceği için tüm çevre basınçlarında içsel sürtünme açısı değerlerinin sıfır olması ve Mohr yenilme zarfının yatay olması beklenmektedir. Ancak bu çalışma kapsamında temin edilen örneklerin doygunluk derecesi değerleri %97’nin altında olduğundan örnekler tamamen suya doygun değildir ve bu nedenle sıfırdan yüksek içsel sürtünme açısı değerleri belirlenmiştir.

Tablo 22. Zemin örneklerinin drenajsız makaslama dayanımları ve makaslama dayanımı parametreleri

Ö.S.	s_u (KPa)	c (KPa)	ϕ (°)	Ö.S.	s_u (KPa)	c (KPa)	ϕ (°)
1	196,8	21,2	31	11	163,4	8,6	34
2	166,7	19,7	28	12	152,1	17,9	31
3	149,6	46,1	29	13	144,3	17,9	30
4	152,4	41,9	27	14	151,8	36,6	26
5	179,9	6,6	32	15	150,8	4,1	33
6	149,4	23,4	29	16	156,4	15,3	32
7	163,0	28,9	30	17	148,4	28,2	28
8	142,3	12,5	31	18	139,6	16,7	29
9	153,7	6,4	33	19	140,9	5,7	32
10	173,9	7,9	35	20	145,3	21,8	29

3.2. Örselenmiş Örnekler Üzerinde Yeniden Çökeltme İşlemi

3.2.1. Deney Düzenekinin Tasarımı

Yeniden çökeltme işlemi ‘çamur konsolidometre’ veya yalnızca ‘konsolidometre’ adı verilen düzenekler kullanılarak yapılmaktadır. Bu düzeneklerin ana bileşenleri zemin örneği + su karışımının konulduğu bir örnek hücresi, örneğe yük uygulanmasında kullanılan yükleme başlığı ve yükleme kolları, yükü bulamaca ileterek örneğin konsolide olmasını sağlayan bir piston, son olarak da alt ve üst kısımlardan suyun drene olmasına izin veren hücre kapaklarından ibarettir. Konsolidometre boyutları değişken olmakla birlikte 30 cm

aplı konsolidometreler uzun yıllar yoğun olarak kullanılmış, son yıllarda ise standart bir üç eksenli basınç deney örneğinin yeniden ökeltilmesinde kullanılan ve çapları 9 cm'yi geçmeyen konsolidometreler tercih edilmeye başlanmıştır (Abdulhadi, 2009; Casey, 2014).

Bu alışma kapsamında ilk olarak örnek hücresinin boyutları 30x80 cm olan bir konsolidometre kullanılmıştır (Şekil 26). Ancak konsolidometre çapının çok fazla olmasından dolayı yükleme aşamasında ölü ağırlıklar kullanılarak istenilen konsolidasyon gerilmeleri elde edilememiştir.



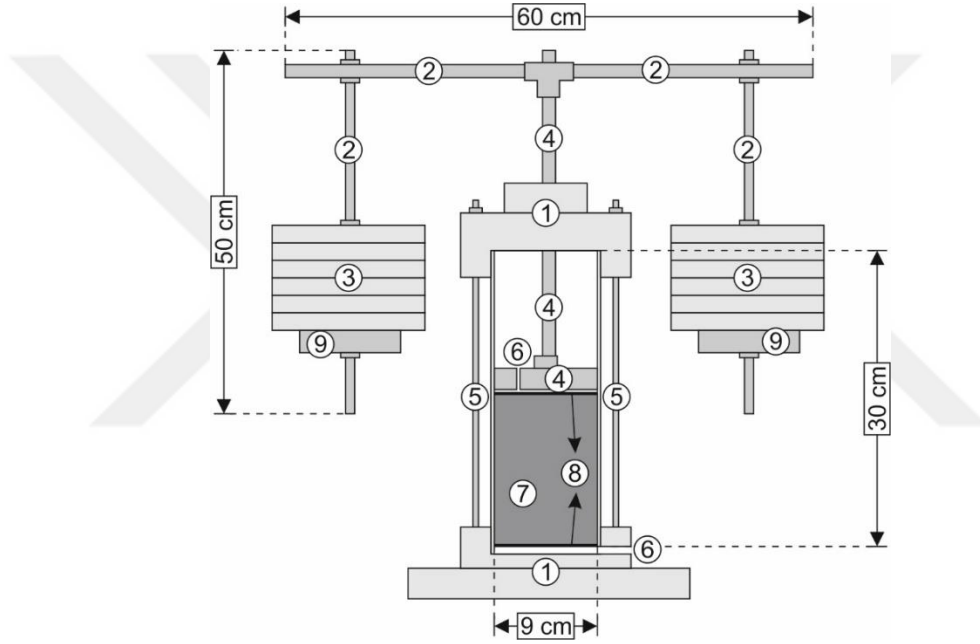
Şekil 26. Çalışmanın erken aşamasında üretilen büyük konsolidometre cihazı

Bu nedenle daha küçük boyutlu, ölü ağırlıklar kullanılarak daha yüksek gerilmelerin elde edilmesine izin veren konsolidometrelerin yaptırılması planlanmıştır. Bu süreçte hem tasarımsal hem de zamansal açıdan işlerin daha kolay yürütülebilmesi amacıyla var olan standart üç eksenli basınç deney hücrelerinin modifiye edilerek konsolidometrelerin üretilmesine karar verilmiştir. Bu bağlamda Ankara'da faaliyet gösteren UTEST A. Ş. ve Netratek Makina Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. firmaları ile bağlantı kurulmuş ve anlaşmaya varılmıştır. UTEST tarafından üretilen ve örnek hücresinin boyutları 9x30 cm olan standart üç eksenli basınç deney hücreleri üzerinde yapılması gereken modifikasyonlar bu çalışma

kapsamında tasarlanmış ve Netratek Makina Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti.'ye iletilmiştir. Üretilen prototip üzerinde yapılan deneme deneylerinde aşağıdaki eksiklikler gözlenmiştir:

- Pistonda su tahliye çıkışı olmaması sebebiyle numunenin konsolide edilmesi süreci uzamakta ve numune örselenmektedir,
- Konsolidometrenin üst kapağının çıkarılamaz özellikte oluşu bulamacın konsolidometreye aktarılması sürecini zorlaştırmaktadır.

Tespit edilen bu eksiklikler Netratek Makina Sanayi ve Ticaret Ltd. Şti. ile paylaşılmış ve sonunda Şekil 27'de şematik görünümü veren nihai cihaz üretilmiştir.



Şekil 27. Çalışma kapsamında üretilen konsolidometre (1: üst ve alt başlıklar; 2: yükleme kolları; 3: ağırlıklar (10 kg); 4: piston ve piston kolu; 5: sabitleyici miller; 6: su tahliye çıkışları; 7: numune; 8: poröz taşlar ve filtre kağıtları; 9: yük sabitleyici)

Konsolidometrenin alt ve üst kapakları ve pistonu alüminyumdan üretilmiştir. Örnek hücresi ise yüksek basınca dayanıklı pleksiglastır. Diğer parçalar (yükleme kolları, özel çekme dişli saplamalar, vs.) çelik ve kromdan üretilmiştir. Konsolidometrenin alt ve üst kapakları ile piston başlığında su tahliyesine izin veren kanallar bulunmaktadır. Ölü ağırlıkların takılacağı yükleme kolları yivler vasıtasıyla üst kapağa takılıp çıkarılabilmektedir. Konsolidometre ile yaklaşık 12 cm yüksekliğinde ve 9 cm çapında

yeniden çökeltilmiş zemin örneği hazırlanabilmektedir. Örnek yüksekliği uygulanan konsolidasyon gerilmesine göre değişmektedir.

Üretilen yeni konsolidometrenin örnek hücresinin boyutlarının ilk aşamada üretilen konsolidometreye kıyasla çok daha küçük olması sayesinde örnekler yüksek konsolidasyon gerilmeleri altında çökeltilebilmiştir. Ancak yine örnek hücrelerinin küçük olması nedeniyle bir seferde yalnızca tek bir üç eksenli basınç örneği yeniden çökeltilebilmektedir ki bu süreç yaklaşık 2 hafta sürmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında 3 adet konsolidometre üretilmiş, böylece 3 örnekten oluşan bir örnek seti tek bir seferde yeniden çökeltilebilmiştir.

3.2.2. Deneyin Uygulanışı

Bu çalışma kapsamında Sahilkent, Bafra (Samsun) yöresinden sondajlar sırasında temin edilen örselenmemiş zemin örneklerinin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlendikten sonra bu örnekler yeniden çökeltme işlemine tabi tutulmuştur. Yeniden çökeltme sürecinde bu çalışma kapsamında üretilen konsolidometre kullanılmıştır. Teorik olarak konsolidometreden çıkarılan her bir yeniden çökeltilmiş örnekten 2 adet UU üç eksenli basınç deney örneği alınabilmesi mümkün olsa da pratikte bu işlemin başarılı sonuç vermemesi ihtimaline karşın her bir yeniden çökeltilmiş örnekten 1 adet UU üç eksenli basınç deney örneği alınmıştır. Çalışma kapsamında 60 adet yeniden çökeltilmiş örnek hazırlanması gerektiğinden tasarlanan konsolidometreden 3 adet üretilmiş ve eş zamanlı olarak kullanılmıştır.

Yeniden çökeltme işlemi sırasında her bir örneğe sondajlardan alındığı derinlikteki örtü yüküne eş değer bir konsolidasyon gerilmesi uygulanmıştır. Örneğe uygulanacak olan konsolidasyon gerilmesi (σ'_c) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır:

$$\sigma'_c \text{ (KPa)} = \text{Örneğin alındığı derinlik (m)} \times \text{örneğin batık birim hacim ağırlığı (KN/m}^3\text{)}$$

Çalışma alanında bulunan zemin profilinin aşırı konsolide olması durumunda yukarıdaki eşitliğin geçerli olmayacağı ortadadır. Bu nedenle çalışma kapsamında yapılan CPTu deneylerinden elde edilen veriler zemin profilinin belirlenmesinin yanı sıra örneklerin aşırı konsolidasyon oranı (OCR) değerlerinin hesaplanmasında da kullanılmıştır. Ancak, literatürde önerilen eşitlikler kullanılarak hesaplanan OCR değerlerinin literatürde karşılaşılan tipik değerlere kıyasla oldukça yüksek olduğu görülmüştür. OCR gibi

parametrelerin tahmin edilmesine yönelik olarak geliştirilen ampirik eşitliklerin geçerli olduğu sınır koşullarının çok spesifik zemin ortamlarını kapsamamasının bu durumun sebeplerinden biri olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle elde edilen değerler çalışma kapsamında kullanılmamıştır.

Yeniden çökeltme işleminde aşağıdaki yöntem uygulanmıştır:

- Deneylere tabi tutularak örselenmiş olan zemin örneği 24 saat boyunca 105°C'lik etüvde kurutulmuştur.
- Kurutulan örnek halkalı öğütücüde 100 numaralı elekten geçecek şekilde (yaklaşık 30 saniye) öğütülmüştür. Hazırlanacak her bir yeniden çökeltilmiş örnek için yaklaşık 1 kg malzeme öğütülmüştür (Şekil 28).
- Öğütülen zemin örneği ilksel likit limitinin 2 katı kadar havası alınmış saf su ile karıştırılmıştır (Şekil 29).
- Homojen bir karışım elde edilmesi amacıyla ilk etapta bulamacın 10 dakika boyunca laboratuvar tipi mikser ile karıştırılması denenmiştir. Ancak bu şekilde hazırlanan örneklerde topaklanmanın çok fazla olması sebebiyle karıştırma işlemi elle yapılmıştır.
- Hazırlanan homojen bulamaç alt kısmına filtre kâğıdı yerleştirilen konsolidometreye hava kabarcığı oluşmaması amacıyla yavaşça dökülmüştür (Şekil 30).
- Bulamaç bu haliyle 24 saat dinlenmeye bırakılmıştır. 24 saatin sonunda alt kısmına filtre kâğıdı takılan piston örnek üzerine yerleştirilmiş ve konsolidometrenin üst kapağı sıkıca kapatılmıştır.
- Yükleme kolları üst kapağa takılmış ve ilk etapta örneğe 500 gramlık bir yük (yaklaşık 2,5 KPa gerilme) uygulanmıştır. Daha sonra yükleme işlemi örnek üzerindeki yükün 2 katına çıkarılması yoluyla istenen konsolidasyon gerilmesine ulaşılan dek kademeli olarak devam etmiştir (Şekil 31).
- Her bir yük kademesi 24 saat boyunca uygulanmıştır. Son yük kademesi ise 48 saat boyunca uygulanmıştır.
- Yükleme süreci tamamlandıktan sonra örnek üzerindeki yük piston sabit tutularak kaldırılmıştır.
- Bu şekilde laboratuvara taşınan örnek, pistonun yavaşça itilmesi suretiyle konsolidometreden çıkarılmıştır (Şekil 32).

- Konsolidometreden çıkarılan yeniden çökeltilmiş örnekten, örnek alıcı aparat yardımıyla UU üç eksenli basınç deneyi örnekleri alınmıştır (Şekil 33).



Şekil 28. Kurutulmuş, öğütülmüş ve 100 no'lu elekten elenmiş malzeme



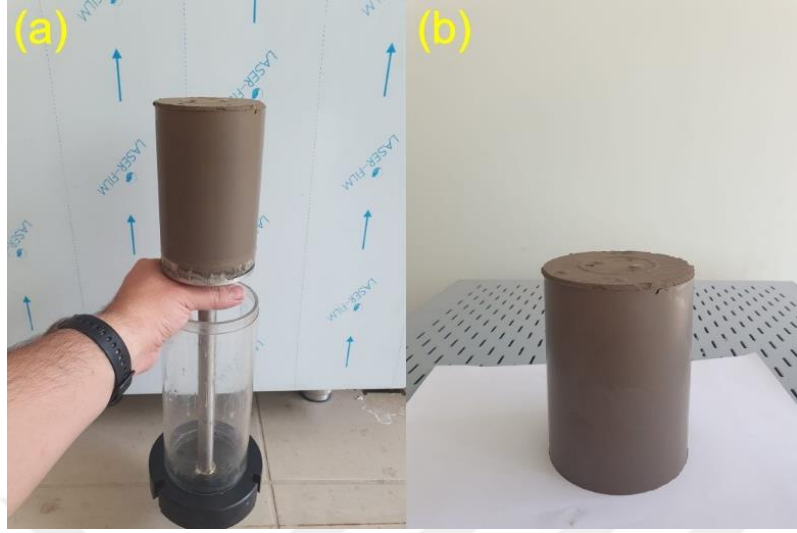
Şekil 29. Yeniden çökeltilmiş örneklerin hazırlanma aşaması. (a) Öğütülmüş örnek, saf su ve karıştırma kabı; (b) Öğütülmüş örneğin karıştırma kabına aktarılması; (c) Saf suyun eklenmesi; (d) Öğütülmüş örnekle saf suyun karıştırılarak bulamacın hazırlanması



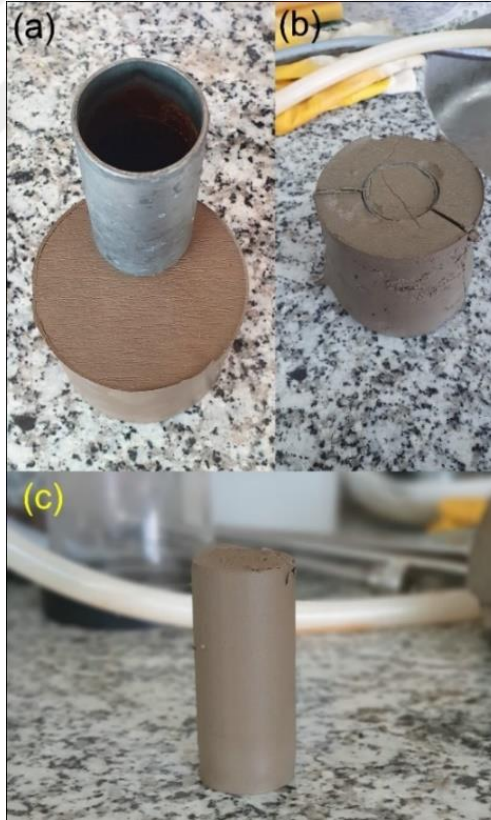
Şekil 30. Bulamacın konsolidometreye aktarılması. (a) Konsolidometrenin alt kısmının, örnek haznesinin ve filtre kağıdının görünümü; (b) Bulamacın örnek haznesine aktarılması; (c) Bulamaçla dolmuş olan örnek haznesinin görünümü; (d) Dinlenmeye bırakılan bulamaç ve konsolidometrenin görünümü



Şekil 31. 24 saatin ardından konsolidometrenin üst kapağının yerleştirilmesi (a) ve yükleme adımına geçilmesi (b)



Şekil 32. Yeniden çökeltilmiş örneğin konsolidometreden çıkarılması (a) ve çıkarılmış örneğin görünümü (b)



Şekil 33. Yeniden çökeltilmiş örnekten UU üç eksenli basınç deneyi için örnek alınması. (a) Örnek alıcı aparatın ve yeniden çökeltilmiş örneğin görünümü; (b) Örnek alıcı aparatın örnek içerisine sokulması; (c) Alınan üç eksenli basınç deney örneğinin görünümü

3.2.3. Yeniden Çökeltilmiş Örneklerin Dayanım Özellikleri

Yeniden çökeltilmiş örnekler çalışmanın ilk aşamasında deneylere tabi tutulan örnekler kullanılarak oluşturulmuştur. Örnekler arasında LL, PL, dane boyu dağılımı, özgül ağırlık gibi indeks ve plastik parametreler değişiklik göstermeyeceği için yeniden çökeltilmiş örnekler üzerinde plastik ve indeks özellik tayinleri yapılmamış, yalnızca UU üç eksenli basınç deneyleri yapılmıştır. Deneyler, örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan deneylerle aynı koşullar altında gerçekleştirilmiş ve sonuçlar Tablo 23'te özetlenmiştir.

Tablo 23. Yeniden çökeltilmiş örnekler üzerinde yapılan UU üç eksenli basınç deneylerinin sonuçları ve hesaplanan p ve q değerleri

Ö.S.	Deney No.	σ_1 (KPa)	σ_3 (KPa)	p (KPa)	q (KPa)
1	1	179,6	50	114,8	64,8
	2	307,4	100	203,7	103,7
	3	628,1	200	414,1	214,1
2	1	189,5	100	119,8	69,8
	2	322,8	150	211,4	111,4
	3	626	200	413	213
3	1	226,8	25	138,4	88,4
	2	358,7	50	229,4	129,4
	3	647,4	100	423,7	223,7
4	1	215,4	50	132,7	82,7
	2	316,2	100	208,1	108,1
	3	639,7	150	419,9	219,9
5	1	187,9	50	119	69
	2	330,8	100	215,4	115,4
	3	603,2	150	401,6	201,6
6	1	216,7	50	133,4	83,4
	2	365,9	100	233	133
	3	652,1	200	426,1	226,1
7	1	181,8	50	115,9	65,9
	2	353,2	100	226,6	126,6
	3	646,7	200	423,4	223,4
8	1	205,6	50	127,8	77,8
	2	371,6	100	235,8	135,8
	3	653,7	200	426,9	226,9
9	1	209,8	50	129,9	79,9
	2	325	100	212,5	112,5
	3	665,4	200	432,7	232,7
10	1	201,3	50	125,7	75,7
	2	348,5	100	224,3	124,3
	3	659,6	200	429,8	229,8
11	1	193,6	50	121,8	71,8
	2	328,8	100	214,4	114,4
	3	635	200	417,5	217,5

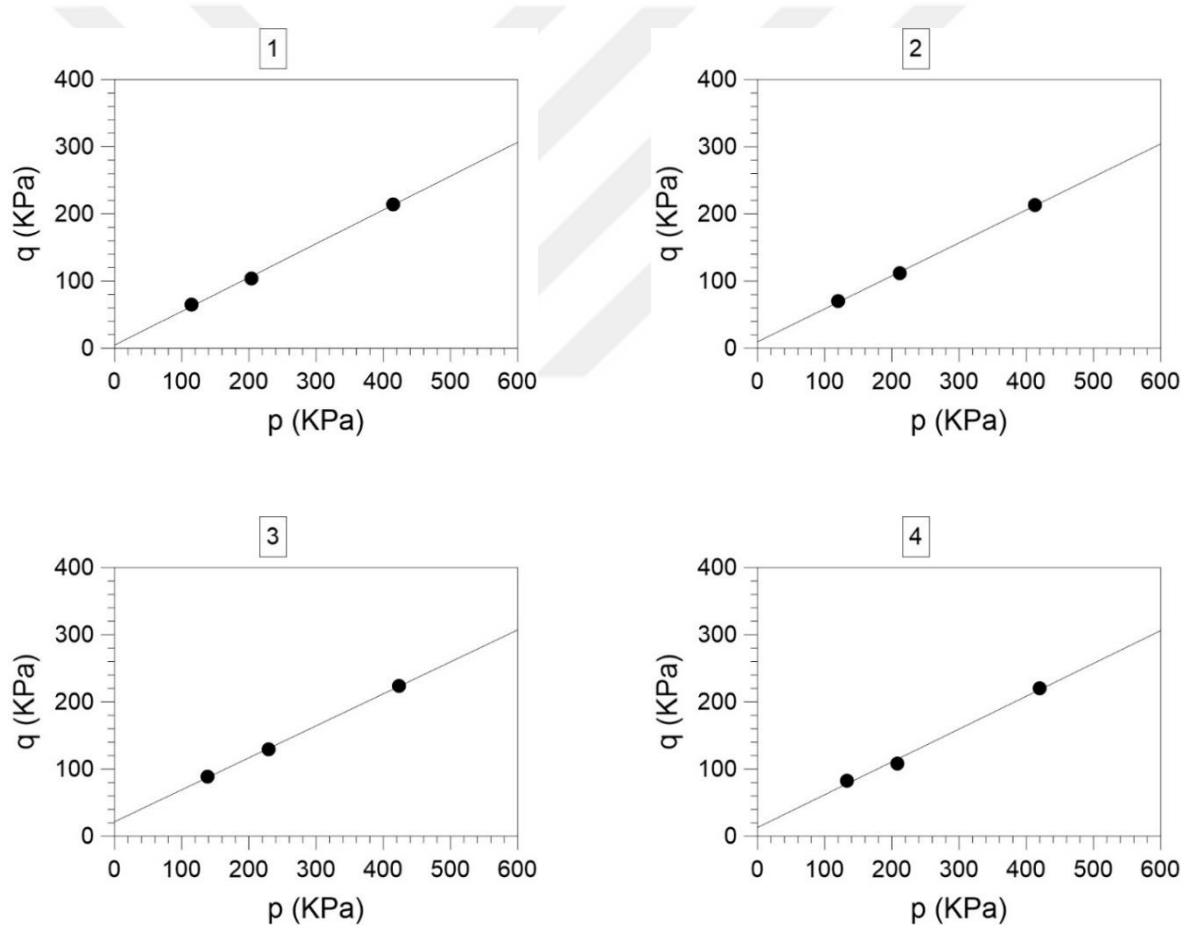
Tablo 23'ün devamı

12	1	198,4	50	124,2	74,2
	2	347,4	100	223,7	123,7
	3	634,2	200	417,1	217,1
13	1	215,9	50	133	83
	2	352,4	100	226,2	126,2
	3	659,2	200	429,6	229,6
14	1	221,2	50	135,6	85,6
	2	352	100	226	126
	3	671,9	200	436	236
15	1	181,5	50	115,8	65,8
	2	352,6	100	226,3	126,3
	3	652,3	200	426,2	226,2
16	1	205,9	50	128	78
	2	349,8	100	224,9	124,9
	3	646,7	200	423,4	223,4
17	1	238,2	50	144,1	94,1
	2	344,7	100	222,4	122,4
	3	672	200	436	236
18	1	211,5	50	130,8	8,8
	2	339,5	100	219,8	119,8
	3	659,7	200	429,9	229,9
19	1	183,7	50	116,9	66,9
	2	342,2	100	221,1	121,1
	3	666,6	200	433,3	233,3
20	1	239,5	50	144,8	94,8
	2	334,9	100	217,5	117,5
	3	713,3	200	456,7	256,7

Tablo 24. Yeniden çökeltilmiş örneklere ait $s_{u(res)}$, $c_{(res)}$ ve $\phi_{(res)}$ değerleri

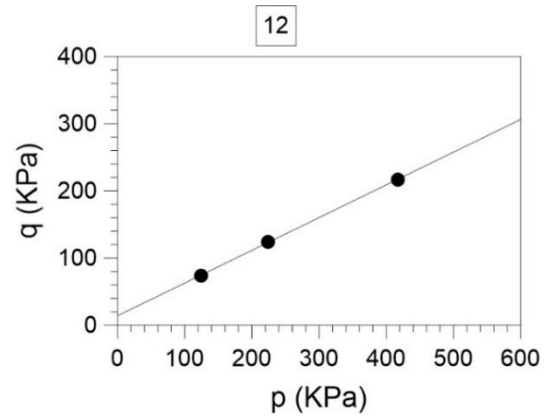
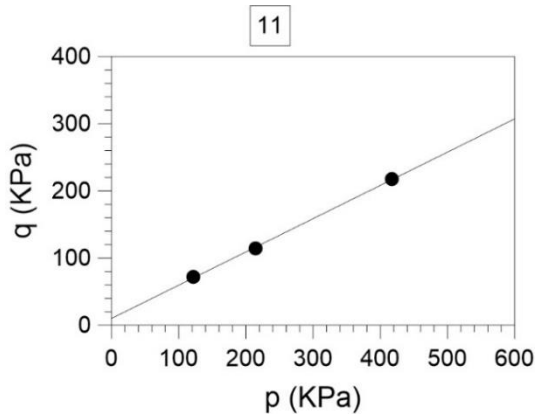
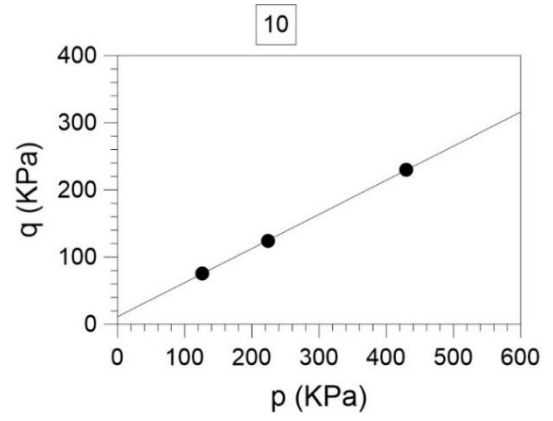
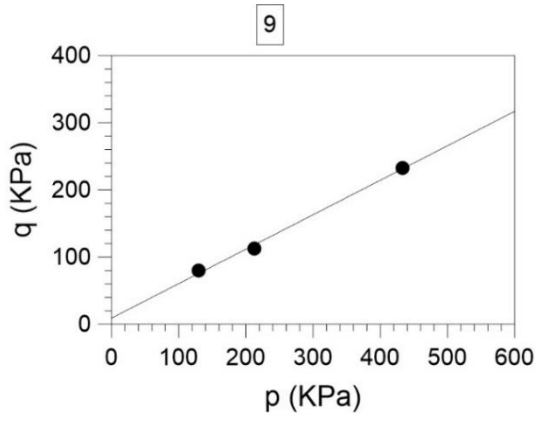
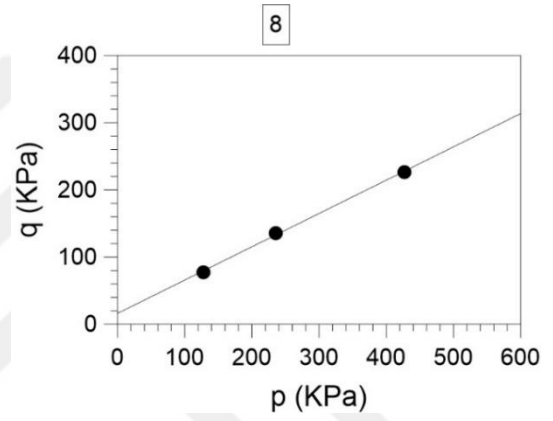
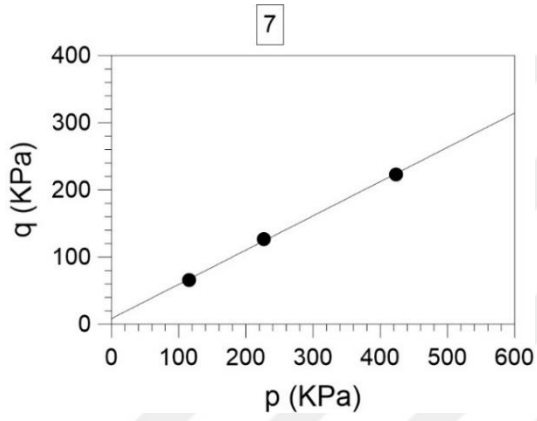
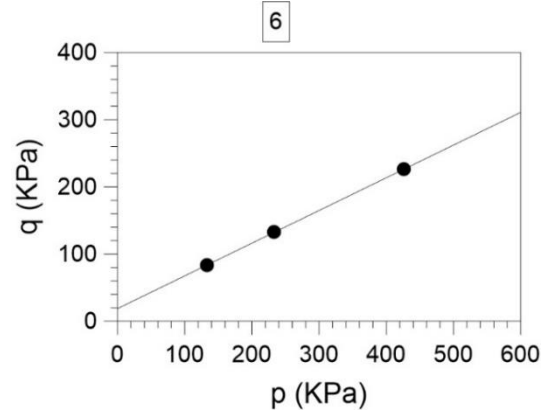
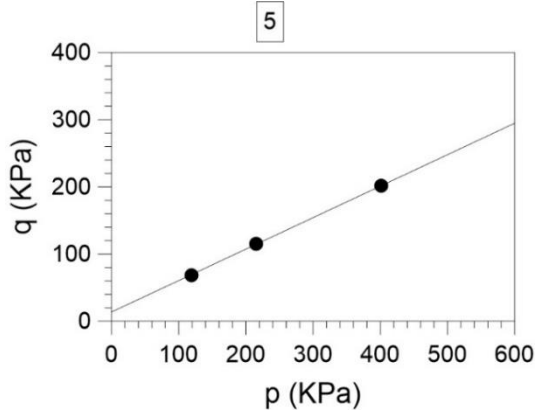
Ö.S.	$s_{u(res)}$ (KPa)	$c_{(res)}$ (KPa)	$\phi_{(res)}$ (°)	Ö.S.	$s_{u(res)}$ (KPa)	$c_{(res)}$ (KPa)	$\phi_{(res)}$ (°)
1	127,5	5,3	30	11	134,6	11,7	30
2	131,4	11,0	29	12	138,3	16,1	29
3	147,2	24,5	28	13	146,3	18,1	30
4	136,9	14,9	29	14	149,2	17,4	30
5	128,7	15,5	28	15	139,4	8,9	31
6	147,5	21,6	29	16	142,1	16,7	29
7	138,6	9,9	31	17	150,8	20,9	30
8	146,8	18,6	30	18	143,5	14,6	30
9	141,7	10,6	31	19	140,4	6,0	32
10	143,2	13,1	30	20	156,3	12,2	32

Daha önce de belirtildiği gibi, yeniden çökeltilmiş örneklerin %100 suya doygun olması beklenmektedir. Dolayısıyla bu örnekler üzerinde yapılan UU üç eksenli basınç dayanımı deneylerinde içsel sürtünme açısı değerlerinin sıfır olması gerekmektedir. Ancak, Tablo 24'te de görülebileceği gibi, deneyler sonrasında 28-31 derece arasında değişen içsel sürtünme açısı değerleri belirlenmiştir. Bu durum yeniden çökeltilmiş örneklerin tamamen suya doygun olmadığını göstermektedir. Yeniden çökeltilen örneklerin konsolidometreden çıkarılmasının ardından düşey gerilmenin ortadan kalkmasıyla oluşan matrik emmeye bağlı olarak örnekler içerisindeki boşlukların bir kısmının havayla dolmasının bu durumun sebebi olduğu düşünülmektedir.

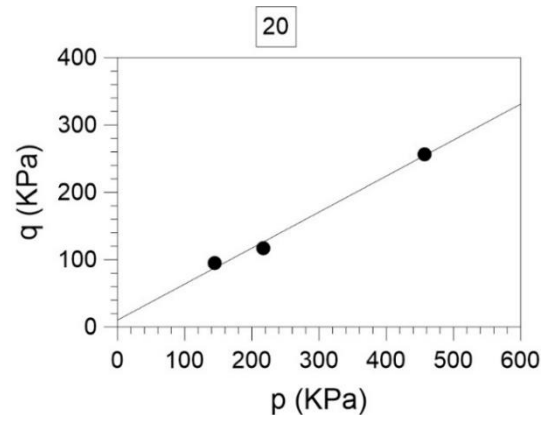
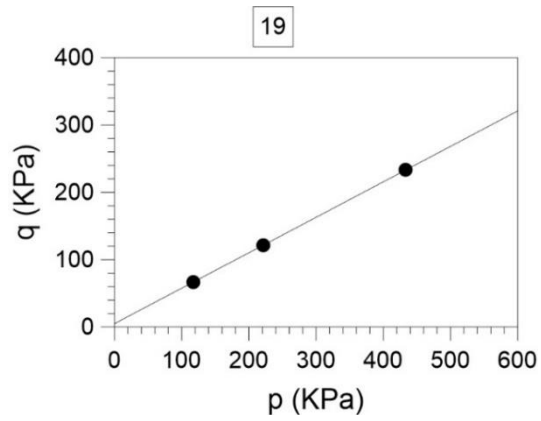
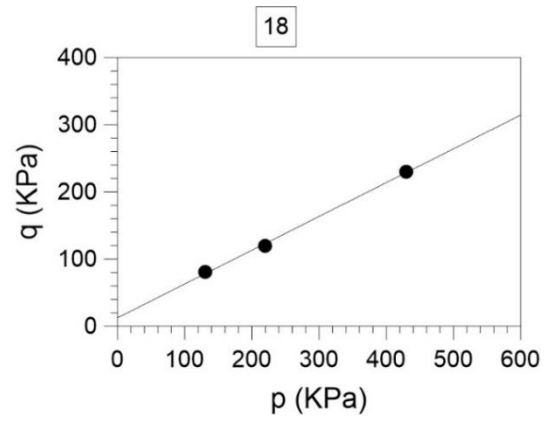
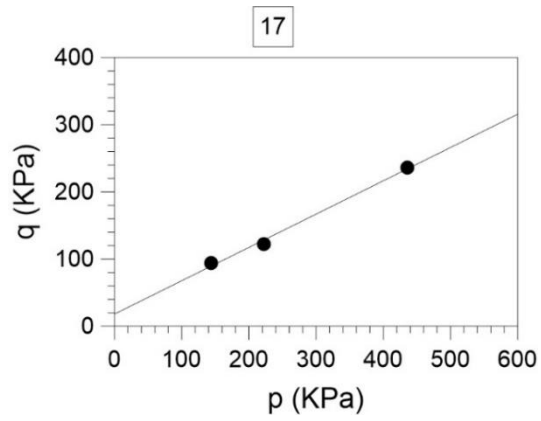
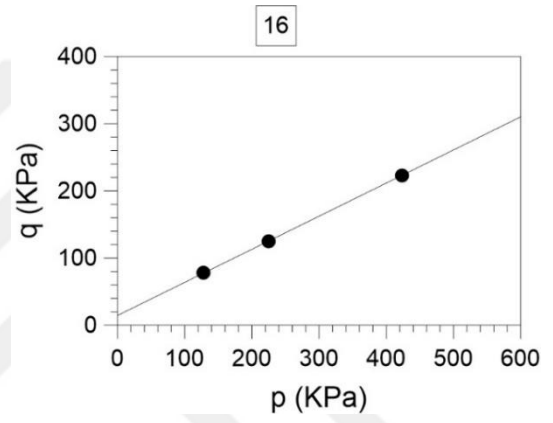
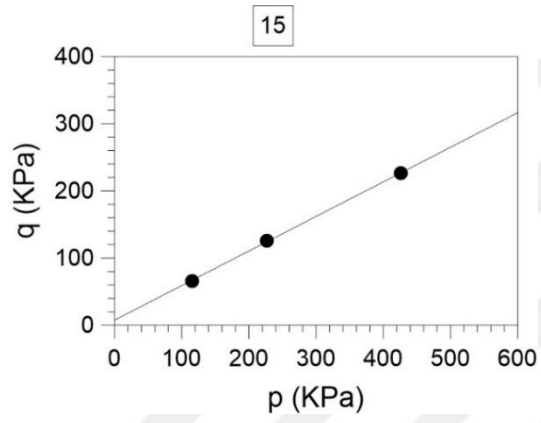
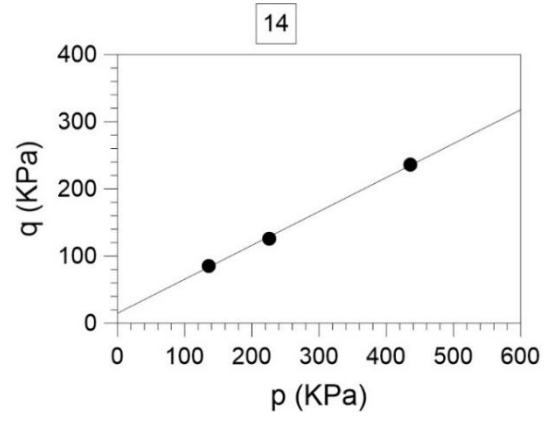
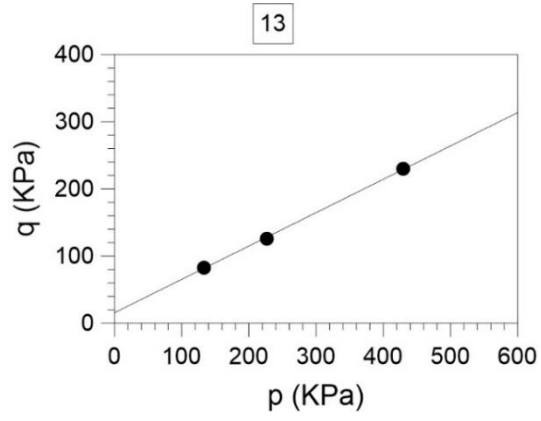


Şekil 34. Yeniden çökeltilmiş örneklere ait UU üç eksenli basınç dayanımı deney verileri kullanılarak çizilen p-q grafikleri

Şekil 34'ün devamı



Şekil 34'ün devamı

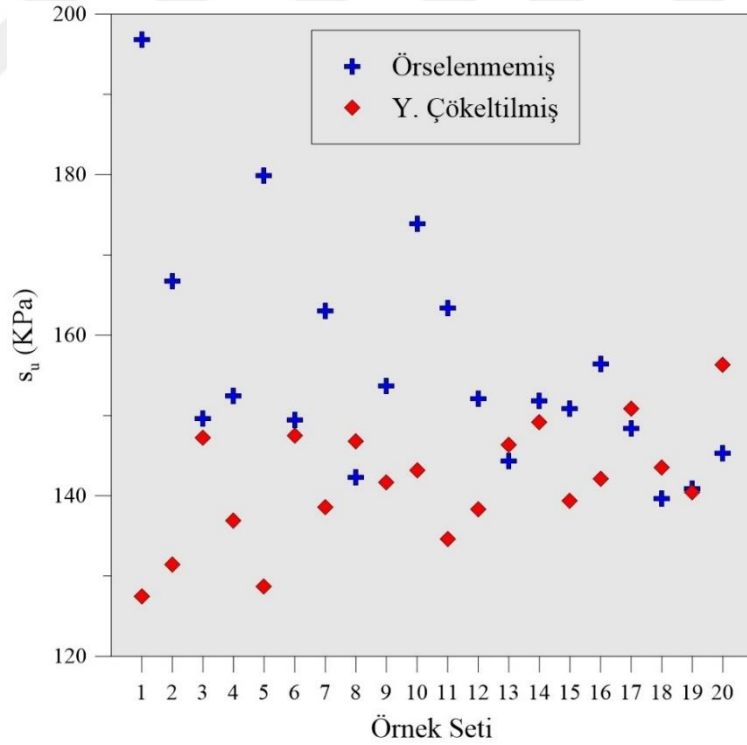


3.3. Örselenmemiş Örnekler ile Yeniden Çökeltilmiş Örneklerin Makaslama Dayanımı Parametrelerinin Karşılaştırılması

Bu bölümde örselenmemiş örneklerin kohezyon, içsel sürtünme açısı ve drenajsız makaslama dayanımlarına ait değerler ile yeniden çökeltilmiş örneklere ait değerler karşılaştırılarak yeniden çökeltme yönteminin genel performansı değerlendirilmiştir.

3.3.1. Drenajsız Makaslama Dayanımı

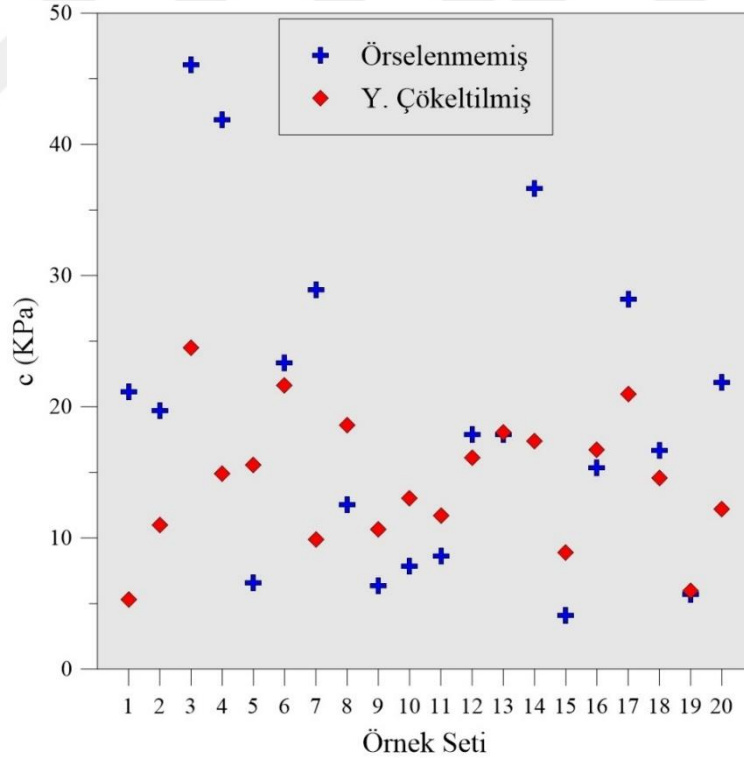
Örselenmemiş ve yeniden çökeltilmiş örneklerin drenajsız makaslama dayanımı değerleri incelendiğinde, yeniden çökeltilmiş örneklere ait değerlerin genel olarak daha düşük olduğu görülmektedir (Şekil 35). Örselenmemiş örneklerin maksimum s_u değeri 200 KPa ve minimum s_u değeri 140 KPa civarında iken, yeniden çökeltilmiş örneklerin maksimum s_u değeri 155 KPa, minimum s_u değeri ise 125 KPa civarındadır.



Şekil 35. Örselenmemiş ve yeniden çökeltilmiş örneklere ait drenajsız makaslama dayanımı değerlerinin karşılaştırılması

3.3.2. Kohezyon

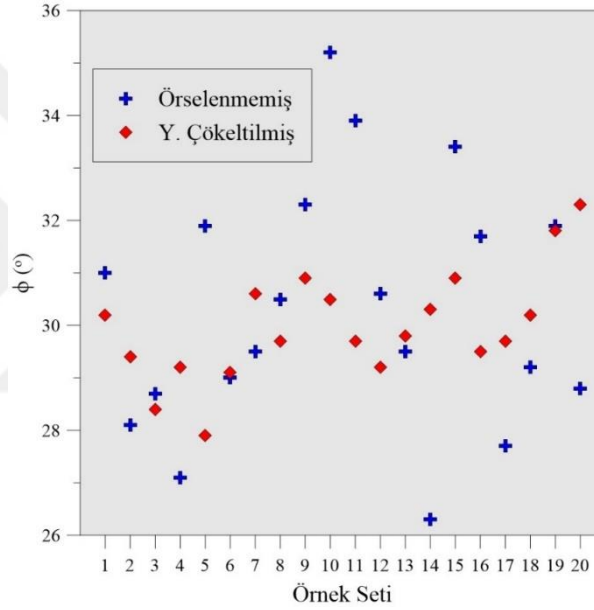
Örselenmemiş ve yeniden çökeltilmiş örneklerle ait kohezyon değerleri incelendiğinde (Şekil 36), yeniden çökeltilmiş örneklerle ait maksimum kohezyon değerinin örselenmemiş örneklerle göre oldukça düşük olduğu gözlenmektedir. Minimum kohezyon değerleri ise birbirine yakındır. Bu durum, yeniden çökeltilmiş örneklerin zemin dokusu kazanabilmesi için yalnızca yüksek ön konsolidasyon gerilmelerinin yeterli olmadığını göstermektedir. Yeniden çökeltilmiş örneklerin hazırlanması sırasında kullanılan saf suya tuz veya farklı kimyasalların katılması, yeniden çökeltme aşamasında yükleme sürelerinin uzatılması gibi farklı yaklaşımların yeniden çökeltme sürecine dahil edilmesinin daha olgun bir zemin dokusunun oluşması ve böylece daha yüksek kohezyon değerlerinin elde edilebilmesi açısından faydalı olabileceği düşünülmektedir. Alternatif olarak, yeniden çökeltme yönteminin kohezyon değeri belli bir üst sınırın (örneğin 40 KPa) üzerinde olan zeminlerde kullanılmaması da önerilebilir.



Şekil 36. Örselenmemiş örnekler ile yeniden çökeltilmiş örneklerin kohezyon değerlerinin karşılaştırılması

3.3.3. İçsel Sürtünme Açısı

Örselenmemiş örneklerle yeniden çökeltilmiş örneklerin içsel sürtünme açısı değerlerine bakıldığında (Şekil 37), yeniden çökeltilmiş örneklerin içsel sürtünme açısı değerlerinin örselenmemiş örneklere göre daha dar bir aralıkta değiştiği gözükmemektedir. Maksimum ve minimum değerler ise birbirine oldukça yakındır. İçsel sürtünme açısının zemin dokusundan ziyade dane boyutuyla ilişkili olmasının ve yeniden çökeltilmiş örneklerle örselenmemiş örneklerin dane boyu dağılımlarının yaklaşık aynı olmasının bu durumun sebeplerinden birisi olduğu söylenebilir.



Şekil 37. Yeniden çökeltilmiş örneklerle örselenmemiş örneklerin içsel sürtünme açısı değerlerinin karşılaştırılması

Elde edilen sonuçlar ve karşılaştırma grafikleri değerlendirildiğinde kohezyon, içsel sürtünme açısı ve drenajsız makaslama dayanımı parametrelerine ait tüm değerlerde çok yüksek bir saçınım oranının olduğu görülmektedir. Bazı örnek setlerinde birbirine çok yakın değerler elde edilmiş olsa da istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki söz konusu değildir. Bu durum, örselenmiş örneklerden yola çıkarak örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametrelerinin tahmin edilmesinde yeniden çökeltme yönteminden elde edilen verilere ek olarak örneklerin plastik ve indeks özelliklerin de kullanıldığı, bir veya birden fazla bağımsız değişkene dayalı istatistiksel analizlerin yapılması güvenilir bir tahmin modelinin geliştirilmesi açısından kaçınılmaz olmaktadır.

3.4. Örselenmiş Örnekler Kullanılarak Makaslama Dayanımı Parametrelerinin Tahmini

3.4.1. Korelasyon Analizleri

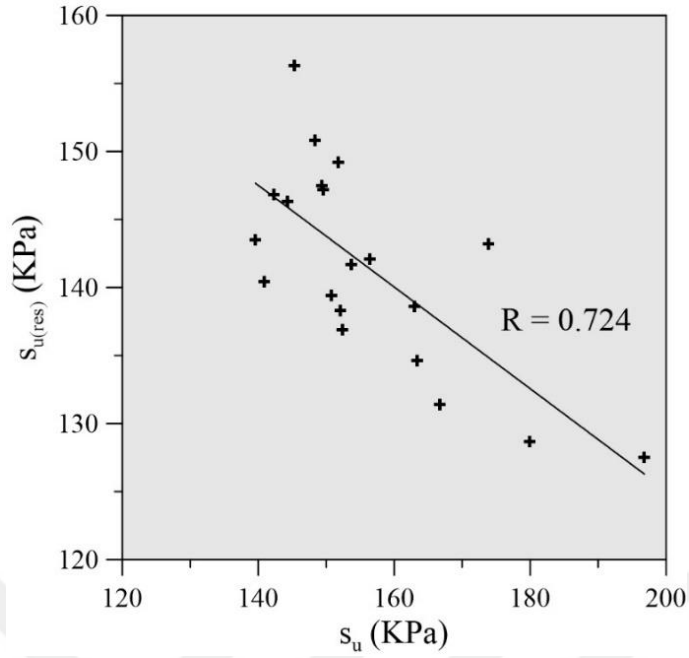
Çalışmanın bu aşamasında örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametrelerinin yeniden çökeltilmiş örnekler kullanılarak tahmin edilmesine yönelik bir model kurabilmek amacıyla istatistiksel analizler uygulanmıştır. Öncelikle, örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri ile yeniden çökeltilmiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri arasında istatistiksel bir ilişkinin bulunup bulunmadığı araştırılmıştır. Bu amaçla örselenmemiş ve yeniden çökeltilmiş örneklere ait s_u , c ve ϕ değerleri kullanılarak nokta-dağılım grafikleri çizilmiş ve bu parametreler arasında belirgin bir istatistiksel ilişkinin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu çalışmanın amacı örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametrelerinin yeniden çökeltilmiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri kullanılarak belirlenmesi olduğundan, istatistiksel ilişkilerin belirgin olup olmadığı değerlendirilirken korelasyon katsayısı değerleri göz önüne alınmıştır.

3.4.1.1. Drenajsız Makaslama Dayanımının Tahmini

Örselenmemiş örneklerin drenajsız makaslama dayanımı (s_u) değerleri ile yeniden çökeltilmiş örneklerin drenajsız makaslama dayanımı ($s_{u(res)}$) değerleri Tablo 25'te, değerler arasındaki ilişki ise Şekil 38'de verilmiştir.

Tablo 25. Örselenmemiş örneklerin ve yeniden çökeltilmiş örneklerin drenajsız makaslama dayanımı değerleri

Ö.S.	s_u (KPa)	$s_{u(res)}$ (KPa)	Ö.S.	s_u (KPa)	$s_{u(res)}$ (KPa)
1	196,8	127,5	11	163,4	134,6
2	166,7	131,4	12	152,1	138,3
3	149,6	147,2	13	144,3	146,3
4	152,4	136,9	14	151,8	149,2
5	179,9	128,7	15	150,8	139,4
6	149,4	147,5	16	156,4	142,1
7	163,0	138,6	17	148,4	150,8
8	142,3	146,8	18	139,6	143,5
9	153,7	141,7	19	140,9	140,4
10	173,9	143,2	20	145,3	156,3



Şekil 38. s_u ile $s_{u(res)}$ arasındaki ilişki

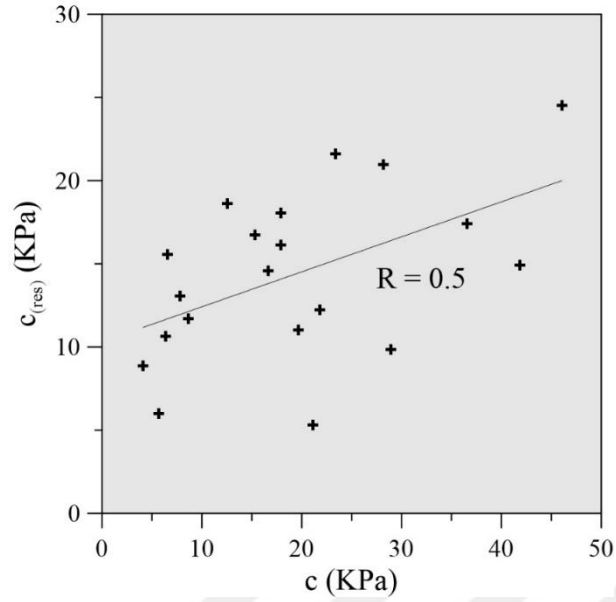
Şekil 38’den de görülebileceği gibi s_u ve $s_{u(res)}$ arasında düşük korelasyon katsayısına sahip bir istatistiksel ilişki bulunmaktadır.

3.4.1.1. Kohezyonun Tahmini

Örselenmemiş örneklerin kohezyon (c) değerleri ile yeniden çökeltilmiş örneklerin kohezyon ($c_{(res)}$) değerleri Tablo 26’da, değerler arasındaki ilişki ise Şekil 39’da verilmiştir.

Tablo 26. Örselenmemiş örneklerin ve yeniden çökeltilmiş örneklerin kohezyon değerleri

Ö.S.	c	$c_{(res)}$	Ö.S.	c	$c_{(res)}$
1	21,15	5,31	11	8,62	11,70
2	19,70	11,00	12	17,89	16,14
3	46,06	24,53	13	17,89	18,06
4	41,89	14,92	14	36,60	17,40
5	6,58	15,54	15	4,11	8,87
6	23,37	21,61	16	15,31	16,74
7	28,91	9,85	17	28,20	20,96
8	12,55	18,61	18	16,65	14,57
9	6,36	10,63	19	5,72	5,99
10	7,85	13,05	20	21,85	12,22



Şekil 39. c ile $c_{(res)}$ arasındaki ilişki

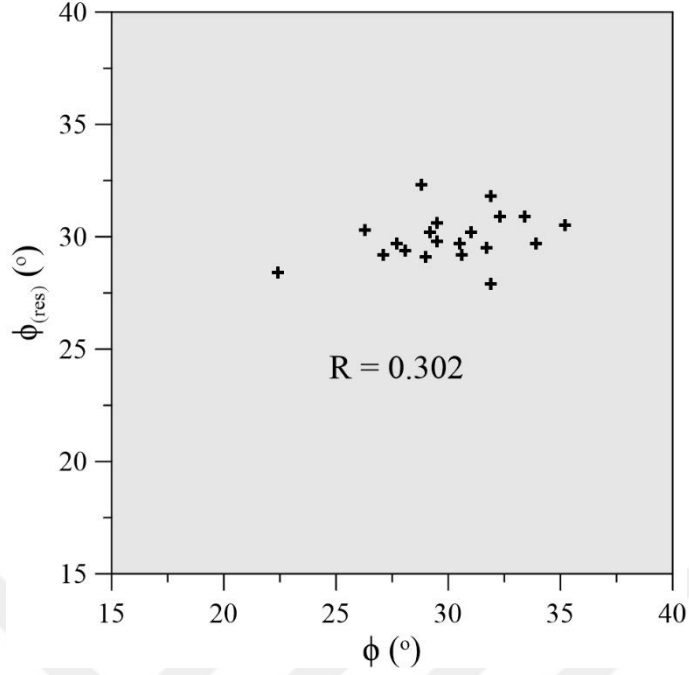
Şekil 39 incelendiğinde c ile $c_{(res)}$ arasında istatistiksel olarak belirgin bir ilişkinin olmadığı görülmektedir.

3.4.1.2. İçsel Sürtünme Açısının Tahmini

Örselenmemiş örneklerin içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri ile yeniden çökeltilmiş örneklerin içsel sürtünme açısı ($\phi_{(res)}$) değerleri Tablo 27’de, değerler arasındaki ilişki ise Şekil 40’ta verilmiştir.

Tablo 27. Örselenmemiş örneklerin ve yeniden çökeltilmiş örneklerin içsel sürtünme açısı değerleri

Ö.S.	ϕ	$\phi_{(res)}$	Ö.S.	ϕ	$\phi_{(res)}$
1	31,0	30,2	11	33,9	29,7
2	28,1	29,4	12	30,6	29,2
3	22,4	28,4	13	29,5	29,8
4	27,1	29,2	14	26,3	30,3
5	31,9	27,9	15	33,4	30,9
6	29,0	29,1	16	31,7	29,5
7	29,5	30,6	17	27,7	29,7
8	30,5	29,7	18	29,2	30,2
9	32,3	30,9	19	31,9	31,8
10	35,2	30,5	20	28,8	32,3



Şekil 40. ϕ ile $\phi_{(res)}$ arasındaki ilişki

Şekil 40'tan da görülebileceği üzere ϕ ile $\phi_{(res)}$ arasında istatistiksel olarak belirgin bir ilişki bulunamamıştır.

Yeniden çöktürülmüş örneklerle örselenmemiş örneklerin s_u , c ve ϕ parametreleri üzerinde yapılan istatistiksel analizler bu parametreler arasında istatistiksel olarak belirgin bir ilişkinin bulunmadığını göstermiştir. Öyle ki likit limit, plastik limit, dane boyu dağılımı, birim hacim ağırlık, özgül ağırlık gibi özellikleri birbirine yakın olan ve hemen hemen aynı derinliklerden alınan örneklerde dahi c ve ϕ veya herhangi iki parametre arasında istatistiksel olarak belirgin bir ilişki yoktur. Benzer bulgular Kul Yahşi (2018) tarafından da elde edilmiştir. Bu durum, 2 değişkenin istatistiksel analizlerde anlamlı bir sonuç elde edilebilmesi için yeterli olmadığının ve daha çok sayıda parametrenin analizlere dahil edilmesi gerektiğinin bir göstergesidir. Bu nedenle istatistiksel analizlerin ikinci aşamasında zemin örneklerine ait birçok parametrenin analizlere dahil edildiği çok değişkenli regresyon analizleri yapılmıştır.

3.4.2. Çok Değişkenli Regresyon (ÇDR) Analizleri

Örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri ile yeniden çöktürülmüş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri arasında anlamlı bir istatistiksel ilişki

bulunmadığının belirlenmesinden sonra örneklere ait plastik ve indeks özelliklerin de istatistiksel değerlendirmelere katılarak çok değişkenli regresyon (ÇDR) analizlerinin yapılmasına karar verilmiştir. Analizlerde elde edilecek olan eşitliklerin istatistiksel anlamlılığının mümkün olduğunca yüksek olması amacıyla örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametrelerine ek olarak tüm plastik ve indeks özellik parametreleri de analizlerde kullanılmıştır. Tüm parametreler kullanılarak yapılan analizlerin sonuçları incelenmiş ve standartlaştırılmış beta değeri düşük olan parametreler analizden çıkarılarak analizler tekrarlanmıştır. Standartlaştırılmış beta değeri, her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etki gücünü birimlerden arındırılmış bir şekilde ifade eden bir göstergedir ve mutlak değeri dikkate alınır. ÇDR analizleri sonucunda elde edilen tüm eşitliklerin istatistiksel anlamlılığı da analizler sırasında test edilmiştir. Böylece hem istatistiksel olarak anlamlı hem de mümkün olduğunca az sayıda deney parametresine dayanan, uygulaması basit ampirik eşitlikler elde edilmeye çalışılmıştır. ÇDR analizlerinde kullanılan parametreler ve değişken türleri Tablo 28’de sunulmuştur.

Tablo 28. ÇDR analizlerinde kullanılan deney parametreleri ve değişken türleri

Deney Parametresi	Değişken Türü
Örselenmemiş örneğin kohezyonu, c	Bağımlı değişken
Örselenmemiş örneğin içsel sürtünme açısı, ϕ	Bağımlı değişken
Örselenmemiş örneğin drenajsız makaslama dayanımı, s_u	Bağımlı değişken
Yeniden çökeltilmiş örneğin kohezyonu, $c_{(res)}$	Bağımsız değişken
Yeniden çökeltilmiş örneğin içsel sürtünme açısı, ϕ_{res}	Bağımsız değişken
Yeniden çökeltilmiş örneğin drenajsız makaslama dayanımı, $s_{u(res)}$	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin likit limiti, LL	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin plastik limiti, PL	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin plastisite indisi, PI	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin özgül ağırlığı, G_s	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin doğal su muhtevası, ω_n	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin boşluk oranı, e	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin doygunluk derecesi, S_r	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin kil yüzdesi, CP	Bağımsız değişken
Örselenmemiş örneğin ince daneli (kil+silt) yüzdesi, FP	Bağımsız değişken

3.4.2.1. Drenajsız Makaslama Dayanımının Tahmini

Drenajsız makaslama dayanımının (s_u) tahmini için SPSS yazılımı kullanılarak yapılan ÇDR analizlerinin sonuçları bu bölümde sunulmuştur. Tablo 29’da tüm bağımsız değişkenlerin kullanıldığı ÇDR analizine ait katsayı tablosu verilmiştir. Analizde LL parametresi S. beta değeri sıfır olduğu için yazılım tarafından dışarıda bırakılmıştır. Tablo 29’da standartlaştırılmış beta (“S. Beta”) değeri diğer değişkenlerden yüksek olan 4 adet değişken ($s_{u(res)}$, $c_{(res)}$, $\phi_{(res)}$ ve FP) kullanılarak analizler tekrarlanmıştır (Tablo 30 ve 31). Bu analizler sonucunda istatistiksel olarak anlamlı iki adet lineer eşitlik önerilmiştir (Eş. 18 ve 19). Önerilen bu eşitliklerle belirlenen drenajsız makaslama dayanımı parametresi $s_{u(reg)}$ simgesi ile gösterilmiştir. s_u tahmini için yapılan ÇDR analizleri değerlendirildiğinde, 2 ve 3 adet bağımsız değişkene dayanan ve korelasyon katsayısı yüksek (sırasıyla 0,795 ve 0,803) 2 adet eşitliğin elde edildiği görülmektedir.

Tablo 29. s_u tahmini için yapılan regresyon analizine ait katsayılar tablosu

Parametre	Anlamlılık	S. Beta	Parametre	Anlamlılık	S. Beta
$c_{(res)}$	0,180	-7,303	G_s	0,103	-0,652
$\phi_{(res)}$	0,177	-6,545	ω_n	0,344	-0,600
$s_{u(res)}$	0,231	5,482	e	0,367	0,547
LL	-	-	S_r	0,919	0,039
PL	0,791	0,091	CP	0,223	-0,685
PI	0,623	0,161	FP	0,115	5,550

Tablo 30. S. beta değeri yüksek değişkenler kullanılarak s_u tahmini için yapılan ÇDR analizine ait model özeti tablosu

Model	R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Standart Hatası
1	0,803	0,645	0,579	9,336
2	0,795	0,632	0,589	9,222

Tablo 31. s_u tahmini için yapılan ÇDR analizine ait katsayılar tablosu

Model		Standardize Olmayan Kats.		Standardize Kats.		t	Anlamlılık
		B	Standart Hata	Beta			
1	(Sabit)	480,241	83,538			5,749	0,000
	$c_{(res)}$	-2,650	0,538	-0,938		-4,925	0,000
	$\phi_{(res)}$	-11,774	2,629	-0,858		-4,478	0,000
	FP	0,770	0,351	-0,333		-2,196	0,043
2	(Sabit)	304,834	46,149			6,605	0,000
	$s_{u(res)}$	-1,524	0,290	-0,786		-5,253	0,000
	FP	0,772	0,346	-0,334		2,232	0,039

$$S_{u(reg)} = 480,241 + 0,770 FP - 2,65 c_{(res)} - 11,774 \phi_{(res)} \quad R=0,803 \quad (18)$$

$$S_{u(reg)} = 304,834 + 0,772 FP - 1,524 S_{u(res)} \quad R=0,795 \quad (19)$$

Burada;

$S_{u(reg)}$: ÇDR eşitlikleriyle hesaplanan drenajsız makaslama dayanımı,

$S_{u(res)}$: Yeniden çökeltilmiş örneğin drenajsız makaslama dayanımı,

$c_{(res)}$: Yeniden çökeltilmiş örneğin kohezyonu,

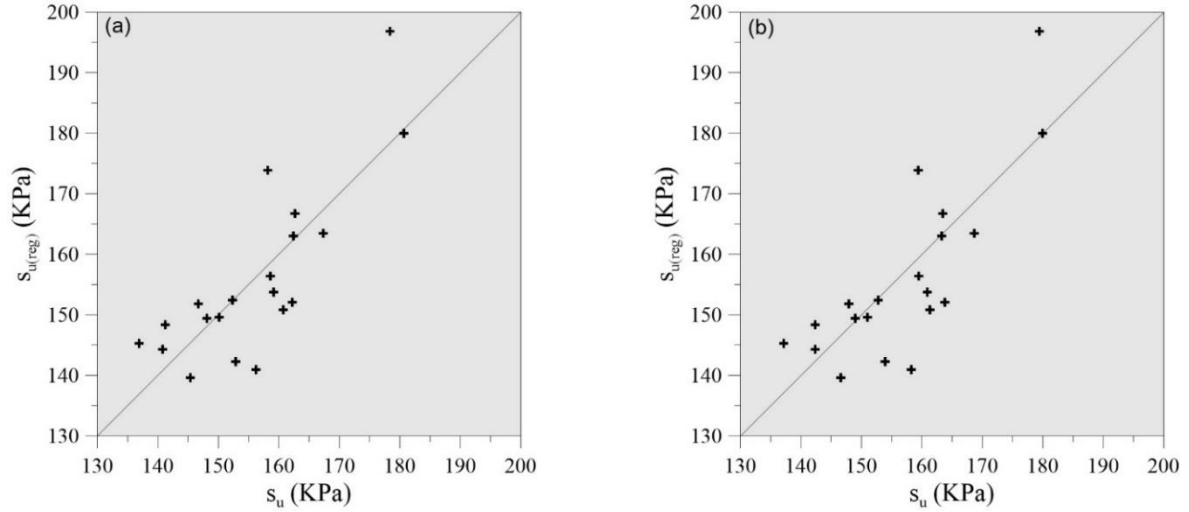
$\phi_{(res)}$: Yeniden çökeltilmiş örneğin içsel sürtünme açısı,

FP : İnce daneli (kil+silt) yüzdesidir.

Örselenmemiş örneklere ait s_u değerleri ile Eş. 18 ve Eş. 19 kullanılarak hesaplanan $S_{u(reg)}$ değerleri Tablo 32’de verilmiştir. Bu veriler Şekil 41’de grafik üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 32. Örselenmemiş örneklere ait s_u değerleri ile ÇDR analizleri sonucunda hesaplanan $S_{u(reg)}$ değerleri

Ö.S.	s_u (KPa)	$S_{u(reg)}$ (KPa) (Eş. 18)	$S_{u(reg)}$ (KPa) (Eş. 19)
1	196,8	178,4	179,5
2	166,7	162,7	163,5
3	149,6	150,2	151,0
4	152,4	152,3	152,8
5	179,9	180,6	179,9
6	149,4	148,1	149,0
7	163,0	162,4	163,3
8	142,3	152,8	153,9
9	153,7	159,1	160,9
10	173,9	158,2	159,4
11	163,4	167,3	168,6
12	152,1	162,2	163,8
13	144,3	140,8	142,3
14	151,8	146,7	147,9
15	150,8	160,7	161,3
16	156,4	158,6	159,5
17	148,4	141,2	142,4
18	139,6	145,3	146,6
19	140,9	156,2	158,3
20	145,3	136,9	137,1



Şekil 41. s_u ile Eş. 18 (a) ve 19 (b) kullanılarak hesaplanan $s_{u(reg)}$ değerleri arasındaki ilişkiler

3.4.2.2. Kohezyonun Tahmini

Kohezyonunun tahmini için yapılan ve tüm bağımsız değişkenlerin kullanıldığı ÇDR analizine ait katsayılar tablosu Tablo 33'te verilmiştir. LL parametresi standartlaştırılmış beta değeri sıfır olduğu için yazılım tarafından dışarıda bırakılmıştır. Tablo 33'ten de görülebileceği gibi $c_{(res)}$, PL ve e parametrelerinin standartlaştırılmış beta değerleri diğer parametrelerden çok daha yüksektir. Bu parametreler kullanılarak yapılan ÇDR analizinin sonuçları Tablo 34 ve 35'te, üretilen eşitlik ise Eş. 20'de verilmiştir. Bu eşitlik kullanılarak belirlenen kohezyon parametresi $c_{(reg)}$ simgesi ile gösterilmiştir. Analizler sonucunda korelasyon katsayısı 0,817 olan ve 3 adet bağımsız değişkene dayanan bir eşitlik elde edilmiştir.

Tablo 33. c tahmini için yapılan regresyon analizine ait katsayılar tablosu

Parametre	Anlamlılık	S. Beta	Parametre	Anlamlılık	S. Beta
$c_{(res)}$	0,881	0,711	G_s	0,294	-0,370
ϕ_{res}	0,994	0,032	ω_n	0,902	-0,070
$s_{u(res)}$	-	-0,186	e	0,365	-0,510
LL	-	-	S_r	0,991	0,004
PL	0,074	-0,635	CP	0,695	0,196
PI	0,948	-0,020	FP	0,635	-0,143

Tablo 34. S. beta değeri yüksek değişkenler kullanılarak c tahmini için yapılan ÇDR analizine ait model özeti tablosu

R	R ²	Düzeltilmiş R ²	Tahminin Standart Hatası
0,817	0,667	0,605	7,615

Tablo 35. c tahmini için yapılan ÇDR analizine ait katsayılar tablosu

	Standardize Olmayan Kats.		Standardize Kats.	t	Anlamlılık
	B	Standart Hata	Beta		
(Sabit)	88,183	20,272		4,350	0,000
$c_{(res)}$	1,119	0,344	0,470	3,255	0,005
e	-71,475	21,489	-0,483	-3,326	0,004
PL	-1,045	,0393	-0,386	-2,660	0,017

$$c_{(reg)} = 88,183 + 1,119 c_{(res)} - 71,475 e - 1,045 PL \quad R=0,817 \quad (20)$$

Burada;

$c_{(reg)}$: ÇDR eşitlikleriyle hesaplanan kohezyon,

$c_{(res)}$: Yeniden çökeltilmiş örneğin kohezyonu,

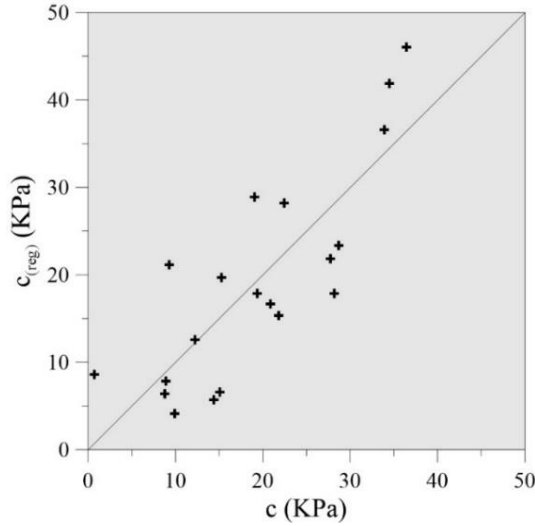
e : Boşluk oranı,

PL : Plastik limittir.

Örselenmemiş örneklere ait c değerleri ile Eş. 20 kullanılarak hesaplanan $c_{(reg)}$ değerleri Tablo 36’da verilmiştir. Bu veriler Şekil 42’de grafik üzerinde gösterilmiştir.

Tablo 36. Örselenmemiş örneklere ait c değerleri ile ÇDR analizleri sonucunda hesaplanan $c_{(reg)}$ değerleri

Ö.S.	c (KPa)	$c_{(reg)}$ (KPa)	Ö.S.	c (KPa)	$c_{(reg)}$ (KPa)
1	21,2	9,28	11	8,6	0,70
2	19,7	15,26	12	17,9	28,22
3	46,1	36,45	13	17,9	19,37
4	41,9	34,49	14	36,6	33,92
5	6,6	15,07	15	4,1	9,91
6	23,4	28,68	16	15,3	21,85
7	28,9	19,04	17	28,2	22,45
8	12,5	12,23	18	16,7	20,85
9	6,4	8,74	19	5,7	14,39
10	7,9	8,92	20	21,8	27,74



Şekil 42. c değerleri ile Eş. 20 kullanılarak hesaplanan $c_{(reg)}$ değerleri arasındaki ilişkiler

3.4.2.3. İçsel Sürtünme Açısının Tahmini

İçsel sürtünme açısının tahmini için tüm bağımsız değişkenler kullanılarak yapılan ÇDR analizlerine ait katsayılar tablosu Tablo 37’de verilmiştir. LL katsayısı S . beta değeri sıfır olduğu için yazılım tarafından dışarıda bırakılmıştır. S . beta değeri yüksek parametreler kullanılarak yeniden ÇDR analizleri yapılmıştır. Analizlerin sonuçları Tablo 38 ve 39’da özetlenmiştir. Önerilen eşitliklerle belirlenen içsel sürtünme açısı parametreleri $\phi_{(reg)}$ simgesi ile gösterilmiştir. Analizler sonucunda 3’er adet bağımsız değişkene dayanan ve korelasyon katsayıları 0,801, 0,818 ve 0,833 olan 3 adet eşitlik elde edilmiştir (Eş. 21, 22 ve 23).

Tablo 37. ϕ tahmini için yapılan regresyon analizine ait katsayılar tablosu

Parametre	Anlamlılık	S. Beta	Parametre	Anlamlılık	S. Beta
$c_{(res)}$	0,416	-3,330	G_s	0,632	-0,138
ϕ_{res}	0,517	-2,339	ω_n	0,290	-0,129
$S_{u(res)}$	0,512	2,270	e	0,138	0,736
LL	-	-	S_r	0,637	0,741
PL	0,006	0,975	CP	0,098	-0,160
PI	0,848	0,048	FP	0,056	0,144

Tablo 38. S . beta değeri yüksek değişkenler kullanılarak ϕ tahmini için yapılan ÇDR analizine ait model özeti tablosu

Model	R	R^2	Düzeltilmiş R^2	Tahminin Standart Hatası
1	0,801	0,642	0,575	2,281
2	0,818	0,669	0,607	2,193
3	0,833	0,693	0,636	2,111

Tablo 39. ϕ tahmini için yapılan ÇDR analizine ait katsayılar tablosu

Model		Standardize Olmayan Kats.		Standardize Kats.	t	Anlamlılık
		B	Standart Hata	Beta		
1	(Sabit)	8,869	15,881		0,558	0,584
	$\phi_{(res)}$	1,569	0,533	0,470	2,946	0,009
	$S_{u(res)}$	-0,260	0,075	-0,551	-3,461	0,003
	PL	0,422	0,118	0,538	3,575	0,003
2	(Sabit)	49,261	19,747		2,495	0,024
	PL	0,449	0,115	0,573	3,889	0,001
	$c_{(res)}$	-0,391	0,099	-0,569	-3,934	0,001
	S_r	-0,268	0,215	-0,184	-1,246	0,231
3	(Sabit)	17,004	5,620		3,025	0,008
	PL	0,400	0,109	0,510	3,668	0,002
	$c_{(res)}$	-0,395	0,095	-0,574	-4,141	0,001
	e	10,206	5,958	0,239	1,713	0,106

$$\phi_{(reg)} = 8,869 + 1,569 \phi_{(res)} - 0,26 S_{u(res)} + 0,422 PL \quad R=0,801 \quad (21)$$

$$\phi_{(reg)} = 49,261 + 0,449 PL - 0,391 c_{(res)} - 0,268 S_r \quad R=0,818 \quad (22)$$

$$\phi_{(reg)} = 17,004 + 0,400 PL - 0,395 c_{(res)} + 10,206 e \quad R=0,833 \quad (23)$$

Burada;

$\phi_{(reg)}$: ÇDR eşitlikleriyle hesaplanan içsel sürtünme açısı,

$\phi_{(res)}$: Yeniden çökeltilmiş örneğin içsel sürtünme açısı,

$S_{u(res)}$: Yeniden çökeltilmiş örneğin drenajsız makaslama dayanımı,

$c_{(res)}$: Yeniden çökeltilmiş örneğin kohezyonu,

PL : Plastik limit,

S_r : Doygunluk derecesi,

e : Boşluk oranıdır.

Örselenmemiş örneklere ait ϕ değerleri ile Eşitlik 21, 22 ve 23 kullanılarak hesaplanan $\phi_{(reg)}$ değerleri Tablo 40'ta verilmiştir. Bu veriler Şekil 43'te grafik üzerinde gösterilmiştir.

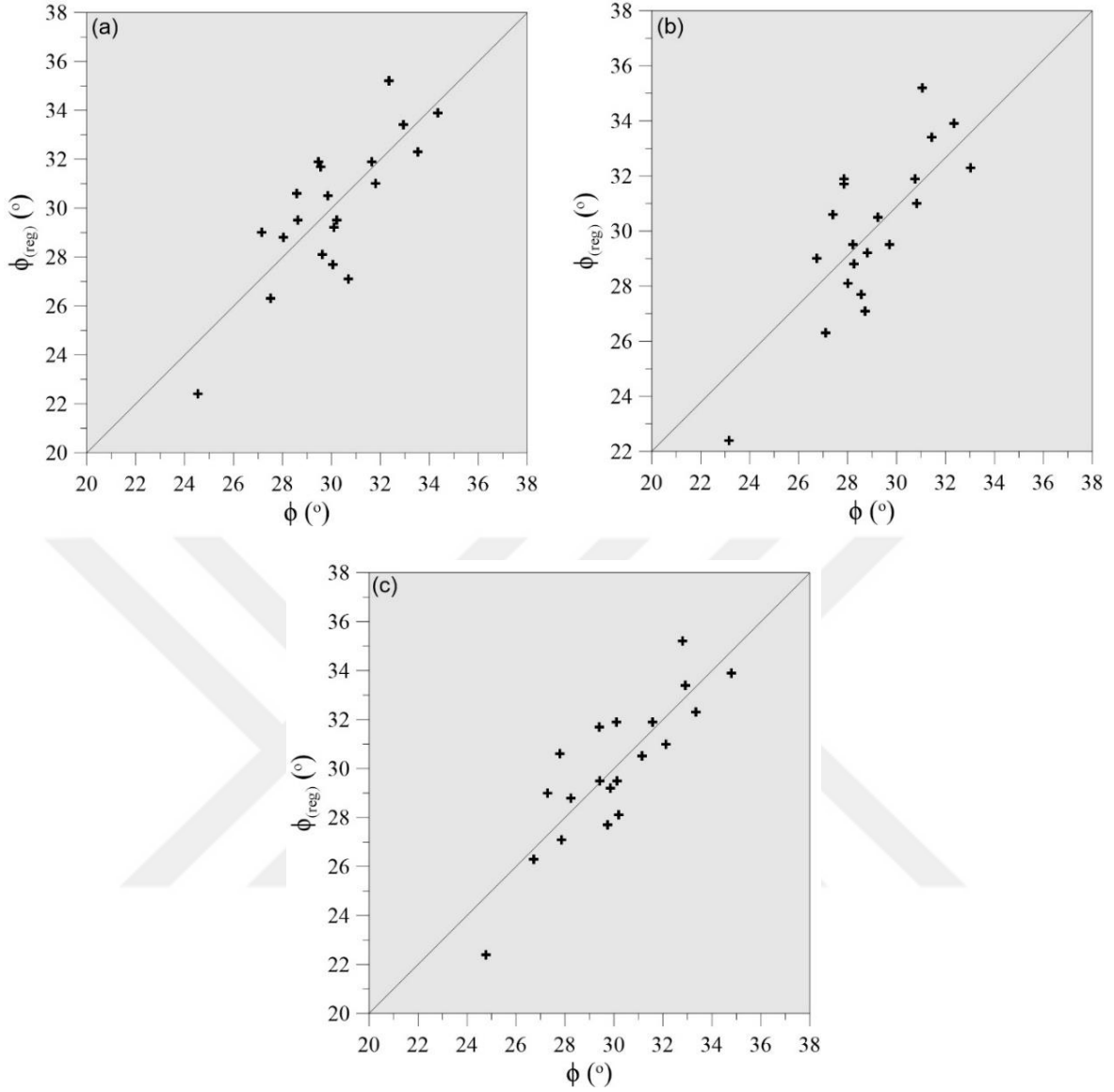
Tablo 40. Örselenmemiş örneklere ait ϕ değerleri ile ÇDR analizleri sonucunda hesaplanan $\phi_{(reg)}$ değerleri

Ö.S.	ϕ (°)	$\phi_{(reg)}$ (°) (Eş. 21)	$\phi_{(reg)}$ (°) (Eş. 22)	$\phi_{(reg)}$ (°) (Eş. 23)
1	31,0	32,0	32,1	32,3
2	28,1	29,3	28,4	29,8
3	22,4	23,2	22,4	23,4
4	27,1	30,5	29,4	27,9
5	31,9	28,9	28,4	29,6
6	29,0	26,3	27,3	26,4
7	29,5	30,1	30,8	30,1
8	30,5	29,5	30,5	30,7
9	32,3	34,0	35,2	33,9
10	35,2	32,6	32,6	33,0
11	33,9	34,8	34,2	35,3
12	30,6	28,0	27,9	27,3
13	29,5	28,1	29,1	28,9
14	26,3	26,9	27,5	26,2
15	33,4	33,3	32,9	33,4
16	31,7	29,2	28,3	29,1
17	27,7	29,8	29,5	29,5
18	29,2	29,9	29,6	29,7
19	31,9	32,0	31,9	31,9
20	28,8	27,8	28,9	28,0

Tablo 41’de ÇDR analizleriyle elde edilen eşitliklerin tamamı özetlenmiştir. Genel olarak eşitliklerin korelasyon katsayılarının yüksek olduğu ve örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametrelerinin tahmininde kullanılabileceği gözükmektedir.

Tablo 41. ÇDR analizleriyle elde edilen eşitlikler

Parametre	Eşitlik	R
$S_{u(reg)}$	$S_{u(reg)} = 480,241 + 0,770 FP - 2,65 c_{(res)} - 11,774 \phi_{(res)}$	0,803
	$S_{u(reg)} = 305,834 + 0,772 FP - 1,524 S_{u(res)}$	0,795
$c_{(reg)}$	$c_{(reg)} = 88,183 + 1,119 c_{(res)} - 71,475 e - 1,045 PL$	0,817
$\phi_{(reg)}$	$\phi_{(reg)} = 15,353 + 1,222 \phi_{(res)} - 0,22 S_{u(res)} + 0,362 PL$	0,801
	$\phi_{(reg)} = 41,625 + 0,337 PL - 0,319 c_{(res)} - 0,177 S_r$	0,818
	$\phi_{(reg)} = 16,903 + 0,337 PL - 0,318 c_{(res)} + 11,171 e$	0,833



Şekil 43. ϕ değerleri ile Eş. 21 (a), 22 (b) ve 23 (c) kullanılarak hesaplanan $\phi_{(reg)}$ değerleri arasındaki ilişkiler

3.4.3. Yapay Sinir Ağları Analizleri

ÇDR analizleriyle istatistiksel olarak anlamlı ve regresyon katsayısı yüksek eşitlikler elde edilmiş olsa da ilk etapta kullanılan bağımsız değişken sayısının çok fazla olması sebebiyle bu eşitliklerin YSA analizleri ile doğrulanmasının faydalı olacağı düşünülmüştür. Bu kapsamda yapılan YSA analizlerinde Tablo 28’de verilen değişkenler aynı şekilde kullanılmıştır ancak regresyon analizlerinin aksine bağımsız değişken sayısı giderek azaltılmamış, bütün bağımsız değişkenler kullanılmıştır. YSA analizleri sonucunda herhangi bir eşitlik elde edilmemekte, yalnızca ağın sorguya verdiği cevap (yani çıktı) elde

edilmektedir. Bununla birlikte, analiz sonuçları bir nokta-dağılım grafiğine aktarılmış ve grafiğin eğilim doğrusu belirlenerek bu doğruya ait eşitlik belirlenmiştir.

3.4.3.1. Drenajsız Makaslama Dayanımının Tahmini

Örselenmemiş örneklerin deneysel olarak belirlenen drenajsız makaslama dayanımı değerlerinin (s_u) yeniden çökeltilmiş örneklerin deneysel olarak belirlenen drenajsız makaslama dayanımı değerleri ($s_{u(res)}$) kullanılarak tahmin edilmesi için yapılan YSA analizlerinin sonuçları Tablo 42, 43 ve 44’te, sonuçların grafik üzerindeki gösterimi ise Şekil 44’te sunulmuştur. YSA analizleri kullanılarak örselenmemiş örneklerin drenajsız makaslama dayanımlarının çok yüksek bir doğrulukla tahmin edilebileceği görülmektedir.

Tablo 42. YSA ile s_u tahminine ait ağ özeti tablosu

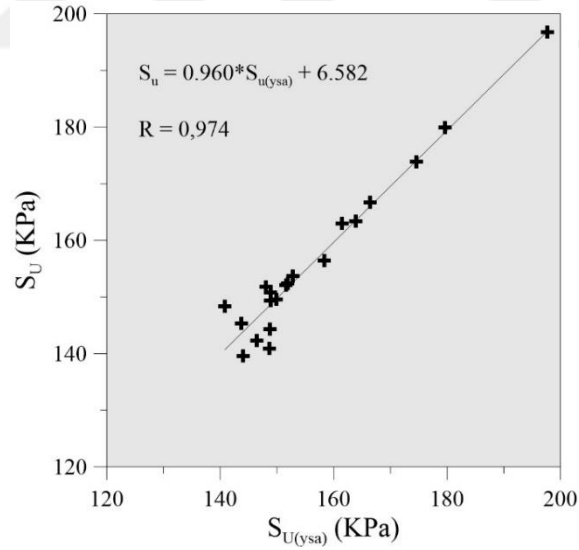
Katman		
Girdi Katmanı	Ortak Değişken	$C_{(res)}$
		$\phi_{(res)}$
		$Su_{(res)}$
		PI
		ω_n
		FP
		e
		LL
		PL
		G_s
		CP
		S_r
		12
		1
Gizli Katman	Nöron Sayısı	12
	Gizli Katman Sayısı	1
	Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	2
Çıktı Katmanı	Etkinleşme Fonksiyonu	Hiperbolik tanjant
	Bağımlı Değişken	s_u
	Nöron Sayısı	1
	Hata Fonksiyonu	Kareler toplamı

Tablo 43. YSA ile s_u tahminine ait vaka işleme özeti tablosu

	Örnek Sayısı	Yüzde
Eğitme	15	%75
Test	5	%25
Geçerli	20	%100
Dahil edilmeyen	0	-
Toplam	20	

Tablo 44. YSA ile s_u tahminine ait parametre tahmin tablosu

Tahmin Parametresi		Tahmin	
		Gizli Katman	Çıktı Katmanı
		H(1:1)	H(1:2)
Girdi Katmanı	Yanlılık (bias)	-1,496	0,347
	$C_{(res)}$	-0,227	0,074
	$\phi_{(res)}$	-0,288	-0,145
	$S_{u(res)}$	-1,239	-0,468
	PI	-0,192	-0,092
	ω_n	-0,565	-0,335
	FP	-0,397	0,243
	e	-0,350	0,434
	LL	-0,565	-0,187
	PL	-0,232	-0,403
	G_s	-0,565	0,160
	CP	-0,440	-0,226
	S_r	-0,354	-0,213
Gizli Katman	Yanlılık (bias)		1,064
	H(1:1)		1,798
	H(1:2)		0,286

Şekil 44. Örselenmemiş örneklere ait s_u değerleri ile YSA analizleri ile tahmin edilen $s_{u(y_{sa})}$ değerlerine ait grafik

3.4.3.1. Kohezyonun Tahmini

Örselenmemiş örneklerin kohezyon değerlerinin (c) yeniden çöktürülmüş örneklerin kohezyon değerleri ($c_{(res)}$) kullanılarak tahmin edilebilmesi amacıyla yapılan YSA analizlerinin sonuçları Tablo 45, 46 ve 47’de verilmiş, elde edilen sonuçlarla hazırlanan grafik Şekil 45’te sunulmuştur. Verilerden de görülebileceği üzere YSA analizleri ile örselenmemiş örneklerin kohezyon değerleri çok yüksek bir doğrulukla tahmin edilebilmektedir.

Tablo 45. YSA ile c tahminine ait ağ özeti tablosu

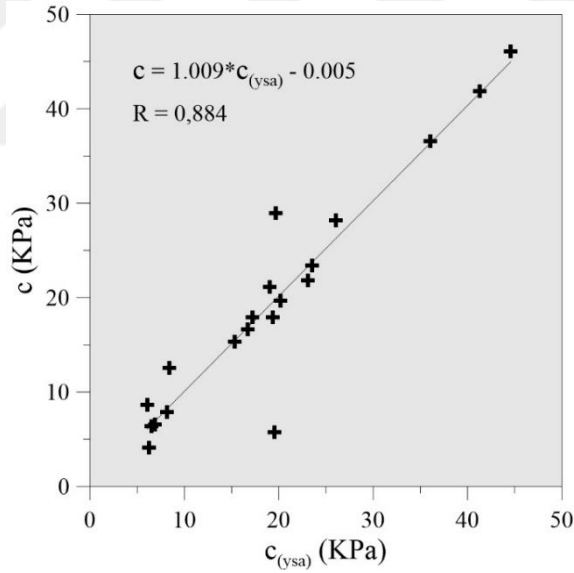
Katman		
Girdi Katmanı	Ortak Değişken	$c_{(res)}$
		$\phi_{(res)}$
		$Su_{(res)}$
		LL
		PL
		PI
		G_s
		ω_n
		CP
		FP
		S_r
		e
		12
		1
Gizli Katman	Nöron Sayısı	12
	Gizli Katman Sayısı	1
	Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	2
Çıktı Katmanı	Etkinleşme Fonksiyonu	Hiperbolik tanjant
	Bağımlı Değişken	c
	Nöron Sayısı	1
	Hata Fonksiyonu	Kareler toplamı

Tablo 46. YSA ile c tahminine ait vaka işleme özeti tablosu

	Örnek Sayısı	Yüzde
Eğitme	15	%75
Test	5	%25
Geçerli	20	%100
Dahil edilmeyen	0	-
Toplam	20	

Tablo 47. YSA ile c tahminine ait parametre tahmin tablosu

Tahmin Parametresi		Tahmin		
		Gizli Katman		Çıktı Katmanı
		H(1:1)	H(1:2)	c
Girdi Katmanı	Yanlılık (bias)	1,362	-0,428	
	$C_{(res)}$	-0,718	-0,118	
	$\phi_{(res)}$	0,136	0,384	
	$S_{u(res)}$	-0,487	0,151	
	LL	0,394	-0,586	
	PL	0,347	-0,662	
	PI	-0,204	0,087	
	G_s	0,137	-0,318	
	ω_n	0,461	-0,323	
	CP	-0,802	-0,524	
	FP	0,469	0,165	
	S_r	-0,876	-0,399	
	e	0,103	-0,081	
Gizli Katman	Yanlılık (bias)			0,884
	H(1:1)			-1,384
	H(1:2)			0,552

Şekil 45. Örselenmemiş örneklere ait c değerleri ile YSA analizleri ile tahmin edilen $c_{(ysa)}$ değerlerine ait grafik

3.4.3.2. İçsel Sürtünme Açısının Tahmini

Yeniden çökeltilmiş örneklerin içsel sürtünme açısı ($\phi_{(ysa)}$) değerleri kullanılarak örselenmemiş örneklerin içsel sürtünme açısı değerlerini (ϕ) tahmin etmek için yapılan YSA analizlerinin sonuçları Tablo 48, 49 ve 50’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlar Şekil 46’da

grafik üzerinde gösterilmiştir. Grafik incelendiğinde YSA analizlerinin örselenmiş örneklerin içsel sürtünme açılarının tahmininde oldukça iyi sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 48. YSA ile ϕ tahminine ait ağ özeti tablosu

Katman		
Girdi Katmanı	Ortak Değişken	$C_{(res)}$ $\phi_{(res)}$ $Su_{(res)}$ LL PL PI G_s ω_n CP FP S_r e
Gizli Katman	Nöron Sayısı	12
	Gizli Katman Sayısı	1
	Gizli Katmandaki Nöron Sayısı	5
	Etkinleşme Fonksiyonu	Hiperbolik tanjant
Çıktı Katmanı	Bağımlı Değişken	ϕ
	Nöron Sayısı	1
	Hata Fonksiyonu	Kareler toplamı

Tablo 49. YSA analizleri ile ϕ tahminine ait vaka işleme özeti tablosu

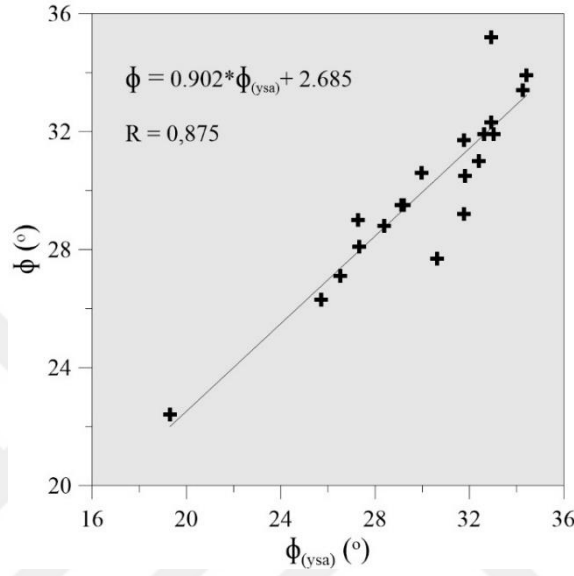
	Örnek Sayısı	Yüzde
Eğitme	13	%65
Test	7	%35
Geçerli	20	%100
Dahil edilmeyen	0	-
Toplam	20	

Tablo 50. YSA ile c tahminine ait parametre tahmin tablosu

Tahmin Parametresi		Tahmin				
		Gizli Katman				
		H(1:1)	H(1:2)	H(1:3)	H(1:4)	H(1:5)
Girdi Katmanı	Yanlılık (bias)	0,438	0,432	-0,303	-0,326	0,677
	$C_{(res)}$	-0,404	-0,668	0,004	0,490	0,062
	$\phi_{(res)}$	-0,312	-0,081	0,001	0,370	0,626
	$Su_{(res)}$	-0,191	-0,660	0,282	-0,624	-0,255
	LL	-0,673	0,288	0,111	-0,562	0,024
	PL	-0,358	0,649	0,374	-0,072	0,487
	PI	-0,022	0,193	0,022	-0,323	-0,310
	G_s	-0,261	0,598	-0,495	0,034	0,243
	ω_n	0,095	-0,090	0,695	0,529	0,600
	CP	0,030	0,007	0,149	-0,358	-0,236
	FP	0,567	-0,042	-0,169	0,195	0,432
	S_r	0,322	0,139	-0,150	-0,267	-0,289
	e	-0,355	-0,140	-0,617	-0,183	0,149

Tablo 50'nin devamı

Gizli Katman	Yanlılık (bias)	-0,332
	H(1:1)	0,078
	H(1:2)	0,762
	H(1:3)	0,611
	H(1:4)	0,500
	H(1:5)	0,908

Şekil 46. Örselenmemiş örneklere ait ϕ değerleri ile YSA analizleri ile tahmin edilen $\phi_{(ysa)}$ değerlerine ait grafik

YSA analizleri sonucunda elde edilen $s_{u(ysa)}$, $c_{(ysa)}$ ve $\phi_{(ysa)}$ parametreleri kullanılarak örselenmemiş örneklerin s_u , c ve ϕ değerlerinin tahmin edilmesine yönelik eşitliklerin tümü Tablo 51’de verilmiştir. Tablo değerlendirildiğinde eşitliklerin korelasyon katsayılarının oldukça yüksek olduğu ve tahmin modellerinde kullanılabileceği gözükmemektedir. Özellikle s_u parametresine ait eşitliğin korelasyon katsayısı ÇDR analizleriyle üretilen eşitliklere göre çok yüksektir. c ve ϕ özelinde, ÇDR analizlerinin YSA’ya oldukça yakın sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 51. YSA analizleriyle hesaplanan $s_{u(ysa)}$, $c_{(ysa)}$ ve $\phi_{(ysa)}$ değerleri kullanılarak örselenmemiş örneklere ait s_u , c ve ϕ değerlerinin tahminine yönelik eşitlikler ve eşitliklerin korelasyon katsayıları

Parametre	Eşitlik	R	Eşitlik No
s_u	$s_u = 0,960 s_{u(ysa)} + 6,582$	0,974	24
c	$c = 1,009 c_{(ysa)} - 0,005$	0,884	25
ϕ	$\phi = 0,902 \phi_{(ysa)} + 2,685$	0,875	26

Daha önce de belirtildiği gibi, YSA analizleri sonucunda ağın sorguya verdiği cevap yani çıktı elde edilmekte, bu çıktıyı oluşturan eşitliğin elde edilmesi ise çok karmaşık matematiksel işlemler gerektirmektedir. ÇDR analizlerinde ise ilgili eşitliğin elde edilmesi çok daha basittir. Bu nedenle, YSA analizlerinin gerçekleştirilmesi ÇDR analizlerine göre daha kolay olsa da iki yöneme ait korelasyon katsayıları arasında çok büyük bir fark olmadığı müddetçe ÇDR analizlerinin kullanılması tahmin modeli kurmak açısından çok daha pratik olacaktır.



4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma kapsamında ince taneli zeminlerin makaslama dayanımı parametrelerinin belirlenmesinde örselenmiş örneklerin kullanıldığı yeni bir yaklaşım önerilmiş, bu kapsamda örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan deneylerden elde edilen veriler ile yeniden çökeltilen örneklerin üzerinde yapılan deneylerden elde edilen veriler istatistiksel yöntemler ve yapay sinir ağları kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Çalışma 4 temel aşamadan oluşmaktadır. Bunlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- (i) Zemin karakterizasyonu (jeoteknik sondajlar, yerinde CPTu deneyleri, özel örnek alıcılarla örselenmemiş örnek temini ve laboratuvar deneyleri)
- (ii) Örselenmiş örneklerin yeniden çökeltilmesi amacıyla konsolidometre cihazının tasarımı ve yeniden çökeltme deneyinin yapılması
- (iii) Yeniden çökelmiş örneklerde laboratuvar deneylerinin yapılması
- (iv) Örselenmiş örnekler kullanılarak zeminlerin kayma dirençlerinin belirlenmesine yönelik tahmin modelinin kurulması (istatistiksel analizler ve yapay sinir ağları)

Çalışmanın ilk aşamasında zemin karakterizasyonu belirlemek ve örselenmemiş örnek temin etmek amacıyla 10'ar metre derinliğinde 5 adet jeoteknik sondaj ve 15'er metre derinliğinde 5 adet CPTu deneyi yapılmıştır. Jeoteknik sondajlardan ise özel örnek alıcılarla örselenmemiş örnekler alınmış, bu örneklerin indeks özellikleri ile makaslama dayanımı parametrelerini belirlenmiştir. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar Tablo 52 ve 53'te özetlenmiştir.

Tablo 52. Zemin örneklerinin kıvam limitleri ve indeks parametrelerine ait özet tablo

	ω_n (%)	S_r (%)	γ (KN/m ³)	G_s	LL (%)	PL (%)	PI (%)
Min.	22,0	90,4	17,3	2,49	31,6	19,3	11,8
Maks.	39,0	97,5	19,5	2,69	75,0	33,6	43,6
Ort.	31,2	94,0	18,2	2,59	47,4	25,4	22,0

Tablo 53. Zemin örneklerinin dane boyu dağılımları ve örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametrelerine ait özet tablo

	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	s_u (KPa)	c (KPa)	ϕ (°)
Min.	18	29	7	139,6	4,1	26,0
Maks.	63	67	28	196,8	46,1	35,0
Ort.	34	53	14	156,0	19,4	30,5

Laboratuvar deney sonuçları dikkate alındığında birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre CL, ML, CH-MH ve CL-ML olarak sınıflandırılan zeminler, CPTu deneyleri sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda kil – siltli kil, killi silt, siltli kum ve kum olarak sınıflandırılmıştır. Zeminlerin kayma direnci 140-197 kPa arasında, kohezyon değerleri 4.1-46.1 kPa, içsel sürtünme açısı değerleri 26-30 derece arasında değişmektedir. Aynı koşullar altında örselenmiş örneklerin yeniden çökeltilmesiyle oluşturulan örneklerin kohezyon değerlerinin 5.3 ila 24.5 KPa arasında, içsel sürtünme açısı değerlerinin 28-31 derece arasında, drenajsız makaslama dayanımı değerlerinin ise 127,5-150,8 KPa arasında değiştiği belirlenmiştir.

Hem örselenmemiş örneklerin hem de yeniden çökeltilmiş örneklerin UU üç eksenli yükleme koşullarında içsel sürtünme açısı değerlerinin sıfırın üzerinde olması bu örneklerin suya tamamen doymun olmadığına göstergesidir. Bu durum doymunluk derecesi değerleri yaklaşık olarak %90 ila %97 arasında değişen örselenmemiş örnekler için normal bir durumdur. Ancak yeniden çökeltilmiş örneklerin suya tamamen doymun olması beklenmektedir. Yeniden çökeltilmiş örneklerin konsolidometreden çıkarılmasının ardından oluşan matrik emmeye bağlı olarak hava ile dolu boşlukların oluşmasının bu durumun ana sebebi olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada elde edilen veriler doğada suya tamamen doymun olan zeminleri kapsamamaktadır.

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

(1) Yeniden çökeltilmiş örnekler ile örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri karşılaştırıldığında, yeniden çökeltilmiş örneklerin minimum kohezyon değerlerinin örselenmemiş örneklerin minimum kohezyon değerlerine oldukça yakın olduğu, ancak örneklerin maksimum kohezyon değerleri arasında büyük bir farkın bulunduğu belirlenmiştir.

(2) Yeniden çökeltilmiş örneklerin minimum ve maksimum içsel sürtünme açısı değerleri örselenmemiş örneklerin minimum ve maksimum değerlerine oldukça yakın olmasına rağmen bu değerlerin örselenmemiş örneklerle kıyasla daha dar bir aralıkta değiştiği belirlenmiştir.

(3) Yeniden çökeltilmiş örneklerin drenajsız makaslama dayanımı değerlerinin örselenmemiş örneklerden yaklaşık %50 daha düşük olduğu saptanmıştır.

(4) Örselenmemiş örnekler ile yeniden çökeltilmiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri arasında yapılan istatistiksel analizlerde s_u ve $s_{u(res)}$ arasında korelasyon katsayısı 0,724, c ve $c_{(res)}$ arasında korelasyon katsayısı 0,5, ϕ ve $\phi_{(res)}$ arasında ise korelasyon katsayısı 0,302 olan ilişkiler belirlenmiştir.

(5) Belirlenen istatistiksel ilişkilerin güvenilir bir tahmin modeli kurulması açısından yeterli olmadığı için, daha fazla sayıda değişken üzerinde çok değişkenli regresyon (ÇDR) ve yapay sinir ağları (YSA) analizleri gerçekleştirilmiştir. Bu analizlerde örneklerin makaslama dayanımı parametrelerine ek olarak likit limit (LL), plastik limit (PL), plastisite indisi (PI), birim hacim ağırlık (γ), özgül ağırlık (G_s), boşluk oranı (e), kil yüzdesi (CP), ince dane (kil+silt) yüzdesi (FP), su muhtevası (ω) ve doyumluk derecesi (S_r) parametreleri kullanılmıştır. ÇDR analizlerinin ilk aşamasında 12 adet bağımsız değişkenin hepsi kullanılmış, analizler sonucunda standartlaştırılmış beta değeri düşük olan parametreler analizden çıkarılarak analizler tekrarlanmıştır. Böylece hem az sayıda parametreye dayanan hem de yüksek korelasyon katsayısına sahip eşitlikler elde edilmeye çalışılmıştır. YSA analizlerinde ise 12 adet bağımsız değişkenin tamamı kullanılmıştır.

(6) ÇDR ve YSA analizleri sonucunda Tablo 54'te özetlenen eşitlikler elde edilmiştir. İstatistiksel analizler değerlendirildiğinde, ÇDR analizleriyle en fazla 3 farklı parametreye dayanan ve korelasyon katsayısı yüksek (0,795 ve üzeri) eşitliklerin elde edildiği gözükmemektedir. Bu eşitlikler kullanılarak örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri, yeniden çökeltilmiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri kullanılarak yüksek bir doğrulukla tahmin edilebilmektedir.

Tablo 54. ÇDR ve YSA analizleri sonucunda elde edilen istatistiksel eşitlikler ve bu eşitliklerin korelasyon katsayıları

Yöntem	Denklem	R	K.P.S.*	Eşitlik No
ÇDR	$s_{u(reg)} = 480,241 + 0,770 FP - 2,65 c_{(res)} - 11,774 \phi_{(res)}$	0,803	3	18
ÇDR	$s_{u(reg)} = 305,834 + 0,772 FP - 1,524 s_{u(res)}$	0,795	2	19
ÇDR	$c_{(reg)} = 88,183 + 1,119 c_{(res)} - 71,475 e - 1,045 PL$	0,817	3	20
ÇDR	$\phi_{(reg)} = 8,869 + 1,569 \phi_{(res)} - 0,26 s_{u(res)} + 0,422 PL$	0,800	3	21
ÇDR	$\phi_{(reg)} = 49,261 + 0,449 PL - 0,391 c_{(res)} - 0,268 S_r$	0,804	3	22
ÇDR	$\phi_{(reg)} = 17,004 + 0,400 PL - 0,395 c_{(res)} + 10,206 e$	0,850	3	23
YSA	$s_u = 0,960 s_{u(ysa)} + 6,582$	0,974	12	24
YSA	$c = 1,009 c_{(ysa)} - 0,005$	0,884	12	25
YSA	$\phi = 0,902 \phi_{(ysa)} + 2,685$	0,875	12	26

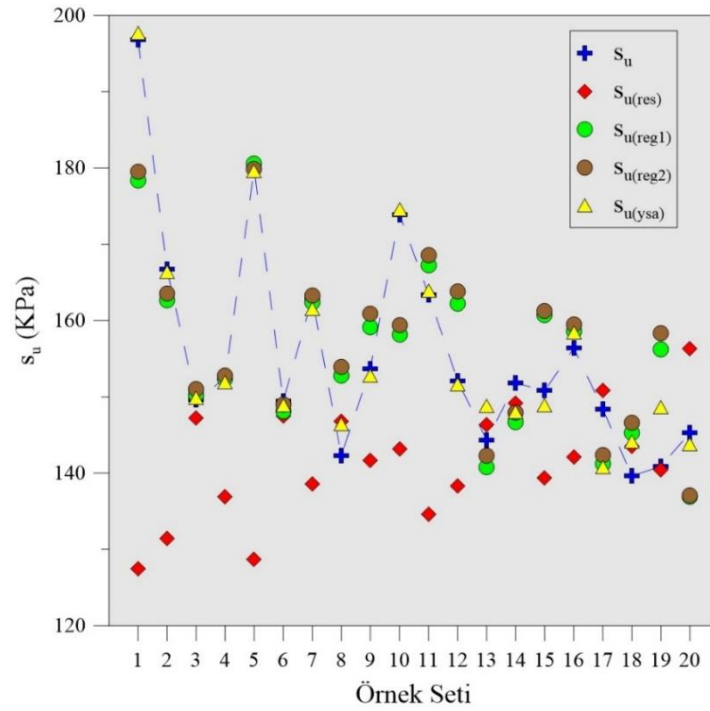
*Kullanılan parametre sayısı

(7) YSA analizleriyle kohezyon ve içsel sürtünme açısı için elde edilen eşitliklerin korelasyon katsayıları oldukça yüksek olmasına rağmen (kohezyon ve içsel sürtünme açısı için sırasıyla 0,875 ve 0,884) bu değerler ÇDR analizleriyle elde edilen eşitliklerin korelasyon katsayılarına yakındır (kohezyon ve içsel sürtünme açısı için sırasıyla 0,817 ve 0,850). Drenajsız makaslama dayanımı parametresi için YSA analizleri ile elde edilen eşitliğin korelasyon katsayısı ise çok yüksektir (0,974).

(8) Eşitlikler değerlendirildiğinde, örselenmemiş örnekler için hesaplanan drenajsız makaslama dayanımı (s_u) değerlerinin, yeniden çökeltilmiş örneklerle ait drenajsız makaslama dayanımı ($s_{u(res)}$) değerleri ve diğer değişkenler kullanılarak çok yüksek bir doğruluk payıyla tahmin edilebileceği görülmektedir (Tablo 55, Şekil 47). Regresyon eşitlikleri kabul edilebilir bir doğruluk payıyla s_u değerlerini tahmin edebilmekle birlikte Eş. 18'in Eş. 19'a göre biraz daha doğru sonuçlar verdiği görülmektedir.

Tablo 55. Örselenmemiş ve yeniden çökeltilmiş örnekler ile ÇDR ve YSA analizleri ile tahmin edilen s_u parametrelerine ait değerler

Ö.S.	s_u	$s_{u(res)}$	$s_{u(reg)}$		$s_{u(ysa)}$
			Eş. 18	Eş. 19	
1	196,8	127,5	178,4	179,5	197,7
2	166,7	131,4	162,7	163,5	166,4
3	149,6	147,2	150,2	151,0	149,9
4	152,4	136,9	152,3	152,8	151,9
5	179,9	128,7	180,6	179,9	179,6
6	149,4	147,5	148,1	149,0	148,9
7	163,0	138,6	162,4	163,3	161,5
8	142,3	146,8	152,8	153,9	146,4
9	153,7	141,7	159,1	160,9	152,8
10	173,9	143,2	158,2	159,4	174,6
11	163,4	134,6	167,3	168,6	163,9
12	152,1	138,3	162,2	163,8	151,6
13	144,3	146,3	140,8	142,3	148,8
14	151,8	149,2	146,7	147,9	148,0
15	150,8	139,4	160,7	161,3	148,9
16	156,4	142,1	158,6	159,5	158,4
17	148,4	150,8	141,2	142,4	140,8
18	139,6	143,5	145,3	146,6	144,1
19	140,9	140,4	156,2	158,3	148,6
20	145,3	156,3	136,9	137,1	143,8

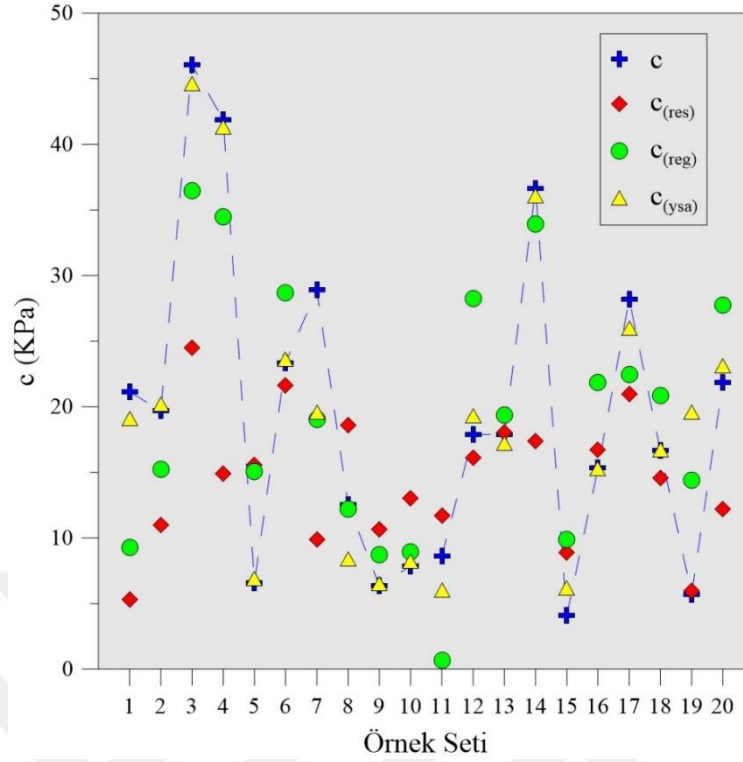


Şekil 47. Çalışma kapsamında deneysel olarak belirlenen ve istatistiksel olarak hesaplanan drenajsız makaslama dayanımı değerlerinin dağılımı

(9) Çalışma kapsamında belirlenen ve hesaplanan tüm kohezyon değerleri Tablo 56'da verilmiştir. Tablo 56 incelendiğinde, yeniden çökeltilmiş örneklerin kohezyon değerlerinin ($c_{(res)}$) örselenmemiş örneklerin kohezyon değerlerinden (c) genel olarak daha düşük olduğu görülmektedir. Bu durum yeniden çökeltme yöntemiyle örneklerin ancak belli bir ölçüde zemin dokusu ve kohezyon kazanabildiklerini göstermektedir. Örneklerin yeniden çökeltme sürecinde konsolidometre içerisinde yükleme sürelerinin ve yük miktarlarının artırılmasının bu durumun belli bir ölçüde de olsa önüne geçilebilmesini sağlayacağı düşünülmektedir. Bunun dışında, regresyon eşitlikleriyle ($c_{(reg)}$) kohezyonun kabul edilebilir bir doğruluk payıyla tahmin edilmesinin mümkün olduğu da yine Tablo 56'da ve Şekil 48'de görülmektedir. Ancak YSA analizlerinin ($c_{(ysa)}$) bu bağlamda çok daha doğru sonuçlar verdiği açıkça ortadadır.

Tablo 56. Çalışma kapsamında belirlenen ve hesaplanan kohezyon değerleri

Ö.S.	c (KPa)	$c_{(res)}$ (KPa)	$c_{(reg)}$ (KPa)	$c_{(ysa)}$ (KPa)
1	21,150	5,310	9,28	19,1
2	19,700	11,000	15,26	20,2
3	46,060	24,530	36,45	44,6
4	41,890	14,920	34,49	41,3
5	6,580	15,540	15,07	6,9
6	23,370	21,610	28,68	23,6
7	28,910	9,850	19,04	19,6
8	12,550	18,610	12,23	8,4
9	6,360	10,630	8,74	6,5
10	7,850	13,050	8,92	8,2
11	8,620	11,700	0,70	6,0
12	17,890	16,140	28,22	19,3
13	17,890	18,060	19,37	17,2
14	36,600	17,400	33,92	36,1
15	4,110	8,870	9,91	6,2
16	15,310	16,740	21,85	15,3
17	28,200	20,960	22,45	26,0
18	16,650	14,570	20,85	16,7
19	5,720	5,990	14,39	19,6
20	21,850	12,220	27,74	23,1

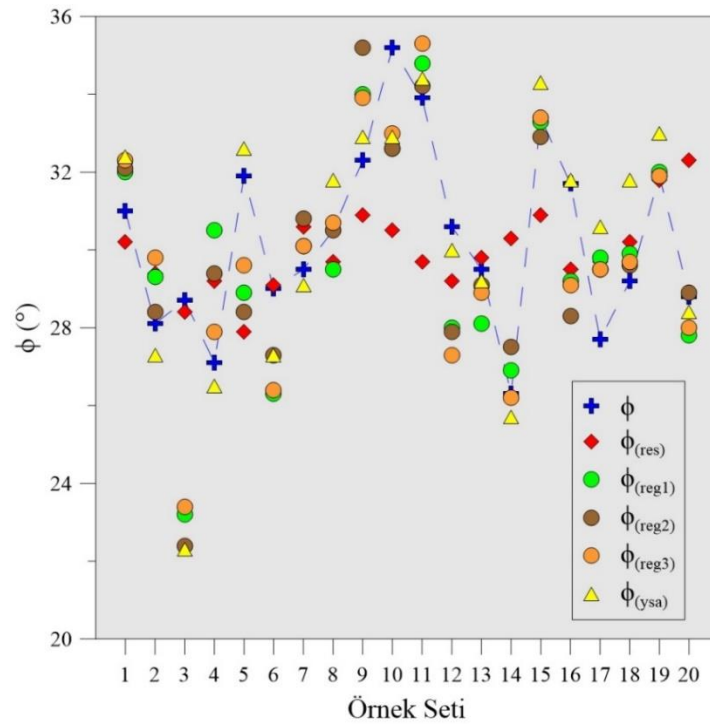


Şekil 48. Çalışma kapsamında deneysel olarak belirlenen ve istatistiksel olarak hesaplanan kohezyon değerlerinin dağılımı

(10) Zemin örneklerine ait tüm içsel sürtünme açısı değerleri Tablo 57’de verilmiştir. Tablo 57 incelendiğinde örselenmemiş örneklerin içsel sürtünme açısı (ϕ) değerleri ile yeniden çökeltilmiş örneklerin içsel sürtünme açısı ($\phi_{(res)}$) değerlerinin, kohezyon değerlerinin aksine, birbirlerine oldukça yakın olduğu görülmektedir (Şekil 49). İçsel sürtünme açısının kohezyondan farklı olarak zemin dokusundan ziyade dane boyutundan etkilenmesinin ve örselenmemiş örnekler ile yeniden çökeltilmiş örneklerin dane boyu dağılımlarının aynı olmasının bu durumun sebeplerinden birisi olduğu söylenebilir. Regresyon eşitlikleriyle ($\phi_{(reg)}$) içsel sürtünme açısı kabul edilebilir bir doğruluk payıyla tahmin edilebilmekle birlikte YSA analizlerinin ($\phi_{(ysa)}$) çok daha doğru sonuçlar verdiği görülebilmektedir.

Tablo 57. Zemin örneklerine ait belirlenen ve tahmin edilen içsel sürtünme açısı değerleri

Ö.S.	ϕ (°)	$\phi_{(res)}$ (°)	$\phi_{(reg)}$ (°)			$\phi_{(ysa)}$ (°)
			Eş. 21	Eş. 22	Eş. 23	
1	31,0	30,2	32,0	32,1	32,3	32,4
2	28,1	29,4	29,3	28,4	29,8	27,3
3	22,4	28,4	23,2	22,4	23,4	19,3
4	27,1	29,2	30,5	29,4	27,9	26,5
5	31,9	27,9	28,9	28,4	29,6	32,6
6	29,0	29,1	26,3	27,3	26,4	27,3
7	29,5	30,6	30,1	30,8	30,1	29,1
8	30,5	29,7	29,5	30,5	30,7	31,8
9	32,3	30,9	34,0	35,2	33,9	32,9
10	35,2	30,5	32,6	32,6	33,0	32,9
11	33,9	29,7	34,8	34,2	35,3	34,4
12	30,6	29,2	28,0	27,9	27,3	30,0
13	29,5	29,8	28,1	29,1	28,9	29,2
14	26,3	30,3	26,9	27,5	26,2	25,7
15	33,4	30,9	33,3	32,9	33,4	34,3
16	31,7	29,5	29,2	28,3	29,1	31,8
17	27,7	29,7	29,8	29,5	29,5	30,6
18	29,2	30,2	29,9	29,6	29,7	31,8
19	31,9	31,8	32,0	31,9	31,9	33,0
20	28,8	32,3	27,8	28,9	28,0	28,4



Şekil 49. Çalışma kapsamında deneysel olarak belirlenen ve istatistiksel olarak hesaplanan içsel sürtünme açısı değerlerinin dağılımı

(11) Genel anlamda YSA analizleri ile elde edilen eşitliklerin korelasyon katsayıları çok yüksek olsa da bu eşitliklerde 12 adet bağımsız değişkenin tamamının kullanıldığı unutulmamalıdır. Bunun yanında, YSA analizlerinde kullanılan bağımsız değişkenlerin ağırlık katsayılarının belirlenmesi ve böylece tahmin modellerinde kullanılabilecek bir eşitliğin üretilmesi süreci zorlu ve zaman alıcı matematiksel işlemler yardımıyla ancak mümkün olabilmektedir. Bağımsız değişken sayısının bu çalışmadaki gibi çok fazla olduğu analizlerde ise bu zorluk katlanarak artmaktadır. Örneğin, bu çalışmada kullanılan 12 adet bağımsız değişkenin ağırlık katsayıları belirlenirken her bir gizli katman için 12x12'lik birer matris çözümlemesi yapılması gerekmektedir ki, bu çözümleme yapılsa dahi üretilen eşitlik uygulanabilirlikten çok uzak olacaktır. Buna karşın ÇDR analizleri en fazla 3 farklı bağımsız değişkene dayanmakta ve bu değişkenlerin ağırlık katsayıları zahmetsiz bir şekilde hesaplanarak YSA analizlerine yakın korelasyon katsayısına sahip eşitlikler kolayca elde edilebilmektedir.

(12) ÇDR analizleri bir bütün halinde değerlendirildiğinde, $c_{(reg)}$, $\phi_{(reg)}$ ve $S_{u(reg)}$ parametreleri için elde edilen eşitliklerde $c_{(res)}$, $\phi_{(res)}$, $S_{u(res)}$, FP (kil+silt yüzdesi), PL, S_r ve e parametrelerinin kullanıldığı gözükmemektedir. Bu parametrelerden özellikle ikisi, FP ve PL, örselenmiş örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleriyle kolaylıkla belirlenebilmektedir. Yani, yeniden çökeltilmiş bir örnek üzerinde UU üç eksenli basınç dayanımı deneyinin yapılması ve örselenmiş örneğe ait birkaç plastik veya indeks özelliğinin belirlenmesi durumunda örselenmemiş örneğin drenajsız makaslama dayanımı parametreleri yüksek bir doğruluk oranıyla tahmin edilebilecektir. Böylece ekonomik, lojistik veya farklı sebeplerden kaynaklı olarak araziden örselenmemiş zemin örneklerinin temin edilememesi durumunda zemine ait drenajsız makaslama dayanımı parametreleri örselenmiş örnekler kullanılarak üretilen yeniden çökeltilmiş örnekler kullanılarak belirlenebilecektir.

5. ÖNERİLER

Bu bölümde konuyla ilgili gelecekte yapılacak çalışmalarda dikkat edilmesi gereken hususlar ve araştırma konularıyla ilgili öneriler maddeler halinde sunulmuştur:

- (1) Öncelikle çalışmada, ince daneli malzeme oranı yüksek olan, denizel veya alüvyal kökenli karma zeminlerin kullanılması önerilmektedir. Bu tür zeminlerin araziden temin edilmesi, taşınması, örnek alıcı aparatlardan çıkarılması ve deneye hazırlanması oldukça kolaydır. Kum oranı yüksek olan zeminlerin tercih edilmesi durumunda örselenmemiş örnek temin etme aşamasında zorluklar ortaya çıkabilir. İnce dane oranı yüksek olan zeminlerin yeniden çökeltme yöntemiyle zemin dokusu kazanması da daha kolay olmaktadır.
- (2) Kullanılan zemin örneklerinin doğal hallerinde suya doymun veya en azından %90 ve üzeri doymunluk derecesine sahip olması çalışmada elde edilen sonuçların güvenilirliği açısından çok önemlidir. Yeniden çökeltme yöntemiyle suya tamamen doymun örneklerin elde edildiği unutulmamalıdır.
- (3) Hidrolik veya hava basınç sistemlerinin olmadığı durumlarda, örneklerin yüksek ön konsolidasyon gerilmeleri altında çökeltilebilmeleri için küçük çaplı konsolidometrelerin kullanılması önerilmektedir. Bununla birlikte, hidrolik veya hava basınç sistemleriyle çok daha yüksek ön konsolidasyon gerilmelerine ulaşılacağı unutulmamalıdır. Dolayısıyla, yapılacak çalışmalarda küçük çaplı konsolidometrelerin kullanılması durumunda dahi bu cihazların hem ölü yüklerle hem de hidrolik veya hava basınç sistemleriyle çalışabilecek şekilde tasarlanması çok büyük faydalar sağlayacaktır.
- (4) Bu çalışmada, yeniden çökeltme yöntemiyle oluşturulan örneklerin kohezyon değerlerinin örselenmemiş örneklere göre düşük kaldığı gözlenmiştir. Bu durumun üstesinden gelmek amacıyla yeniden çökeltme sürecinde birincil konsolidasyon ve ikincil sıkışma sürelerinin uzatılması ve/veya bulamaç örneklerin hazırlanması sırasında saf su ile birlikte tuz (NaCl) gibi çeşitli kimyasalların kullanılması önerilmektedir. Yeniden çökeltme yönteminde tuz kullanımı üzerine yapılan bazı çalışmalara bu çalışmanın Kaynaklar bölümünden ulaşılabilir.
- (5) Bu çalışmada örselenmiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri kullanılarak örselenmemiş örneklerin makaslama dayanımı parametreleri tahmin edilmeye

alışılmıştır. Benzer bir yaklaşım, killi zeminlerin konsolidasyon özelliklerinin tahmini için de uygulanabilir. Bilindiği gibi bir boyutlu konsolidasyon (dometre) deneylerinde, üç eksenli basınç dayanımı deneylerinde olduğu gibi, yüksek kalitede örselenmemiş örnekler kullanılmaktadır.

- (6) Bu doktora çalışmasında 60 adet örnekten oluşan 20 örnek seti üzerinde laboratuvar çalışmaları ve istatistiksel analizler gerçekleştirilmiştir. Bu rnek sayılarının arttırılması elbette ki istatistiksel ilişkilerin güvenilirliğini arttıracaktır.



6. KAYNAKLAR

- Abdioğlu, E., Arslan, M., 2005. Mineralogy, geochemistry and genesis of bentonites of the Ordu area, NE Turkey. *Clay Minerals*, 40(1), 131-151.
- Abdulhadi, N., O., 2009. An Experimental Investigation into the Stress-Dependent Mechanical Behavior of Cohesive Soil with Application to Wellbore Instability, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Abdulhadi, N. O., Germaine, J. T., Whittle, A. J., 2012. Stress-dependent behavior of saturated clay. *Canadian Geotechnical Journal*, 49(8), 907-916.
- Adams, A., L., 2014. Permeability Anisotropy and Resistivity Anisotropy of Mechanical Compressed Mudrocks, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Ahmed, I., 1990. Investigation of Normalized Behavior of Resedimented Boston Blue Clay Using Geonor Direct Simple Shear Apparatus, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Aktimur, T., Ateş, S., Yurdakul, E., Tekirli, E., Kecer, M., 1992. Niksar-Erbaa ve Destek Delayının Jeolojisi. *MTA Dergisi*, 114, 36.
- Arslan, M., Kadir, S., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., 2006. Origin and formation of kaolin minerals in saprolite of Tertiary alkaline volcanic rocks, Eastern Pontides, NE Turkey. *Clay Minerals*, 41(2), 597-617.
- Arslan, M., Temizel, İ., Abdioğlu, E., Kolaylı, H., Yücel, C., Boztuğ, D., Şen, C., 2013. 40Ar–39Ar dating, whole-rock and Sr–Nd–Pb isotope geochemistry of post-collisional Eocene volcanic rocks in the southern part of the Eastern Pontides (NE Turkey): implications for magma evolution in extension-induced origin. *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 166, 113–142.
- Arslan, M., Tüysüz, N., Korkmaz, S., Kurt, H., 1997. Geochemistry and petrogenesis of the eastern Pontide volcanic rocks, Northeast Turkey. *Chemie der Erde-Geochemistry*, 57(2-3).
- ASTM (2011) Standard practice for classification of soils for engineering purposes (Unified Soil Classification System). ASTM D2487-11, West Conshohocken, PA
- ASTM D1587 / D1587M-15, Standard Practice for Thin-Walled Tube Sampling of Fine-Grained Soils for Geotechnical Purposes, ASTM International, West Conshohocken, PA, 2015, www.astm.org
- Aydın, M., Demir, O., Serdar, H. S., Özaydın, S., Harput, B., 1995. Tectonosedimentary evolution and hydrocarbon potential of the Sinop-Boyabat Basin, North Turkey. *Geology of the Black Sea Region*, 254-263.
- Aydın, F., Karslı, O., Chen, B., 2008. Petrogenesis of the Neogene alkaline volcanics with implications for post-collisional lithospheric thinning of the Eastern Pontides, NE Turkey. *Lithos*, 104(1-4), 249-266.

- Barzegar, A. R., Oades, J. M., Rengasamy, P., Murray, R. S., 1995. Tensile strength of dry, remoulded soils as affected by properties of the clay fraction. *Geoderma*, 65(1-2), 93-108.
- Badgley, P. C., 1959. Petroleum possibilities of the Sinop Basin: Petrol İşleri Genel Md. Arşivi, Ankara.
- Begemann, H. K., 1953. Improved method of determining resistance to adhesion by sounding through a loose sleeve placed behind the cone. Proc. of the 3rd Int. Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering. Vol. 1, Switzerland, Aug. 1953: 213–217.
- Begemann, H. K., 1963. The use of the static soil penetrometer in Holland. *New Zealand Engineering*. Vol. 18, No. 2, Feb. 1963: 41.
- Begemann, H. K., 1965. The friction jacket cone as an aid in determining the soil profile. Proc. 6th Int. Conf. Soil Mech. Found. Eng., Vol. I (ss. 17-20). Toronto.
- Bektaş, O., Eyüboğlu, Y., Maden, N., 2007. Different modes of stress transfer in a strike-slip fault zone: an example from the North Anatolian Fault System in Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16(1), 1-12.
- Blumenthal, M., 1940. Gökırmak ile Karadeniz arasındaki Pontid silsilelerinin jeolojisi hakkında rapor: Maden Tetkik ve Arama Ens. Rap., 1067 (yayımlanmamış), Ankara.
- Bouma, A.H., 1962. *Sedimentology of some flysh deposits*, Elsevier, Amsterdam.
- BS 1377-2:1990. Methods of test for soils for civil engineering purposes, Classification tests, Civil engineering, Earthworks, Excavations, Foundation construction, Underground works, British Standards Institution.
- Buisman, A., K., 1935, De weerstand van paalpunten in zand, *De Ingenieur*, 50(Bt, 25–28), 31-35,
- Burland, J., B., 1990. On the Compressibility and Shear Strength of Natural Clay, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Burmister, D.M., 1951. Identification and Classification of Soil an Apprasial and Statement of Principles. ASTM STP 113, Amer. Soc. for Test and Mat, Philadelphia.
- Casey, B., 2014. The Consolidation and Strength Behavior of Mechanically Compresed Fine-Grained Sediments, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Casey, B., Germaine, J. T., 2013. Stress dependence of shear strength in fine-grained soils and correlations with liquid limit. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 139(10), 1709-1717.
- Casey, B., Germaine, J. T., Flemings, P. B., Fahy, B. P., 2016. In situ stress state and strength in mudrocks. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 121(8), 5611-5623.
- Clayton, C., R., I., Matthews, M., C., Simons, N., E., 1995. Site Investigation (İkinci Baskı), Blackwell Science Publication, 583 s.

- Coduto, D. P., 2001. Foundation design. Pomona, California State Polytechnic University.
- Cunningham, M. R., Ridley, A. M., Dineen, K., Burland, J. B., 2003. The mechanical behaviour of a reconstituted unsaturated silty clay. *Géotechnique*, 53(2), 183-194.
- Das, B. M., 2010. Principles of geotechnical engineering. Cengage learning.
- DeGroot, D., J., 1992. The Multidirectional Direct Simple Shear Apparatus With Application to Design of Offshore Arctic Structures, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Deirieh, A., 2016. From Clay Slurries to Mudrocks: A Cryo-SEM Investigation of the Development of the Porosity and Microstructure, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Eyuboglu, Y., Chung, S. L., Santosh, M., Dudas, F. O., Akaryalı, E., 2011. Transition from shoshonitic to adakitic magmatism in the Eastern Pontides, NE Turkey: implications for slab window melting. *Gondwana Research*, 19(2), 413-429.
- Eyuboglu, Y., Santosh, M., Yi, K., Bektaş, O., Kwon, S., 2012. Discovery of Miocene adakitic dacite from the Eastern Pontides Belt (NE Turkey) and a revised geodynamic model for the late Cenozoic evolution of the Eastern Mediterranean region. *Lithos*, 146, 218-232.
- Fahy, B., P., 2014. The Influence of Salinity on the Mechanical Behavior of High Plasticity Soils, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Gedik A, Ercan T, Korkmaz S (1984) Orta Karadeniz (Samsun-Sinop) havzasının jeolojisi ve volkanik kayaçlarının petrolojisi. *MTA Enst Derg* 99–100:34–50.
- Gedik A, Korkmaz S (1984) Sinop havzasının jeolojisi ve petrol olanakları, MTA Rapor No: 7575.
- Gedik, A., Özbudak, N., Iztan, H., Korkmaz, S., Ağrıdağ, D., S., 1981. Sinop Havzasının jeolojisi ve petrol olanakları ile ilgili ön sonuçlar. 35. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiri Özetleri, s.35-36, Ankara.
- Germaine, J., T., 1982. Development of the directional shear cell for measuring cross anisotropic clay properties, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Gonzales, J., H., 2000. Experimental and Theoretical Investigation of Constant Rate of Strain Consolidation, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Gorur, N., Tuysuz, O., 2001. Cretaceous to Miocene palaeogeographic evolution of Turkey: implications for hydrocarbon potential. *Journal of Petroleum Geology*, 24(2), 119-146.
- Holtz, R. D., Kovacs, W. D., Sheahan, T. C., 1981. An introduction to geotechnical engineering (Vol. 733). Englewood Cliffs: Prentice-Hall.
- Horan, A. J., 2012. The Mechanical Behavior of Normally Consolidated Soils as a Function of Pore Fluid Salinity, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.

- House, R. D., 2012. A Comparison of the Behavior of Intact and Resedimented Boston Blue Clay, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Huizinga, T. K., 1942. Grondmechanica (Soil Mechanics). Amsterdam: VTK Leuven.
- IAEG, 1976. Engineering Geology Maps: a Guide to Their Preparation, 1, Unesco Pres, Paris.
- Jones, C. A., 2010. Engineering Properties of Resedimented Ugne Clay from the Alaskan North Slope, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Joyce, M. D., 1982. Site Investigation Practice. E&F.N. Spon, Londra, 369 s.
- Kayabali, K., Tufenkci, O. O., 2010. Shear strength of remolded soils at consistency limits. Canadian Geotechnical Journal, 47(3), 259-266.
- Ketin, I., Gümüş, A., 1963. Sinop-Ayancık arasında III. Bölgeye dahil sahaların jeolojisi. Türkiye Petrolleri A.O. Arşiv No. 288, Ankara.
- Kontopoulos, N. S., 2012. The Effects of Sample Disrurbance on Preconsolidation Pressure for Normally Consolidated and Overconsolidated Clays, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Kul Yahşi, B., 2018. Bazik volkanik kayaçlarda ayrışmaya bağlı olarak oluşan regolitik zeminlerin karakterizasyonu ve sınıflandırılması, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, KTÜ, Trabzon.
- Kul Yahşi, B., Ersoy, H., 2021. Effect of mineralogical composition related to profile depth on index and strength properties of regolith soil. Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 80(2), 1791-1808.
- Ladd, C. C., ve Varallyay, J., 1965. The Influence of Stress System on the Behavior of Saturated Clays During Undrained Shear, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Leonards, G. A., 1962. Foundation Engineering, Mc. Graw Hill Book Company.
- Liu, M. D., Carter, J. P., 1999. Virgin compression of structured soils. Géotechnique, 49(1), 43-57.
- Locat, J., Lefebvre, G., 1985. The compressibility and sensitivity of an artificially sedimented clay soil: The Grande-Baleine Marine Clay, Québec, Canada. Marine Georesources & Geotechnology, 6(1), 1-28.
- Marjanovic, J., 2016. Stiffness Characterization of Mechanically-Compressed Cohesive Soils Using Wave Propagation, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Mazzei, D. P. C., 2008. Normalized Mechanical Properties of Resedimented Gulf of Mexico Clay from Integrated Ocean Drilling Program Expedition Leg 308, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Miao, L., Jing, F., Houston, S. L., 2006. Soil-water characteristic curve of remolded expansive soils. In Unsaturated Soils 2006 (pp. 997-1004).

- Moniz, S. R., 2009. The Influence of Effective Consolidation Stress on the Normalized Extension Strength Properties of Resedimented Boston Blue Clay, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Nordquist, T. J., 2015. Permeability Anisotropy of Resedimented Mudrocks, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Okay, A. I. (2008). Geology of Turkey: a synopsis. *Anschnitt*, 21, 19-42.
- Okay, A. I., Sahinturk, O., 1997. AAPG Memoir 68: Regional and Petroleum Geology of the Black Sea and Surrounding Region. Chapter 15: Geology of the Eastern Pontides, 291-311.
- Plantema, G., 1948. Results of a special loading test on a reinforced concrete pile, a so-called pile sounding. In *Proc. of the 2nd Int. Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering*. Vol. 2, Rotterdam, Jun. 1948: 55–64.
- Ranjpour, D., 2020. Stiffness and Anisotropy Characterization of Mechanically-Compressed Cohesive Soils Using Directional Wave Propagation, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Robertson, P. K., 1990. Soil classification using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*, 27(1), 151-158. <https://doi.org/10.1139/t90-014>
- Santagata, M. C., 1998. Factors Affecting the Initial Stiffness and Stiffness Degradation of Cohesive Soils, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Santagata, M., Germaine, J. T., Ladd, C. C., 2005. Factors affecting the initial stiffness of cohesive soils. *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, 131(4), 430-441.
- Seah, T., H., 1990. Anisotropy of Resedimented Boston Blue Clay, Doktora Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Shipton, B., Coop, M. R., 2012. On the compression behaviour of reconstituted soils. *Soils and Foundations*, 52(4), 668-681.
- Sinfield, J., V., 1994. An experimental investigation of sampling disturbance effects in resedimented Boston blue clay, Yüksek Lisans Tezi, M. I. T., İnşaat ve Çevre Mühendisliği Bölümü, Boston, ABD.
- Sonel, N., Sarı, A., Coşkun, B., Tozlu, E., 1989. Boyabat (Sinop) Havzası Ekinveren Fayının Petrol Aramalarındaki Önemi, *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 32: 39-49.
- Sünnetci, M., O., 2015. Cevizdere (Ünye, Ordu) yöresi killilerinin konsolidasyon parametrelerinin ve şişme özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, KTÜ, Trabzon.
- Sünnetci, M. O., Ersoy, H., Bulut, F., Karahan, M., Dizdaroğlu, M., 2018. Geotechnical assessment and safe slope design of a landslide in a limestone quarry (Ordu/NE Turkey). *Advances in Biology and Earth Sciences*, 3(2), 130-139.
- Sünnetci, M., O., Ersoy, H., 2021. Sahilkent (Bafra, Samsun) yöresindeki alüvyal zeminlerin sıvılaşma potansiyelinin CPT verileri kullanılarak araştırılması. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2), 288-304.

- Şen, C., 2007. Jurassic volcanism in the Eastern Pontides: is it rift related or subduction related?, *Turkish Journal of Earth Sciences*, 16(4), 523-539.
- Taylor, D., W., (1948). *Fundamentals of Soil Mechanics*, John Wiley & Sons, New York, ABD.
- Temizel, I., 2014. Petrochemical evidence of magma mingling and mixing in the Tertiary monzogabbroic stocks around the Bafra (Samsun) area in Turkey: implications of coeval mafic and felsic magma interactions. *Mineralogy and Petrology*, 108(3), 353-370.
- Temizel, I., Arslan, M., Yücel, C., Abdioğlu, E., Ruffet, G., 2016. Geochronology and geochemistry of Eocene-aged volcanic rocks around the Bafra (Samsun, N Turkey) area: Constraints for the interaction of lithospheric mantle and crustal melts. *Lithos*, 258, 92-114.
- Tiwari, B., Ajmera, B., 2011. A new correlation relating the shear strength of reconstituted soil to the proportions of clay minerals and plasticity characteristics. *Applied Clay Science*, 53(1), 48-57.
- Turoğlu, H., 2010. Kızılırmak Deltası ve yakın çevresinin jeomorfolojik özellikleri ve insan yaşamındaki etkileri. *Anadolu Araştırmaları*, 19(1), 99-111.
- Ulusay, R., 2010. *Uygulamalı Jeoteknik Bilgiler Güncellenmiş ve Genişletilmiş 5. Baskı*, Jeoloji Mühendisleri Odası Yayını, Ankara.
- URL-1. <https://www.businesswire.com/news/home/20210309005459/en/Global-Construction-Market-Expected-to-Reach-16.6-Trillion-by-2025-Growing-at-a-CAGR-of-7---ResearchAndMarkets.com>. Son erişim: 24.01.2022.
- URL-2. <https://mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=SAMSUN>. Son erişim: 09.11.2022
- Vaid, Y. P., Negussey, D., 1988. Preparation of reconstituted sand specimens. *Advanced Triaxial Testing of Soil and Rock*, ASTM STP, 977, 405-417.
- Wissa, A., E., Christian, J., T., Davis, E., H., Heiberg, S., 1971. Consolidation at constant rate of strain. *Journal of the Soil Mechanics and Foundations Division*, 97(10), 1393-1413.
- Yoldaş, R., Keskin, B., Granit, S., Korkmaz, S., Dirik, S., Kalkan, İ., Ağrıdağ S., Besbelli, B., 1985. Samsun ve dolayının (Kızılırmak-Yeşilirmak arasındaki bölgenin) jeolojisi ve petrol olanakları. *Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Enerji Hammadde Etüt ve Arama Dairesi*, Rapor No: 8130 (yayımlanmamış).

7. EKLER

Ek Tablo 1. CPTu-1 kuyusuna ait CPT deney verileri

Derinlik (m)	q _c (MPa)	f _s (MPa)	Q _t	F _r (%)	I _c	İlerleme hızı (cm/sn)
0,01	-0,008406894	-0,000572749	-287,2542893	6,646248304	4	0,005
0,06	1,857923574	-0,00031101	12380,75349	-0,016746976	4	0,873661517
0,11	2,12247802	0,003279001	4241,574386	0,154612439	0,438515436	1,868661517
0,16	1,664565012	0,012266203	1598,004819	0,738071962	1,120240793	1,829870129
0,21	1,521647814	0,032842032	992,1157381	2,163596367	1,625643337	1,74020673
0,26	1,34510304	0,049711122	670,2111527	3,708616427	1,901510643	1,923102558
0,31	1,244220312	0,073434766	568,2842098	5,927610146	2,117407761	2,021099281
0,36	1,059268644	0,085764877	452,0766712	8,142194126	2,281214252	2,008333325
0,41	1,005674695	0,084015907	402,860764	8,409203566	2,312559266	1,980986929
0,46	1,076082432	0,071612059	406,4231176	6,699648379	2,219839413	1,939332342
0,51	1,160151372	0,068637225	414,4879201	5,956663173	2,169509885	1,920319271
0,56	1,202185842	0,06505431	407,3910724	5,450005576	2,137070242	1,908998513
0,61	1,076082432	0,077278102	346,3182558	7,244865804	2,278684334	1,86011157
0,66	0,949979022	0,090933767	291,0678087	9,672271589	2,424129453	1,772045887
0,71	0,945775575	0,089663516	276,7385532	9,585822804	2,42977628	2,029001319
0,76	0,962589363	0,07721051	269,5352303	8,114956182	2,369426026	2,349966121
0,81	1,235813418	0,067762578	332,1214119	5,544280929	2,180991907	2,370670056
0,86	1,34510304	0,063017106	347,9353278	4,728911127	2,110031945	2,359325743
0,91	1,067675538	0,080671583	264,7721701	7,655352147	2,350137399	2,370670056
0,96	0,907944552	0,095452776	217,5556733	10,67520752	2,517457621	2,393358684
1,01	0,765027354	0,092349064	180,3855884	12,30657864	2,609605424	2,387551475
1,06	0,689365308	0,084927906	160,1693834	12,59472871	2,642832795	2,387551475
1,11	0,722992884	0,07645342	165,3489763	10,8031807	2,577788543	2,371191859
1,16	0,983606598	0,079495362	218,451031	8,214553543	2,415534901	2,096820992
1,21	0,958385916	0,077192076	205,5862039	8,198101239	2,427219666	2,018552059
1,26	0,765027354	0,070818101	158,0755505	9,47149278	2,537723167	2,161244702
1,31	0,753467875	0,060329777	150,6981844	8,203588647	2,494585622	2,14252491
1,36	0,71458599	0,060015751	138,3128799	8,62650018	2,532632848	2,170097136
1,41	0,655737732	0,071871428	123,7733418	11,29707574	2,657730363	2,146751952
1,46	0,58848258	0,07692171	109,4968992	13,53566973	2,752465833	2,14252491
1,51	0,559058451	0,075191173	102,701013	13,972073	2,778752084	2,170495439
1,56	0,592686027	0,067862185	107,976	11,88077947	2,707460417	2,179553413
1,61	0,569567069	0,064161591	102,5434662	11,71725488	2,714345847	2,179155111
1,66	0,571668792	0,067277147	101,8763728	12,25195314	2,732222722	2,050896883
1,71	0,580075686	0,067849896	102,384291	12,18195411	2,728964902	1,984834075
1,76	0,574821377	0,068983105	100,409284	12,51401068	2,743358271	2,037765932
1,81	0,571668792	0,064444126	98,83472634	11,7696624	2,724608509	2,058865213
1,86	0,542244663	0,063854479	92,58859659	12,33735478	2,757188192	2,071631169
1,91	0,529634322	0,062146985	89,44869656	12,31875853	2,764839428	2,058865213

Ek Tablo 1'in devamı

1,96	0,46237917	0,061247921	76,75322741	14,02434017	2,848517353	2,058865213
2,01	0,487599852	0,058150031	80,38970615	12,60194612	2,798754795	2,050531888
2,06	0,496006746	0,056456363	81,05247103	12,03006776	2,780051079	2,063297844
2,11	0,54644811	0,054793418	88,91539486	10,55209242	2,710365122	2,058865213
2,16	0,58848258	0,057090559	93,96872943	10,17669151	2,683894566	1,908814251
2,21	0,647330838	0,059966593	101,1750936	9,684659166	2,648172471	1,861813772
2,26	0,673602382	0,064240704	102,8538837	9,961438513	2,654444058	1,9506531
2,31	0,676754967	0,064839265	100,8531419	10,01413919	2,661050835	1,980986929
2,36	0,678856691	0,066217675	98,77152124	10,20414954	2,672855698	1,980986929
2,41	0,706179096	0,068083718	100,5419148	10,07689739	2,664054636	1,980986929
2,46	0,739806672	0,069666458	103,1527818	9,830736385	2,64895919	1,977358484
2,51	0,781841142	0,07338011	106,8384952	9,783933265	2,638870121	1,977358484
2,56	0,748213566	0,073610737	99,79277669	10,28780929	2,673352762	1,980986929
2,61	0,742959257	0,071926731	96,90953386	10,13941118	2,675126361	1,961973858
2,66	0,775535972	0,070634973	99,21061529	9,531056394	2,647121496	1,849648446
2,71	0,765027354	0,077050748	96,82551927	10,55396573	2,689832724	2,179081196
2,76	0,753467875	0,07590525	93,35964509	10,57270913	2,69923962	2,442422199
2,81	0,777637695	0,073127531	94,56310667	9,863774074	2,671114836	2,210106635
2,86	0,79865493	0,073001322	95,33628853	9,583534429	2,65876408	2,156606531
2,91	0,794976914	0,073491909	93,05831816	9,701969937	2,669075997	2,161437464
2,96	0,807061824	0,073612557	92,75387454	9,573380271	2,665089011	2,170495439
3,01	0,807061824	0,073115242	91,03317385	9,516248804	2,667539956	2,170495439
3,06	0,78079028	0,074233088	86,31418055	10,01203166	2,698818791	2,161039162
3,11	0,815468718	0,07370028	88,73084851	9,503488874	2,673377416	2,147150254
3,16	0,916351446	0,077161353	98,54026045	8,808143194	2,620389439	2,030192792
3,21	0,974148842	0,080744874	103,2402006	8,651625131	2,602584612	2,284413254
3,26	0,96679281	0,078337574	100,6971146	8,465206988	2,600843368	2,392021728
3,31	0,98465746	0,079336621	100,8906186	8,419301005	2,598423136	2,098187733
3,36	1,143337584	0,079310375	115,9716041	7,206296472	2,508532423	2,071631169
3,41	1,159625941	0,077836864	115,8060528	6,972315602	2,49702154	2,058865213
3,46	1,160151372	0,080172571	114,0354698	7,181301504	2,511389187	2,037765932
3,51	1,395544404	0,082536373	135,9306118	6,108600543	2,410502629	2,042198563
3,56	1,30306857	0,096141951	124,6878232	7,641836141	2,512329639	2,042198563
3,61	1,059268644	0,102750717	98,98977111	10,13665309	2,669923333	2,037765932
3,66	1,094997944	0,11756231	101,5289986	11,20927917	2,70047244	1,775415069
3,71	1,025641068	0,115770326	94,29739359	11,82769767	2,737501156	1,619411415
3,76	0,992013492	0,104980266	90,51527503	11,11991543	2,724926902	1,720122802
3,81	1,067675538	0,091437065	96,32103857	8,972541021	2,632600685	1,719244111
3,86	1,109710008	0,081268911	98,83890749	7,662963942	2,56988782	1,710164213
3,91	0,807061824	0,069149012	69,56060995	9,13679118	2,721224379	1,662834668
3,96	0,668873504	0,058833385	56,01998019	9,521499996	2,792563035	1,630188465
4,01	1,101303114	0,052365947	93,89089224	4,988657546	2,43326898	1,609289825
4,06	1,193778948	0,040534848	99,73362836	3,551167332	2,301851634	1,550929129
4,11	0,87431d6976	0,023303221	68,90340606	2,838449767	2,337057806	1,399349141

Ek Tablo 1'in devamı

4,16	1,168558266	0,028212397	90,16057178	2,530633276	2,220371053	1,229441482
4,21	1,193778948	0,028368218	88,87590189	2,490745875	2,219598803	1,390796643
4,26	0,88272387	0,023309366	62,33425676	2,819008673	2,365536381	1,61994369
4,31	0,554855004	0,014636875	36,31648042	2,938656273	2,54902923	1,708883154
4,36	0,538041216	0,015974879	33,91438885	3,32534726	2,606934291	1,780541515
4,41	0,529634322	0,017947241	32,12489097	3,809552491	2,664045361	1,789621413
4,46	0,538041216	0,018494562	31,5594563	3,864311514	2,673918502	1,780541515
4,51	0,595838612	0,019713109	34,18561462	3,681131554	2,634090308	1,749730563
4,56	0,586906287	0,025921178	32,86696438	4,929185408	2,733835561	1,718919611
4,61	0,638923944	0,031063629	35,57998082	5,380984997	2,736354001	1,651711202
4,66	0,73534051	0,033428362	40,60356814	4,955078606	2,670648206	1,481685883
4,71	0,757671322	0,037955052	41,50750498	5,449429016	2,693834482	1,478440148
4,76	0,655737732	0,039005307	35,08762232	6,566180225	2,802797852	1,657869864
4,81	0,58217741	0,037538102	30,44169937	7,219640165	2,875157864	1,710164213
4,86	0,622110156	0,044083239	32,46829997	7,880044472	2,883673751	1,662834668
4,91	0,647330838	0,044529699	33,60877978	7,623374205	2,862935372	1,591974282
4,96	1,101303114	0,042850281	58,79220286	4,130591838	2,502649491	1,419112527
5,01	1,406053022	0,042973317	73,91120276	3,20428869	2,354204427	1,249956548
5,06	1,168558266	0,032583954	59,2066643	2,954860008	2,395800627	1,159081507
5,11	0,790248036	0,029474421	37,90905213	4,073898403	2,631689691	1,089968508
5,16	0,96679281	0,04150215	46,27303727	4,605376322	2,608357439	1,310475504
5,21	1,185372054	0,049484294	56,80517829	4,421943844	2,534529045	1,641011423
5,26	1,168558266	0,042801266	54,82523439	3,885940774	2,504137563	1,731570768
5,31	0,975199704	0,02507677	44,12015549	2,764467278	2,468380558	1,728324008
5,36	0,638923944	0,018031731	27,12828994	3,163653688	2,665839122	1,728324008
5,41	0,521227428	0,01695722	21,02514085	3,756502518	2,798567249	1,710164213
5,46	0,520176566	0,016824786	20,4597268	3,742998463	2,806661763	1,700759816
5,51	0,554855004	0,01485396	21,55420596	3,072422548	2,73495641	1,651711202
5,56	0,603720075	0,018013296	23,21036596	3,389032431	2,736954391	1,600102425
5,61	0,487599852	0,019054335	17,71618062	4,596294296	2,911889189	1,60830363
5,66	0,502837347	0,024744956	18,16328075	5,743514351	2,967289381	1,521547097
5,71	0,487599852	0,025286982	17,38215315	6,090713597	2,998521733	1,642070383
5,76	0,538041216	0,02135762	19,19988836	4,592826195	2,885114855	1,880708885
5,81	0,760823907	0,01975404	27,82811629	2,875087326	2,630700506	1,9013062
5,86	0,815468718	0,023260208	29,47546564	3,138973463	2,636193735	1,897677755
5,91	0,832282506	0,033489809	29,59250335	4,423291301	2,734278881	1,897677755
5,96	0,697772202	0,054337419	24,15492278	8,736070212	3,004468797	1,891198385
6,01	0,596889474	0,06446256	20,11036901	12,38577637	3,169176961	1,891198385
6,06	0,592357633	0,06446256	19,87794291	12,50643673	3,17570129	1,9013062
6,11	0,594787751	0,054245248	19,84882606	10,48702885	3,12077866	1,880327201
6,16	1,210592736	0,045597419	43,1724303	4,025037509	2,587711828	1,696832061
6,21	1,622530542	0,042548041	57,74681999	2,757496957	2,382474875	1,618741059
6,26	1,824295998	0,033063241	64,08601439	1,897461393	2,238499191	1,720447302
6,31	1,773854634	0,022260891	61,00982084	1,317709976	2,152439358	1,861171889

Ek Tablo 1'in devamı

6,36	1,454392662	0,020336796	48,53542825	1,486375704	2,262845112	1,992307687
6,41	0,807061824	0,017318544	25,09040705	2,405875295	2,617444157	2
6,46	0,512820534	0,023893514	14,59725796	5,622014255	3,032632385	2
6,51	0,487599852	0,024720378	13,62972218	6,188028092	3,082363301	2,016666651
6,56	0,452395983	0,030916157	12,36110196	8,48976301	3,205052912	2,016666651
6,61	0,470786064	0,037739987	12,91532995	9,868651966	3,235323938	2
6,66	0,655737732	0,045241026	19,07300636	7,970404598	3,048760934	1,851889306
6,71	0,8406894	0,048209231	25,15812371	6,406717057	2,896436456	1,81023472
6,76	0,933165234	0,055076075	28,09807894	6,52074736	2,867771605	1,908998513
6,81	0,975199704	0,063605863	29,34449291	7,17496541	2,884255116	1,912626958
6,86	1,160151372	0,067140672	35,28600814	6,267313	2,786436675	1,920319271
6,91	1,191677225	0,074524962	36,13510319	6,759744088	2,803253184	1,920319271
6,96	1,223203077	0,079655124	36,97852329	7,025738853	2,808738453	1,920319271
7,01	1,214796183	0,088285086	36,51304829	7,8477933	2,847966206	1,939332342
7,06	1,101303114	0,087353763	32,65261199	8,640974751	2,911532227	1,980986929
7,11	0,958385916	0,086257745	27,87775424	9,945813346	3,002916841	2,021099281
7,16	0,891130764	0,090174818	25,63549748	11,26706044	3,067490317	1,751542288
7,21	0,835435091	0,083332553	23,79026837	11,19463101	3,087323941	1,551098973
7,26	0,899537658	0,068649999	25,70011239	8,496165718	2,977083658	1,630188465
7,31	0,88272387	0,062968594	25,0278088	7,964372109	2,964914138	1,648788941
7,36	1,13493069	0,06485582	32,85542462	6,219206119	2,8055075	1,68963635
7,41	1,609920201	0,061874034	47,49909142	4,079023526	2,562599002	1,700759816
7,46	1,169609128	0,058598594	33,46802921	5,444287091	2,758653505	1,689998448
7,51	1,30306857	0,057725454	37,35658094	4,771515436	2,684381943	1,689998448
7,56	1,328289252	0,066696961	37,89816541	5,401778621	2,718404872	1,771355796
7,61	1,210592736	0,080209439	34,11850449	7,18272908	2,83953972	1,871628988
7,66	1,588902966	0,102583518	45,48079175	6,859899661	2,740877604	1,759303576
7,71	1,863703314	0,105711485	53,56451231	5,974979854	2,648937139	1,826762325
7,76	1,328289252	0,097293594	37,12779411	7,897846994	2,845168974	2,068643737
7,81	0,807061824	0,080481098	21,31189726	11,33017095	3,123723858	2,119578028
7,86	0,748213566	0,057761623	19,45375406	8,868507115	3,075113323	2,119578028
7,91	1,286254782	0,049851237	35,18041552	4,192357134	2,663694889	2,101063776
7,96	2,791088808	0,045756456	78,47399464	1,702417392	2,141747325	2,092730451
8,01	2,295082062	0,047659488	63,03475444	2,178912689	2,284384845	2,079964495
8,06	1,399747851	0,050434739	36,71597146	3,906842352	2,629123509	2,08829782
8,11	1,311475464	0,053338747	33,80559519	4,438279223	2,693328006	2,101063776
8,16	0,993064354	0,053889706	24,65940141	6,09925062	2,887782949	1,919938254
8,21	2,39596479	0,044757864	62,97191355	1,958014198	2,253294752	1,882172322
8,26	2,908785324	0,05538687	76,00051538	1,981429224	2,196981575	2,063297844
8,31	3,177805932	0,055585037	82,14958063	1,81548705	2,146316209	2,08829782
8,36	1,757040846	0,040946543	43,46253682	2,497643726	2,443809991	2,097355795
8,41	0,857503188	0,046549359	19,38440245	6,297055704	2,973286117	2,132670331
8,46	0,907944552	0,042592346	20,5793785	5,39536346	2,90880891	2,119179726
8,51	1,109710008	0,030841128	25,53990355	3,112685546	2,681398291	2,11997633

Ek Tablo 1'in devamı

8,56	1,63934433	0,03066164	38,70864995	2,016838687	2,422244576	2,12440896
8,61	3,289197278	0,048641123	79,65829195	1,535190998	2,106734189	2,079964495
8,66	2,026061454	0,049459489	47,34377809	2,597111886	2,427476247	1,975623572
8,71	1,227406524	0,05687388	27,18886142	5,145899301	2,806108801	2,038183987
8,76	1,05086175	0,047523695	22,70824824	5,119986377	2,861869626	2,193442321
8,81	1,042454856	0,050056517	22,36763886	5,445009762	2,88477755	2,218284988
8,86	1,09289622	0,05462622	23,46365347	5,635731764	2,879754091	2,258719635
8,91	1,109710008	0,068524155	23,77836436	6,950761893	2,938715974	2,273886466
8,96	1,2610341	0,071180638	27,31956939	6,261671962	2,863960268	2,238502312
9,01	1,462799556	0,078127363	32,0412885	5,838922372	2,793555604	2,258719635
9,06	1,420765086	0,086595704	30,91198299	6,68423667	2,846424875	2,304439688
9,11	1,252627206	0,092138853	26,79111378	8,176788464	2,952577	2,279391432
9,16	1,185372054	0,097755738	25,10963577	9,223303368	3,009865396	2,087652147
9,21	1,067675538	0,091437065	22,22689353	9,711527767	3,06263973	2,002679121
9,26	0,891130764	0,092164077	17,9820553	12,05677749	3,194151225	2,079964495
9,31	0,868011806	0,089023175	17,3985235	12,0166947	3,203065119	2,08829782
9,36	0,907944552	0,076588604	18,26196811	9,814850291	3,125650573	2,092730451
9,41	1,017234174	0,065336399	20,73730698	7,347643229	2,99808091	2,08829782
9,46	1,109710008	0,060581709	22,80464238	6,173719746	2,915946605	2,08829782
9,51	1,160151372	0,063741046	23,88975298	6,179095227	2,901619784	2,092730451
9,56	1,227406524	0,066623225	25,34980128	6,065441289	2,877484827	2,101063776
9,61	1,370323722	0,067294289	28,54457517	5,422069637	2,806577352	2,079964495
9,66	1,353509934	0,075781064	28,10075667	6,180981918	2,851303741	1,910921502
9,71	1,420765086	0,084895891	29,53505799	6,565579797	2,854668181	1,891267419
9,76	1,439680598	0,089459449	29,85298302	6,821459103	2,863299813	2,018111849
9,81	1,532156432	0,085438058	31,83799355	6,087852087	2,808412177	2,016666651
9,86	1,38713751	0,089970751	28,4384031	7,152851332	2,892767216	2,029432607
9,91	1,241067727	0,084742273	25,04993907	7,622652787	2,951049307	2,042198563
9,96	1,311475464	0,058185608	26,53529733	4,920921448	2,800492448	2,029432607
10,01	1,336696146	0,056260948	26,96156467	4,659393332	2,7792712	2,029432607
10,06	1,210592736	0,068877353	24,03465846	6,371167768	2,908962148	2,050531888
10,11	1,042454856	0,076201125	20,2254701	8,34828808	3,044630405	2,042198563
10,16	0,98465746	0,074414357	18,96216889	8,666870463	3,075991662	1,920163709
10,21	0,88272387	0,064104875	16,65038721	8,474693183	3,109747443	1,93683036
10,26	0,907944552	0,049391597	17,14174444	6,321552298	3,013831206	2,058865213
10,31	1,05086175	0,041563597	20,15934279	4,495755727	2,863019834	2,071631169
10,36	1,406053022	0,035638185	27,59681565	2,786165207	2,624816407	2,079964495
10,41	1,017234174	0,033606558	19,01086735	3,776447598	2,8337222	2,071631169
10,46	1,025641068	0,031484864	18,99714835	3,504645524	2,813505866	2,071631169
10,51	1,059268644	0,037611193	19,49125611	4,037757623	2,843920986	2,079964495
10,56	1,101303114	0,030268379	20,16300418	3,109973072	2,760921273	2,079964495
10,61	1,294661676	0,032654618	23,94592754	2,799017837	2,673989552	2,079964495
10,66	1,127837373	0,054644654	20,51220249	5,426781678	2,911554006	1,878997707
10,71	1,244220312	0,072301557	22,83055236	6,429554913	2,927777436	1,737881136

Ek Tablo 1'in devamı

10,76	1,403951298	0,070718494	25,99585448	5,504605048	2,840398961	1,863055849
10,81	1,84951668	0,064244911	34,77383423	3,713209251	2,631210674	1,920319271
10,86	2,126944182	0,076346377	39,92333755	3,805242274	2,594935374	1,908998513
10,91	3,15258525	0,083633102	59,74617674	2,759599326	2,37212878	1,9013062
10,96	4,203447	0,070498262	79,59022343	1,730517427	2,142073385	1,850003755
11,01	5,035729506	0,061356635	94,70551975	1,253492446	1,992074206	1,79870131
11,06	5,567990982	0,065322503	103,828399	1,205593703	1,950979416	1,789621413
11,11	5,018915718	0,060652059	92,31791456	1,24701758	1,998920935	1,789621413
11,16	4,691046852	0,065893572	85,30296315	1,452411798	2,068526909	1,821030593
11,21	4,640605488	0,066851556	83,49313241	1,491446942	2,083153405	1,951112545
11,26	5,367801819	0,073070622	96,05035361	1,403992405	2,020481552	2,050531888
11,31	5,346784584	0,051801454	94,75411003	0,999713782	1,928301334	2,050531888
11,36	5,943674058	0,046273021	104,6942702	0,800910328	1,834438422	2,029432607
11,41	6,279949818	0,04141937	109,7737425	0,677589704	1,774262053	1,988679242
11,46	6,801177246	0,034772322	117,9741614	0,524224523	1,684545249	1,958345413
11,51	9,382093704	0,072583584	162,3073612	0,787806482	1,683193518	1,931640029
11,56	13,04749949	0,049120208	224,7158096	0,381446864	1,375877857	1,892029643
11,61	17,41067747	0,08865065	297,8878305	0,514384963	1,363528046	1,807999885
11,66	19,49558719	0,079975658	330,8256817	0,413912534	1,266363936	1,519324112
11,71	19,73098022	0,101571302	331,6910268	0,519417592	1,332778255	1,221171725
11,76	17,91509111	0,090152541	298,0598014	0,508301162	1,359820576	1,210365963
11,81	18,43631854	0,072968779	303,9867314	0,399699199	1,284407087	1,230115283
11,86	18,03278763	0,062131985	294,5503035	0,348054536	1,257691681	1,219292772
11,91	15,37620913	0,09736251	248,4874332	0,640805723	1,4863168	1,230115283
11,96	14,80979464	0,097515115	237,2755976	0,666685492	1,512693588	1,209904575
12,01	14,99159373	0,089763155	238,2849536	0,6061712	1,483116695	1,199082065
12,06	14,23287154	0,07272945	224,0515559	0,517761118	1,458155849	1,180553746
12,11	10,93736909	0,05615562	169,968431	0,522394704	1,554518743	1,149999297
12,16	6,76754967	0,025479422	103,1893098	0,387051021	1,665379644	1,259973049
12,21	4,808743368	0,018787424	71,85750031	0,406331356	1,81397764	1,480281162
12,26	3,018074946	0,024303515	43,66271003	0,85798764	2,163102722	1,628551137
12,31	2,531525956	0,031848859	35,8796859	1,357792937	2,344773627	1,68963635
12,36	2,664985398	0,048976027	37,61689826	1,976423182	2,42641003	1,709839714
12,41	3,076923204	0,045877491	43,51860348	1,588254802	2,317922688	1,731246269
12,46	3,102143886	0,033997235	43,54092219	1,167567991	2,238309926	1,740650666
12,51	2,211013122	0,017480977	29,97652553	0,865536958	2,304827718	1,768214858
12,56	1,361916828	0,029892261	17,23959125	2,55459439	2,763436003	1,80919081
12,61	1,782261528	0,047764229	23,28909454	3,00172241	2,702412603	1,850385439
12,66	2,597730246	0,04742118	35,01051843	1,969155755	2,449848033	1,770235837
12,71	2,694278169	0,036553745	36,12934485	1,46026801	2,360705952	1,650346518
12,76	2,448507878	0,029946251	32,33548902	1,327091753	2,376181745	1,659912407
12,81	2,723833656	0,040519975	36,00620915	1,601139316	2,385571164	1,68963635
12,86	2,9781422	0,038462478	39,31903097	1,381952819	2,31690665	1,700759816
12,91	2,740647444	0,024667344	35,69143377	0,969527753	2,265468707	1,700759816

Ek Tablo 1'in devamı

12,96	2,093316606	0,033826475	26,40951272	1,784278553	2,522000764	1,700759816
13,01	1,294661676	0,047403228	15,17548396	4,322523453	2,946630206	1,689998448
13,06	0,88272387	0,039174286	9,436320292	5,709581419	3,183233284	1,689998448
13,11	0,773434248	0,033428362	7,925383681	5,78307481	3,246365689	1,700759816
13,16	0,88272387	0,035969471	9,635446325	5,102564625	3,14598185	1,718178225
13,21	0,8406894	0,033476751	9,057335398	5,036577921	3,163822346	1,928511131
13,26	0,781841142	0,036834132	8,254341466	6,06221305	3,244990341	2,192715335
13,31	0,75662046	0,03964872	7,909459623	6,793363357	3,290209875	2,253669143
13,36	0,722992884	0,037924328	7,452757342	6,882107732	3,313936436	2,218284988
13,41	0,703026511	0,036204545	7,181680335	6,800075421	3,323345719	2,24883821
13,46	0,874316976	0,036959027	9,478551062	5,239840801	3,158684908	2,264005041
13,51	1,2610341	0,03404655	14,56286359	3,121156332	2,874019506	2,238502312
13,56	1,33879787	0,048584058	15,45549236	4,169903472	2,930639311	2,258265162
13,61	1,294661676	0,072338426	14,77972626	6,475834994	3,068826687	2,232997346
13,66	1,143337584	0,087960307	12,73513458	9,120428496	3,216469294	2,009916019
13,71	1,076082432	0,08802515	11,83314548	9,803456953	3,261184877	1,708522785
13,76	1,126523796	0,086380639	12,48911404	9,097033439	3,221949161	1,73235271
13,81	1,305170294	0,075189881	14,80422739	6,667034205	3,076668088	1,90965513
13,86	1,235813418	0,070869685	13,85057021	6,703437837	3,099902692	1,969666171
13,91	1,126523796	0,071648927	12,38313904	7,565385527	3,171123694	1,961973858
13,96	1,127049227	0,072775991	12,36214671	7,682373369	3,176090108	1,939332342
14,01	1,192728086	0,070004417	13,20597623	6,90409601	3,123907824	1,939332342
14,06	1,151744478	0,067134527	12,65687946	6,894829912	3,137418741	1,928011584
14,11	1,160151372	0,067227627	12,7538314	6,838571703	3,132583255	1,920319271
14,16	1,160151372	0,068402919	12,8523617	6,891371477	3,132255378	1,803350401
14,21	1,17696516	0,065185208	13,04155279	6,459382836	3,109043211	1,72840054
14,26	1,121532203	0,060877301	12,32314851	6,371826223	3,123877357	1,810218728
14,31	1,143337584	0,052396671	12,62359403	5,341260537	3,066693678	1,892860901
14,36	1,13493069	0,046439644	12,50105394	4,766611072	3,038845576	1,939332342
14,41	1,059268644	0,048368993	11,48465185	5,388460012	3,100926698	1,939332342
14,46	1,05086175	0,052895683	11,34815101	5,948786861	3,132144859	1,958345413
14,51	1,034047962	0,05628302	11,10504196	6,455945671	3,162094139	2,030877805
14,56	0,958385916	0,060132723	10,116731	7,556911421	3,237140055	2,071631169
14,61	0,891130764	0,058444977	9,235788654	8,030071846	3,284369531	2,058865213
14,66	0,812316133	0,056117113	8,279275315	8,584665045	3,339351354	1,931301117
14,71	0,790248036	0,051005385	7,975876599	8,084137002	3,335054282	1,871534681
14,76	0,781841142	0,048732823	7,8495619	7,833385099	3,331696792	1,958345413
14,81	0,75662046	0,045881367	7,507910229	7,696077415	3,341811214	1,969666171
14,86	0,697772202	0,043005333	6,756521499	8,000767824	3,38803038	2,00208621
14,91	0,664144626	0,040714337	6,313750604	8,090481583	3,414035761	2,021099281
14,96	0,647330838	0,039709722	6,087241157	8,169100156	3,429067529	2
15,01	0,655737732	0,037308566	6,184892854	7,539789965	3,402084229	2,029432607
15,06	0,664144626	0,036041387	6,272106745	7,168981175	3,383820696	2,037765932
15,11	0,622110156	0,035584174				

Ek Tablo 2. CPTu-2 kuyusuna ait CPT deney verileri

Derinlik (m)	q _c (MPa)	f _s (MPa)	Q _t	F _r (%)	I _c	İlerleme hızı (cm/sn)
0,01	0,008406894	-0,001127064	-93,29882222	-13,42239047	4	0,005
0,06	3,40479207	0,005888229	-28368,59446	0,172967954	4	0,7652171
0,11	4,409415903	0,030986506	10750,49772	0,703007856	1,205655864	1,579235739
0,16	4,430433138	0,011610675	4660,865881	0,262220874	0,668793588	1,569810116
0,21	4,203447	0,068798449	2876,413741	1,638228345	1,434417761	1,481397933
0,26	4,128835816	0,097652255	2135,732907	2,369070742	1,600751746	1,838384169
0,31	3,648591996	0,137518623	1516,542141	3,778294369	1,820405804	2,200169039
0,36	3,472047222	0,175352073	1298,663468	5,066605222	1,957455094	2,152379489
0,41	3,089533545	0,184534031	1094,925354	5,987059265	2,043108341	2,102186728
0,46	2,530475094	0,167864615	850,2028194	6,659044531	2,113681186	2,039852142
0,51	2,361811783	0,122376508	751,0402777	5,205836114	2,025643508	1,99765358
0,56	2,597730246	0,110018711	770,3176075	4,257005413	1,938932811	1,980986929
0,61	2,749054338	0,111967419	764,0156801	4,093609106	1,923814621	1,9506531
0,66	2,688104357	0,115384187	664,720834	4,312619278	1,964469524	1,920319271
0,71	3,490962734	0,124272873	818,5394757	3,572298816	1,85837259	2,039485472
0,76	2,664985398	0,105636457	571,607972	3,982883178	1,95482686	2,068713516
0,81	2,337116532	0,068567534	452,9285041	2,951015649	1,875780221	2,052961612
0,86	1,984026984	0,064343227	351,8701538	3,265369839	1,964584155	2,119179726
0,91	1,740227058	0,072664095	287,2076314	4,223738958	2,104838487	2,067198539
0,96	1,38713751	0,08203829	220,5866253	6,013090233	2,294605755	2,021099281
1,01	1,252627206	0,087465711	194,0205766	7,116122607	2,385723506	2
1,06	1,17696516	0,08018486	178,8184974	6,91464604	2,392733108	1,969666171
1,11	1,105506561	0,077850851	163,7741184	7,164356155	2,425547406	1,931640029
1,16	1,033785247	0,081077102	149,4276032	7,996823924	2,48702198	1,902519143
1,21	0,983606598	0,077767898	138,6630954	8,087103519	2,508224658	1,619194072
1,26	0,92475834	0,06696862	127,4373329	7,417111745	2,496296613	1,577999443
1,31	0,839277305	0,052717487	113,1917491	6,437265056	2,474107908	1,861324513
1,36	0,877272525	0,04596357	115,9768939	5,366507999	2,403557696	1,9506531
1,41	0,781841142	0,048732823	100,9007136	6,409793999	2,501512143	1,980986929
1,46	0,722992884	0,057755479	91,13136993	8,246723159	2,616257125	1,969666171
1,51	0,62421188	0,066747411	77,0481016	11,11364096	2,764190261	1,969666171
1,56	0,623156913	0,069019973	76,38851142	11,51738246	2,779038519	1,973294616
1,61	0,613703262	0,062208432	74,6427598	10,55624426	2,753866897	1,917903769
1,66	0,58848258	0,061056789	70,92683737	10,8350137	2,775973747	1,866972625
1,71	0,571668792	0,070676773	68,29376476	12,94425883	2,848479129	1,811902183
1,76	0,544346387	0,073485216	64,3922095	14,18536766	2,895704151	1,932378286
1,81	0,529634322	0,075299564	62,09290513	14,9807525	2,924169894	2,11997633
1,86	0,496006746	0,073454492	57,51439098	15,68016923	2,959524211	2,11997633
1,91	0,470720385	0,068890934	54,01074414	15,56442047	2,97276985	2,08829782

Ek Tablo 2'in devamı

1,96	0,487599852	0,06324947	55,66618425	13,78081102	2,922287171	2,079964495
2,01	0,538041216	0,059886712	61,35500754	11,76695432	2,841965947	2,079964495
2,06	0,613703262	0,055975785	69,48868347	9,584034922	2,738152489	2,058865213
2,11	0,67255152	0,054776662	75,07431144	8,528726614	2,677454131	2,042198563
2,16	0,722992884	0,055632249	79,51791797	8,03697908	2,641866705	2,029432607
2,21	0,79865493	0,061777011	86,66030393	8,050412197	2,620434618	1,940334082
2,26	0,823908451	0,064634611	87,94449143	8,161552559	2,621544289	2,033450055
2,31	0,739806672	0,069389301	77,23290704	9,813677466	2,719475892	2,179951715
2,36	0,664144626	0,071387171	68,07931469	11,31773634	2,801731948	2,147946858
2,41	0,651468606	0,071298679	66,28156464	11,54797606	2,815624074	2,129432607
2,46	0,652847862	0,070732075	66,01138467	11,44167941	2,813409607	2,133865237
2,51	0,71458599	0,06511519	71,54145744	9,585826358	2,730719001	2,133865237
2,56	0,75662046	0,062879496	74,72572136	8,724422796	2,686576032	2,110520053
2,61	0,832282506	0,061041751	81,23184684	7,671781371	2,62012252	2,067198539
2,66	0,891130764	0,064677624	85,86625305	7,574025422	2,601348518	2,029432607
2,71	0,992013492	0,072683821	94,54332032	7,615537739	2,578814546	1,981194746
2,76	1,076082432	0,077278102	101,3054296	7,445806786	2,553520383	1,997861397
2,81	1,151744478	0,077263347	107,0714068	6,941854627	2,514800529	2,071631169
2,86	1,151744478	0,076200196	105,480003	6,850769727	2,513837907	2,071631169
2,91	1,025641068	0,076020203	92,14708158	7,713769426	2,589818226	2,046099257
2,96	0,899537658	0,077153538	79,17926016	8,984933153	2,682056825	2,050531888
3,01	0,849096294	0,075412382	73,45869534	9,336932432	2,714713961	2,050531888
3,06	0,849096294	0,073145965	72,42618436	9,061804655	2,707895861	2,037765932
3,11	0,895301372	0,062417352	75,50113055	7,319234258	2,62290092	2,00208621
3,16	0,894463966	0,056720621	74,40985608	6,660314117	2,594350749	1,939332342
3,21	0,899537658	0,065816977	73,85487277	7,685781372	2,645583376	1,909314221
3,26	0,832282506	0,066967245	67,13078636	8,493519334	2,705232715	2,15915696
3,31	0,75662046	0,066279122	59,87310658	9,3063741	2,76698831	2,388111925
3,36	0,664144626	0,059412279	51,39599575	9,597102193	2,818466052	2,34348793
3,41	0,529634322	0,056480942	39,80198167	11,67460704	2,954443036	2,321321106
3,46	0,428751594	0,050174558	31,33396166	13,11989818	3,059825881	2,309976792
3,51	0,368064328	0,041620191	26,21457759	12,95531248	3,106250079	2,24883821
3,56	0,33627576	0,028576003	23,32467391	9,892131728	3,053962775	2,179553413
3,61	0,361496442	0,021795186	25,01216618	6,951602422	2,923140649	2,081392813
3,66	0,554855004	0,01755762	39,16580932	3,468390439	2,573233033	1,93900305
3,71	0,646411334	0,022022539	44,51260799	3,685276357	2,551352448	1,811042714
3,76	0,525430875	0,028698897	34,89330409	6,032092158	2,777804011	1,912695992
3,81	0,529634322	0,031550353	34,77432104	6,581710678	2,806219552	1,991267419
3,86	0,67255152	0,031714789	44,56608948	5,101326119	2,65178932	1,839339614
3,91	0,698034917	0,031389944	45,42114887	4,856546285	2,630611678	1,780541515

Ek Tablo 2'in devamı

3,96	1,101303114	0,030354567	71,29085943	2,894526388	2,332870005	1,849829113
4,01	1,445985768	0,033353334	91,65664563	2,400358366	2,198738974	1,917903769
4,06	1,672971906	0,038572129	103,4493567	2,388597173	2,161452745	1,920319271
4,11	1,984026984	0,034879803	119,7045274	1,812080143	2,030360706	1,942960787
4,16	2,05968903	0,032668688	120,6014112	1,633784522	1,995592507	1,9506531
4,21	2,22152174	0,028868365	126,5629896	1,33544988	1,918671028	1,917317927
4,26	1,984026984	0,02055699	109,3982531	1,068883254	1,899357286	2,016299593
4,31	1,647751224	0,023301929	87,72715706	1,469127171	2,062826548	2,1282377
4,36	1,412358192	0,033328755	72,73252266	2,468950962	2,277440049	2,133466935
4,41	1,124422073	0,035349384	55,82914637	3,330724752	2,450642637	2,133865237
4,46	1,113125309	0,037061486	53,84585256	3,529685102	2,479613257	2,11997633
4,51	1,210592736	0,041521797	57,34729801	3,620205209	2,468416424	2,119578028
4,56	1,067675538	0,043605087	49,07834194	4,345704165	2,572473588	2,119179726
4,61	0,865910082	0,046398491	38,78737668	5,791462475	2,733271851	2,119578028
4,66	0,810477125	0,048726678	35,82857152	6,536866108	2,795157599	2,119578028
4,71	1,042454856	0,062264938	46,63505875	6,366967007	2,70941686	1,966976547
4,76	2,412778578	0,062014716	109,6436454	2,642384803	2,177406337	1,949585247
4,81	2,875157748	0,064529014	128,4327694	2,29894389	2,086728405	2,111244702
4,86	2,877522187	0,062722003	125,8290602	2,234790091	2,083267668	2,119578028
4,91	2,927700836	0,053717781	125,3256587	1,882000276	2,028832731	2,101063776
4,96	2,673392292	0,043294622	111,6709442	1,666443937	2,025096184	2,119578028
5,01	1,572089178	0,036751636	62,93969157	2,457051422	2,320760005	2,151981187
5,06	1,6813788	0,047123888	66,21028132	2,936788431	2,359737495	2,161437464
5,11	2,803699149	0,055088026	110,4272142	2,020914589	2,088877293	2,147946858
5,16	2,295082062	0,04473943	88,10899864	2,018579501	2,15669378	2,11997633
5,21	1,715006376	0,037938944	63,82283488	2,3179627	2,298883871	1,974653149
5,26	1,355874373	0,055340297	48,8861004	4,333110737	2,572742915	1,974653149
5,31	1,773854634	0,057740032	63,65657262	3,406780496	2,418013304	2,08829782
5,36	2,487389762	0,05878407	88,90259283	2,442174868	2,213288825	2,067198539
5,41	2,009247666	0,063721194	69,94202633	3,307523336	2,380618887	2,071631169
5,46	1,51324092	0,066068926	51,07543298	4,621492907	2,579980822	2,079964495
5,51	1,21899963	0,062235882	40,22534176	5,48354046	2,705182326	2,079964495
5,56	1,00882728	0,054564773	32,591525	5,902348911	2,791705456	2,079964495
5,61	0,748213566	0,049841452	23,26908053	7,511697508	2,969117004	2,08829782
5,66	0,667428569	0,050342608	20,31766171	8,643906037	3,053880845	2,101063776
5,71	0,916351446	0,059030015	28,87282335	7,095206134	2,885659291	1,958974439
5,76	0,929848452	0,06300239	29,17519816	7,455378167	2,89799913	2,088888127
5,81	0,874316976	0,071464586	27,09871397	9,057855926	2,981445573	2,360369349
5,86	0,87063896	0,072514983	26,81675472	9,24002195	2,990864698	2,370670056
5,91	1,899958044	0,070047057	61,44410911	3,862485425	2,468253733	2,370670056

Ek Tablo 2'in devamı

5,96	2,98444737	0,064788071	96,5759942	2,237287574	2,160935004	2,370670056
6,01	2,9424129	0,051445219	93,68073917	1,803759926	2,103367645	2,370670056
6,06	2,631357822	0,037619362	82,06462702	1,481374754	2,086767722	2,348503232
6,11	2,48003373	0,03146324	75,90660582	1,318172568	2,079119218	2,270028758
6,16	1,664565012	0,027204537	49,16121049	1,732271158	2,300040556	2,212780023
6,21	0,983606598	0,037548209	27,49066682	4,213644878	2,743532637	1,970970792
6,26	0,605296368	0,044424729	15,73416645	8,666225052	3,13424146	1,898528951
6,31	0,596889474	0,03556574	15,40754235	7,052652366	3,080068658	2,107536721
6,36	0,605296368	0,026495347	15,55768559	5,170124756	2,987969349	2,1282377
6,41	0,655737732	0,03390894	16,96419296	6,029724662	3,00347823	2,110121751
6,46	0,706179096	0,049244125	18,39271169	8,040155064	3,06273345	2,092730451
6,51	0,781841142	0,052939668	20,55757294	7,698626525	3,014920774	2,079964495
6,56	0,807061824	0,052897709	21,2030754	7,425038798	2,994335824	2,079964495
6,61	0,933165234	0,057342492	24,83076186	6,842467423	2,920542024	2,092730451
6,66	0,912147999	0,059427317	24,0900752	7,276931244	2,948716415	2,096631145
6,71	0,933165234	0,06244193	24,64375582	7,441359865	2,948611809	1,939005864
6,76	1,067675538	0,065373267	28,45915581	6,716639984	2,87301105	1,943438494
6,81	1,151744478	0,069967549	30,77278042	6,61916456	2,844739125	2,08829782
6,86	1,244220312	0,076267788	33,30996464	6,636634206	2,821704894	2,079964495
6,91	1,370323722	0,084292418	36,7915972	6,612057663	2,790904299	2,092730451
6,96	1,437578874	0,094540453	38,55333378	7,046549348	2,797454095	2,079964495
7,01	1,605716754	0,100895995	43,18354785	6,685107961	2,747457978	2,071631169
7,06	1,757040846	0,107239246	47,29516215	6,459961329	2,71007685	2,058865213
7,11	1,841109786	0,113533341	49,46154606	6,511733352	2,699842059	2,037765932
7,16	1,696879011	0,128837802	45,15780712	8,059483287	2,795778452	2,042198563
7,21	1,861174678	0,153238655	49,57795552	8,694409909	2,794980924	2,002164567
7,26	1,773854634	0,153713088	46,90549791	9,179496952	2,828479144	2,171811569
7,31	1,496427132	0,151243896	38,97389655	10,8307173	2,935126945	2,337680721
7,36	1,277847888	0,139185444	32,81297206	11,82213229	3,012373154	2,299154282
7,41	1,248423759	0,121577697	31,85317381	10,59932188	2,984922431	2,299154282
7,46	2,01765456	0,106592115	52,97828098	5,564149568	2,628871754	2,299154282
7,51	1,916771832	0,096590514	49,93255796	5,327511716	2,632029863	2,273886466
7,56	1,370126685	0,068963379	34,68663401	5,441858692	2,747584656	2,24883821
7,61	1,496427132	0,053578168	37,70052945	3,843027614	2,615868201	2,259174109
7,66	1,554749959	0,058480553	38,73455116	4,028221669	2,62156288	2,273886466
7,71	1,675122889	0,104942106	41,74790833	6,677405516	2,756913635	2,008758378
7,76	1,521647814	0,124065324	37,50002554	8,753555713	2,875715237	1,776332903
7,81	1,336696146	0,121663723	32,45513139	9,879231765	2,956614545	1,871432328
7,86	1,292559953	0,115363484	31,15275323	9,720843499	2,963194742	1,942960787
7,91	2,303488956	0,103672422	57,40917248	4,71809583	2,552241675	1,939332342

Ek Tablo 2'in devamı

7,96	3,702185945	0,090582637	92,61568581	2,523670612	2,211548628	1,920319271
8,01	3,430012752	0,073899179	84,53460893	2,229788184	2,200043894	1,908998513
8,06	2,261454486	0,052080707	54,04430782	2,430126929	2,365603952	1,897677755
8,11	1,034047962	0,038428782	22,81970497	4,19902124	2,802932279	1,920319271
8,16	0,96679281	0,040935546	20,88360218	4,827426375	2,871840887	1,939332342
8,21	1,213548285	0,045085349	26,82023585	4,100548478	2,743571505	1,880810356
8,26	1,214796183	0,04788227	26,51860091	4,35139348	2,764498957	2,012593484
8,31	1,310375343	0,056498084	28,58278539	4,725429704	2,764901943	2,202898598
8,36	1,290326871	0,064405965	27,93206448	5,48283809	2,816711054	2,179951715
8,41	1,300835489	0,067799447	28,04764588	5,723441317	2,828432612	2,147548556
8,46	1,521647814	0,078178056	33,15225486	5,563647536	2,768237286	2,161437464
8,51	1,763346017	0,079487925	38,6419901	4,827587359	2,677620853	2,170495439
8,56	1,689785694	0,089625356	36,74350335	5,700435586	2,744549086	2,146751952
8,61	1,336696146	0,099245824	28,38749421	8,141850839	2,933898016	2,1282377
8,66	1,118116902	0,098973759	23,20846359	9,896854396	3,055606629	2,080689144
8,71	1,143337584	0,081860094	23,82129051	7,947330403	2,979283898	1,931610525
8,76	1,244220312	0,074567975	26,06386741	6,593618857	2,894267162	1,911956441
8,81	1,252627206	0,072874306	26,16242861	6,397465511	2,883874752	2,061433363
8,86	1,151744478	0,073367174	23,75144234	7,070168434	2,944261191	2,129432607
8,91	1,00882728	0,075529132	20,36775314	8,458645485	3,046484475	2,129432607
8,96	0,916351446	0,077043035	18,17731693	9,63495389	3,121399019	2,129432607
9,01	0,831034608	0,076646566	16,17377344	10,73616105	3,190500805	2,129034305
9,06	0,857503188	0,069758629	16,71470045	9,423096889	3,140549588	2,132670331
9,11	0,849096294	0,060674526	16,46901589	8,290193965	3,106600333	2,141728306
9,16	0,832282506	0,053647436	16,03101484	7,504996266	3,085594794	2,1282377
9,21	0,796553207	0,055293978	15,27060792	8,093297941	3,123358955	1,930648184
9,26	0,793203585	0,05496547	15,14846788	8,082982326	3,125535551	1,871058321
9,31	0,798129499	0,052144738	15,20729386	7,61307605	3,106647948	2,069444442
9,36	0,794451483	0,049396408	15,07354817	7,251661654	3,095237722	2,129034305
9,41	0,731399778	0,052132295	13,62938564	8,436242438	3,171849114	2,151582885
9,46	0,679907552	0,05034661	12,45240705	8,887937365	3,21607207	2,151981187
9,51	0,731399778	0,045862933	13,53784762	7,422779627	3,136689137	2,138092279
9,56	0,865910082	0,043949673	16,43272071	5,84084303	3,004648203	2,147150254
9,61	1,00882728	0,044235937	19,45828733	4,940503291	2,901521131	2,129034305
9,66	1,00882728	0,049465334	19,3650081	5,525942242	2,935379097	2,133865237
9,71	0,98347524	0,066488042	18,78172199	7,6335088	3,040563643	2,010937011
9,76	0,933165234	0,07136134	17,64146079	8,694449083	3,099374928	2,038509238
9,81	0,807061824	0,071326129	14,87429582	10,27372441	3,203031049	2,232997346
9,86	0,755372562	0,063439956	13,72957418	9,86797445	3,215995843	2,258265162
9,91	0,79865493	0,054411155	14,61391156	7,926011193	3,13121292	2,258719635

Ek Tablo 2'in devamı

9,96	0,830180783	0,045930525	15,23283751	6,396332302	3,055448922	2,264005041
10,01	1,311475464	0,04287489	25,22820563	3,572968239	2,724101027	2,238502312
10,06	2,749054338	0,043410845	54,69897899	1,652194719	2,251203252	2,20794909
10,11	2,69020608	0,034829353	52,8042413	1,359006616	2,210062198	2,202898598
10,16	2,482135454	0,039996384	47,90496337	1,702683922	2,304024283	2,212780023
10,21	2,555695776	0,039592527	48,84712969	1,636296529	2,286590167	1,947965419
10,26	2,851973111	0,051275149	54,16360194	1,892018974	2,292487171	1,807132125
10,31	2,749218535	0,052742641	51,57777218	2,023517766	2,327646972	1,962805116
10,36	2,849411635	0,059024594	53,02520617	2,182845729	2,340381307	1,980986929
10,41	2,759562956	0,045402362	50,759312	1,737328726	2,290122312	1,969666171
10,46	3,766288512	0,062246277	69,5989212	1,720413435	2,183412357	1,958345413
10,51	5,834384436	0,071207898	108,178875	1,254152941	1,949290875	1,917903769
10,56	6,413540618	0,055189925	118,0727735	0,882179785	1,820029845	1,87060107
10,61	5,262715644	0,029343776	95,45614564	0,574751482	1,783273871	1,870219386
10,66	2,538881988	0,039251583	44,11908084	1,648001554	2,323109074	1,902137458
10,71	2,090098342	0,077060777	35,78304182	3,954743892	2,640873342	1,820545286
10,76	4,464060714	0,066155913	78,7926141	1,528946081	2,109091089	1,858571428
10,81	4,186633212	0,066452322	72,79794511	1,647265887	2,15628636	2
10,86	2,631357822	0,053103009	44,31554097	2,143062061	2,393878988	2
10,91	2,695460389	0,076289783	45,21290118	2,993073946	2,48396599	2,021099281
10,96	2,509523538	0,088205249	41,49812122	3,738499522	2,577510891	2,00208621
11,01	2,963430135	0,082462231	49,09403184	2,929588121	2,451541409	1,958345413
11,06	3,163159546	0,083786729	52,1209581	2,781939811	2,417233734	1,977358484
11,11	2,664985398	0,077872846	43,03176216	3,106445295	2,510680658	2,021099281
11,16	1,884195118	0,074253097	29,3764255	4,302736127	2,728438686	2,042198563
11,21	1,757040846	0,072676384	27,15963595	4,529276986	2,768589906	1,878752267
11,26	1,360340535	0,069301376	20,3769958	5,734695917	2,929815463	1,738519347
11,31	1,530054708	0,061178391	23,18958767	4,427596974	2,812894373	1,780217016
11,36	2,18579244	0,054828061	33,95123393	2,689045533	2,545870229	1,79870131
11,41	2,202606228	0,056003924	33,91952905	2,72883565	2,550316845	1,801948071
11,46	1,54319048	0,05310859	22,86064437	3,811245905	2,774849497	1,792868173
11,51	1,916771832	0,053383864	28,85619781	3,012778209	2,631658843	1,789621413
11,56	2,253047592	0,064404351	34,00999532	3,061496883	2,582165619	1,789621413
11,61	3,169399038	0,063446119	48,41126704	2,103467053	2,359463243	1,780541515
11,66	3,363545746	0,066923372	50,99781623	2,091114934	2,340723931	1,789621413
11,71	3,336486056	0,062261572	50,19083289	1,961104885	2,32773468	1,780222201
11,76	4,735183046	0,067364071	71,59794882	1,475752391	2,130235814	1,897538197
11,81	4,405212456	0,088777072	65,75110254	2,101967756	2,260336147	2,016666651
11,86	2,110130394	0,091685442	29,78758364	4,756200473	2,753810318	2,029432607
11,91	1,184321192	0,067812857	15,43399709	6,760108758	3,067189406	2,063297844

Ek Tablo 2'in devamı

11,96	1,151744478	0,06210505	14,91568178	6,391498867	3,062077944	2,071631169
12,01	1,084489326	0,062552535	13,84762403	6,918146026	3,109027312	2,058865213
12,06	0,865910082	0,070325233	10,47099558	10,26234786	3,313762347	2,042198563
12,11	0,865910082	0,071446775	10,44698808	10,4260738	3,319130809	2,037765932
12,16	0,8406894	0,062374339	10,03456445	9,454633486	3,303688115	2,037765932
12,21	0,71458599	0,056049521	8,124911907	10,46889349	3,401717801	1,99072293
12,26	0,656263163	0,053307457	7,222096839	11,17595671	3,458929726	2,011822212
12,31	0,664144626	0,050913214	7,321074436	10,50583328	3,436895556	2,111643004
12,36	0,685161861	0,043571937	7,622463929	8,615952375	3,367875087	2,147548556
12,41	0,637873082	0,043038158	6,894044185	9,3883792	3,425256545	2,146751952
12,46	0,647330838	0,040702047	7,028858039	8,688882199	3,397331108	2,179978561
12,51	0,655737732	0,040141588	7,141290289	8,415383331	3,383188803	2,253214669
12,56	0,680958414	0,029961144	7,51503292	5,952710839	3,272320528	2,258719635
12,61	0,707229958	0,021480514	7,873416047	4,046622742	3,156406765	2,24883821
12,66	0,711466244	0,022047118	7,903885276	4,108709099	3,158873107	2,264005041
12,71	0,857503188	0,038589248	10,40265203	5,429284477	3,136482238	2,03991425
12,76	0,935266958	0,042903299	11,54651736	5,420410991	3,100731209	2,317559671
12,81	0,79865493	0,048068262	9,557440332	7,319228002	3,247059356	2,943738842
12,86	0,746111843	0,041336243	8,842745204	6,788054812	3,252271752	3,077651501
12,91	0,71458599	0,037351579	8,414631533	6,431767992	3,254377116	3,078208542
12,96	0,670088563	0,036735817	7,804331257	6,805618933	3,295241838	3,078765583
13,01	0,706179096	0,0328126	8,361685335	5,65644836	3,222070131	3,078765583
13,06	0,727721762	0,029419119	8,672989757	4,865928732	3,169771321	3,087678242
13,11	0,872215253	0,027865707	10,77574061	3,683188701	3,02196295	2,884261638
13,16	0,777637695	0,034932758	9,309066147	5,311092338	3,168471372	2,537833065
13,21	0,807061824	0,037419171	9,465718666	5,577208195	3,175856602	1,995007402
13,26	0,933165234	0,033545111	11,37179962	4,14217609	3,033748413	1,857451814
13,31	1,034047962	0,038718286	12,68528813	4,256040843	3,003346417	2,192973828
13,36	1,227406524	0,045092262	15,24438108	4,096045814	2,930431296	2,640193272
13,41	1,42917198	0,05998988	17,74151976	4,653629272	2,914899586	3,050356483
13,46	1,412358192	0,071291243	17,32627204	5,647700973	2,977743236	3,059826183
13,51	1,252627206	0,088739227	15,08055267	8,060199242	3,126131448	3,031974125
13,56	1,214664825	0,090133079	14,47939481	8,509220586	3,155100592	3,001014376
13,61	1,311475464	0,089218138	15,77084735	7,717284836	3,099040096	2,738462377
13,66	1,336696146	0,082568027	16,06970732	6,994917142	3,064145396	2,741013026
13,71	1,126523796	0,085209655	13,159694	8,797022465	3,195370773	2,543206352
13,76	1,028530938	0,080631643	11,77578733	9,283763886	3,246750049	2,253740638
13,81	1,042454856	0,07754297	11,99048488	8,750479762	3,223669259	2,299709773
13,86	1,078578229	0,073890766	12,44739217	8,015994452	3,186133677	2,387395883
13,91	1,000420386	0,06929034	11,39284179	8,196103877	3,221277006	2,597840786

Ek Tablo 2'in devamı

13,96	0,874316976	0,061271854	9,62144905	8,564664525	3,289093305	2,692436218
14,01	0,848570863	0,059541317	9,251313589	8,638326535	3,304419177	2,811710596
14,06	0,8406894	0,053759738	9,179007406	7,845172987	3,279880659	2,419193394
14,11	0,871164391	0,051060687	9,584127883	7,122023869	3,238526736	2,147069199
14,16	0,839113107	0,050563291	9,152904185	7,370141219	3,263408023	2,241437411
14,21	0,937105966	0,055226175	10,39900297	7,071058142	3,20936371	1,691973992
14,26	0,916351446	0,054497181	10,08097512	7,183500616	3,224093895	1,43959951
14,31	0,781841142	0,052699053	8,250295232	8,4709706	3,336785128	1,671035874
14,36	0,697706523	0,049231835	7,163015483	9,096763948	3,403714403	1,678874981
14,41	0,731399778	0,042463307	7,631153569	7,350198324	3,323752889	1,697837555
14,46	0,724831892	0,038490932	7,52516688	6,743076431	3,305144172	1,670673776
14,51	0,71458599	0,035931996	7,375986796	6,409424668	3,298383775	1,710564625
14,56	0,693601594	0,036130263	7,093806951	6,687954867	3,323103627	1,789621413
14,61	0,706179096	0,035790345	7,276381466	6,446105765	3,304565481	1,801948071
14,66	0,706179096	0,035931996	7,267331615	6,46696441	3,305853734	1,789296913
14,71	0,655737732	0,039010789	6,652543943	7,654906128	3,381306968	1,637751234
14,76	0,613703262	0,037844447	6,092904718	8,092283698	3,426201203	1,622838199
14,81	0,596889474	0,034999136	5,903278637	7,709202691	3,423972306	1,771137118
14,86	0,607742906	0,032172259	6,053541576	6,897174355	3,385767254	1,79870131
14,91	0,60345736	0,030186072	5,979633574	6,537357447	3,375924186	1,79870131
14,96	0,602800571	0,030285413	5,967846334	6,559085254	3,377476745	1,822163701
15,01	0,609466976	0,028778778	6,054162984	6,126105965	3,354674761	1,832271516
15,06	0,60575612	0,02877042	6,015968068	6,145390074	3,357693804	1,829024756
15,11	0,613703262	0,028212174				
15,16	0,638923944	0,027097399				

Ek Tablo 3. CPTu-3 kuyusuna ait CPT deney verileri

Derinlik (m)	q _c (MPa)	f _s (MPa)	Q _t	F _r (%)	I _c	İlerleme hızı (cm/sn)
0,01	0	0	0	-1,909090909	4	0,005
0,06	2,925599112	0,018856447	0	4430,939162	1,044440799	0,895270758
0,11	2,601933693	0,018749086	0,749212424	2222,003784	1,085072554	1,789621413
0,16	1,715006376	0,025617504	1,227782197	1025,076444	1,468709847	1,590900722
0,21	1,82534686	0,039874782	2,228872553	843,1340216	1,652493337	1,56204901
0,26	1,72341327	0,068118971	4,098518441	662,1109451	1,930580722	1,847857428
0,31	1,439155167	0,096197253	6,079914837	516,453717	2,182354506	1,977358484
0,36	1,6813788	0,10265111	6,153023127	572,6547929	2,12991314	1,980986929
0,41	1,950399408	0,088682633	4,975171494	628,7135922	1,995801181	1,969666171
0,46	1,647751224	0,090609232	5,438400091	498,4363619	2,109517281	1,980986929
0,51	1,353509934	0,10156156	7,516138394	390,5395467	2,275489183	1,973294616
0,56	0,92475834	0,106462994	9,88911508	255,4125731	2,520479022	1,980986929
0,61	0,958385916	0,092490392	11,34874131	260,9990786	2,447252303	1,977358484
0,66	0,62421188	0,070768943	12,35141659	166,6673225	2,600647881	1,909176672
0,71	0,134510304	0,057891954	16,88880445	33,15306065	3,485889431	2,158008659
0,76	0,277427502	0,039298472	13,26838196	70,34996412	2,88804654	2,476190472
0,81	0,448192536	0,026377178	6,716895305	111,4634414	2,455607942	2,470092916
0,86	0,403530912	0,026925348	6,64514868	96,19400808	2,538877376	2,463995361
0,91	0,352038686	0,038494651	9,63791953	80,4045882	2,761419227	2,352166772
0,96	0,456074	0,036046319	8,493748232	101,3313785	2,58568607	2,177310467
1,01	0,470786064	0,034906966	7,029007422	101,08821	2,563599295	2,129034305
1,06	0,571668792	0,036113911	6,694005777	119,3044308	2,463961396	2,142923212
1,11	0,554855004	0,04120106	7,564411539	111,9629228	2,538235526	2,161039162
1,16	0,483396405	0,046232907	8,824842151	93,47158628	2,677507927	1,918996274
1,21	0,523329152	0,048041566	9,646365441	98,55245054	2,648700935	1,847603714
1,26	0,466582617	0,049644822	10,8525559	85,53945436	2,739620621	2,027810836
1,31	0,37831023	0,051201993	13,10999878	67,86776558	2,886956158	2,013406968
1,36	0,326292573	0,048111562	13,75340233	57,3190295	2,963573046	1,969666171
1,41	0,361496442	0,04615917	12,83925445	63,34560751	2,885040656	1,969666171
1,46	0,399327465	0,039957247	10,2584432	69,73180844	2,772617638	1,9506531
1,51	0,410886944	0,038855186	9,620128371	69,88543245	2,751853631	1,900103641
1,56	0,399327465	0,042211374	10,4385497	66,18580511	2,805811413	1,939411807
1,61	0,411937806	0,045629434	11,22658279	67,7328239	2,816146034	2,018752861
1,66	0,428751594	0,050180703	11,87632318	70,08438119	2,826089387	1,949124026
1,71	0,445565382	0,05188666	11,66417358	72,27802922	2,816281276	2,048513007
1,76	0,460277447	0,054731971	12,02598952	74,05669165	2,817593339	2,182479
1,81	0,458175723	0,058131597	12,64120292	72,98004809	2,844977773	2,271261144
1,86	0,461459666	0,060398014	13,02522577	72,83305761	2,856904548	2,400016689
1,91	0,479192958	0,060128538	12,5463547	75,09697496	2,833842313	2,381492567

Ek Tablo 3'ün devamı

1,96	0,50441364	0,057589572	11,46121369	78,54752022	2,788293785	2,339108419
2,01	0,529634322	0,055489384	10,51705296	81,94840172	2,74646651	2,217408276
2,06	0,548549834	0,056919721	10,05486864	84,28139457	2,735725257	2,137693977
2,11	0,638923944	0,05570938	8,912059654	96,51274022	2,637631916	2,14252491
2,16	0,693568755	0,060003462	9,121292604	102,7869966	2,617947131	2,083036232
2,21	0,622110156	0,058216774	9,113996949	89,59077599	2,681752724	2,05751363
2,26	0,58848258	0,058159087	9,743694485	82,55673489	2,722808022	2,048354471
2,31	0,567465345	0,057638729	10,03924198	77,8639556	2,748238456	2
2,36	0,563261898	0,057355427	10,11306282	76,64424745	2,753481192	2
2,41	0,571668792	0,05707827	9,877650254	76,60028498	2,746549503	1,992307687
2,46	0,601092921	0,05412664	9,18567537	78,98975247	2,701731584	1,980986929
2,51	0,593211458	0,054830287	8,859645771	76,24005651	2,720510202	1,969666171
2,56	0,689365308	0,05482398	8,01911283	87,45477816	2,63020125	1,980986929
2,61	0,773434248	0,056659138	7,729159582	96,74071164	2,573765365	2
2,66	0,755569598	0,065182781	8,444919295	92,55112027	2,643540134	1,947261429
2,71	0,823875612	0,065761675	7,910199783	99,55706978	2,595831846	2,139089966
2,76	0,907944552	0,066395871	7,38907888	108,0754688	2,543022251	2,349585485
2,81	0,947877299	0,066846939	7,012805992	110,9464864	2,523065221	2,320799303
2,86	0,992013492	0,066451173	6,820045148	114,3100249	2,496470053	2,309976792
2,91	0,975199704	0,06983851	7,319508632	110,3774057	2,529097504	2,299154282
2,96	0,88272387	0,071754033	8,182658155	97,87112461	2,605192324	2,304439688
3,01	0,765027354	0,074513318	9,47173571	82,90033979	2,712907824	2,299154282
3,06	0,71458599	0,073041505	10,00201257	76,23278123	2,752161433	2,299154282
3,11	0,739806672	0,066266832	9,18925789	77,69504561	2,700390428	2,294558263
3,16	0,79865493	0,050444925	6,695931234	82,91654626	2,560003151	1,932517344
3,21	0,815468718	0,051023819	6,177840701	83,41417447	2,55476681	1,499379212
3,26	0,875367838	0,048806559	5,74587129	88,30707619	2,49930333	1,58098675
3,31	0,8406894	0,04962267	5,801371221	83,31739985	2,535093166	1,789515591
3,36	0,849096294	0,051048397	5,697487265	82,86639888	2,542882464	1,837677097
3,41	1,000420386	0,055984356	5,205736904	96,63052744	2,476079539	1,850003755
3,46	1,370323722	0,059361829	4,152055431	130,4386487	2,306607886	1,832653201
3,51	1,865279606	0,062178449	3,747382616	169,1285576	2,148761394	1,833034885
3,56	1,572089178	0,047044007	3,156329805	135,287026	2,171483959	1,860874939
3,61	1,025641068	0,026246847	2,448676321	83,28717062	2,2631381	1,850385439
3,66	0,722992884	0,025850686	3,46022132	55,79796967	2,491887653	1,734322435
3,71	0,563261898	0,022509263	3,545875134	40,96532212	2,626242004	2,017025512
3,76	0,655737732	0,023728497	2,904328471	46,42034748	2,554028692	2,393397331
3,81	1,2610341	0,028709895	2,63450606	89,17979973	2,20183942	2,370670056
3,86	1,269440994	0,032549724	2,508471454	86,73878807	2,248288654	2,349025035
3,91	1,378730616	0,02963661	2,078187006	91,49205465	2,17603105	2,332143617

Ek Tablo 3'ün devamı

3,96	1,593106413	0,026390601	1,881904763	102,5268921	2,059674726	2,331621814
4,01	1,109710008	0,019509042	1,490872563	68,01935474	2,211436718	2,326858211
4,06	1,353509934	0,01855403	1,372109455	81,09972467	2,079872708	2,326858211
4,11	1,601250592	0,029522287	1,90423432	93,51484742	2,121402785	2,320799303
4,16	1,614123648	0,034412806	2,301148546	91,53463475	2,173374292	1,993122613
4,21	1,21899963	0,028087988	2,237128936	66,40535685	2,299940367	1,941625082
4,26	0,975199704	0,029243956	2,958546858	51,07348022	2,465671834	2,247656751
4,31	0,832282506	0,027805332	3,153122955	41,88157808	2,563936176	2,310498595
4,36	0,874316976	0,024436429	2,78359271	43,03599258	2,501238034	2,30061717
4,41	0,916351446	0,021486336	2,460456815	44,18102088	2,440726236	2,279391432
4,46	0,802858377	0,023244846	2,837550137	37,43566366	2,55846304	2,294558263
4,51	0,748213566	0,024910863	3,408930241	33,82805237	2,633721235	2,278936958
4,56	0,613703262	0,033311613	5,047045669	26,74977868	2,860046243	2,26860106
4,61	0,613703262	0,042377281	6,496974221	26,55991593	2,93627621	2,273886466
4,66	0,739806672	0,048135495	6,708816522	32,59781341	2,84818082	1,942874068
4,71	0,823875612	0,050463359	5,981909695	36,3703581	2,793627311	1,741191989
4,76	0,992013492	0,051235204	5,578423141	44,03585692	2,678794555	2,017880833
4,81	0,899537658	0,054556485	6,142221852	39,39429103	2,764912386	2,209227014
4,86	0,765027354	0,044754303	5,395113135	32,87943246	2,811136433	2,223115921
4,91	0,849096294	0,034358149	2,844584235	36,17250247	2,665795276	2,202898598
4,96	2,18579244	0,033327463	1,576745295	95,22538637	2,055711099	2,198067665
5,01	3,287095554	0,044509977	1,515993493	140,8874496	1,896680558	2,179553413
5,06	3,160992144	0,035740061	1,219980484	132,3094128	1,861581742	2,170495439
5,11	2,236233804	0,029976995	1,265490682	90,62443193	2,035709995	2,18900969
5,16	1,790668422	0,039602394	2,193674288	70,53762476	2,266379312	1,972638518
5,21	1,494325409	0,040602117	2,531401319	57,26379591	2,396418157	1,890424019
5,26	1,596258998	0,03518833	2,316206089	60,25414953	2,316746067	2,08828094
5,31	1,445985768	0,030520312	2,140730624	53,31784154	2,344787516	2,170495439
5,36	1,235813418	0,030649997	2,446857014	44,32885073	2,454214351	2,170495439
5,41	1,084489326	0,035355529	3,26302712	37,83298843	2,588135336	2,129034305
5,46	0,952080746	0,037529775	3,933186421	32,23092376	2,698716956	2,110520053
5,51	0,8406894	0,036310541	4,482043712	27,8815494	2,775417085	2,071631169
5,56	0,647330838	0,029936566	4,400353478	20,62694636	2,901216987	2,050531888
5,61	0,623161018	0,027072821	4,226774423	19,5893353	2,901473594	2,107935023
5,66	0,815468718	0,039691733	5,403173589	26,54513839	2,825007434	2,021323508
5,71	0,891130764	0,044858763	5,226119471	29,11084722	2,803626461	2,122744864
5,76	0,90689369	0,053357828	5,872327612	29,51375356	2,84669118	2,353788638
5,81	0,92475834	0,059602764	6,121747228	30,02043008	2,868989115	2,365132952
5,86	1,101303114	0,063698033	4,70388965	36,05120989	2,775601663	2,387551475
5,91	2,068095924	0,071545602	3,673125396	68,75812747	2,411809623	2,375685358

Ek Tablo 3'ün devamı

5,96	2,5220682	0,068715007	2,885078642	82,77763741	2,279707698	2,359325743
6,01	2,39596479	0,055578648	2,355922116	77,18097968	2,251415395	2,353788638
6,06	2,135351076	0,023658322	1,26457117	67,29752196	2,083876576	2,354310441
6,11	0,992013492	0,019989621	1,606389443	29,17629291	2,543950451	2,365906453
6,16	0,722992884	0,038367715	5,16248981	20,36912576	2,944543517	2,098167068
6,21	0,529634322	0,037216396	6,37315293	14,1186258	3,15909087	2,098312241
6,26	0,510718811	0,026414046	4,764696166	13,45785501	3,087866031	2,287055349
6,31	0,638923944	0,016331918	2,656309202	17,30331002	2,799503107	2,233451819
6,36	0,689365308	0,02090162	3,026331373	18,59800102	2,817520344	2,278936958
6,41	0,748213566	0,036815698	5,052020194	20,19726353	2,923778677	2,269055533
6,46	0,748213566	0,054374287	7,441679382	20,11000111	3,041474553	2,233451819
6,51	0,689365308	0,061489262	8,74737037	18,2388721	3,137770317	2,248383737
6,56	0,67255152	0,061543189	8,854831996	17,62100193	3,157811748	2,258719635
6,61	0,722992884	0,061170466	7,706768206	19,06798228	3,106080498	2,213659644
6,66	1,031946239	0,06255868	6,684525009	28,37432068	2,86749621	2,068755138
6,71	1,045607441	0,065351761	6,057873645	28,71592275	2,872275952	2,145863378
6,76	1,185372054	0,064326084	5,486143335	32,77415918	2,784815207	2,34348793
6,81	1,294661676	0,07687126	5,9014456	35,88504187	2,783383723	2,332143617
6,86	1,418663363	0,08546864	6,102478381	39,39508417	2,758295411	2,315513897
6,91	1,479613344	0,098537407	6,683772901	41,0389876	2,777450456	2,309976792
6,96	1,538461602	0,111045714	7,20056749	42,56291854	2,792490018	2,294103789
7,01	1,59730986	0,120721	7,496312061	44,19975252	2,795327885	2,278482485
7,06	1,672971906	0,121342907	7,332496926	46,24863808	2,76784088	2,278482485
7,11	1,748633952	0,124662329	7,534922906	48,23039702	2,749622846	2,243333244
7,16	1,748633952	0,128764065	7,487259369	48,06026939	2,761066994	1,940804821
7,21	1,857923574	0,137352228	7,368097085	51,10884358	2,743440998	1,879456466
7,26	1,992433878	0,137015221	7,088810766	54,61364145	2,700628203	2,171648991
7,31	1,925178726	0,14022519	7,375807415	52,29948483	2,733419811	2,178770256
7,36	1,782261528	0,146926126	8,163823423	48,00732297	2,799967881	2,076654816
7,41	1,689785694	0,15081862	7,929900145	45,09746687	2,845540971	2,063297844
7,46	2,446406154	0,155179324	7,218245167	66,05100265	2,62047423	2,063297844
7,51	2,244640698	0,133659437	6,532630447	59,58845116	2,632046921	2,029432607
7,56	1,286254782	0,104616437	6,519186784	32,90003588	2,914487851	2,029432607
7,61	1,496427132	0,065120043	4,670611019	39,28862073	2,654704776	2,050531888
7,66	1,588902966	0,064054426	4,161132466	41,5712808	2,613062575	1,868854207
7,71	1,70554862	0,083417287	5,016960141	44,44984881	2,652334253	1,94014625
7,76	1,67507363	0,115122549	6,857133085	43,41927332	2,768729731	2,143647861
7,81	1,656158118	0,117644809	7,174210519	42,65572829	2,785346738	2,08902247
7,86	1,59730986	0,118152847	7,60164956	40,7920776	2,812819286	2,079964495
7,91	1,445985768	0,11324454	7,840635204	36,56830765	2,864737845	2,058865213

Ek Tablo 3'ün devamı

7,96	1,354560796	0,110892097	7,909729261	34,02761996	2,900809146	2,058865213
8,01	1,437578874	0,099073288	6,9113022	36,12762175	2,826557921	2,063297844
8,06	1,498528856	0,090906683	6,187896697	37,63243992	2,772848826	2,021099281
8,11	1,454392662	0,091153117	6,273100876	36,32706802	2,794124535	2
8,16	1,404214013	0,109241442	7,698881795	34,90060412	2,875318421	1,829371768
8,21	1,403951298	0,108123595	7,848584016	34,74067662	2,873559469	1,889359933
8,26	1,286254782	0,104086701	7,998482476	31,46550028	2,920836237	2,110520053
8,31	1,193778948	0,097761883	7,893177448	28,90026192	2,951767722	2,092730451
8,36	1,2610341	0,094411415	7,468632039	30,48331089	2,906725186	2,079964495
8,41	1,340899593	0,087692044	6,708225539	32,37379569	2,845235342	2,08829782
8,46	1,307797448	0,080819056	5,971428876	31,4278555	2,836654246	2,101063776
8,51	1,404476729	0,065649779	5,000555677	33,83260587	2,726037571	2,092730451
8,56	1,151744478	0,069400944	5,768435953	27,25771789	2,874351824	2,079964495
8,61	1,067675538	0,068206289	6,351748872	25,06710565	2,919322712	2,079964495
8,66	1,059268644	0,063755194	5,751077198	24,91854745	2,900590076	1,900023419
8,71	1,244220312	0,075701183	6,153388255	29,25858664	2,853453368	1,917414719
8,76	1,351408211	0,080886648	6,187055587	31,71858625	2,823264972	2,1282377
8,81	1,286254782	0,084797576	6,701678935	29,89239523	2,873245546	2,119179726
8,86	1,160151372	0,086795526	7,578557695	26,55436662	2,95207961	2,092730451
8,91	0,949979022	0,086833566	8,731918708	20,9895204	3,095468686	2,092730451
8,96	0,832282506	0,083899157	9,486332634	17,9592572	3,179336505	2,079964495
9,01	0,865910082	0,08052411	8,924854399	18,77412055	3,138178755	2,058865213
9,06	1,001996679	0,068748314	7,384809699	22,0418666	2,989837761	2,050531888
9,11	0,865910082	0,059559751	6,862587817	18,66250055	3,047473115	2,042198563
9,16	0,706179096	0,056759312	7,595825113	14,66474941	3,179955097	1,789241892
9,21	0,655737732	0,059695581	9,002585135	13,41523917	3,248688342	1,63793537
9,26	0,615804986	0,056542389	8,952128425	12,44519441	3,277405218	1,820445859
9,31	0,63051705	0,046922405	7,405813537	12,77419619	3,20505924	1,920319271
9,36	0,65468687	0,03787517	5,855763088	13,34594873	3,115121333	1,920319271
9,41	0,64834886	0,035596464	5,377119931	13,16279033	3,104895365	1,912626958
9,46	0,689365308	0,035637941	4,98755893	14,11546137	3,061315128	1,920319271
9,51	0,823875612	0,035439128	4,401710307	17,21059503	2,936826187	1,908998513
9,56	0,907944552	0,044292159	4,933190008	19,0997139	2,935186056	1,910852468
9,61	1,00882728	0,050610832	5,395755179	21,35577247	2,904438355	1,9979653
9,66	1,00882728	0,072129506	7,433352662	21,31810896	3,010595114	1,888263363
9,71	1,007776418	0,075542806	7,805595323	21,16948202	3,027972223	1,90215227
9,76	0,891130764	0,075090514	8,429106627	18,35480723	3,112692136	2,102186728
9,81	0,781841142	0,071963599	9,057353266	15,77181482	3,191782881	2,101063776
9,86	0,720891161	0,067935922	9,189204458	14,37193946	3,230301585	2,101063776
9,91	0,720891161	0,059461436	8,177488156	14,29481904	3,1924433	2,101063776

Ek Tablo 3'ün devamı

9,96	0,748213566	0,046441827	6,066603572	14,88673019	3,093620262	2,096631145
10,01	0,857503188	0,039180431	4,673994704	17,30808439	2,951163975	2,097355795
10,06	0,92475834	0,038951319	4,096046898	18,72401573	2,899888177	2,101788425
10,11	1,048760027	0,038453418	3,678468339	21,27915085	2,81509141	2,092730451
10,16	1,143337584	0,03653175	3,086089562	22,97146413	2,750766203	1,981513435
10,21	1,42917198	0,043212677	2,898998704	29,03896929	2,651680575	2,108902746
10,26	1,874737362	0,050664842	2,770720145	38,16749483	2,526699245	2,229576039
10,31	2,074401095	0,049253057	2,528949024	42,04237774	2,456509156	2,129034305
10,36	1,790668422	0,044115097	2,440147633	35,46136478	2,526736434	2,138092279
10,41	1,521647814	0,04587393	2,913678671	29,47029286	2,64846763	2,161437464
10,46	1,443884045	0,051441658	3,160852526	27,53417259	2,719972378	2,170495439
10,51	1,984026984	0,080774751	3,533034865	38,40661559	2,646580519	2,170097136
10,56	3,463640328	0,073321822	2,691701456	67,9657991	2,263868679	2,151981187
10,61	2,253047592	0,075871943	3,13074247	42,76313873	2,555788111	2,129034305
10,66	1,525851261	0,080624852	3,467748689	27,82651983	2,835019046	1,977972728
10,71	4,531315866	0,081101555	2,303953412	87,67751095	2,129193992	1,93002587
10,76	5,190731614	0,064546979	1,411558961	99,01001481	1,983947863	2,050531888
10,81	4,110971166	0,055698958	1,286399589	76,99728332	2,092922212	2,058865213
10,86	3,747373001	0,073529206	1,900257077	69,20409461	2,236331779	2,063297844
10,91	3,792560056	0,068521937	1,921459668	69,37318023	2,211155114	2,063297844
10,96	2,967633582	0,039564963	1,424186641	53,08616169	2,217911258	2,067198539
11,01	1,311475464	0,051386356	2,756440488	21,57082352	2,838799609	2,058865213
11,06	1,353509934	0,066217677	2,788933688	22,23688655	2,891204268	2,063297844
11,11	5,035729506	0,065385242	1,634208248	90,49488947	2,023947379	2,058865213
11,16	6,397646334	0,073142298	1,251405446	113,7936796	1,913340062	1,945481908
11,21	6,807482417	0,070148991	1,06409871	120,1030215	1,865434191	1,928815258
11,26	6,700294518	0,049628342	0,736919374	117,0152953	1,782262121	1,992307687
11,31	6,684531592	0,03887515	0,600399108	115,6195621	1,723679966	1,992307687
11,36	5,893232694	0,041136714	0,715427122	100,6546623	1,819830872	2
11,41	4,699453746	0,041397375	0,932888791	78,94963456	1,966773875	2,016666651
11,46	2,807902596	0,075710889	2,470729726	45,53366808	2,469834012	2,058865213
11,51	1,89155115	0,08800219	3,763855087	29,44486589	2,779903314	2,063297844
11,56	2,782681914	0,075804918	2,578551052	44,37723748	2,481132859	2,037765932
11,61	4,66582617	0,080894376	2,069474672	75,81521804	2,169357825	1,99765358
11,66	4,536307459	0,075972527	1,866444044	72,99994995	2,171666274	1,890148103
11,71	3,051702522	0,054924726	1,506782328	47,73260413	2,336995465	1,930260456
11,76	3,53089548	0,083038585	2,337642636	55,26816767	2,363867318	2,021099281
11,81	3,99327465	0,081630645	2,464999489	62,37446038	2,282384083	2,029432607
11,86	2,1017235	0,055930188	2,312349237	31,19161397	2,596177643	2,071631169
11,91	1,445985768	0,05487508	3,580425157	20,39376699	2,84880425	2,102186728

Ek Tablo 3'ün devamı

11,96	1,185372054	0,061493063	5,093186595	16,11919625	3,024252719	2,11997633
12,01	1,00882728	0,062497233	5,934454516	13,25337359	3,148266043	2,110520053
12,06	0,983606598	0,067714512	6,904736626	12,82291143	3,191129042	2,08829782
12,11	0,958385916	0,05792753	6,216254856	12,39321998	3,16614753	2,08829782
12,16	0,857503188	0,058414253	6,611596925	10,8919747	3,247015988	2,043127286
12,21	0,851460733	0,053881419	6,260066487	10,79841301	3,228498676	2,070699513
12,26	0,88272387	0,049373163	5,754662615	11,28995481	3,175808101	2,170495439
12,31	0,832282506	0,045370065	5,559821465	10,47909813	3,19705361	2,18900969
12,36	0,731399778	0,045862933	6,153591615	8,892377628	3,299885539	2,198067665
12,41	0,680958414	0,042993043	6,250538452	8,145479584	3,33485662	2,202898598
12,46	0,655737732	0,035602609	5,04216063	7,810966364	3,30789867	2,202898598
12,51	0,794451483	0,027220293	3,760321501	10,06282126	3,080651033	2,18900969
12,56	0,705128234	0,024307391	3,33263814	8,709854871	3,137110561	2,179553413
12,61	0,699742568	0,020839244	2,76995633	8,751709337	3,093372979	2,170097136
12,66	0,891130764	0,024448719	2,988176954	11,79284059	2,951223244	2,018549788
12,71	0,857503188	0,032923205	3,832561978	11,18588801	3,058571726	1,940445673
12,76	0,832282506	0,037361787	4,477116983	10,84008116	3,110678971	1,992307687
12,81	0,823875612	0,035165043	4,264898968	10,74747988	3,098694114	1,992307687
12,86	0,823875612	0,030632209	3,869351195	10,69141766	3,063946039	1,969666171
12,91	0,735603225	0,029425264	3,69820212	9,395512547	3,130065751	1,939332342
12,96	0,865910082	0,027269451	3,33575506	11,23018461	3,000018728	1,909829772
13,01	0,823875612	0,035165043	4,263436024	10,48304146	3,106818935	1,8908167
13,06	0,783417435	0,037400737	4,739329201	9,926726071	3,15573666	1,920319271
13,11	0,765027354	0,037388447	4,727119255	9,639770997	3,172660769	1,928011584
13,16	0,865910082	0,03629433	4,402509025	11,14425214	3,075354527	1,811046106
13,21	0,857503188	0,038022643	4,42993497	10,88119038	3,101533369	1,940261084
13,26	0,857503188	0,037741645	4,349879597	10,85918305	3,099898936	2,179553413
13,31	0,899537658	0,038059511	4,280630823	11,52713121	3,06487692	2,179155111
13,36	0,908995414	0,035164113	3,632636285	11,37976981	3,050306398	2,179155111
13,41	1,160151372	0,041076874	3,584226913	14,83195532	2,92843549	2,143249559
13,46	1,394493542	0,047512296	3,597478866	17,66813375	2,859171062	2,08902247
13,51	1,361916828	0,067288145	4,948551051	16,99489319	2,979247042	2,067198539
13,56	1,313577188	0,082543448	6,179014209	16,14782221	3,069256034	2,050531888
13,61	1,335119853	0,092271125	7,071523148	16,47478176	3,089236652	2,042198563
13,66	1,244220312	0,087033269	6,975630458	15,22193428	3,119854176	1,929479694
13,71	1,160151372	0,084705405	7,346281414	14,04940139	3,160436454	1,891643798
13,76	1,067675538	0,068772893	6,613616825	12,71951471	3,160133565	2,012695992
13,81	0,88272387	0,067904795	7,391435091	10,08959424	3,297883946	2,067198539
13,86	0,815468718	0,06575553	7,692184226	9,167720961	3,346765303	2,079964495
13,91	0,899537658	0,060717539	6,800583945	10,36085318	3,248394202	2,071631169

Ek Tablo 3'ün devamı

13,96	0,96679281	0,055673402	6,059515192	11,31646269	3,169258311	2,071631169
14,01	0,857503188	0,049599546	5,693213094	9,726654454	3,229037193	2,071631169
14,06	0,801282084	0,048738967	5,705606735	8,951806007	3,274377365	2,029432607
14,11	0,958385916	0,04602884	5,196564434	11,13710993	3,124501354	1,977358484
14,16	0,958385916	0,053372421	5,694838024	11,07676081	3,168228727	1,898334372
14,21	0,958385916	0,0539613	5,775854834	11,05186327	3,172101208	1,933741844
14,26	0,904266536	0,058649348	6,403983634	10,27902267	3,239340942	2,021099281
14,31	0,907944552	0,056739019	6,321493491	10,33973172	3,22581329	1,997012568
14,36	0,88272387	0,047106746	5,512901182	9,925149723	3,198461079	1,988679242
14,41	0,773434248	0,046952199	5,965861131	8,417964089	3,297674958	1,980986929
14,46	0,722992884	0,046423393	6,341590992	7,778740028	3,342267657	1,969666171
14,51	0,706179096	0,043578082	6,178039303	7,534462032	3,343804411	1,958345413
14,56	0,683060138	0,040726626	5,947947867	7,224900264	3,350392666	1,983073139
14,61	0,659941179	0,037302421	5,552660306	6,931737961	3,351352961	2,00208621
14,66	0,67255152	0,033354625	4,951901506	7,21772923	3,296233128	1,859394443
14,71	0,689365308	0,032658659	4,759401883	7,446192629	3,270886911	1,610836601
14,76	0,697772202	0,031458466	4,607973142	7,50217872	3,255689647	1,478286612
14,81	0,655737732	0,033979766	5,067593368	6,938788801	3,322888593	1,478286612
14,86	0,67255152	0,032218344	4,86561288	7,146945176	3,290124557	1,490912879
14,91	0,664144626	0,031642249	4,803827913	7,007414907	3,296595158	1,620896471
14,96	0,638923944	0,031057485	4,806930229	6,651839654	3,322606479	1,738969195
15,01	0,636559505	0,030070536	4,681704907	6,627698518	3,31558783	1,740650666
15,06	0,655737732	0,027676293	4,260882302	6,894839138	3,26927885	1,722166371

Ek Tablo 4. CPTu-4 kuyusuna ait CPT deney verileri

Derinlik (m)	q _c (MPa)	f _s (MPa)	Q _t	F _r (%)	I _c	İlerleme hızı (cm/sn)
0,01	0,008406894	-0,00056046	-6,666666667	-94,19587422	4	0,005
0,06	3,219840402	0,005564319	66,18757095	-80482,01005	4	0,744223409
0,11	3,135771462	0,009657829	0,310083224	6145,256328	0,77705965	1,669279194
0,16	2,915090495	0,038820162	1,288066957	2827,553165	1,344937815	1,751414603
0,21	2,942938331	0,065111314	2,311904278	1933,589436	1,576182548	1,662542635
0,26	2,5220682	0,091366889	3,509809396	1252,4266	1,818351057	1,791662276
0,31	2,35393032	0,114474772	5,133562123	1032,296521	1,961705395	1,908823872
0,36	1,757040846	0,134702496	7,164133977	722,0018048	2,193091548	1,928011584
0,41	1,538461602	0,138248865	9,111608916	594,83723	2,283988211	1,939332342
0,46	1,221101354	0,13222643	9,70136202	445,422515	2,401931494	1,920319271
0,51	1,375578031	0,085493219	6,762705184	475,6599291	2,166246443	1,912626958
0,56	1,139134137	0,063685744	5,253165957	373,6953396	2,165530848	1,931640029
0,61	1,150693616	0,040011418	3,774819717	339,6408479	1,999072288	1,928011584
0,66	0,846994571	0,033413687	3,754180345	216,6978849	2,145712902	1,849222457
0,71	0,706179096	0,035645621	5,151458353	169,072594	2,295132674	1,899257457
0,76	0,538041216	0,048554626	7,857407891	123,4977656	2,583554962	2,038935971
0,81	0,647330838	0,055763146	5,500854854	143,9319962	2,530365778	2,059988165
0,86	1,950399408	0,04644757	2,566983428	400,5713695	1,819857498	2,071631169
0,91	2,707019868	0,034841643	1,356471997	506,5633319	1,53619895	2,084397125
0,96	2,917192218	0,030830925	1,210381097	498,977678	1,466035922	2,08829782
1,01	1,84951668	0,027982236	1,387480989	290,2262457	1,72776048	2,106087422
1,06	1,328289252	0,029017775	1,962781353	192,3750141	1,963574193	2,133068633
1,11	1,328289252	0,040066559	3,035337097	180,1346247	2,093561345	2,123612356
1,16	1,294661676	0,072276979	5,833462795	169,1619773	2,331486034	2,009834623
1,21	1,05086175	0,077826272	7,469148251	134,0795514	2,490702077	1,888352621
1,26	0,819672165	0,074242306	8,582718203	101,9325804	2,6313439	1,950149167
1,31	0,765027354	0,07195131	9,249184006	93,05803262	2,668149232	2,058865213
1,36	0,748213566	0,064573164	9,230130761	89,15810244	2,648703418	2,079964495
1,41	0,571668792	0,062177708	10,14960694	66,37184022	2,808503915	2,071631169
1,46	0,529634322	0,061013776	11,86775458	60,87405264	2,852218853	2,071631169
1,51	0,437158488	0,05641335	12,64272179	49,44443935	2,94917151	2,079964495
1,56	0,386717124	0,05354346	13,43696952	43,13319858	3,012182504	2,079964495
1,61	0,395124018	0,046183749	11,48748167	43,84431698	2,949525753	2,079964495
1,66	0,445565382	0,04239143	9,597655174	49,29197908	2,845335283	1,828735343
1,71	0,50441364	0,042280649	8,738724594	55,14340623	2,770082497	1,730831161
1,76	0,50441364	0,045697026	9,176531394	54,13646369	2,801947808	1,960961032
1,81	0,488650714	0,050217571	10,23424562	51,62028294	2,858985949	2,058865213
1,86	0,479192958	0,053611052	11,2695255	50,19218614	2,896616251	2,08829782
1,91	0,453972276	0,057133895	12,56295694	47,079746	2,955612331	2,133466935

Ek Tablo 4'ün devamı

1,96	0,428751594	0,056401061	13,0807314	43,93835952	2,991328867	2,179553413
2,01	0,411937806	0,05299529	12,99106527	41,83605476	2,997976333	2,179553413
2,06	0,382513677	0,051555737	12,95917267	38,36639717	3,039524003	2,170495439
2,11	0,407734359	0,050143835	12,14526331	40,81372891	2,990504692	2,18900969
2,16	0,441361935	0,048203732	10,55805079	44,21208461	2,926458785	2,050606436
2,21	0,50441364	0,045980328	9,355099214	50,33936058	2,827235406	1,937543303
2,26	0,51019338	0,044569962	8,718283818	50,08136229	2,814496991	1,899431944
2,31	0,521227428	0,045422941	8,669903091	50,39414803	2,811849377	1,940478384
2,36	0,544346387	0,044454426	8,246165699	51,91549806	2,781249142	2,058865213
2,41	0,554855004	0,045733894	8,260546576	52,12603247	2,783263124	2,079964495
2,46	0,563261898	0,047298201	8,248048455	52,13580246	2,78949131	2,092730451
2,51	0,605296368	0,047470575	7,905882723	55,38889704	2,748812208	2,071631169
2,56	0,63051705	0,049188822	7,811361461	56,95605513	2,738926968	2,058865213
2,61	0,655737732	0,049773861	7,568122548	58,46759239	2,722126837	2,058865213
2,66	0,685161861	0,05540918	8,018903347	60,34571801	2,734552332	1,932288653
2,71	0,739806672	0,060018823	7,769786827	64,46130087	2,716985683	1,861026818
2,76	0,891130764	0,061277998	6,982846629	77,23473699	2,609356839	2,00870266
2,81	0,975199704	0,062755956	6,413923902	83,6493021	2,564397112	2,119578028
2,86	1,076082432	0,062817403	5,979543687	91,38289361	2,506348165	2,14252491
2,91	1,105506561	0,064283071	5,961266768	92,73514603	2,500873302	2,161039162
2,96	1,05086175	0,067488816	6,412370297	86,84461439	2,553191259	2,179951715
3,01	0,992013492	0,067130545	6,686461423	80,75496587	2,591131504	2,170495439
3,06	0,96679281	0,064732926	6,802565858	77,5910934	2,598532599	2,147548556
3,11	0,891130764	0,06482542	7,215604382	70,35372813	2,654374998	2,129034305
3,16	0,8406894	0,064409037	7,531108494	65,37327087	2,692685615	2,022270358
3,21	0,836485953	0,06817896	8,276206935	64,2004066	2,719069996	1,890505648
3,26	0,786044589	0,064628467	8,171563781	59,14896472	2,74659497	1,927825153
3,31	0,748213566	0,061740143	8,406988726	55,35501702	2,767444438	2
3,36	0,647330838	0,057700176	8,781955097	46,83168818	2,842750767	2
3,41	0,571668792	0,045733894	7,216388202	40,44831674	2,851280698	2,021099281
3,46	0,71458599	0,039617996	5,092542468	50,79440322	2,661024625	2,021099281
3,51	1,059268644	0,041003138	3,542437268	74,67528542	2,426518816	2
3,56	1,67507363	0,052808365	3,683884736	115,6431455	2,230845646	2
3,61	1,395544404	0,047481573	3,441137799	92,32097516	2,321446662	2
3,66	0,96679281	0,035269503	3,402307761	60,93909736	2,468886176	1,888679242
3,71	0,67255152	0,029955	4,073958814	40,1601787	2,664587331	1,851484358
3,76	0,54644811	0,030002944	5,094857986	31,57481504	2,808634677	1,9401636
3,81	0,58848258	0,033859783	4,56636414	33,79490615	2,800709687	1,977358484
3,86	1,193778948	0,03543541	2,992656664	69,83887524	2,360813702	2
3,91	1,748633952	0,037679352	2,346102791	100,8237814	2,146216662	1,980986929
3,96	1,782261528	0,03473233	2,107448948	100,0132986	2,117210057	1,961973858

Ek Tablo 4'ün devamı

4,01	1,378730616	0,024805111	1,79997102	74,3331849	2,188233413	1,980986929
4,06	1,000420386	0,022545485	2,100193317	51,54646666	2,37675379	1,980986929
4,11	0,891130764	0,026715136	2,708470667	44,41652569	2,511086664	1,980986929
4,16	1,160151372	0,030877997	2,419467338	57,50115415	2,388965045	1,898569357
4,21	1,836906339	0,04498651	2,741811023	90,60747859	2,219304247	1,729590154
4,26	1,824295998	0,041562305	2,270919765	87,86668456	2,206002073	1,779258394
4,31	1,820092551	0,025715819	1,47796808	85,51909483	2,070085799	1,990436161
4,36	1,496427132	0,020943341	1,433274553	68,05561816	2,14455187	2,071631169
4,41	0,992013492	0,020294429	1,835892628	43,01734349	2,409904764	2,050531888
4,46	0,851198018	0,024411851	2,688454633	35,69757492	2,570875979	2,037765932
4,51	0,907944552	0,030127051	3,427244559	37,4352698	2,596892063	2,050531888
4,56	0,861706635	0,029988937	3,344787718	34,60089064	2,637343765	2,063297844
4,61	0,926860064	0,032430337	3,631657386	36,61997201	2,619373602	2,046099257
4,66	0,886927317	0,057767768	6,44430794	34,6879503	2,827935164	1,958247864
4,71	0,874316976	0,067427531	7,682280942	33,93008794	2,888903025	1,911072743
4,76	0,87063896	0,061820024	6,892552105	33,54409711	2,866086026	1,969491529
4,81	0,958385916	0,047162048	5,055519642	36,97183101	2,719187873	2
4,86	0,96679281	0,051134423	5,508784258	37,07453656	2,740752596	2,029432607
4,91	0,865910082	0,067486067	7,309198045	32,70570306	2,903735043	2,029432607
4,96	1,00882728	0,057964398	4,883314825	38,28977157	2,756350623	2
5,01	1,790668422	0,051736604	3,220080257	68,96181759	2,354352843	2
5,06	1,97562009	0,047905557	2,460986011	74,93783623	2,273806989	2
5,11	2,049180413	0,043640502	2,320116443	76,39963825	2,227912498	1,992307687
5,16	1,580496072	0,03628467	2,298481128	57,24880793	2,344419048	1,890877044
5,21	1,118116902	0,037805074	2,990179247	38,9605195	2,587858626	1,739706004
5,26	1,168558266	0,038382967	3,214487265	40,07168325	2,569601413	1,822123575
5,31	1,295712538	0,03608804	2,893873756	43,9158363	2,48979764	2,010419536
5,36	1,235813418	0,03079472	2,540548899	41,07125499	2,479957259	2,046099257
5,41	1,076082432	0,033649571	3,170449519	34,81774526	2,602266898	2,050531888
5,46	0,866435513	0,031204958	3,265700335	27,01604968	2,730948756	2,033865237
5,51	0,959436778	0,030755103	3,482598744	29,67385373	2,664338679	1,997012568
5,56	0,79865493	0,031180379	3,870033239	23,83869168	2,797713718	1,997012568
5,61	0,655737732	0,031930434	4,677936924	18,95206787	2,943098144	1,992307687
5,66	0,596889474	0,039815273	6,44483812	16,98691859	3,073336805	1,881021476
5,71	0,596889474	0,049730848	7,9954558	16,90652088	3,141677839	1,878865302
5,76	0,680958414	0,050643737	7,422148099	19,54846241	3,056558657	2,002917469
5,81	0,765027354	0,049853742	6,752217256	22,14926379	2,973589075	2,029432607
5,86	0,755832314	0,050401912	6,405670448	21,74003786	2,986900772	2,016666651
5,91	0,8406894	0,052742066	5,928369427	24,33317824	2,930059324	2,021099281
5,96	1,034047962	0,055091275	5,370975756	30,33582238	2,806510313	2,042198563

Ek Tablo 4'ün devamı

6,01	1,124422073	0,0501917	5,198086734	33,02635094	2,724477885	2,021099281
6,06	0,655737732	0,037308566	4,990126397	18,07231661	3,004310949	2,008333325
6,11	0,512820534	0,034937689	6,464360533	13,52422536	3,161570139	2,021099281
6,16	0,489701576	0,030823663	6,489335535	12,82193175	3,156564725	1,833936518
6,21	0,430853318	0,02523168	5,326553718	10,94946058	3,194913504	1,76940816
6,26	0,521227428	0,017945705	3,73616147	13,61410167	2,965300033	1,929224527
6,31	0,479192958	0,01904819	3,85349692	12,12141304	3,048071678	1,961973858
6,36	0,496006746	0,025293127	4,886712422	12,54390763	3,103302904	1,9506531
6,41	0,605296368	0,035571885	6,122045865	15,76493528	3,059324683	1,939332342
6,46	0,651534285	0,038438702	5,929145628	17,08321325	3,03137916	1,939332342
6,51	0,706179096	0,037345434	5,169440299	18,6266055	2,968579222	1,899721956
6,56	0,806010962	0,038570813	5,035637156	21,48754195	2,889056221	1,870219386
6,61	0,755569598	0,043649979	5,308283431	19,93002691	2,970345076	1,839514256
6,66	1,034047962	0,041139573	4,563570787	28,30042436	2,73586785	1,657987958
6,71	0,992013492	0,049453044	4,976399694	26,92255173	2,819274753	1,588373166
6,76	1,017234174	0,062503377	5,870154488	27,573083	2,874421642	1,749683833
6,81	1,210592736	0,068877353	5,842484372	33,00109601	2,792735792	1,819298625
6,86	1,311475464	0,076316945	5,868359184	35,76081526	2,774108582	1,79870131
6,91	1,420765086	0,092261747	6,605043795	38,73636759	2,783839062	1,81243757
6,96	1,479613344	0,100803824	6,835254848	40,24709733	2,787455313	1,890445399
7,01	1,525851261	0,108754718	6,982472564	41,48014325	2,792163006	1,969666171
7,06	1,6813788	0,109167059	6,581305066	45,64407899	2,73337518	1,961973858
7,11	1,773854634	0,110651162	6,49826527	47,96693648	2,705973352	1,958345413
7,16	1,76544774	0,128776355	7,345128052	47,54981172	2,759708066	1,800886565
7,21	1,832702892	0,137065853	7,562531917	49,26391004	2,757302589	1,789565808
7,26	1,815889104	0,140711913	7,822576616	48,39363164	2,77555156	1,969666171
7,31	1,715006376	0,143471198	8,39412327	45,41563646	2,819494468	1,980986929
7,36	1,605716754	0,143391317	9,102346219	42,18509982	2,863091645	1,969666171
7,41	1,395544404	0,137005052	9,527049071	36,15524387	2,941070373	1,980986929
7,46	1,330390976	0,131271418	9,518947154	34,13883796	2,960794979	1,980986929
7,51	1,42917198	0,119464898	8,380834158	36,67591113	2,88469276	1,958345413
7,56	1,50693575	0,107670667	7,486985953	38,52739365	2,819443007	1,958345413
7,61	1,369798291	0,083719669	5,729423511	34,66095522	2,802790161	1,942960787
7,66	1,538461602	0,075146868	4,955763201	39,27346672	2,690482088	1,869202471
7,71	1,622530542	0,085609968	5,290557228	41,24351311	2,69953497	1,787079322
7,76	1,6813788	0,107750548	6,537484632	42,6008009	2,751828308	1,872158396
7,81	1,605716754	0,119587792	7,620452739	40,41378221	2,816657885	1,980986929
7,86	1,412358192	0,114919774	8,177919238	35,1644911	2,887748922	2,009778523
7,91	1,202185842	0,109100113	8,869976519	29,55147884	2,97636689	2,030877805
7,96	1,076082432	0,090876605	8,374674184	26,00764107	2,995242446	2,009778523

Ek Tablo 4'ün devamı

8,01	1,000420386	0,081176741	8,191037356	23,74589527	3,01442034	2
8,06	0,920554893	0,081201097	8,296353536	21,53494525	3,073318339	2,001445198
8,11	1,09289622	0,080245094	8,130854004	25,86241819	2,955964672	1,99012444
8,16	1,040353133	0,082987158	8,057233889	24,27006215	3,004277302	1,806511182
8,21	1,042454856	0,091985235	8,930858357	24,06353557	3,040658817	1,758377224
8,26	1,00882728	0,096214797	9,360285959	23,10939448	3,078501071	1,921532214
8,31	1,046658303	0,089724963	9,003646346	23,95819402	3,033105425	2,010419536
8,36	0,916351446	0,078294561	8,481316289	20,5377494	3,083933063	2,067198539
8,41	0,815468718	0,077375527	9,263048636	17,87551099	3,164364497	2,08829782
8,46	0,778688557	0,080883008	10,07564862	16,89067329	3,212226342	2,079964495
8,51	0,815468718	0,072554782	8,271876691	17,72505368	3,14783525	2,071631169
8,56	1,067675538	0,064240059	6,516612406	23,94421728	2,924764102	2,092730451
8,61	1,062421229	0,061382458	5,496164465	23,7385085	2,915151082	2,079964495
8,66	1,244220312	0,055870033	4,68775659	28,24590718	2,778588037	1,988735342
8,71	1,257093368	0,071728808	5,514570875	28,50109035	2,847456446	1,977335048
8,76	1,412358192	0,078376869	5,728415989	32,22546176	2,7982135	2,091511083
8,81	1,41130733	0,078341456	5,606215338	32,08165703	2,799684192	2,161039162
8,86	1,361916828	0,078053626	6,020987461	30,72948387	2,82386119	2,170495439
8,91	1,109710008	0,087215184	7,782180837	24,47014082	2,997115785	2,161437464
8,96	0,899537658	0,089484228	9,636067592	19,21309919	3,152534342	2,170495439
9,01	0,781841142	0,085562102	10,8745221	16,32686414	3,237981109	2,170495439
9,06	0,694094186	0,076995446	10,32179479	14,2117017	3,290133312	2,147548556
9,11	0,819672165	0,062947088	8,272663342	17,18957496	3,110698775	2,138092279
9,16	0,765027354	0,050137044	6,442329968	15,85590338	3,091292045	2,020700979
9,21	0,739806672	0,049552006	6,806550355	15,17320762	3,113788223	1,723064446
9,26	0,680958414	0,053188848	7,561348848	13,71808343	3,195550861	1,529416096
9,31	0,71458599	0,053216499	7,313972265	14,46293808	3,162193462	1,518274403
9,36	0,782892004	0,049305572	6,647949209	16,00480131	3,076441956	1,560025239
9,41	0,706179096	0,052077146	7,601603922	14,11936148	3,168446041	1,650137234
9,46	0,580075686	0,057084414	9,457026928	11,13141306	3,340666779	1,709839714
9,51	0,556956728	0,05309975	9,159359451	10,56062103	3,350387843	1,731570768
9,56	0,622110156	0,039550405	6,244075217	12,04570126	3,182648858	1,762381721
9,61	0,731399778	0,03651089	5,232494143	14,53349162	3,043824386	1,789621413
9,66	0,701975649	0,040824941	5,022247034	13,81082435	3,105642051	1,770597327
9,71	0,975199704	0,051707172	5,406178663	20,08464272	2,943591677	1,830805027
9,76	1,109710008	0,058038135	5,384869609	23,04613702	2,892305596	1,940545285
9,81	1,101303114	0,06993068	6,449581005	22,76974443	2,954711058	1,958345413
9,86	1,00882728	0,077228945	7,75127814	20,58673174	3,045863524	1,969666171
9,91	0,865910082	0,079677276	9,086205835	17,26234757	3,162572961	2,008974338
9,96	0,748213566	0,075338646	9,806389754	14,53573142	3,249949748	2,037765932

Ek Tablo 4'ün devamı

10,01	0,689365308	0,062263734	9,00247978	13,17067306	3,251736458	2,042198563
10,06	0,636822221	0,049188822	7,522159068	11,94904002	3,24059226	2,029432607
10,11	0,638923944	0,036729672	5,434137566	11,95586648	3,155130186	2,037765932
10,16	0,781841142	0,029757723	3,980179777	15,07448916	2,953041393	1,97101382
10,21	0,79865493	0,027780753	3,460187259	15,22292679	2,925983812	1,839975834
10,26	0,790248036	0,018715084	2,266448554	14,91683614	2,831953396	1,919493902
10,31	0,899537658	0,018534706	1,569519402	17,15157694	2,742280462	2,071631169
10,36	1,941992514	0,029749641	1,733155195	38,85990825	2,364656636	2,092730451
10,41	2,180538131	0,028806918	1,422584795	43,29448849	2,28772763	2,058865213
10,46	1,782261528	0,02430515	1,305462537	34,44680367	2,38019313	2,058865213
10,51	1,597835291	0,036555683	2,095808245	30,26821359	2,564013542	2,071631169
10,56	1,874737362	0,039985386	2,337063601	35,64274562	2,486245754	2,058865213
10,61	1,618327095	0,041304228	2,375151398	30,08748611	2,59632336	2,058865213
10,66	1,701345173	0,049590615	3,150390555	31,50016037	2,617129338	1,942198563
10,71	1,2610341	0,040017402	3,251541888	22,32715248	2,764557064	1,861003554
10,76	0,689365308	0,032800311	4,247969686	10,70279767	3,157253188	1,977670205
10,81	0,4203447	0,030337263	5,133308663	5,322968084	3,561723475	2,058865213
10,86	0,765027354	0,042739677	2,949316516	12,02141089	3,157180241	2,050531888
10,91	3,354350706	0,050046497	1,839374828	62,17867128	2,192971394	2,033865237
10,96	3,742118692	0,03957596	1,089519029	69,02121092	2,062468363	1,99012444
11,01	3,732660936	0,038978633	1,048242624	68,17098387	2,06344802	1,958345413
11,06	3,65699889	0,031569764	0,908842414	66,0878939	2,02539701	1,961973858
11,11	2,908785324	0,027336885	0,980684159	51,47502576	2,138313378	1,980986929
11,16	1,727616717	0,037808713	1,936585003	29,21068774	2,564467962	1,909432608
11,21	1,332492699	0,05168502	2,833148779	21,74603303	2,829616371	1,868162769
11,26	2,807902596	0,049739857	2,083647017	48,61470775	2,323875373	1,979829443
11,31	3,084279236	0,038480912	1,25356062	52,9941704	2,199094575	2,021099281
11,36	3,303909342	0,042643772	1,208673321	56,27784426	2,187418756	1,992307687
11,41	4,243379747	0,040196372	1,055106751	72,33692655	2,016506531	1,961973858
11,46	3,648591996	0,036663058	1,049474366	61,13849151	2,092554238	1,928011584
11,51	2,303488956	0,034353261	1,390268605	37,14750124	2,376196505	1,939332342
11,56	1,311475464	0,022209307	1,527644599	19,68666044	2,648149358	2,00208621
11,61	0,680958414	0,034493979	3,54211085	8,73139428	3,255553006	2,037765932
11,66	1,080285879	0,033369341	2,586662254	15,66842865	2,887477963	1,947656047
11,71	2,194199334	0,039627702	2,311516188	34,27496561	2,454222788	1,893794513
11,76	1,614123648	0,042541896	2,617773921	24,22056537	2,683233048	1,971138442
11,81	1,004623833	0,041240354	3,592030945	13,92105809	3,010904309	2,046099257
11,86	0,865910082	0,043128227	4,373739752	11,62528573	3,132223413	2,058865213
11,91	1,13493069	0,045591274	4,066627093	16,06383779	2,948828752	2,042198563
11,96	1,319882358	0,03552758	3,024495551	18,92826385	2,778406482	2,058865213

Ek Tablo 4'ün devamı

12,01	0,981504875	0,039660686	3,647703771	13,30915788	3,020871008	2,08829782
12,06	1,067675538	0,045542117	4,342137902	14,657029	2,998301432	2,101063776
12,11	1,105506561	0,048984755	4,608217383	15,25057994	2,993342476	2,12440896
12,16	0,992013492	0,053985879	5,421728218	13,64618116	3,087895687	2,033179808
12,21	0,865910082	0,062959377	7,040840988	11,56175311	3,232959335	1,999636817
12,26	0,832282506	0,062934798	7,483935121	11,05861901	3,259440159	2,118438196
12,31	0,828079059	0,053862985	6,451042549	11,03728663	3,215198889	2,16064086
12,36	0,842791124	0,044674099	5,445406655	11,26038265	3,149613708	2,151981187
12,41	0,781841142	0,043776571	5,44409333	10,29335816	3,198233948	2,157004833
12,46	0,790248036	0,043072924	5,327665949	10,459829	3,183267824	2,179553413
12,51	0,836485953	0,039722456	4,860038964	11,16646398	3,120091411	2,161039162
12,56	0,803909239	0,04109749	5,026285812	10,61668667	3,159379789	2,161437464
12,61	0,823875612	0,042318422	4,9659715	10,91766477	3,14952125	2,161437464
12,66	0,958385916	0,039232661	4,45061327	12,97106301	3,022531396	2,040047371
12,71	0,849096294	0,037157375	4,452622034	11,13092762	3,100230034	1,91923883
12,76	0,714060559	0,039369915	5,112447613	9,067738161	3,240429361	2,012658393
12,81	0,807061824	0,039118984	4,806407134	10,54765339	3,145568024	2,14252491
12,86	0,937368681	0,035257213	3,956816815	12,57393886	3,009087185	2,179553413
12,91	0,916351446	0,034938579	4,006100269	12,17606196	3,024443516	2,198067665
12,96	0,75662046	0,032849468	4,07474364	9,747181888	3,14268555	2,198067665
13,01	0,781841142	0,030520674	3,929082079	10,16292234	3,096207442	2,243333244
13,06	0,806010962	0,0317562	4,058153849	10,46380377	3,087145174	2,238502312
13,11	0,765027354	0,033421449	4,329999941	9,825053793	3,138183081	2,198067665
13,16	0,75662046	0,035399187	4,663769004	9,738974739	3,158033536	2,110546494
13,21	0,765027354	0,036255239	4,6896488	9,824037856	3,158256656	1,860680294
13,26	0,807061824	0,036285962	4,512327718	10,44523735	3,120188828	1,782851827
13,31	0,839113107	0,035737792	4,246314727	10,91159964	3,088579296	1,931268728
13,36	0,88272387	0,031241826	3,50220979	11,47590939	3,020543339	2
13,41	0,96679281	0,030170064	3,053238004	12,39937726	2,962491298	2
13,46	1,143337584	0,038798167	3,378127451	14,78628859	2,919668483	2
13,51	1,38713751	0,049741845	3,766120291	18,04946365	2,863439048	2
13,56	1,438629736	0,065089319	4,754690961	18,58355011	2,919899957	1,988679242
13,61	1,256830653	0,080788333	6,217982097	15,92129351	3,076589202	1,988679242
13,66	1,197982395	0,085866265	7,026898876	15,06268403	3,127933628	1,910857058
13,71	1,218080126	0,086864543	7,349749078	15,09232809	3,129515067	1,800099742
13,76	1,126523796	0,085520748	7,878210913	13,65303686	3,18579276	1,89966222
13,81	0,933165234	0,085106102	8,877154537	10,86900373	3,3236981	2,052618098
13,86	0,865910082	0,075424672	8,700703936	9,913592156	3,344032582	2,08829782
13,91	0,832282506	0,064634611	7,72766807	9,473243418	3,326535431	2,08829782
13,96	0,815468718	0,057268755	7,06341265	9,223047393	3,307786136	2,092730451

Ek Tablo 4'ün devamı

14,01	0,789197174	0,055538219	6,841104949	8,858458188	3,323204375	2,101063776
14,06	0,865910082	0,054874513	6,543997613	9,973502176	3,246624445	2,101063776
14,11	0,874316976	0,052766644	6,145121935	10,10017092	3,227306413	2,08829782
14,16	0,828079059	0,04891211	5,7843071	9,504326869	3,242759086	1,977088654
14,21	0,832282506	0,052735921	6,252646492	9,59550762	3,257344189	1,7387748
14,26	0,865910082	0,051060687	6,016540237	10,04695599	3,219603227	1,750105178
14,31	0,832282506	0,049046848	5,998652713	9,501884147	3,241946825	1,971752381
14,36	0,739806672	0,05047965	6,534885229	8,223217842	3,337809112	2,021099281
14,41	0,752417013	0,050612852	6,64425584	8,398687317	3,325048502	2
14,46	0,78657002	0,040806507	5,238239257	8,83890669	3,23391667	2,021099281
14,51	0,790248036	0,040239903	5,099362518	8,869440118	3,227459929	2,021099281
14,56	0,790248036	0,038181354	5,004066858	8,841427492	3,214600944	2
14,61	0,697772202	0,038472498	5,352401722	7,556388456	3,311917324	2,021099281
14,66	0,670449797	0,040187754	5,779523851	7,257744352	3,347808976	1,940146899
14,71	0,710382543	0,036791119	5,275099224	7,775940819	3,281303377	1,750094175
14,76	0,704602803	0,035639477	5,055009211	7,663013507	3,281156657	1,762511945
14,81	0,701515897	0,035645621	5,111621778	7,581542364	3,287175001	1,931465387
14,86	0,680958414	0,035627187	5,282975731	7,271131444	3,311979493	2
14,91	0,638923944	0,036121511	5,690931804	6,685943986	3,366294277	2
14,96	0,592686027	0,033853638	5,648726297	6,056596434	3,408659137	2
15,01	0,579024824	0,031587221	5,393129183	5,863012211	3,409483722	2
15,06	0,596889474	0,028766489	4,85391071	6,097526443	3,360373794	2

Ek Tablo 5. CPTu-5 kuyusuna ait CPT deney verileri

Derinlik (m)	q _c (MPa)	f _s (MPa)	Q _t	F _r (%)	I _c	İlerleme hızı (cm/sn)
0,01	0	0,000566604	0	-1,909090909	4	0,005
0,06	1,630937436	0,013949886	0	2469,208236	1,155068002	0,565676873
0,11	2,22782691	0,01409364	0,689237807	1902,116389	1,039258156	1,279458487
0,16	2,597730246	0,026829302	1,221207996	1553,56901	1,265622711	1,590568078
0,21	2,160571758	0,03217582	1,434794243	984,6035425	1,473100596	1,793857485
0,26	2,580916458	0,031349847	1,21979828	957,4819546	1,393893306	1,761552602
0,31	2,9424129	0,067698548	2,19099298	923,2106796	1,661366863	1,758041966
0,36	3,715847148	0,076268965	2,157970996	1020,3454	1,601552834	1,918560386
0,41	3,900798816	0,095207642	2,557643095	953,5785414	1,681815253	1,980986929
0,46	3,354350706	0,101633603	2,89831471	738,4414948	1,805809706	1,9506531
0,51	3,27868866	0,088532576	2,631472239	656,2012144	1,777140932	1,928011584
0,56	3,480454116	0,090678526	2,56391904	638,2077563	1,767618758	1,908998513
0,61	3,770491959	0,109403473	2,959822473	638,5985771	1,810859541	1,912626958
0,66	3,707440254	0,158033127	4,453902881	599,0911227	1,976933155	1,931640029
0,71	3,051702522	0,162012939	5,204709617	475,7365189	2,103126824	1,861084831
0,76	2,530475094	0,142918664	5,632065913	385,7954414	2,163195063	1,917143285
0,81	2,01765456	0,130660508	6,178803328	299,3505232	2,265461653	2,099203396
0,86	1,841109786	0,105600881	5,741769157	266,2877359	2,242690002	2,112367654
0,91	1,63934433	0,087035696	5,347145107	232,8828688	2,239683389	1,746621485
0,96	1,378730616	0,092797627	6,721199307	190,9874691	2,373360287	1,741597839
1,01	1,000420386	0,100792181	8,930524679	135,2201356	2,601827566	2,071631169
1,06	0,939470405	0,080579413	8,212487704	123,9235542	2,563753294	2,079964495
1,11	1,00882728	0,077795549	8,280787604	130,2242546	2,513813072	2,102911377
1,16	0,96679281	0,083430868	9,279864619	122,703494	2,567906282	2,120302677
1,21	0,865910082	0,073872503	8,92617622	107,3661075	2,59688168	1,877764434
1,26	0,71458599	0,07304765	9,456444433	86,53445852	2,716093166	1,748230356
1,31	0,697772202	0,067369318	9,466291669	82,81308894	2,707128873	1,87060107
1,36	0,731399778	0,068954362	9,850122298	84,95379009	2,693497419	1,881090569
1,41	0,67255152	0,067215377	9,91306571	76,10062532	2,744669961	1,891198385
1,46	0,622110156	0,063347785	9,857393051	69,12196668	2,77831585	1,891198385
1,51	0,634720497	0,058272925	9,527923253	70,16678542	2,733851547	1,88756994
1,56	0,571668792	0,061611104	10,89137773	62,2997282	2,821946224	1,897677755
1,61	0,496006746	0,068355053	13,53403743	53,38183453	2,950108947	1,9013062
1,66	0,46237917	0,064364244	13,86689589	49,25990213	2,975929747	1,9013062
1,71	0,445565382	0,059110865	13,03880286	47,11678417	2,971480814	1,661613491
1,76	0,457650292	0,056998389	12,51918368	48,18153354	2,94338205	1,781129482
1,81	0,453972276	0,054159222	11,80129802	47,52844175	2,932190565	2,166787457
1,86	0,470786064	0,05133849	10,79966914	49,04565398	2,892804254	2,228166413
1,91	0,508617087	0,051369214	10,38872393	52,85207368	2,845574743	2,232997346

Ek Tablo 5'in devamı

1,96	0,487599852	0,053617197	10,81505936	50,17669193	2,890054188	2,198067665
2,01	0,487599852	0,057583427	11,97634546	49,86346326	2,916563133	2,218284988
2,06	0,466582617	0,05955118	12,70165017	47,2763226	2,958732324	2,264005041
2,11	0,458175723	0,058698201	12,91151636	46,06555146	2,967703227	2,278936958
2,16	0,437158488	0,05641335	12,24347794	43,54331282	2,986519507	2,238047838
2,21	0,479192958	0,055045997	10,78155464	47,73698934	2,920250118	2,093360168
2,26	0,605296368	0,052012627	8,884807739	60,22877167	2,754473332	1,965422589
2,31	0,647330838	0,051467529	8,133552379	63,56185378	2,712709376	1,931857133
2,36	0,63051705	0,052021844	8,227458434	60,83334177	2,737883493	1,9506531
2,41	0,605296368	0,056523955	9,22854045	57,32411744	2,797384879	2,008974338
2,46	0,58848258	0,058223768	9,929343183	54,73421954	2,83063019	1,99765358
2,51	0,561160175	0,059618772	10,51246963	51,63724544	2,87189518	2,00208621
2,56	0,555314756	0,058482491	10,38895078	50,7735031	2,873900188	2,021099281
2,61	0,580075686	0,057084414	10,08880143	52,80247689	2,839408254	2,021099281
2,66	0,609499815	0,053709367	9,115486535	54,90352459	2,79054564	2,021099281
2,71	0,664144626	0,055446048	8,844770435	59,25607863	2,750035355	1,9381742
2,76	0,693568755	0,056609981	8,32167688	61,11977504	2,733475988	1,980372763
2,81	0,689365308	0,057727827	8,26789438	59,83928068	2,748354789	2,071631169
2,86	0,722992884	0,0605885	8,448243743	62,00704959	2,738578164	2,010419536
2,91	0,739806672	0,063433811	8,407188295	62,65474627	2,743408618	1,958345413
2,96	0,790248036	0,065176637	8,170724605	66,22633318	2,714426289	1,978803682
3,01	0,865910082	0,064380496	7,144225078	71,88876043	2,655729814	2,001445198
3,06	1,067675538	0,064019901	6,156540413	88,21856847	2,524747868	1,980986929
3,11	1,185372054	0,06772571	5,886882939	97,02691223	2,481990713	1,980986929
3,16	1,189575501	0,078509626	6,606985306	96,17747531	2,5346396	1,988679242
3,21	1,185372054	0,099455551	8,529843859	94,67037637	2,623613776	1,84150781
3,26	1,13493069	0,107917747	9,671318545	89,39326818	2,683069366	1,869495219
3,31	1,042454856	0,106150343	10,1457514	81,12767824	2,732609578	2,037765932
3,36	0,968894534	0,098716895	9,980850102	74,77798936	2,754139337	2,021099281
3,41	0,958385916	0,089090767	9,478598236	73,00958488	2,728272597	2
3,46	0,865910082	0,082790528	9,304006328	64,88161657	2,770194569	2,029432607
3,51	0,832282506	0,070867259	8,42641912	61,47167433	2,745268731	2,050531888
3,56	0,79865493	0,064043428	8,174457363	58,14611415	2,740651323	2,042198563
3,61	0,680958414	0,054891734	7,349076069	48,53010427	2,79525383	2,042198563
3,66	0,773434248	0,051559699	5,69291952	54,86630985	2,695538041	2,037765932
3,71	1,244220312	0,05360976	4,971481215	88,40535819	2,412821399	1,889361882
3,76	1,101303114	0,055198969	5,121927478	76,84503573	2,504210694	1,842361403
3,81	0,899537658	0,04371941	4,828964743	61,08478316	2,561919253	1,947024655
3,86	0,75662046	0,032270574	4,122395759	49,99844129	2,581944172	1,9506531
3,91	0,697772202	0,027707017	3,910976102	44,24379801	2,598508684	1,9506531

Ek Tablo 5'in devamı

3,96	0,664144626	0,028249042	4,450627029	40,97054615	2,644719145	1,958345413
4,01	0,521227428	0,042876294	7,631856614	31,10390973	2,942427761	1,939332342
4,06	0,512820534	0,050513163	9,718323569	30,21727939	3,010042595	1,931640029
4,11	0,529634322	0,044027937	8,413048743	30,9808058	2,947077347	1,931640029
4,16	0,529634322	0,036646719	6,064061157	30,65149182	2,892023056	1,908998513
4,21	0,739806672	0,032837179	3,806429474	43,45991567	2,637840556	1,759526736
4,26	1,294661676	0,03210952	2,991568288	76,17240464	2,277511421	1,797552878
4,31	1,059268644	0,031635732	3,102578903	59,95285386	2,411135634	1,958345413
4,36	0,67255152	0,026570736	3,571286851	35,7947898	2,665615092	1,942960787
4,41	0,538041216	0,021924224	3,684055712	27,20301132	2,768315197	1,931640029
4,46	0,613703262	0,016313484	2,586655131	30,63496983	2,602852645	1,898890698
4,51	0,765027354	0,020390318	2,770091566	37,9693815	2,527929043	1,880708885
4,56	0,807061824	0,027220293	3,4858881	39,15133445	2,58634394	1,880708885
4,61	0,752417013	0,026610676	3,31582734	35,36389917	2,634394876	1,881090569
4,66	0,874316976	0,025773666	3,093740053	40,50822264	2,534161839	1,870219386
4,71	0,874316976	0,039168141	4,664432241	40,41213914	2,657131296	1,709006876
4,76	0,781841142	0,04306678	5,333037989	35,60061186	2,761779059	1,737678188
4,81	0,807061824	0,053284091	6,381092032	36,57691854	2,810106621	1,958345413
4,86	0,933165234	0,06244193	6,231498876	42,29595408	2,769679191	2
4,91	1,30306857	0,060428982	5,408441764	59,42781581	2,548225956	2,012765956
4,96	1,059268644	0,057434662	5,36559953	47,46736884	2,667371074	2,021099281
5,01	0,874316976	0,040867954	4,312259175	38,67388314	2,683134145	2,008333325
5,06	0,992013492	0,037973163	3,65513835	43,57507902	2,581694487	2
5,11	1,311475464	0,045153709	3,446368924	56,83787979	2,465036069	1,980986929
5,16	1,672971906	0,05844983	3,580268975	70,94904979	2,403580536	1,980986929
5,21	1,908364938	0,065729014	3,5396154	78,80614723	2,370079288	1,9192348
5,26	1,97562009	0,056977371	2,991239293	79,93092381	2,308717054	1,908555055
5,31	1,773854634	0,044358459	2,541448665	70,09797933	2,304963102	2,00208621
5,36	1,412358192	0,041002492	2,880045432	54,19533191	2,4332874	2,029432607
5,41	1,067675538	0,039284891	3,341944047	39,47571367	2,608994924	2,037765932
5,46	1,063472091	0,040162448	3,681944512	38,53865457	2,624500264	2,042198563
5,51	1,13493069	0,041357104	3,696412379	40,51295087	2,596869403	2,042198563
5,56	1,116015179	0,037634235	3,221238342	39,03561543	2,585658977	2,021099281
5,61	1,244220312	0,040005112	3,404383455	43,01041651	2,538859219	2
5,66	1,109710008	0,042739819	3,597997456	37,373581	2,639548593	1,977358484
5,71	1,185372054	0,05979325	5,520488882	40,20687887	2,695406737	1,859925914
5,76	0,958385916	0,056221573	5,659580115	31,95478414	2,815577842	1,863554358
5,81	0,899537658	0,051085266	5,797849336	29,69432627	2,829361427	1,980986929
5,86	0,79865493	0,057810781	7,036261094	25,97261068	2,948248182	2
5,91	0,79865493	0,068576263	8,55098471	25,81501977	3,003933177	2

Ek Tablo 5'in devamı

5,96	0,807061824	0,071415429	8,681005688	25,92771161	3,012455629	1,988679242
6,01	0,849096294	0,068046526	8,288597224	27,29963208	2,96385391	1,977358484
6,06	0,790248036	0,063175088	8,110485064	25,11256362	2,990123732	1,980986929
6,11	0,71458599	0,059449147	7,924929673	22,39685331	3,039810469	1,969666171
6,16	0,79865493	0,055544364	6,170886258	25,14892069	2,945969374	1,977358484
6,21	1,178016022	0,059263514	6,126322773	37,43730695	2,720147932	1,8631868
6,26	0,823875612	0,052163172	6,369560165	25,27513622	2,920422601	1,840545285
6,31	0,512820534	0,034937689	6,326216997	14,74136918	3,129542558	1,958345413
6,36	0,403530912	0,030324974	7,094254287	11,02787515	3,264740851	1,961973858
6,41	0,369903336	0,022367935	5,684248823	9,906176217	3,242130951	1,980986929
6,46	0,411937806	0,015032802	3,337540929	11,22273287	3,054048758	1,969666171
6,51	0,571668792	0,012895424	2,448982187	16,24468783	2,785565802	1,928011584
6,56	0,569567069	0,016276615	2,711483224	15,89641768	2,85528513	1,928011584
6,61	0,655737732	0,031075919	4,714667162	18,42410793	2,940015421	1,920319271
6,66	0,731399778	0,046429537	6,41038499	20,70550943	2,984930057	1,891198385
6,71	0,781841142	0,057518262	7,563210897	22,3570943	3,001485978	1,84500193
6,76	0,769230801	0,061752432	7,760330714	21,83660486	3,036419556	1,933889252
6,81	0,849096294	0,064086441	7,444136259	24,23424015	2,982496291	2,037765932
6,86	0,958385916	0,057360926	5,953024426	27,50684114	2,869052042	2,021099281
6,91	1,076082432	0,043848448	4,067489225	31,05391797	2,711621905	2,029432607
6,96	1,202185842	0,042240806	3,581580132	34,46856705	2,632045664	2,016666651
7,01	1,227406524	0,053024722	4,240195225	34,78286133	2,690944852	2
7,06	1,30306857	0,072911175	5,517983124	36,75176286	2,75340064	1,980986929
7,11	1,412358192	0,092822206	6,500707094	39,86080282	2,778807949	1,980986929
7,16	1,521647814	0,105367382	6,917208417	42,82185214	2,774423413	1,992307687
7,21	1,588902966	0,111082583	7,107584332	44,33703645	2,768760511	1,749525172
7,26	1,55527539	0,125223111	8,181630929	43,11172569	2,82385151	1,738204414
7,31	1,437578874	0,124003877	8,493118679	39,4771047	2,87312952	2,00208621
7,36	1,420765086	0,11775894	8,276174503	38,93118847	2,863268028	2,021099281
7,41	1,42917198	0,108699416	7,534170103	39,07175593	2,83352326	2
7,46	1,479613344	0,102503637	6,964257134	40,38654102	2,792804689	2
7,51	1,51324092	0,097142403	6,450505546	41,16184369	2,762433756	2
7,56	1,521647814	0,103667569	7,020971803	41,21576435	2,781235546	1,988679242
7,61	1,361916828	0,111778871	8,200652389	36,4929438	2,878922744	1,9401636
7,66	1,160151372	0,111077084	8,967060369	30,46056306	2,986286805	1,902137458
7,71	1,17696516	0,114747722	9,534665935	30,64466905	2,991785221	1,759321302
7,76	1,294661676	0,11370054	8,691093524	33,84986646	2,926459978	1,77064206
7,81	1,479613344	0,105619961	7,443760918	38,74431584	2,818400127	1,961973858
7,86	1,461748694	0,105878684	7,010672637	38,10202152	2,828102367	1,977358484
7,91	1,595208137	0,102029203	6,510459656	41,57017369	2,761385199	1,969666171

Ek Tablo 5'in devamı

7,96	1,630937436	0,104880659	6,495082094	42,33745411	2,757733461	1,969666171
8,01	1,614123648	0,102035348	6,409357309	41,64657472	2,757633529	1,947024655
8,06	1,521647814	0,107067195	6,969621126	38,91628589	2,813434721	1,9506531
8,11	1,479613344	0,106469867	7,495546189	37,58051962	2,831737603	1,942960787
8,16	1,252627206	0,111970003	8,567813801	31,29090856	2,959035529	1,912626958
8,21	1,227406524	0,110665956	8,652128883	30,6921051	2,965796726	1,709206456
8,26	1,403951298	0,104148148	7,712636036	35,30815524	2,859000799	1,598978549
8,31	1,395544404	0,100750058	7,293766178	34,77812571	2,856352152	1,751293266
8,36	1,311475464	0,101247534	7,663441909	32,30845392	2,90185143	1,861521173
8,41	1,244220312	0,103611054	8,38842649	30,4469808	2,94438471	1,928011584
8,46	1,118116902	0,095440163	8,422536183	27,03089332	2,989939668	1,969666171
8,51	1,040353133	0,081780213	7,455317739	24,89895165	2,990429855	1,980986929
8,56	1,17696516	0,072819004	6,282810006	28,35828545	2,873210522	1,988679242
8,61	1,269440994	0,07388737	6,051680639	30,63557373	2,829069319	1,980986929
8,66	1,202185842	0,076803668	6,02411096	28,76866944	2,878484894	1,980986929
8,71	1,378730616	0,08656498	6,550513895	33,55931508	2,820094475	1,770226997
8,76	1,336696146	0,084267839	6,209557688	32,36290826	2,832725157	1,72209304
8,81	1,328289252	0,085394903	6,434029028	32,04627047	2,841724293	1,929224527
8,86	1,2967634	0,083103907	6,290147907	31,08527645	2,850699131	1,977358484
8,91	1,335645284	0,082001422	6,132409333	31,79402653	2,831488313	1,980986929
8,96	1,374527169	0,087131584	6,54574215	32,45247848	2,836717626	1,969666171
9,01	1,244220312	0,093010266	7,29805496	29,01406563	2,924854763	1,980986929
9,06	1,168558266	0,089244384	7,99091185	26,82927156	2,958708151	1,969666171
9,11	0,874316976	0,090735277	9,866982426	19,2909164	3,165271661	1,958345413
9,16	0,722992884	0,083819276	10,98423157	15,50905374	3,274060898	1,961973858
9,21	0,722992884	0,075886816	9,682143006	15,69321356	3,235415906	1,881390357
9,26	0,916351446	0,060163224	6,701487288	20,44139852	3,001037886	1,88908267
9,31	1,013030727	0,053717938	5,544250333	22,77585932	2,899582274	1,977358484
9,36	0,941572128	0,057348636	6,202557107	20,91579415	2,9703129	1,988679242
9,41	0,823875612	0,062355905	7,41438286	17,85828817	3,091454884	2,012765956
9,46	0,781841142	0,064446875	8,470669005	16,80735394	3,137581738	2,021099281
9,51	0,680958414	0,062818049	8,899558961	14,25826252	3,22972523	2,008333325
9,56	0,67255152	0,058851819	8,824776378	13,99018273	3,220604584	2
9,61	0,647330838	0,05033432	7,984558362	13,34244153	3,202002989	2
9,66	0,629466188	0,046922405	7,720781632	12,87097023	3,202332812	2
9,71	0,647330838	0,045801486	7,175570662	13,54290845	3,162967413	1,749578106
9,76	0,722992884	0,046283278	6,424608919	15,28617848	3,090687083	1,728408861
9,81	0,773434248	0,049293282	6,172037553	16,40555598	3,064747851	1,999930036
9,86	0,891130764	0,051094483	5,667858679	19,19035923	2,978044816	2,050531888
9,91	1,000420386	0,053992024	5,554465669	21,56397627	2,921719102	2,050531888

Ek Tablo 5'in devamı

9,96	0,989911769	0,056246151	5,744560246	21,1994162	2,943277378	2,050531888
10,01	0,933165234	0,057909096	6,198951371	19,70605239	2,995755295	2,050531888
10,06	0,8406894	0,062374339	7,204672617	17,41025681	3,093027176	2,042198563
10,11	0,813366995	0,063841705	7,69459205	16,72790562	3,123529337	2,037765932
10,16	0,851198018	0,060686815	6,634362164	17,55565047	3,077572303	2,037765932
10,21	1,101303114	0,051799343	2,776186129	23,43075289	2,850843468	1,802348417
10,26	3,799916088	0,040499603	1,174761938	83,56897309	1,998327217	1,72179442
10,31	5,17023981	0,035216312	0,708058015	113,4347635	1,771474134	1,809409487
10,36	5,792349966	0,027581547	0,469721622	125,9459188	1,643773876	1,768214858
10,41	6,902059974	0,033538494	0,488299109	148,8605605	1,587833207	1,82940644
10,46	8,062211346	0,034222982	0,422993418	172,3067637	1,501400324	1,850003755
10,51	9,323245446	0,039110917	0,420578335	197,3676729	1,449711911	1,822545385
10,56	10,31525894	0,044804533	0,438004087	216,1393094	1,426637674	1,801948071
10,61	10,87852084	0,048180147	0,44360445	225,4724486	1,417066363	1,789621413
10,66	11,31567932	0,05359911	0,474525409	231,968664	1,425494277	1,771137118
10,71	11,75283781	0,049949332	0,424379257	238,4673491	1,386441583	1,589171493
10,76	12,25725145	0,050037784	0,4338918	245,9945722	1,364979006	1,388624418
10,81	9,75199704	0,055778367	0,56685643	192,9431292	1,539804661	1,380632269
10,86	7,087011642	0,09333061	1,07839634	138,0494288	1,893919761	1,4197047
10,91	10,00420386	0,121766262	1,335176393	194,5163986	1,764286062	1,448843038
10,96	10,21437621	0,118520253	1,193072201	196,0140096	1,747736117	1,440434384
11,01	9,390500598	0,113003621	1,240280659	178,2127091	1,787849072	1,4197047
11,06	7,641866646	0,094542407	1,098183254	143,0446196	1,86403948	1,459513116
11,11	9,314838552	0,181889056	1,99520558	173,3869311	1,954480588	1,480548036
11,16	11,08028629	0,175246983	1,695429177	204,8229134	1,837035066	1,430069542
11,21	11,23581383	0,166427475	1,545490728	205,8502344	1,81350262	1,340427864
11,26	10,8659105	0,108215624	0,993037451	196,9760989	1,697914669	1,330799007
11,31	10,55905886	0,099427759	0,982946974	189,5088958	1,692476748	1,441475606
11,36	8,684321502	0,087938494	1,054137093	153,8378687	1,780377457	1,521133304
11,41	5,851198224	0,063203558	1,004520463	101,6668724	1,935212845	1,550160086
11,46	4,754098557	0,104844768	2,10882804	81,28668071	2,220442564	1,568814218
11,51	4,405212456	0,112007848	2,414825085	74,47438068	2,292229104	1,590327251
11,56	4,657419276	0,122957671	2,466410518	78,28208111	2,288338862	1,600102425
11,61	5,67465345	0,125400993	2,513302016	95,29977927	2,171299416	1,588065827
11,66	4,144598742	0,105584715	2,13203079	68,20146361	2,320698666	1,590625989
11,71	5,523329358	0,090160922	1,520147579	91,21256907	2,091472388	1,561467218
11,76	8,163094074	0,106822069	1,392432772	135,0396888	1,899480083	1,599754465
11,81	8,852459382	0,111883348	1,318478948	145,4501201	1,86556417	1,689998448
11,86	8,179907862	0,071704892	0,883794476	133,0327119	1,7853136	1,700759816
11,91	7,35603225	0,054671187	0,749541501	118,3269609	1,779455463	1,728324008

Ek Tablo 5'in devamı

11,96	6,498529062	0,050644801	0,784243795	103,3107868	1,839540714	1,767890358
12,01	5,683060344	0,041850063	0,736232555	89,22098507	1,876923735	1,780217016
12,06	5,0441364	0,039382891	0,759869372	78,20432575	1,939341566	1,792868173
12,11	4,976881248	0,036500712	0,765067751	76,49797164	1,931659877	1,822545385
12,16	4,169819424	0,035910821	0,951682864	63,08896575	2,042178592	1,819298625
12,21	2,22782691	0,044690272	1,766533735	32,15989446	2,506852709	1,72901448
12,26	1,572089178	0,081620695	4,558936486	21,77468036	2,915331186	1,710854685
12,31	1,689785694	0,069806494	4,414036727	23,55009363	2,82035312	1,80113883
12,36	1,454392662	0,065655923	4,501309368	19,77463501	2,908747563	1,860493255
12,41	1,2610341	0,067781012	5,272291962	16,72591969	3,019767712	1,891198385
12,46	1,185372054	0,073391753	6,319005163	15,53877127	3,087447218	1,920319271
12,51	1,042454856	0,068187855	6,472822864	13,3074968	3,160389504	1,939323242
12,56	0,958385916	0,061881471	6,077510855	12,02548729	3,193741052	1,9506531
12,61	1,101303114	0,054632364	5,215666176	14,24981429	3,053503475	1,980986929
12,66	1,067675538	0,048375138	4,601254296	13,70983856	3,042016998	2,016666651
12,71	0,992013492	0,046620023	4,616770377	13,08606085	3,058844208	1,908183241
12,76	0,996216939	0,048322908	4,833384601	13,1651976	3,064180391	1,872503519
12,81	1,00882728	0,048048823	4,77757791	13,30498307	3,055187179	1,980986929
12,86	1,00882728	0,047198917	4,758860046	13,29457068	3,049764276	1,980986929
12,91	0,96679281	0,044335172	4,601766314	12,69788903	3,059604322	1,989320254
12,96	0,941572128	0,039783903	4,150435893	12,39008044	3,044066589	2,016666651
13,01	0,985708322	0,03698775	3,858728591	12,96523691	2,995164402	2,008333325
13,06	0,941572128	0,038650695	4,1240296	12,23034101	3,041025706	2
13,11	0,899537658	0,039186575	4,654082812	11,44981927	3,084092155	2,021099281
13,16	0,67255152	0,040153877	5,532192461	7,935391435	3,313968418	2,021099281
13,21	0,627364465	0,031617944	4,848633311	7,340910761	3,296019691	1,860651982
13,26	0,67255152	0,028255187	4,114646842	8,176403505	3,199888316	1,741842842
13,31	0,765027354	0,026056361	3,450417682	9,493352743	3,086535602	1,780541515
13,36	0,819672165	0,026665978	3,308720882	10,18878053	3,04770488	1,82940644
13,41	0,823875612	0,028365791	3,362471412	10,19869062	3,061156272	1,87060107
13,46	0,886927317	0,033511315	3,899922498	11,12943205	3,049683026	1,881090569
13,51	0,8406894	0,034050268	4,09198604	10,30069617	3,099554659	1,891198385
13,56	0,75662046	0,032276719	3,737259642	9,091114292	3,160233919	1,887188256
13,61	1,034047962	0,030785826	3,01301646	13,11217484	2,923370829	1,887188256
13,66	1,378730616	0,028204737	2,320531714	17,26595965	2,732661571	1,8908167
13,71	1,340899593	0,05482285	4,206559054	16,38354939	2,939271827	1,563054216
13,76	1,319882358	0,075189881	5,668762799	16,01303377	3,04237836	1,392933702
13,81	1,319882358	0,081422529	6,352559119	15,96110897	3,066959404	1,609661627
13,86	1,202185842	0,080769898	6,915754553	14,15805913	3,137546769	1,689998448
13,91	0,992013492	0,080049677	7,580208959	11,25704308	3,275002061	1,700759816

Ek Tablo 5'in devamı

13,96	1,00882728	0,07666234	7,406860661	11,53192233	3,246974279	1,697837555
14,01	1,101303114	0,06993068	6,590723938	12,85782437	3,153022968	1,728324008
14,06	1,025641068	0,065482659	6,510792785	11,66074036	3,193479597	1,800814331
14,11	0,88272387	0,06493942	7,124762018	9,670675698	3,305194769	1,850385439
14,16	0,865910082	0,065225794	7,373282979	9,531475229	3,314758666	1,860493255
14,21	0,941572128	0,065281097	6,970604259	10,59936151	3,249337254	1,820686054
14,26	1,006725557	0,06023696	6,138089055	11,46232799	3,177926495	1,839699125
14,31	0,983606598	0,060203164	6,426865789	11,07674888	3,198151382	1,961834812
14,36	0,807061824	0,060936322	7,118328752	8,611576035	3,355214881	2,033865237
14,41	0,79865493	0,059510594	7,380942147	8,577817601	3,350322467	2,067198539
14,46	0,814943287	0,04989061	6,159471391	8,832559249	3,282350067	2,096631145
14,51	0,815468718	0,046490984	5,773172326	8,766831397	3,266852899	2,101063776
14,56	0,790248036	0,048135414	6,079052173	8,39799489	3,302166277	2,101063776
14,61	0,778163126	0,048160074	6,246695821	8,222562369	3,314663249	2,101063776
14,66	0,790248036	0,044772737	5,984274804	8,437324612	3,278276797	2,092730451
14,71	0,735603225	0,043036056	5,991339419	7,714626285	3,321612652	1,831095332
14,76	0,697772202	0,040738915	5,843842229	7,245967021	3,344403412	1,720165497
14,81	0,659941179	0,037881315	5,676140425	6,780228866	3,364736746	1,931268728
14,86	0,651534285	0,036163068	5,50672162	6,734737762	3,355840527	2,016666651
14,91	0,655737732	0,033348481	5,100734026	6,718288523	3,335220415	2,029432607
14,96	0,643127391	0,032196838	4,91789884	6,520008985	3,343442182	2,042198563
15,01	0,664144626	0,032215272	4,907384209	6,801822204	3,31705747	2,050531888
15,06	0,647330838	0,031636378	4,870175383	6,513315546	3,337892113	2,029432607

ÖZGEÇMİŞ

Lise öğrenimini Bağcılar Lisesi'nde (İstanbul) tamamladı. 2006 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Yabancı Diller Yüksekokulu'nda İngilizce yabancı dil eğitimine başladı. 2007 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2011 yılında tamamladı. 2012 yılının ağustos ayında aynı bölüme araştırma görevlisi olarak atandı ve yüksek lisans eğitimine başladı. 2015 yılında Jeoloji Yüksek Mühendisi unvanıyla yüksek lisans eğitimini tamamladı ve aynı yıl doktora eğitimine başladı. Halen Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü'nde araştırma görevlisi olarak görev yapmaktadır. B2 seviyesinde İngilizce bilmektedir. “Modelling of the landslide-induced impulse waves in the Artvin Dam reservoir by empirical approach and 3D numerical simulation (H Ersoy, M Karahan, K Gelişli, A Akgün, T Anılan, MO Sünnetci, BK Yahşi)” adlı çalışmayla Mühendislik Jeolojisi Derneği'nin her yıl verdiği “Erguvanlı Mühendislik Jeolojisi Ödülleri – Uluslararası Makale” ödülünü 2020 yılında almıştır.