

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nurgül ŞEFLEK

**CEYHUNKENT TOPLU KONUTLARI (CEYHAN/ ADANA)
İNŞA SAHASININ JET GROUT YÖNTEMİ İLE ISLAHI**

JEOLojİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

ADANA, 2012

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**CEYHUNKENT TOPLU KONUTLARI (CEYHAN/ ADANA) İNŞA
SAHASININ JET GROUT YÖNTEMİ İLE ISLAHI**

Nurgül ŞEFLEK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ

Bu tez 15/02/2012 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından Oybirliği ile Kabul Edilmiştir.

.....		
Prof. Dr. Hasan ÇETİN	Doç. Dr. Şaziye BOZDAĞ	Doç.Dr.Ahmet Mahmut KILIÇ
DANIŞMAN	ÜYE	ÜYE

Bu tez Enstitümüz Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanmıştır.

Kod No:

Prof. Dr. İlhami YEĞİNGİL
Enstitü Müdürü

Bu Çalışma Çukurova Üniversitesi Araştırma Birimi Tarafından Desteklenmiştir.

Proje No: MMF2009YL67

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

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

CEYHUNKENT TOPLU KONUTLARI (CEYHAN/ ADANA) İNŞA SAHASININ JET GROUT YÖNTEMİ İLE ISLAHI

Nurgül ŞEFLEK

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Hasan ÇETİN

Yıl: 2012, Sayfa: 217

Jüri : Prof. Dr. Hasan ÇETİN

: Doç Dr. Şaziye BOZDAĞ

: Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

Bu çalışma 2010-2012 öğretim yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Adana ili, Ceyhan ilçesinde inşa edilen Ceyhunkent toplu konutlarına yönelik zemin ıslah çalışması bu tezin çalışma konusunu kapsamaktadır. Ceyhan İlçesinin zemin özellikleri yapılacak olan toplu konut projesini olumsuz yönde etkilemekte olduğundan zemin iyileştirme yoluna gidilmiştir. Zemin iyileştirme yöntemleri göz önüne alınarak belirlenmiş olan ıslah yöntemi jet grout olmuştur. Çalışmanın amacı, seçilen ıslah yöntemi ile zeminde meydana gelecek farklılıkların belirlenmesidir. Bu amaç doğrultusunda söz konusu arazinin temel zeminden ve jet grout yöntemi ile iyileştirilmiş zeminden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler üzerinde gerekli zemin mekaniği deneyleri yapılmıştır. İlk olarak zemin sınıflamasında kullanılan Atterberg (kıvam) limitleri, özgül ağırlık ve tane boyu analiz deneyleri yapılmış olup sonrasında mühendislik parametrelerinin araştırılması açısından serbest basınç, kesme kutusu, konsolidasyon deneyleri yapılmıştır. Deney sonuçları değerlendirilerek uygulamanın etkinliği analiz edilmiştir. Son olarak her iki zeminin gösterdiği dayanım ve oturma koşulları, oluşabilecek sıvılaşma riski ve yeraltı suyunun etkisi gözlenerek nasıl bir durum oluşabileceği ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Zemin iyileştirmesi, enjeksiyon teknikleri, jet grout yöntemi, zemin ıslahı, sıvılaşma

ABSTRACT

MSc THESIS

IMPROVEMENT WITH JET GROUTING METHOD OF CEYHUNKENT PUBLIC HOUSING (CEYHAN / ADANA) CONSTRUCTION AREA

Nurgül ŞEFLEK

**DEPARTMENT OF GEOLOGY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF ÇUKUROVA**

Supervisor : Prof. Dr. Hasan ÇETİN

Year: 2012, Page: 217

Jury : Prof. Dr. Hasan ÇETİN

: Assoc. Prof. Dr. Şaziye BOZDAĞ

: Assoc. Prof. Doç. Dr. Ahmet Mahmut KILIÇ

This study has been prepared as an MSc thesis at the Department of Geology in the Institute of Natural and Applied Sciences, University of Çukurova in the academic year of 2010-2012.

Soil improvement is the study for Ceyhunkent public housing constructed in Ceyhan district, Adana is the subject of this study. The soil improvement has been needed due to the improper soil properties of Ceyhan district which would have negatively affected the public housing project. Jet grouting method has been determined as the suitable method after evaluating the other improvement methods. The aim of the study is to determine the differences in the engineering parameters after the application of the selected improvement method. For this purpose, required soil mechanics experiments performed on disturbed and undisturbed samples taken both from the unimproved foundation soil and from the improved soil by the jet grouting method. Firstly, Atterberg, Limits, specific gravity and grain size analysis tests had been made for soil classification and then, the uniaxial pressure, shear box and consolidation tests were performed in order to determine the engineering parameters. Effectiveness of the improvement has been analyzed by evaluating the experimental results. Finally, strength and consolidation characteristics of both improved and unimproved foundation soils, their liquefaction and possibility at ground water effects have been determined.

Key Words: Soil improvement, injection techniques, jet grout method, soil stability, liquefaction

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans çalışmalarımda bana her türlü desteği gösteren, değerli önerileri ile başarı göstermemi sağlayan ve gerekli imkanları sunan değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Hasan ÇETİN'e teşekkür ederim.

Bölüm Başkanımız Sayın Prof. Dr. Ulvi Can ÜNLÜGENÇ'e ve Jeoloji Mühendisliği Bölümü değerli hocalarıma teşekkür ederim.

Çalışmam süresince benden yardımlarını ve bilgilerini esirgemeyen çok sevdiğim ve saydığım ve laboratuvar çalışmalarımda da yardımcı olan değerli arkadaşlarım Jeoloji Yüksek Mühendisi Barış KAYHAN'a, Jeoloji Mühendisi Meltem TAŞÇI'ya, Jeoloji Mühendisi Mustafa BELEN'e, Jeoloji Yüksek Mühendisi Mustafa KILIÇ'a, Jeoloji Yüksek Mühendisi Emre PINARCI'ya ve Jeoloji Mühendisi Onur ÖZKALE'ye teşekkür ederim.

Tez yazım çalışmaları sırasında bana yardımcı olan Maden İşleri Genel Müdürlüğünde görev alan sevgili arkadaşlarım Maden Yüksek Mühendisi İlkem ARSLAN ve Jeoloji Mühendisi Ali KOZAN'a teşekkür ederim.

Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonuna (MMF2009YL67) sağladığı maddi kaynaktan dolayı teşekkür ederim.

Her an yanımda hissettiğim, hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen çok sevdiğim canım aileme çok teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT	II
TEŞEKKÜR	II
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ	X
SİMGELER VE KISALTMALAR	XIV
1. GİRİŞ	1
1.1. Zemin Islahı.....	1
1.2. Zemin Islah Yöntemleri	2
1.2.1. Derin İyileştirme Yöntemleri.....	3
1.2.2. Yüzeysel İyileştirme Yöntemleri	4
1.3. Enjeksiyon Tekniği	5
1.3.1. Enjeksiyon Yöntemlerinin Uygulama Alanları	5
1.3.2. Enjeksiyon Çeşitleri	6
1.4. Jet Grout Yöntemi.....	8
1.4.1. Jet Grout Yönteminin Tarihsel Gelişimi	9
1.4.2. Jet Grout Yönteminin Uygulanışı ve Aşamaları.....	10
1.4.3. Jet Grout Yapımında Kullanılan Ekipmanlar	11
1.4.4. Jet Grout Sistemleri.....	12
1.4.4.1. Tek Akışkanlı Sistem (JET1)	13
1.4.4.2. Çift Akışkanlı Sistem (JET2)	14
1.4.4.3. Üç Akışkanlı Sistem (JET3).....	15
1.4.5. Jet Grout Yönteminin İşletim Parametreleri.....	16
1.4.6. Jet Grout Yöntemi Uygulama Alanları.....	18
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	21
2.1. Genel Jeoloji Çalışmaları	21
2.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları	21
3. MATERYAL VE METOT	27

3.1. Materyal.....	27
3.2. Metot	27
3.2.1. Literatür Taraması	27
3.2.2. Arazi Çalışmaları	28
3.2.2.1. Arazi Deneyi.....	29
3.2.2.1.(1). Standart Penetrasyon Deneyi	29
3.2.2.1.(1).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler	30
3.2.2.1.(1).b. Deneyin Yapılışı.....	31
3.2.3. Laboratuar Çalışmaları	32
3.2.3.1. Atterberg (Kıvam) Limitleri Deneyleri.....	33
3.2.3.1.(1). Deney İçin Numunenin Hazırlanması.....	34
3.2.3.1.(2). Likit Limit Deneyi	34
3.2.3.1.(2).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler	35
3.2.3.1.(2).b. Casagrande (Likit Limit) Aleti'nin Ayarlanması.....	35
3.2.3.1.(2).c. Gerekli Ölçümler	36
3.2.3.1.(2).ç. Deneyin Yapılışı.....	36
3.2.3.1.(3). Plastik Limit Deneyi	38
3.2.3.1.(3).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler	38
3.2.3.1.(3).b. Deneyin Yapılışı.....	39
3.2.3.1.(4). Plastisite İndisi (PI), Likitlik İndisi (LI), Kıvam İndisi (CI) ve Aktivite (Ac) Değerlerinin Hesaplanması	40
3.2.3.2. Özgül Ağırlık Deneyi.....	42
3.2.3.2.(1). Gerekli Araçlar ve Gereçler	42
3.2.3.2.(2). Piknometrenin Kalibrasyonu.....	42
3.2.3.2.(3). Gerekli Ölçümler	43
3.2.3.2.(3).a. Piknometrenin Kalibrasyonu.....	43
3.2.3.2.(3).b. Özgül Yoğunluğun Belirlenmesi.....	43
3.2.3.2.(4). Deneyin Yapılışı.....	44
3.2.3.2.(5). Hesaplamalar	46

3.2.3.3. Tane Boyu Analizi	46
3.2.3.3.(1). Hidrometre Analizi	47
3.2.3.3.(1).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler	47
3.2.3.3.(1).b.Gerekli Ölçümler	48
3.2.3.3.(1).c. Deneyin Yapılışı	48
3.2.3.3.(1).ç. Hesaplamalar	50
3.2.3.3.(2). Elek Analizi.....	52
3.2.3.3.(2).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler	53
3.2.3.3.(2).b.Gerekli Ölçümler	53
3.2.3.3.(2).c. Deneyin Yapılışı.....	53
3.2.3.4. Serbest Basınç (Tek Eksenli) Deneyi	55
3.2.3.4.(1). Gerekli Araçlar ve Gereçler	55
3.2.3.4.(2). Gerekli Ölçümler	55
3.2.3.4.(3). Örselenmemiş Numunenin Hazırlanması	56
3.2.3.4.(4). Deneyin Yapılışı	56
3.2.3.4.(5). Hesaplamalar	58
3.2.3.5. Kesme Kutusu Deneyi	59
3.2.3.5.(1). Gerekli Araçlar ve Gereçler	60
3.2.3.5.(2). Gerekli Ölçümler	60
3.2.3.5.(3). Deneyin Yapılışı.....	60
3.2.3.5.(4). Hesaplamalar	62
3.2.3.6. Konsolidasyon Deneyi.....	63
3.2.3.6.(1). Gerekli Araçlar ve Gereçler	64
3.2.3.6.(2). Gerekli Ölçümler	65
3.2.3.6.(3). Deney Numunesinin Hazırlanması.....	65
3.2.3.6.(4). Deneyin Düzeneginin Hazırlanması	66
3.2.3.6.(5). Deneyin Yapılışı.....	66
3.2.3.6.(6). Hesaplamalar	67
3.2.4. Büro Çalışmaları	69
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	71
4.1. Arazi Çalışmaları ve Arazi Deneyleri.....	71

4.1.1. Arazi Çalışmaları	71
4.1.1.1.Bölgenin Genel Jeolojisi	71
4.1.1.1.(1). Metamorfik Bloklar (PM)	72
4.1.1.1.(2). Dokuztekne Volkano-Sedimanterleri (Ktçd)	72
4.1.1.1.(3). Bodrumkale formasyonu (KTçb)	72
4.1.1.1.(4). Bulgurkaya Olistostromu (Tbul)	72
4.1.1.1.(5). Kızıldere Formasyonu (Mkl).....	73
4.1.1.1.(6). KarataşFormasyonları (Tka)	73
4.1.1.1.(7). Delihalil Volkaniti (Tüf-Bazalt-Qb).	73
4.1.1.1.(8). Kaliçi (Ps).....	74
4.1.1.1.(9). Alüvyon (Qal).....	74
4.1.1.2. İnceleme Alanının Jeolojisi	76
4.1.1.3. İnceleme Alanının Depremselliği	76
4.1.1.4. İnceleme Alanına Ait Sondaj Çalışmaları.....	79
4.1.1.5. İnceleme Alanına Ait Zemin Kesitleri.....	85
4.1.1.6. Zemin Islah Yönteminin Seçilmesi ve Uygulanması	86
4.1.2. Arazi Deneyleri	92
4.1.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)	92
4.2. Laboratuar Çalışmaları.....	100
4.2.1. Numunelerin İndeks Özellikleri.....	100
4.2.2. Numunelerin Mühendislik Özellikleri.....	104
4.2.2.1. Sıvılaşma	105
4.2.2.2. Serbest Basınç Dayanım Sonuçları.....	113
4.2.2.3. Kesme Kutusu Dayanım Sonuçları.....	117
4.2.2.4. Konsolidasyon Deney Sonuçlar	124
4.2.2.5. Taşıma Gücü.....	127
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	131
KAYNAKLAR.....	133
ÖZGEÇMİŞ... ..	141
EKLER.....	142

ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1. Jet grout tekniğinin temel işletim parametreleri	17
Çizelge 3.1. Zemin cinsi ve kullanılan piknometre hacmine göre numune miktarı	44
Çizelge 3.2. Karıştırma süreleri	48
Çizelge 4.1. Deprem Bölgelerine Göre Olası Maksimum Yer İvmesi Değerleri	76
Çizelge 4.2. Sondaj kuyularının derinlik ve koordinatları	81
Çizelge 4.3. Yeraltı suyunun özellikleri ve betona olan etkinlik derecesi	84
Çizelge 4.4. İyileştirme sonrası açılan sondaj kuyularının özellikleri.....	84
Çizelge 4.5. Deney kilde yapıldığı durumda değerlendirmenin kıvamlılık ölçütü,darbe sayısı ve taşıma gücü	93
Çizelge 4.6. Deney kumda yapıldığı taktirde kıvamlılık yerine görelî yoğunluk hakkındaki yorumu	93
Çizelge 4.7. SK-1 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	94
Çizelge 4.8. SK-2 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	94
Çizelge 4.9. SK-3 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	95
Çizelge 4.10. SK-4 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	95
Çizelge 4.11. SK-5 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	96
Çizelge 4.12. SK-6 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	96
Çizelge 4.13. SK-7 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	97
Çizelge 4.14. SK-8 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	97
Çizelge 4.15. SK-9 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	98
Çizelge 4.16. SK-10 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	98
Çizelge 4.17. SKJ-1 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	99
Çizelge 4.18. SKJ-2 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları	99
Çizelge 4.19. Atterberg deneyleri sonucunda elde edilen veriler	100
Çizelge 4.20. Plastisite derecesinin plastisite indisine (PI) göre belirlenmesi	101
Çizelge 4.21. Numunelerin tane boyu analizinden elde edilen veriler	104

Çizelge 4.22. Serbest basınç dayanımı, q_u , değerine bağlı olarak	
zeminlerin kıvamı	114
Çizelge 4.23. İki zemine ait serbest basınç dayanım, kohezyon değerleri ve	
zemin kıvamı.....	117
Çizelge 4.24. İçsel sürtünme (kayma direnci) açısının tipik değerleri	123
Çizelge 4.25. Konsolidasyon Dereceleri (OCR)	126
Çizelge 4.26. İki zemine ait ön konsolidasyon basınçları, OCR değerleri ve	
konsolidasyon sınıflamaları	126
Çizelge 4.27. Oturma miktarı ve konsolidasyon katsayıları	127
Çizelge 4.28. Temel geometrilerine göre k katsayıları	129
Çizelge 4.29. Taşıma gücü ve emniyet gerilmesi	129

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1. Enjeksiyon çeşitleri	7
Şekil 1.2. Tane dağılımına göre enjeksiyon çeşitleri ve zemin cinsine göre enjeksiyon sınırları.....	8
Şekil 1.3. Enjeksiyonun püskürme memelerinden çıkışı	11
Şekil 1.4. Jet grout yönteminin uygulanışı.....	11
Şekil 1.5. Tipik bir jet grout tesisi	12
Şekil 1.6. Jet grout sistemleri	13
Şekil 1.7. Tek akışkanlı jet grout sistemi.....	14
Şekil 1.8. Çift akışkanlı jet grout sistemi.....	15
Şekil 1.9. Üç akışkanlı jet grout sistemi	16
Şekil 1.10.Yer bulduru haritası	20
Şekil 3.1. Çalışma arazisine ait genel görünümü	28
Şekil 3.2.. Standart penetrasyon takım kesiti	29
Şekil 3.3. Killerin likitlik indisine (LI) göre sınıflandırılması ve değişik su muhtevalarında zeminin gerilme-birim deformasyon tepkileri.....	34
Şekil 3.4. Casagrande aletinin kalibrasyon işlemi.....	36
Şekil 3.5. Zeminde belirgin bir şekilde yarık açılma işlemi	37
Şekil 3.6. Numunedeki yaklaşık 1/2 inç'lik (1 cm) kapanma	37
Şekil 3.7. Plastik limite ulaşmış numune örnekleri	39
Şekil 3.8. Kaynatma yöntemi ile piknometre deneyi.....	45
Şekil 3.9. Hazırlanan süspansiyon.....	49
Şekil 3.10. 24 saat sonunda mezür tabanında çökelen tanelerin görünümü	50
Şekil 3.11. Elek Analizi	53
Şekil 3.12. Numunelerin yıkanma işlemi.....	54
Şekil 3.13. Tek eksenli deneyi sırasında okuma alınması	57
Şekil 3.14. Kesme kutusu deney aleti.....	59
Şekil 3.15. Zemine uygulanan normal gerilmeve kayma gerilmesi	62
Şekil 3.16. a)Konsolidasyon cihazı, b) Konsolidasyon hücresi	64
Şekil 4.1. Bölgenin genel jeoloji haritası	75

Şekil 4.2. İncelme alanı ve çevresinin deprem bölgesi haritası	77
Şekil 4.3. Ceyhan-Adana ve çevresinde 01/01/1900 tarihinden günümüze kadar meydana gelen $M \geq 4$ olan depremlerin dağılımı	78
Şekil 4.4. 12/07/2010-12/07/2011 tarihleri arasında Ceyhan-Adana ve çevresinde meydana gelen depremlerin Deprem Sayısı-Magnitüd Grafiği	79
Şekil 4.5. Sondaj çalışmalarının fotoğrafları.....	80
Şekil 4.6. Jet grout tekniği	87
Şekil 4.7. Çimento/ su karışımı	88
Şekil 4.8. Jet grout sistemine ait teknik ekipman	89
Şekil 4.9. Karışımın zemine enjekte edilmesi	89
Şekil 4.10. Temeli atılmış ve tamamlanmış üst yapıya ait iki örnek.....	90
Şekil 4.11. Casagrande plastisite diyagramında çalışma konusu zeminlerin sınıflandırması	102
Şekil 4.12. Numunelerin tane boyu analizi grafikleri.....	103
Şekil 4.13. Elek analizi ile oluşturulan sıvılaşma potansiyeli grafiği.....	107
Şekil 4.14. SK-1 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	108
Şekil 4.15. SK-2 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	108
Şekil 4.16. SK-3 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	109
Şekil 4.17. SK-4 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	109
Şekil 4.18. SK-5 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	110
Şekil 4.19. SK-6 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	110
Şekil 4.20. SK-7 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	111
Şekil 4.21. SK-8 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	111
Şekil 4.22. SK-9 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	112
Şekil 4.23. SK-10 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği	112
Şekil 4.24. Enjeksiyonlu Numune 1. serbest basınç grafiği	114
Şekil 4.25. Enjeksiyonlu Numune 2. serbest basınç grafiği	115
Şekil 4.26. Enjeksiyonsuz Numune 1. serbest basınç grafiği	116
Şekil 4.27. Enjeksiyonsuz Numune 2. serbest basınç grafiği	116
Şekil 4.28. CU deneyleri için tipik gerilme- birim deformasyon eğrisi	119
Şekil 4.29. Enjeksiyonlu numune 1 kg'lık kesme gerilmesi grafiği.....	120

Şekil 4.30. Enjeksiyonlu numune 2 kg'lık kesme gerilmesi grafiği.....	120
Şekil 4.31. Enjeksiyonsuz numune 1 kg'lık kesme gerilmesi grafiği	121
Şekil 4.32. Enjeksiyonsuz numune 2 kg'lık kesme gerilmesi grafiği	121
Şekil 4.33. Numunenin kesilme düzleminin görünümü	122
Şekil 4.34. Kırılma zarfı grafiği	124
Şekil 4.35. Enjeksiyonlu Numuneye ait ön konsolidasyon basınç grafiği.....	125
Şekil 4.36. Enjeksiyonsuz Numuneye ait ön konsolidasyon basınç grafiği	125
Şekil 4.37. Terzaghi taşıma gücü formülü çıkarılırken kabul edilen kayma yüzeyi ve geometrisi	128

SİMGELER VE KISALTMALAR

p	: 3,1415
s	: Gerilme (kg/cm^2)
Δs	: Gerilme artışı
g_s	: Zemin numunesinin deney başlangıcındaki tane birim hacim ağırlığı
μ	: Deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi
ϕ	: İçsel sürtünme açısı ($^{\circ}$)
θ	: Kırılma düzleminin yatayla yaptığı açı ($^{\circ}$)
γ_A	: Su altındaki birim hacim ağırlık (gr/cm^3)
γ_d	: Suyu doymuş birim hacim ağırlık (gr/cm^3)
γ_k	: Kuru birim hacim ağırlık (gr/cm^3)
γ_n	: Doğal birim hacim ağırlık (ıslak yoğunluk) (gr/cm^3)
γ_s	: Katı (tane) birim hacim ağırlığı (gr/cm^3)
γ_w	: Suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm^3)
A	: Numune alanı (cm^2)
A_0	: Deney başı numune alanı
A_C	: Aktivite
A_d	: Düzeltilmiş Alan (cm^2)
A_J	: Mezürün kesit alanı (cm^2)
ASTM	: American Society of Testing Materials
A_v	: Sıkışma Kat Sayısı (cm^2/kg)
B	: Temel genişliği,
C	: Kohezyon (kg/cm^2)
C_c	: Sıkışma İndisi
CD	: Konsolidasyonlu- Drenajlı Kesme Gerilmesi
CH	: Yüksek plastisiteli kil
CI	: Kıvam indisi
CL	: Düşük plastisiteli kil
CRR	: Sıvılaşma direnci

CSR	: Çevrimli kayma gerilmesi oranı
CU	: Konsolidasyonlu- Drenajsız Kesme Gerilmesi
d	: Hidrometre düzeltme değeri
D	: Tane çapı (mm)
D_f	: Temel derinliği
D_o	: Düzeltilmiş okuma (mm)
e	: Birim deformasyon
e	: Boşluk oranı (birimsiz)
e_o	: Deney Başı Boşluk Oranı (birimsiz)
G_s	: Numunenin özgül ağırlığı (birimsiz)
$G_{s(Tx)}$	: Zemine ait özgül ağırlık (birimsiz)
$G_{w(Tx)}$	: Suyun Tx sıcaklığındaki özgül ağırlığı
h	: Numune boyu (cm)
h_1	: Başlangıçtaki su yüksekliği (cm)
H_s	: Katı (Tane) Kısımın Yüksekliği (cm)
H_o	: Zemin numunesinin deney başlangıcındaki kalınlığı (gr/cm^3)
H_f	: Zemin numunesinin deney sonundaki kalınlığı (cm)
J	: 0,002 mm'den küçük tanelerin ağırlıkça yüzdesi (kil yüzdesi) (%)
JET 1	: Tek Akışkanlı Sistem
JET 2	: Çift Akışkanlı Sistem
JET 3	: Üç Akışkanlı Sistem
Ktçd	: Dokuztekne Volcano-Sedimanterleri
KTçb	: Bodrumkale formasyonu
L	: Temel uzunluğu
L_o	: Deneyi yapılan numunenin boyu (cm)
LI	: Likitlik İndisi
LL	: Likit Limit (%)
Mkl	: Kızıldere Formasyonu
M_s	: Zemin tanelerinin kütlesi (gr)
M_{si}	: Zemin numunesinin deney başlangıcındaki kütlesi (gr)

Mv	: Hacimsel Sıkışma Kat Sayısı(cm^2/kg)
N	: D tane çapından küçük tanelerin yüzdesi (%)
N ₃₀	: SPT darbe sayıları
N ₁₍₆₀₎ CS	: SPT darbe sayıları
n	: Porozite (%)
N _c	: Taşıma gücü faktörleri
N _q	: Taşıma gücü faktörleri
N _g	: Taşıma gücü faktörleri
OCR	: Over Consolidation Ratio (Aşırı Konsolidasyon Oranı)
P	: Kuvvet halkası okuması
pH	: Power of Hydrogen
PI	: Plastisite İndisi (%)
PL	: Plastik Limit (%)
PM	: Metamorfik Bloklar
Ps	: Kaliçi
Qal	: Alüvyon Malzemeleri – Yamaç Molozu
Qb	: Delihalil Volkaniti
qa	: Zeminin taşıma gücü (kg/cm^2)
qu	: Serbest basınç dayanımı (kg/cm^2)
q _f	: Nihai taşıma gücü
R	: Numune yarı çapı (cm)
RL	: Rötire Limit (%)
r	: Süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması
r _a	: Deney sırasındaki süspansiyondaki hidrometre okuması
R _A	: Ring ağırlığı (gr)
Rb	: Rubidyum
R _D	: Ring çapı (cm)
R _L	: Ring boyu (cm)
r _s	: Sudaki hidrometre okuması
S	: Doygunluk derecesi
SK	: Sondaj kuyusu

SKJ	: Enjeksiyonlu zeminde yapılan sondaj kuyusu
SPT	: Standart Penetrasyon Deneyi
t	: Toplam geçen zaman (dk)
t ₁	: Deney süresi (sn)
Tbul	: Bulgurkaya Olistostromu
Tka	: KarataşFormasyonları
USCS	: Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi
UU	: Konsolidasyonsuz- Drenajsız Kesme Gerilmesi
V ₀	: Deney başı numune hacmi (cm ³)
V _H	: Hidrometre hacmi (cm ³)
V _s	: Deney başı numune içi katı (tane) hacmi (cm ³)
V _{sp}	: Süspansiyonun hacmi (cm ³)
V _T	: Toplam hacim (cm ³)
V _v	: Numune İçi Boşluk Hacmi (cm ³)
w	: Deney başı su içeriği (%)
W _f	: Deney sonu su içeriği (%)
w _n	: Numune su içeriği (%)
W _{ıslak}	: Islak numune ağırlığı (gr)
W _{kap}	: Kap ağırlığı (gr)
W _{kap:}	: Kap ağırlığı (gr)
W _{Kuru}	: Kurutulmuş numune ağırlığı (gr)
W _{numune}	: Deney sonu kurutulmuş numune ağırlığı (gr)
W _{psw(Tx)}	: Tx sıcaklığındaki piknometre + numune + su ağırlığı (gr),
W _{pw(Tx)}	: Tx sıcaklığındaki piknometre + su ağırlığı (gr),
W _s	: Kuru numune ağırlığı (gr),
W _s	: Kuru zemin ağırlığı (gr)
W _{skn}	: Deney sonu kuru numune ağırlığı (gr)
W _{su}	: Su ağırlığı (gr)
W _T	: Toplam ağırlık (gr)
W _f	: Zemin numunesinin deney sonundaki su içeriği (%)

W_i	: Zemin numunesinin deney başlangıcındaki su içeriği (%)
Z_r	: Süspansiyonun yüzeyinden hidrometre hacim merkezine olan uzaklık (cm)
ΔL	: Toplam deformasyon (cm)
σ	: Asal Gerilme
σ_1	: Serbest Basınç Gerilmesi (kg/cm^2)
$\sigma_{\text{ön}}$	: Ön Konsolidasyon basıncı (kg/cm^2)
λ	: Kesme Gerilmesi (kg/cm^2)
σ_n	: Normal gerilme (kg/cm^2)
λ_{max}	: Kayma Gerilmesi (kg/cm^2)
ε_v	: Düşey Deplasman (kg/cm^2)
ε_h	: Yatay Deplasman (kg/cm^2)

1. GİRİŞ

Mühendislik projelerinin uygulanması sırasında her zaman uygun zemin profili ile karşılaşılabilir ve bu durumda uygulanacak çözüm yollarına gidilir. Uygulamayı gerçekleştirecek mühendisler karar mekanizmasında bulunduklarından dolayı söz konusu zeminlerde ya uygun olmayan zemini olduğu gibi kabul etmek, ya da uygun olmayan zemini kaldırıp yerine uygun bir zemin koymak, veya o araziden kaçınmak ya da uygun olmayan zemini ıslah etmek seçeneklerinden birine karar vermek durumundadır (Tunç, 2002).

Uygun olmayan zemin olduğu gibi kabul edilir ise zeminin zayıf özellikleri göz önüne alınarak zemin üzerine gelecek yapı bu özelliklere göre tasarlanır. Ancak bu durumda, yapının aşırı büyük boyutlarda tasarlanması gerekmekte, uzun vadede zeminin olumsuz etkilerinden dolayı ilave bakım ve onarım çalışmalarının ortaya çıkması ile ekonomiklikten uzaklaşmaktadır. Uygun olmayan zemini kaldırıp yerine uygun bir zemin koyma yönteminde ise, uygun olmayan zeminin kaldırılması ile kazılan zeminin uygun bir depo yerine taşınması, yerine konacak uygun zemin için bir malzeme ocağının bulunması, malzeme ocağında hafriyat yapılması ve bu zeminin uygun olmayan zemin yerine taşınması, sıkıştırılması hem çok külfetli, hem de çok zaman alacağından çok büyük bir maliyetle karşılaşmaktadır. Uygun olmayan zemini ıslah etmek yöntemi ise zeminin değişik teknikler yardımıyla ıslah edilerek (iyileştirilerek) kullanılmasıdır (Tunç, 2002).

Şehir içerisinde ve gelişmekte olan endüstriyel bölgelerde mühendislik projeleri esnasında karşılaşılabilecek kötü zemini ıslah etmek, teknik ve ekonomik olarak en uygun ve en çok kullanılan çözümdür.

1.1. Zemin Islahı

Zemin ıslahı terimini (iyileştirme, stabilizasyon vb.) kısaca, zeminin mühendislik özelliklerinin iyileştirilmesi olarak tanımlamak mümkündür. Zemin ıslahını kaçınılmaz kılan nedenler arasında hızlı kentleşmeden dolayı uygun yerleşim alanlarının hızla azalması, mevcut alanlara yapılan yapıların ve komşu yapıların

güvenliğini artırma, yapıların boyutlarının artması ile zemine ilettiği yükün artması buna dayanarak zemin dayanımının arttırılması gibi birçok neden sayılabilmektedir.

Priebe (1991)'e göre zemin iyileştirilmesi ile mevcut zeminin;

- Kayma mukavemeti artar,
- Gerilme-deformasyon modülü artar,
- Sıkışabilirliği azalır,
- Şişme ve büzülme potansiyeli kontrol altına alınır,
- Permeabilitesi azalır,
- Çevre koşullarına bağlı olarak fiziksel ve kimyasal değişimleri önlenir,
- Sıvılaşma potansiyeli azalır.

Zemin ıslahının temel ilkesi, zemin içerisindeki boşlukların azaltılması, bu boşlukların çeşitli bileşimdeki karışımlarla doldurulması, yeraltı su seviyesinin düşürülmesi, böylece mevcut zeminin güçlendirilmesidir.

Çağımızda, yeni yapılacak ve mevcut yapıların zemininde oluşabilecek sorunların çözümünde zemin ıslahı tekniklerinde önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

1.2. Zemin Islah Yöntemleri

Hausmann (1990)'a göre zemin iyileştirme yöntemleri aşağıdaki amaçlarla yapılır:

- Zayıf zeminin taşıma kapasitesini artırmak,
- Toplam oturmayı azaltıp konsolidasyonu hızlandırmak,
- Dolgu ve şevlerin stabilesini sağlamak,
- İstinat duvarlarını desteklemek,
- Zeminin potansiyel sıvılaşma riskini azaltmak,
- YASS'ni düşürmek ya da geçirimsizliği azaltmak.

Birçok değişik zemin ıslah yöntemi mevcuttur. Zemin ıslah yöntemleri zemin cinsine göre ikiye ayrılır (Sağlam, 1996):

1. Kohezyonlu zeminlerde uygulanan yöntemler: Amacı, kil zemin içerisinde nispeten rijit kolonlar oluşturmaktır.

2. Kohezyonsuz zeminlerde uygulanan yöntemler: Amacı, kolon etrafındaki zemini sıkıştırmaktır.

Rixner ve ark. (1986)'ya göre, diğer bir sınıflandırmaya yönelik zemin ıslah yöntemleri üç ana gruba ayrılmaktadır. Bunlar:

1. Zemini geçici olarak iyileştirme teknikleri (Yeraltı su seviyesinin düşürülmesi, ısıtma işlemleri ve elektro-osmoz yöntemleri)
2. Herhangi bir madde katmadan zemini kalıcı olarak iyileştirme teknikleri (Yüzey kompaksiyonu, patlatma ile sıkıştırma, vibro kompaksiyon ve dinamik konsolidasyon yöntemleri)
3. Çeşitli maddeler katarak zemini kalıcı olarak iyileştirme teknikleridir (kireç, çimento, bitüm gibi katkı maddeleri ile zeminin üniform bir şekilde karıştırılması, kireç kazıkları, zemin değiştirilmesi, ön yükleme, dikey drenlerin kullanılması, enjeksiyon ve jeotekstillerde stabilizasyon)

Zemin iyileştirme yöntemleri, uygulama derinliğine bağlı olarak da sınıflandırılabilir (Sağlam, 1996). Bunlar:

1. Derin iyileştirme yöntemleri,
2. Yüzeysel iyileştirme yöntemleridir.

1.2.1. Derin İyileştirme Yöntemleri

Bu yöntemler Sağlam (1996)'ya göre şu şekildedir;

Patlama İle Sıkıştırma (Blasting): Zemin tabakaları içine yerleştirilen patlayıcılarla şok dalgaları oluşturarak gevşek granüler zemini, başlangıçtaki durumuna oranla daha sıkı hale getirme işlemidir.

Dinamik Kompaksiyon (Dynamic Compaction): Büyük ağırlıkların (100-200 ton) 40 m'ye varan yükseklikten düşürülmesi yoluyla kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerin iyileştirilmesidir. Genelde granüler ve dolgu zeminlerde uygulanır.

Düşey Drenler (Vertical Drains): Konsolidasyonu hızlandırmak amacıyla yumuşak kil zeminlere plastik veya kum drenler yerleştirilmesi ve ön yükleme yapılmasıdır.

Elektro-Osmoz (Elektro-Osmosis): Kohezyonlu yumuşak zeminlerin mukavemet ve deformasyon özelliklerini ıslah için zemine doğru akım uygulayarak yeraltı suyunun indirilmesi ve konsolidasyonun hızlandırılması işlemidir.

Isıtma-Dondurma (Heating and Freezing): Kil zeminin ısıtılması veya zemin suyunun dondurulması suretiyle geçici olarak zeminin kayma mukavemetini ve deformasyon modülünü arttırmak. Özellikle dondurma işlemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

Enjeksiyon Teknikleri (Grouting): Temel zeminin veya kayanın kayma mukavemetini ve deformasyon modülünü arttırmak ve permeabilitesini azaltmak için çeşitli bileşimdeki karışımların zemine basınçla basılması işlemidir.

Ön Yükleme (Preloading): Oturmayı sınırlandırmak için yapı yüküne eşdeğer bir dolgu yüküyle yumuşak kil zeminin yüklenerek zeminin konsolide edilmesidir.

Kompaksiyon Kazıkları (Compaction Piles): Kazık çakma çekiçleri veya üst vibratör ile muhafaza borusu zemine iletilir ve içi taneli malzeme ile doldurularak çekilir. Bu yöntemin avantajı killi, siltli her zemine uygulanabilmesidir.

Vibro-Kompaksiyon (Vibroflotasyon): Derin granüllü zeminleri vibratörlü sondajlar ile sıkıştırma yöntemidir.

Jet Grouting: Kesilen zeminin enjeksiyon malzemesi ile karışma/yer değiştirme işleminin gerçekleştirilmesidir.

Derin Karıştırma (Deep Mixing): Zeminin çimentolu maddelerle yerinde karıştırılmasıdır. Çimento, uçucu kül, yüksek fırın cürufu, kireç, çeşitli katkılar veya bunların kombinasyonları bağlayıcı madde olarak kullanılmaktadır.

1.2.2. Yüzeysel İyileştirme Yöntemleri

Sağlamer (1996)'ya göre yüzeysel iyileştirme yöntemleri şu şekildedir;

Kompaksiyon (Compaction): Statik, vibrasyonlu ve darbeli aletlerle zeminin mekanik olarak sıkıştırılması, zemin boşluklarındaki havanın atılması ve dolayısıyla zeminin mukavemetinin artırılması, permeabilitesinin ve oturmasının azaltılması, sıvılaşma riskinin düşürülmesi işlemidir.

Kireçle Stabilizasyon (Lime Stabilizasyon): Kil zeminlerde kireç katkısıyla plastisite indisi düşürülür, kuru birim hacim ağırlığı arttırılır.

Çimento Stabilizasyon (Cement Stabilization): Organik zeminler hariç tüm zemin cinslerinde uygulanır.

Bitümle Stabilizasyon (Bituminous Stabilization): Granüler zemine kohezyon verir.

Kireç, çimento ve bitümle stabilizasyon kireç, çimento ve bitüm vb. maddeler zeminle üniform şekilde karıştırılıp sıkıştırılarak yoğrulmuş zeminin, mekanik özellikleri ıslah edilmektedir.

Bunların dışında jeotekstil kullanarak zeminin iyileştirilmesi, hidro kompaksiyon, zemin yer değiştirilmesi de bulunmaktadır.

Bu yüksek lisans tez çalışması kapsamında zemin iyileştirme yöntemlerinden jet grout yöntemi üzerinde durulmuştur.

1.3. Enjeksiyon Tekniği

Temel zeminin veya ana kayanın kayma mukavemetini artırmak ve permeabilitesini azaltmak amacıyla kaya veya zemin içerisindeki boşluklara basınç altında çeşitli bileşimdeki karışımların iletilmesine “Enjeksiyon” denmektedir (Sağlam, 1996).

Enjeksiyon uygulamalarının başarılı olabilmesi için enjeksiyon uzunluklarının ve enjeksiyon aralıklarının, enjeksiyon miktarı ve basıncının, enjeksiyon maddeleri ve oranlarının, enjeksiyon tekniğinin belirlenmesi gerekmektedir. Başarılı olan enjeksiyon uygulaması ile zeminin gerilme-deformasyon ve dayanım gibi mekanik özellikleri ile geçirimsizlik gibi hidrojeolojik özellikleri değiştirilerek yapısal uygulamalara uygun hale getirilir (Sağlam, 1996).

1.3.1. Enjeksiyon Yöntemlerinin Uygulama Alanları

Glossop (1960)’a göre enjeksiyon:

- Yapı temelleri altındaki zeminin permeabilitesini azaltmak,

- Geçirimsizlik perdeleri teşkil etmek (perde enjeksiyonu),
- Aşırı oturmaların ve su kaçaklarının önlenmesi,
- Yapı ile ana kaya arasında kalması muhtemel boşlukların doldurulması (kontak enjeksiyonu),
- Gevşek kumlarda sıvılaşmanın önlenmesi,
- Hacim değişimi gösteren zeminlerde şişme ve büzülme potansiyelinin azaltılması,
- Komşu temellerin takviyesi veya oturmuş temellerin zemininin ıslahı,
- Temel çukuru duvarlarının stabilitesinin sağlanması,
- Tünel inşaatlarından, tünel aynasının stabilitesinin sağlanması,
- Yapı temelleri altındaki zeminin mukavemetini arttırmak,
- Yamaç stabilitesini sağlamak amacıyla yapılmaktadır.

1.3.2. Enjeksiyon Çeşitleri

İki temel enjeksiyon çeşidi vardır.

Çimento enjeksiyonu; enjeksiyon sonrasında katı bir kütle oluşturmak üzere su ile kimyasal reaksiyona giren portland çimentosundan yapılır.

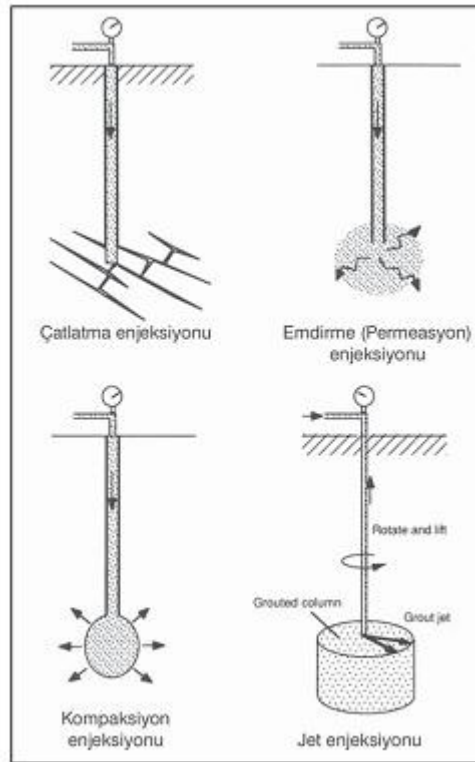
Kimyasal enjeksiyon; zemin içine enjekte edilir edilmez katılaştıran geniş aralıkta bulunabilen özelliklere sahiptir ve böylece çimento enjeksiyonlarının etkisiz olduğu bazı uygulamalarda kullanılabilirler. Ancak, kimyasal enjeksiyonlar da çok pahalıdır ve bazıları zehirleyici veya paslandırıcıdır (Coduto, 1999).

Şekil 1.1’de gösterildiği gibi dört temel enjeksiyon yöntemi bulunmaktadır.

Intrüzyon (bulamaç/dolgu/çatlatma) enjeksiyonu; harcı borular içinden enjekte ederek zeminde veya kayada, eklemleri veya çatlakları doldurmaktan oluşur. Bu borular, zemin yüzeyinden veya tünellerden sokulabilir. Bu yöntem genellikle barajlar için temellerin hazırlanmasında kullanılır (Coduto, 1999).

Permeasyon (kimyasal/emdirme enjeksiyon) enjeksiyonu; sulu harçların boşluklara nüfus edecek şekilde zemin içine enjeksiyonudur (Littlejohn, 1993). Harç prizlendiği zaman gözenekli zemin katı kütleye yakın konuma dönüştürülür. Bu bazen çimento enjeksiyonları kullanılarak yapılmasına rağmen, birçok zeminde

boşluk açıklığı portland çimento partiküllerinin geçişine izin vermeyecek kadar küçüktür. Bu nedenle, permeasyon enjeksiyonunun çoğu kimyasal harçlarda kullanılır. Bundan dolayı, genellikle kimyasal enjeksiyon olarak adlandırılır. Çoğunlukla yeraltı suyu bariyerleri oluşturma ve kazılar ile tünelleri yapma öncesinde zeminleri sağlamlaştırmada kullanılır.

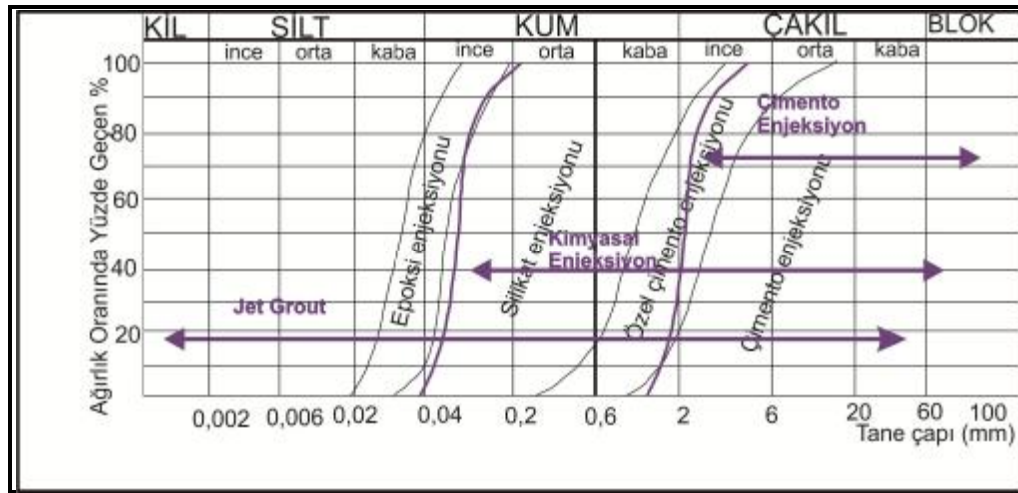


Şekil 1.1. Enjeksiyon çeşitleri (Welsh, 1986)

Kompaksiyon enjeksiyonu (deplasman/sıkıştırma enjeksiyonu olarak dabilinir); zemin içine bir dizi katı kütle dahil etmek amacıyla bir boru içinden yüksek basınç altında enjekte edilen katı bir harç kullanılır. Bu harç, zemin içine önemli biçimde nüfuz edemeyecek kadar kalındır; fakat harcın dahil edilmesi komşu zemini sıkılaştırır. Kompaksiyon enjeksiyonu, çoğunlukla aşırı oturma geçirmiş yapıları düzeltmek için kullanılır. Çünkü hem altta bulunan zeminleri iyileştirir hem de yapıyı eski pozisyonuna yükseltir (Rubright ve Welsh, 1993).

Jet Enjeksiyonu; en iyi yöntemdir. 1960'lı ve 1970'li yıllarda Japonya'da geliştirilmiştir, yüksek basınçta harcı zemine enjekte eden yatay jetler ile donatılan

özel bir boru kullanılır. Önce bu boru gerekli derinliğe sokulur. Sonra, enjeksiyon yapılırken yukarı doğru kaldırılır ve döndürülürler böylece ıslah edilmiş bir zemin kolonu oluşturulur. Yüksek basınçlar nedeniyle, bu yöntem çok geniş zemin tiplerinde kullanılabilir. Bu yöntem yeraltı suyu kontrolü, temel takviyesi, tünel açma öncesinde sağlamlaştırma ve diğer birçok uygulamalarda kullanılmaktadır (Bell, 1993). Çimento, kireç ve bentonit gibi taneli karışımlar çakıl tane boyutundan orta kum boyutuna kadar olan zeminlerde kullanılabildiği gibi, ince kum ve siltlerin enjeksiyonunda kimyasal eriyikler kullanılmaktadır. Kil zeminlerin ise klasik enjeksiyon teknikleri ile ıslahı mümkün değildir. Sadece kil içerisindeki belli başlı fisürler ve kuruma çatlakları doldurulabilir. Şekil 1.2’de mor çizgi sınırları ile gösterilen kısım tane dağılımına göre enjeksiyon çeşitlerini, siyah ile çizilmiş sınırlar ise zemin cinsine göre enjeksiyon sınırlarını göstermektedir (Okyay, 1985).



Şekil 1.2. Tane dağılımına göre enjeksiyon çeşitleri ve zemin cinsine göre enjeksiyon sınırları (Okyay, 1987’den değiştirilerek çizilmiştir)

Yukarıda belirtilen yöntemlerden biri olan jet grout, bu çalışmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Bu yöntem aşağıda daha detaylı olarak aktarılmaktadır.

1.4. Jet Grout Yöntemi

Jet enjeksiyonu diğer adıyla Yüksek Basıncılı Enjeksiyon (jet grout), zemini bölgesel olarak taşlaştırarak çimentoyu zemine dönüştüren bir zemin güçlendirme

teknikidir. Zeminin iyileştirilmesi veya yapı yüklerinin daha derindeki tabakalara aktarılması amacı ile kullanılmaktadır. Diğer bir deyişle, kesilen zeminin enjeksiyon malzemesi ile karışma/yer değiştirme işleminin gerçekleştirilmesidir. Jet grout tekniği çok farklı zeminlerde ve çok geniş uygulama alanlarında büyük bir tasarım serbestisi getirmektedir. Bunlara her türlü güvenliğin önemli olduğu hassas yapıların civarında yapılan çalışmalar da dahildir (Schaefer, 1997). Jet groutun yüksek basınçla (en az 300 bar) uygulanması, basit çimento enjeksiyonu ile her türlü zeminin ıslah edilmesi sağlanır.

Jet grout yönteminde enjeksiyon memelerinden yüksek hızla gelen enjeksiyon karışımı zeminin doğal yapısını bozmakta ve zemin ile stabilize malzemenin karışımından doğan yeni bir oluşum yaratmaktadır. Böylece zeminin taşıma gücü ve elastisite modülü artarken permeabilitesi azalmaktadır (Juran ve ark., 1988).

Diğer enjeksiyon yöntemlerine nazaran jet grout yöntemi ile kil veya kum-çakıl gibi çeşitli karakter ve farklı türlerdeki zeminlerin (sınırlı alanlarda dahi) ıslahı mümkün olabilmektedir (Şekil 1.2). Ayrıca diğer klasik enjeksiyon yöntemleri arasındaki en büyük ve en önemli fark, bu yöntemde kullanılacak stabilize malzemesi miktarı, elde edilecek mukavemet ve geçirgenlik gibi zemin parametreleri ile maliyetin işin başlangıcında tahmin edilebilmesidir (Melegari ve Garassino, 1997).

1.4.1. Jet Grout Yönteminin Tarihsel Gelişimi

Yüksek basınçla zemine enjekte edilen karışımla zemini kesme, koparma ve sıkıştırma işlemleri ile iyileştirme düşüncesi ve bu konudaki çalışmalar ilk olarak 1965'te Japonya'da uygulanmaya başlanmış olup 1970'li yılların başlarında iki farklı jet grout tekniği geliştirilmiştir.

Jet grout tekniğinde, kimyasal ve çimento karışımları kullanılmakta olup bir delgi tijinin en altında bulunan memelerden çok yüksek basınçta enjekte edilmektedir. Tijin kendi etrafında döndürülmesi ve yukarı çekilmesiyle zemin-çimento kolonları oluşturmaktadır. Bu tip jet grout tekniği "CCP (chemical churning pile) jet grout" olarak adlandırılmaktadır.

1970’li yılların ortalarında CCP jet grout sistemi, çimento karışımı ve sadece sıkıştırılmış hava ile birlikte kullanılmasıyla geliştirilmiş ve “jumbo special grout (JSG)” olarak adlandırılmıştır.

1980 yılında, CCP grubu tarafından süper zemin stabilizasyon yöntemi Super Soil Stabilization Management (SSS-MAN) geliştirilmiştir. Amaç çok geniş çaplı kolonları teşkil etmesidir.

Jet grout yönteminin Japonya’da ortaya çıkmasından sonra bu teknoloji hızla batı Avrupa’ya, özellikle İtalya, Almanya ve Brezilya’ya yayılmıştır. Kuzey Amerika’da ise 1980’li yıllarda uygulanmaya başlanmıştır. Son yıllarda ise jet grout yöntemi hızla gelişmiştir.

1.4.2. Jet Grout Yönteminin Uygulanışı ve Aşamaları

Dışarıda hazırlanan çimento şerbetinin, yüksek basınç altında ince püskürtme memelerinden zemin içine püskürtülerek, çevrede bulunan zeminin bu şerbetle karıştırılması suretiyle zeminin ıslahı prensibi ile uygulanır.

Jet grout yönteminde kolon oluşturulması için iki aşama bulunmaktadır.

- Delme aşaması,
- Püskürtme aşamasıdır.

Delme Aşaması: Jet grout uygulanacak derinliğe kadar delme borusu indirilir. Genelde rotary usulü ile çalışan delici bir makine ve delmede kolaylık için de sirkülasyon suyu kullanılmaktadır.

Püskürtme Aşaması: Delme tijinin ucunda boru eksenine dik bir veya daha fazla ağızlığa (nozzle) sahip özel püskürtme valfi vardır (Şekil 1.3). Boru yukarı çekilirken çimento harcı yüksek hızla püskürtürken püskürtmenin etkisini arttırmak için boru bir yandan yukarı çekilir, bir yandan da döndürülür. Püskürtülen enjeksiyon yüksek kinetik enerji ile etrafındaki zemini parçalar, parçalanan zemin ve enjeksiyon karışarak zemin-çimento kolonlarını oluşturur. Böylece doğal zeminin mekanik özellikleri iyileştirilmiş olur (Şekil1.4).



Şekil 1.3. Enjeksiyonun püskürme memelerinden çıkışı (www.geodata.com.tr)

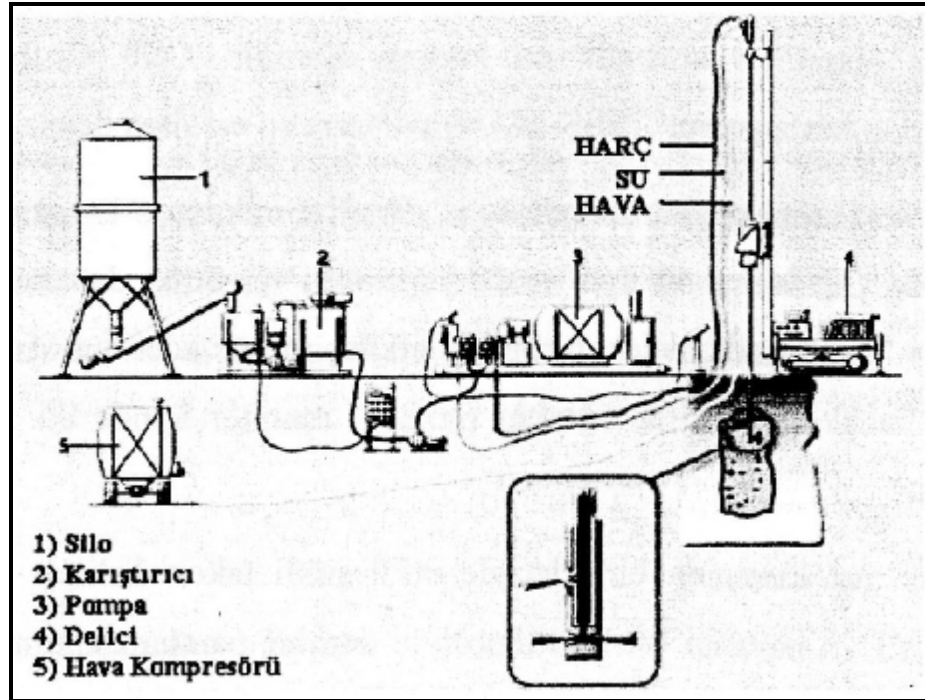


Şekil 1.4. Jet grout yönteminin uygulandığı (<http://www.zeminarastirmamerkezi.com>)

1.4.3. Jet Grout Yapımında Kullanılan Ekipmanlar

Jet grout yapımı için uyarlanmış bir sondaj makinesi (delici makine), basınçlı püskürtme için gerekli çimento pompası ve çimento silosu, su deposu, mikser,

çalkalayıcıdan oluşan karıştırma ünitesi kullanılmaktadır. Tipik bir jet grout tesisi Şekil 1.5’te verilmiştir.



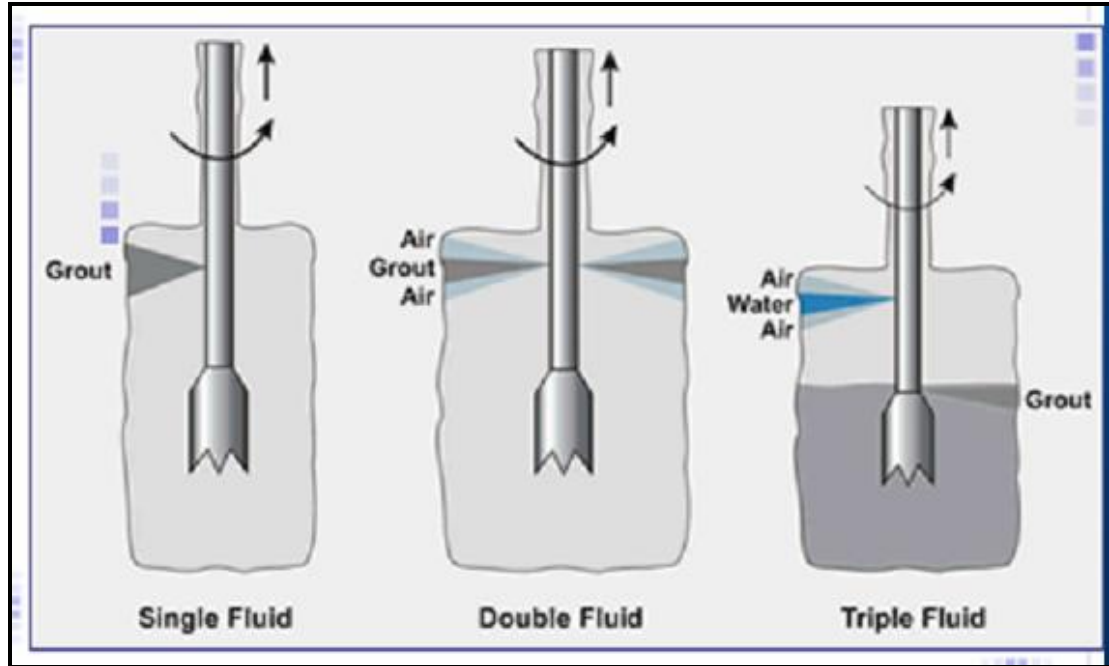
Şekil 1.5. Tipik bir jet grout tesisi (www. jetgrouting.com)

Karıştırma ünitesinde enjeksiyon işlemi için istenilen özellikteki karışım, otomatik olarak hazırlanmaktadır. Hazırlanan karışım daha sonra jet grout pompasına aktarılır. Delgi ve enjeksiyon işleminde aynı tij kullanılmaktadır. Monitör adı verilen parça ise tijin ucuna yerleştirilmekte olup gerekli sayıda ve çok küçük çaplı enjeksiyon memeleri ihtiva etmektedir. Tijin devir hızı, yukarı çekilme hızı ve diğer gerekli süreler, istenilen kolon çapı çimento dozajını koruyabilmek için delgi makinesinin kontrol panelinden ayarlanmaktadır. Delgi makinesinin çeşitli alanlara ulaşılabilirliğini sağlamak amacıyla 360 derece dönebilen yapıya sahiptir. Çimento silosu, karıştırma ünitesi yanına yerleştirilmektedir (Hacıoğlu, 1999).

1.4.4. Jet Grout Sistemleri

Jet grout tekniği, enjekte edilen akışkanın sayısına göre üçe ayrılır. Bu sistemler; tek akışkanlı, çift akışkanlı ve üç akışkanlı olarak adlandırılmaktadır (Şekil

1.6). Bu üç sistemden herhangi birinin seçilmesinde, zemin özellikleri, oluşturacak kolonun mukavemeti ve ıslah edilecek zeminin hacmi göz önüne alınarak seçilir.

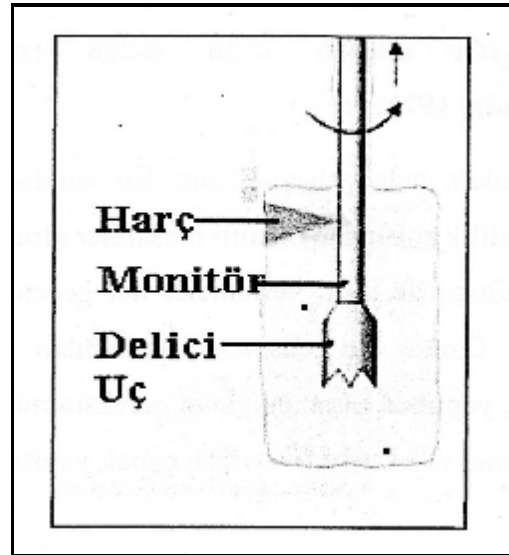


Şekil 1.6. Jet grout sistemleri (<http://www.wolf.poly.edu/jet-grouting.htm>)

1.4.4.1. Tek Akışkanlı Sistem (JET1)

En basit jet grout yöntemidir. Bir veya birden fazla 2-3, 2-4 mm. arasında değişen çaplardaki püskürtme ağızlığı (nozzle) monitörün etrafında bulunur. Hazırlanmış olan harç 600 bar mertebelerindeki yüksek basınçta ağızlıklardan püskürtülür. Böylece zemin kesilerek, oluşan boşluklar harç ile doldurulur. Monitörün çekilmesi ve kendi etrafında belirli hızlarda döndürülmesi ile aşındırılan zemin ve enjekte edilen harç sayesinde zemin-çimento karışımı meydana getirilir. Hava kullanılmadığı için yatay imalat yapılacak uygulamalarda özellikle tünel inşaatlarındaki uygulamalarda ve sıvılaşma potansiyeli olan zemin koşullarında çoğunlukla tercih edilir. Tek akışkanlı yöntemde yüzeye alınan artık malzeme, diğer jet grout sistemlerine göre daha az olmaktadır. Kolon tip elemanlar ise kohezyonlu zeminlerde 40-80 cm, kohezyonsuz zeminlerde (granüler zeminlerde) 50-120 cm. çapa kadar oluşturabilmektedir. Granüler zeminlerde mukavemeti en yüksek

elemanlar tek akışkanlı sistem ile oluşturmaktadır. Zemindeki boşluk oranları ise diğer iki sistem ile yapılanlara göre daha az olmaktadır (Melegari ve Garassino, 1997) (Şekil 1.7).



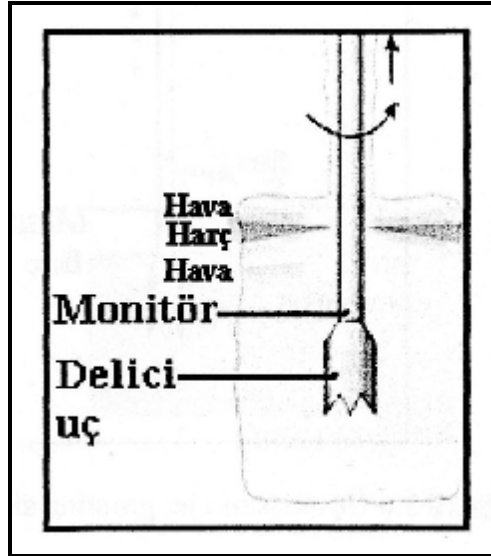
Şekil 1.7. Tek akışkanlı jet grout sistemi(<http://www.haywardbaker.com>)

1.4.4.2. Çift Akışkanlı Sistem (JET2)

Çift akışkanlı sistem, tek akışkanlı sisteme göre daha ileri ve karmaşık bir sistemdir. Çimento harcının bir hava jeti içinde püskürtülmesi ile zeminin parçalanması sağlanır. Monitör yani püskürtme gövdesi iç içe geçmiş iki ünitelerden oluşmaktadır (Şekil 1.8). En içteki ünite harç püskürtme, en dıştaki ünite hava püskürtme işlevini yerine getirmektedir. Basınçlı hava, enjeksiyon sırasında sürtünmeden dolayı oluşan kinetik enerji kayıplarında önemli bir düşüş sağlar. Elde edilen zemin-çimento kolon çapları JET1 yöntemi ile elde edilen kolon çaplarından %60-80 oranında daha büyük olabilmektedir. Sistemde püskürtülen harcın basıncı 400-500 bar arasında, kullanılan hava basıncı ise 7-17 bar arasında değişmektedir. Kolon çapları ise 80-140 cm'ye kadar ulaşabilmektedir (Burke ve ark., 2000).

İkili sistemin dezavantajı, bu sistemde elde edilen mukavemetin tekli sistemde elde edilen mukavemetten daha az olmasıdır. İkili sistemin önemli kusuru ise çimento basılan zeminin hava içeriğini arttırmasıdır (www.jetgrouting.com).

Bu sistem genellikle sızdırmazlık için cut-off veya perde inşasında ve çöp alanları ile sıvılaşma potansiyeline sahip alanların ıslahında kullanılmaktadır (Burke ve ark., 2000).

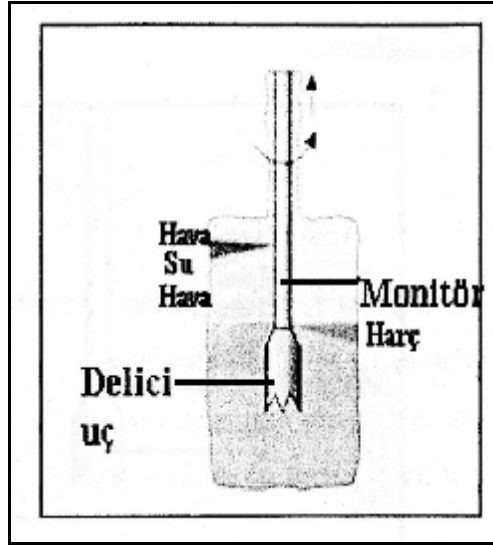


Şekil 1.8. Çift akışkanlı jet grout sistemi (<http://www.haywardbaker.com>)

1.4.4.3. Üç Akışkanlı Sistem (JET3)

Üç akışkanlı sistem, üç jet grout sistemi içinde en ileri ve karmaşık sistemdir. Sistemde zeminin sökülmesi, sıkıştırılmış hava konisi tarafından çevrelenmiş su jeti ile yapılmakta ve bu jetten bir miktar aşağıya (birkaç desimetre) aynı eksenli olacak şekilde yerleştirilmiş olan püskürtme ağzında da çimento enjeksiyonu tek başına püskürtülmektedir. Üç akışkanlı jet grout sisteminin şematik gösterimi Şekil 1.9’da verilmiştir.

Su, hava ve harcın püskürtülerek kaba taneli zeminlerde karıştırma ve ince taneli zeminlerde parçalanmanın aynı anda yapılması temeline dayanır. İç içe geçmiş üç boru sayesinde, 400-600 barlık basınçlı su en iç boru ile 7-17 bar basınçlı hava ortadaki boru ile yapılmaktadır. Harç ise dıştaki boru ile 20-80 bar arası püskürtülmektedir. Kolon çapları 120-200 cm. arasında değişmektedir (Bandimere, 1997).



Şekil 1.9. Üç akışkanlı jet grout sistemi(<http://www.haywardbaker.com>)

1.4.5. Jet Grout Yönteminin İşletim Parametreleri

Zemin uygulamalarında jet grout tekniğinin kullanılmasında mühendisin zemin içindeki elemanı tasarlaması ve sahada oluşturabilmesi için bazı parametrelere ihtiyacı vardır. Bu parametrelerin belirlenebilmesinde mühendisin, uygulamanın yapılacağı zemin hakkındaki verilere ulaşması, bunun için de arazide ve laboratuarda bazı araştırmaların yapılması gerekmektedir. Bunlar:

- Arazideki SPT veya CPT deneylerinden elde edilecek veriler,
- Kohezyonsuz zemin numunelerinin tane dağılımı, su muhtevası, doymun birim hacim ağırlıkların belirlenmesi,
- Kohezyonlu zeminlerin Atterberg limitleridir.

Bu veriler ışığında mühendis hem jet grout tekniğinin uygulanabilirliğini ortaya koyarak jet grout sistemlerinden birisini seçebilmekte, hem de bu verilerden yola çıkarak zemin içinde oluşturulacak eleman için gerekli olan parametrelere ulaşabilmektedir (Doğu, 2005). Jet grout tekniğinin en temel işletim parametreleri Çizelge 1.1’de gösterilmiştir.

Çizelge 1.1. Jet grout tekniğinin temel işletim parametreleri (Melegari ve Garassino 1997)

PARAMETRELER		JET GROUTİNG SİSTEMLERİ		
		TEK AKIŞKANLI	ÇİFT AKIŞKANLI	ÜÇ AKIŞKANLI
ENJEKSİYON BASINCI				
Su	(Bar)	ÖY(200-300)	ÖY(200-300)	300-500
Enjeksiyon Harcı	(Bar)	300-600	300-600	400-600
Sıkıştırılmış Hava	(Bar)	yok	8-12	8-13
AKIŞ ORANLARI				
Su	(lt/dak)	ÖY	ÖY	70-100
Enjeksiyon Harcı	(lt/dak)	60-150	100-150	150-250
Sıkıştırılmış Hava	(lt/dak)	yok	10-30000	10-30000
PÜSKÜRTME AĞIZLIĞININ BÜYÜKLÜĞÜ				
Su	(mm)	ÖY(1,6-2,4)	ÖY(1,6-2,4)	1,8-2,5
Enjeksiyon Harcı	(mm)	1,6-3,0	2,0-4,0	3,5-6,0
PÜSKÜRTME AĞIZLIĞININ SAYISI				
Su		ÖY(1)	ÖY(1)	1-2
Enjeksiyon Harcı		2-6	1-2	1
TİJİN DÖNME HIZI				
	(Devir/dak.)	10-30	10-30	10-30
TİJİN ÇEKİLME BİR ADIM İÇİN ÇEKİLME SÜRESİ (4 cm)				
	sn.	8-15	10-20	15-25
KOLON ÇAPI				
Çakıllı/Kumlu Zeminler	(m)	0,6-1,0	1,0-2,0	1,5-2,5
Killi Zeminler	(m)	0,5-1,0	1,0-1,5	1,0-2,0
SU/ÇİMENTO ORANI				
	W/C	0,8:1-2:1		
TÜKETİLEN ÇİMENTO MİKTARI				

Çizelge 1.1. (Devamı)

İslah Edilen Zeminin Birim Hacim Ağırlığı	kg/cm ³	400-800	400-800	400-800
ZEMİN ELEMANININ MUKAVEMETİ				
Çakıllı/Kumlu Zeminler	kg/cm ²	100-300	75-250	75-250
Killi Zeminler	kg/cm ²	15-100	15-85	15-75
NOT: ÖY = Ön Yıkama				

1.4.6. Jet Grout Yöntemi Uygulama Alanları

Jet grout tekniğinin çok geniş bir uygulama alanının olması, birçok mühendislik uygulamalarının yerini almasını sağlamıştır. Bu uygulama alanları aşağıda sıralanmıştır (Doğu, 2005).

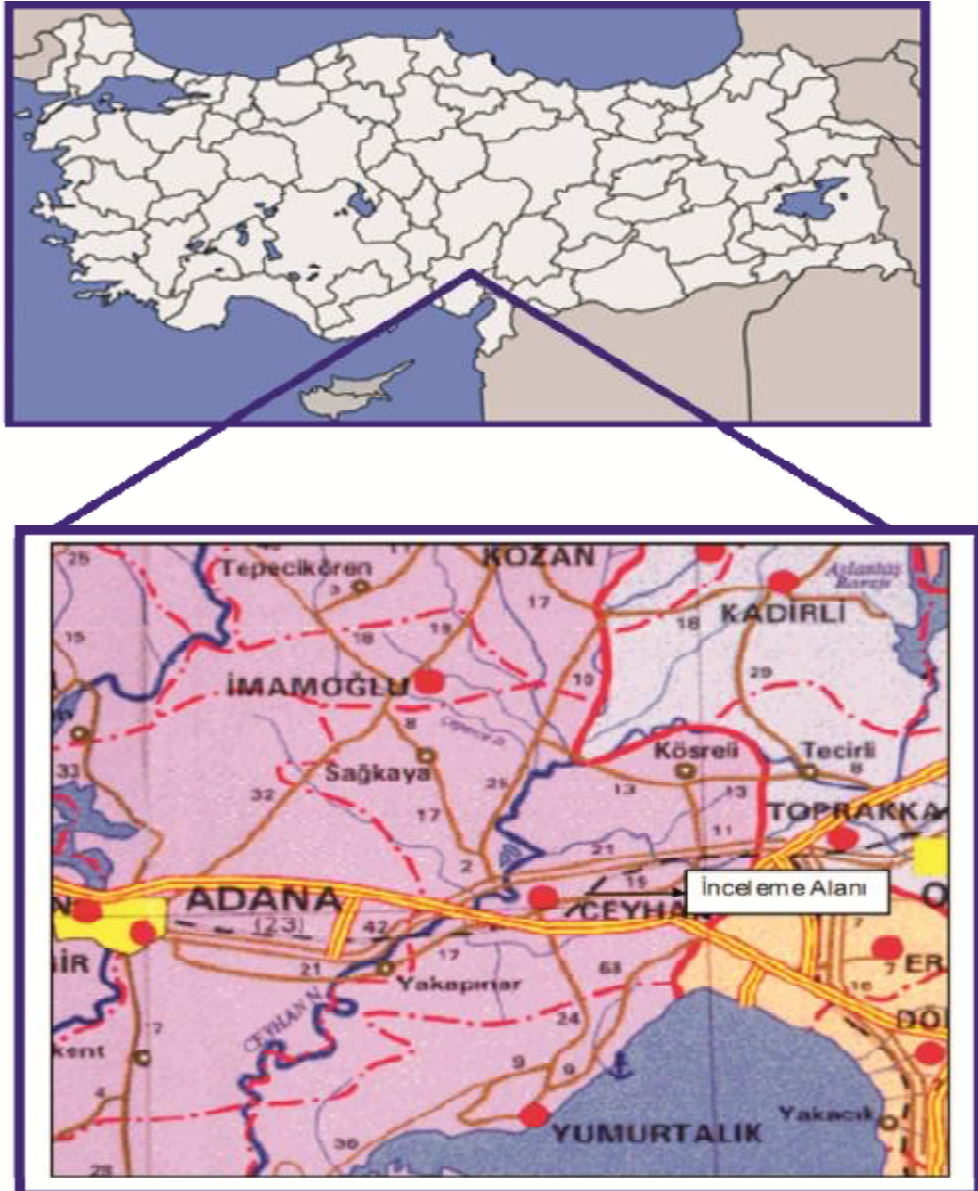
- Yeni yapılacak temellerin desteklenmesi,
- Tünel kazılarında duvarların desteklenmesi ve tünel zemininin iyileştirilmesi,
- Derin kazıklar,
- Dayanma yapıları,
- Var olan yapıların temellerinin desteklenmesi,
- Şev stabilitesinin iyileştirilmesi,
- Köprü ayaklarının desteklenmesi ve korunması,
- Kazı tabanından suyun gelmesinin önlenmesi,
- Zemin suyunun sızdırmazlığını önleyecek duvarlar,
- Zeminin oyulmaya karşı korunması,
- Zeminin sıvılaşmaya karşı direncinin arttırılmasıdır.

Yüksek lisans tez çalışmasını oluşturan konu, giriş bölümünde anlatılan bilgiler de göz önüne alınarak, zemin ıslahı sırasında uygulanması planlanan enjeksiyon yöntemlerinden, *jet grout* yöntemi ile zeminde meydana gelen farklılıkların mühendislik parametreleri yönünden belirlenmesidir.

Tezin amacı ise, enjeksiyonlu ve enjeksiyonsuz zeminden alınacak örselenmiş ve örselenmemiş numunelerin zemin mekaniği deneylerine tabi tutulması, deneylerden elde edilen verilerin değerlendirilip sonuçların yorumlanmasıdır.

Sınıflama deneyleri olarak Atterberg (kıvam) limitleri, özgül ağırlık tayini, elek analizi deneyi ve hidrometre deneyleri yapılmıştır. Elde edilen verilere dayanılarak numune birleştirilmiş zemin sınıflamasına (USCS) göre sınıflandırılmıştır. Mühendislik deneylerinden ise serbest basınç dayanım deneyi, keme kutusu ve konsolidasyon deneylerine tabi tutulmuştur.

Sözü edilen arazi Adana İli, Ceyhan İlçesi, Hürriyet mahallesi Ceyhan Belediyesine ait 29.L.I.a ve 29.L.I.b paftaları, 65 ada ve 144-145 parsellerinde bulunan araziye inşa edilmesi planlanmış Ceyhunkent toplu konutlarına yönelik zemin ıslah çalışmalarını kapsamaktadır. Şekil 1.10'de çalışma alanını kapsayan yer bulduru haritası yer almaktadır.



Şekil 1.10. Yer bulduru haritası (www.bizimcografya.com)

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Genel Jeoloji Çalışmaları

Blumenthal (1947)'de Ceyhan bölgesinin de içerdiği Adana-Niğde arasının 1/100.000 ölçekli jeoloji haritasını yapmıştır.

Schmidt (1961), 1957-1960 yılları arasında Adana bölgesinin genel stratigrafisini sistemli olarak çalışmış ve 47 kaya birimini ayırtlayarak isimlendirmiştir.

Bilgin ve ark. (1981), Ceyhan, Yumurtalık, Osmaniye, Karataş, Haruniye, Kadirli yörelerini içine alan sahanın 1/25.000 ölçekli jeolojik haritasını yapmışlardır. Çalışılan alan içerisinde Kadirli Formasyonu, Andırın Formasyonu, Karataş Formasyonu, Delihalil Bazalt Formasyonu gibi birimleri ayırt etmişlerdir.

Kozlu (1987), Misis-Andırın dolaylarının stratigrafisi ve yapısal evrimi ile ilgili yaptığı çalışmada, Misis-Andırın tersiyer basenini tanıtmıştır.

Ayhan ve ark. (1988), Kozan, Ceyhan ve İmamoğlu ilçeleri arasında ve çevresinde detaylı jeolojik araştırmalar yapmışlardır. İnceleme alanındaki kaya türlerini; Toros doğu jeolojik otokton kayaları, allokton kayalar, Misis grubu kayaları, örtü birimleri, genç karasal birimler olmak üzere beş grupta toplamışlardır. 1/25.000 ve 1/100.000 ölçekli haritalar hazırlamış, bölgenin genelleştirilmiş stratigrafik kesitini çıkarmışlardır.

2.2. Mühendislik Jeolojisi Çalışmaları

Lunardi (1977), yaptığı çalışmada jet grout yönteminin tanımından sonra yöntemin kullanıldığı bazı mühendislik problemleri incelenmiştir. Bunlar;

- Yöntemin farklı zemin çeşitlerine göre uygunluğu,
- Dizayn kriterleri,
- İnşaat sırasında gözetleme,
- Yöntemdeki en son teknolojik gelişmeler,
- Bazı mühendislik çalışmalarında jet grout yöntemi,

- Vaka analizleri.

Uygulamanın zemin ıslahı problemlerinde oldukça ekonomik ve etkili olduğu ancak daha etkili kullanımı için uygulama ile ilgili deneysel araştırmaların yapılması gerektiği belirtilmiştir.

Omine ve ark. (1998)'nin yapmış olduğu çalışmada, arazide çimento katkısı ile iyileştirme yapılmış zeminlerin taşıma gücünün değerlendirilmesi için iki fazlı karışım modeli adı verilen bir metot önerilmiştir. Arazide iyileştirme yapılmış zemin, katkı ve matris olarak tanımlanan iki farklı zeminin karışımı şeklinde ele alınmıştır. Bu yüzden taşıma gücü, gerilme dağıtım faktörü ve karışımdaki katkının hacimsel oranı göz önünde tutularak değerlendirilmiştir. Önerilen metodun gerçekliğini doğrulamak amacıyla arazi testleri yapılmıştır. Arazide iyileştirme işlemi yapılmış zeminlerin taşıma gücü değerlendirmelerinde metodun etkili olduğu sonucuna varıldığı belirtilmiştir.

Durgunoğlu ve ark. (1998) tarafından laboratuvar ve arazi deneyleri sonucunda yapılan hesaplamalarda sığ temellerde üst yapı altında aşırı bir oturmanın gözleneceği belirtilmiştir. Bu koşullarda kazık temel veya jet grout yöntemi önerilmiş, daha küçük maliyeti ve kısa inşaat süresi bakımından jet grout yöntemi seçilmiştir.

Hacıoğlu (1999)'nin tez çalışmasında jet grout yönteminin uygulanışı, uygulamada kullanılan ekipman ve araçlar, uygulama teknikleri, uygulamanın başarısını belirleyen çalışma parametreleri, iyileştirilmiş zeminin fiziksel özellikleri, yöntemin avantajları, limitleri ve uygulamada dikkat edilmesi gereken hususlar, yöntemin tasarım esasları, uygulamanın kalite kontrolü, uygulama alanları ile yöntemin uygulandığı vaka çalışması incelenmiştir. Bu çalışma Yalova'nın Tokmak Köyü Altınova Mevkiinde yer alan bir fabrika tesisi içerisinde inşa edilmesi planlanan ilave PM3 yapısının temel zeminini iyileştirmeye yönelik jet grout uygulamasıdır. PM3 yapısının zeminde oluşturacağı oturma problemine ve sıvılaşma potansiyeline karşın maliyet ve süre bakımından jet grout yöntemi tercih edilmiştir.

Wong ve ark. (1999), Singapur'da bir sanat merkezi inşaatında 1.8 km²'lik bir alan jet grout yöntemi ile güçlendirilmiştir. Zemin yüzeyinden itibaren 2.5-3.0 m. aşağıda yer altı suyunun bulunduğu belirtilmiştir. Islah öncesi drenajsız kayma

dayanımı 300 kPa, elastisite modülü 150 MPa, jet grout zemin ıslahı sonrası drenajsız kayma dayanımı 1150 kPa, elastisite modülü 350 MPa değerine ulaştığı belirlenmiştir.

Durgunoğlu ve ark. (2001)'nin yaptığı çalışmada 7.4 büyüklüğündeki Kocaeli depremi sırasında inşa edilmekte olan Carrefour alışveriş merkezi inşaatı temel zemininde, jet grout kolonlarının yüzeysel temeller altındaki siltli kil tabakasında, deprem esnasında sıvılaşma neticesinde kilde meydana gelen oturmaları azalttığı ve sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörünün arttığı gözlemlenmiştir.

Durgunoğlu ve ark. (2002), çalışması kapsamında İzmir/Tire Organize Sanayi Bölgesi'nde inşa edilen fabrika sahasının jet grout yöntemi ile ıslahı gerçekleştirildiği anlatılmıştır. Saha kolüvyon, alüvyon formasyonlarından ve dolgu zeminden oluştuğu ayrıca 1. derece deprem bölgesinde olduğu belirtilmiştir. Fabrika temelleri kazık temel, binanın zemine oturan kısımları ile diğer hafif yapı temelleri altında ise jet grout kolonları önerilmiştir. Sıvılaşma riskine karşı, kolüvyon tabakasına kadar yaklaşık 32.000 m jet grout kolon uygulaması yapıldığı belirtilmiştir. Zemin ıslahı esnasında jet grout kolonlardan karot alımını, kazı yapılarak çap kontrolünü, yükleme deneylerini, piston numune alıcısı ile alınan numuneler üzerinde mukavemet deneylerini içeren kalite kontrolü gerçekleştirilmiştir.

Gökalp ve Düzceer (2002), makale içeriğinde, Aliağa'da doğalgaz hattının birleştiği güç dönüşüm tesisinin temelinde uygulanan jet grout uygulaması incelenmiştir. Analiz sonuçlarında zeminde beklenen toplam oturma ile farklı oturmaların çok aşırı olduğu böylece tesisin ana binasının temelinin altına jet grout ile iyileştirme yönteminin uygulanmasına karar verilmiştir.

Karakayalı (2002)'nin tez çalışması kapsamında, çeşitli zemin ıslah yöntemleri (ön yükleme, drenler, enjeksiyon, jet grout, taş kolon, ankrajlar vb.) teorik ve deneysel olarak araştırılmıştır. Bu vaka çalışmada, Adana'da meydana gelen 6.3 büyüklüğündeki deprem sonucu hasar gören ve aşırı oturmaların gözlemlendiği Adana Büyükşehir Belediyesi Hal Kompleksi içerisinde bulunan Cami temelinde yapılması düşünülen zemin ıslahı çalışmaları için arazi deneyleri ve laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Caminin çepeçevre temelleri altına, binanın içinden ve dışından 16 metre

boyunda jet grout kolonları imal edilerek bina yüklerinin sağlam zemine aktarılması suretiyle oturmaların devamının önlenebileceği belirtilmiştir.

Sağlamer ve ark. (2002), Gölcük Ford Otosan tesisleri inşaatı zemininde sıvılaşmaya karşı jet grout yönteminin uygulandığı bir araştırma yapmıştır.

Özsoy ve Durgunoğlu (2003), çalışma kapsamında vurgulanan iki zemin ıslah metodundan “Jet grouting” tekniği ile düşük basınçla uygulanması gerçekleştirilen “Deep Mixing” tekniği ile sismik tehlikelerin azaltılmasına yönelik yeni bir hesap metodu önerilmektedir. Depremden dolayı zeminde oluşan kayma gerilmelerinin jet grout kolonları ve aralarında kalan zemin üzerine dağılımının modellenmesi anlatılmaktadır.

Durgunoğlu (2004), makalesinde çeşitli mühendislik yapılarının jeoteknik ve sismik risklerinin değerlendirilmesi sonucu uygulanması gereken zemin iyileştirmesi ve güçlendirmesi için kullanılan yöntemleri tartışmıştır. Bu metotlardan yaygın bir kullanımı bulunan yüksek modüllü jet grout kolonların temel mühendisliğinde çeşitli kullanımları açıklanmıştır. Deprem yükleri altında zeminlerin sıvılaşmaya karşı güvenlik faktörlerinin hesap yöntemleri açıklanmış ve Chinese kriterinin ince taneli zeminler için geçerliliği tartışılarak getirilen yeni bir öneri üzerinde durulmuştur. Yüksek modüllü jet grout kolonların sıvılaşma riskini azaltmada kullanımı detaylı olarak konu edilmiş, bu kullanıma ait geliştirilen bir tasarım metodu özetlenmiştir. Geliştirilen bu metodun özellikle 17 Ağustos 1999 deprem öncesi kısmen uygulandığı İzmir Carrefour SA ticaret merkezi bir vaka analizi olarak incelenerek, metodun geçerliliği kanıtlandığı belirtilmiştir.

Okan (2004)’te gerek imalat hızı ve gerekse de sağladığı ekonomi nedeniyle son yıllarda başarıyla uygulanmakta olan fore kazık arası jet grout kolonlu iksa sistemlerinden biri anlatılmıştır. Projeye söz konusu alan İstanbul ili, Şile ilçesinde yer almakta olan Kasımpaşa İş Merkezi olarak anılmaktadır. Bu iş merkezi yaklaşık 15.7 m. derinlikte planlanan bodrum ve temel kazısının sağlıklı bir şekilde yapılabilmesi için YAS da düşünüldüğünde geçirimsiz ve ön germeli ankrajlarla desteklenmiş bir iksa sistemine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle bu zeminde merkezden merkeze fore kazıklar imal edilmiş, malzeme ve su geçirimsizliğinin

teşkil edilebilmesi için fore kazık araları jet grout kolonları ile doldurulması tasarlanmıştır.

Pekarun ve Doğanışık (2004)'in, çalışması İstanbul Vaniköy'de boğaz denizi ile sınırı olan bir yalı inşaatı kapsamını içerir. Söz konusu yalı için bir bodrum kazısı yapılması projelendirilmiştir. Bu makalede, bodrum kazısının iksa cephelerinin mini kazık ve jet grout yöntemleri kullanılarak desteklenmesi ve su sızdırmazlığının sağlanması ile ilgili bir vaka analizi sunulmuştur.

Doğu ve ark. (2006), yapılan çalışma Tariş-Aydın'da, Limak Lara Otel-Antalya'da ve Concorde Otel-Antalya'daki sahalarda yapılan jet groutlu kısımdan alınan numunelerin mukavemet özelliklerinin, zeminin ince taneli yüzdesi ve SPT vuruş sayısından ne kadar etkilendiği araştırılmıştır. Arazi ve laboratuvar deneylerinden elde edilen zeminin ince tane oranı, ortalama SPT darbe sayısı ve numunelerin serbest basınç dayanımları incelenmiştir.

İskender (2006)'nın yazısı kapsamında ele alınan uygulama konusu, Cezayir'de deniz kenarında ve deniz suyu seviyesinden yaklaşık -8.00 kotlarında temel çalışmaları yapılacak olan su alma binasının yapımı çalışmaları sırasında, çalışma alanının sudan arındırılması amacıyla yapılan jet grout çalışmasını kapsamaktadır. Bunun için özellikle zemin kriterleri göz önüne alınmıştır. Zemin kriterlerine ek olarak, yapılacak geçirimsiz duvar oluşturmak için çeşitli yöntemler üzerinde durulmuş maliyet, zaman, organizasyon, ulaşım gibi mevcut imkânlar gözden geçirilerek jet grout uygulamasına karar verilmiştir.

Bakım (2007) tarafından yapılan tez çalışması kapsamında, Çorlu'da bir polyester fabrikası ek binaları jet grout zemin iyileştirilmesi ile Antalya'da İstanbul Oteli Lojman binalarının temel altı jet grout zemin iyileştirilmesi sonucu ıslah öncesi ve ıslah sonrası zemin mühendislik özellikleri değişimi gözlenmiş ve iki çalışma karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak iki çalışmada da yapıların temel zemininin emniyetli taşıma gücünü arttırmış, üst yapı yükleri altında oturma miktarları istenilen sınırlarda kalmış, sıvılaşma riski ortadan kaldırılmıştır.

Sert ve Önalp (2007), Kayseri Serbest Bölgesi eski bataklık kalıntısı olan kalın turba tabakası üzerinde bulunmaktadır. Bölgede boru dilme makinesi taşıyacak bir platform 15 m'lik turba ve üzerine yaptırılan dolgu sonucu aşırı oturmaların

oluştugu ve dilme makinesinin yerleştirilmesinin imkânsız hale geldiği belirlenmiştir. Bu konuda, oturmaların hesaplanması, gözlenmesi ve devam eden oturmaların jet grout kolonlarıyla azaltılması üzerinde durulmuştur.

Küsin (2009), tez kapsamında jet grout yönteminin kullanıldığı yerler, aşamaları, yöntemleri, mühendislik özellikleri, yapıları iyileştirmede kullanılan hesap yöntemleri incelenmiştir. Yapılan örnek çalışmalar ile sayısal analizler sonucunda sıvılaşma sorununa karşı bir çözüm oluşabileceği görülmüştür. Yapılan örneklerden ilkinde jet grout yöntemi ile yapılan dayanım duvarlarının sayısal analizleri incelenmiş, ikinci örnekte yeraltına yapılacak otopark için temel çukuru, temel kazısı ve mevcut bina temelleri için destek yapısı analizlerini içermektedir. Üçüncü örnekte çimento kolonlar ile iyileştirilmiş kompozit yapıdaki zeminlerde homojenleştirme metodu incelenmiş, son örnek çalışmada ise tank temelleri altındaki zeminin jet grout yöntemi ile ıslah analizleri yapılmıştır.

Doğa Mühendislik tarafından 2007 yılında Ceyhan (Adana) ilçesinde bulunan tez çalışma konusunu da oluşturan arazide yapılması düşünülen toplu konut sahasına ait, jeolojik- jeoteknik zemin etüt çalışması gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda zeminin sıvılaşma potansiyelinin ve yeraltı su seviyesinin yüksek, zemin mukavemetinin ise düşük olduğu saptanmış, gerekli hesaplamalar ile yapılacak yapıların deprem riski göz önüne alınarak yapılması gerektiği, yapı-temel ilişkisinin değerlendirilip gerekli zemin iyileştirme yöntemlerinden uygun olan yöntemlerden birinin seçilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Yüksek lisans çalışması kapsamında Adana İli, Ceyhan İlçesi sınırları içerisinde ve Ceyhan Belediyesine ait araziye inşa edilecek olan toplu konutlara yönelik zemin ıslahı amacıyla temel zeminden ve jet grout yöntemi ile iyileştirilmiş zeminden alınan örselenmiş ve örselenmemiş numuneler kullanılmıştır.

Saha çalışmalarında, 1/25.000’lik topoğrafik ve jeolojik haritalar, jeolog çekici, numune torbaları, numune alma cihazı, Shelby tüpleri, fotoğraf makinesi, numune alımı için parafin, balmumu, piknik tüpü, tülbent gibi malzemeler kullanılmıştır.

Alınan bu numunelerin indeks ve bazı mühendislik özelliklerinin belirlenmesinde, elek ve hidrometre seti, Casagrande likit limit cihazı, plastik limit plakası, piknometre ve ısıtıcı plaka, serbest basınç (tek eksenli) deney aleti, kesme kutusu deney aletleri, konsolidasyon cihazı ve kullanılması gereken rutin laboratuvar araç gereçler kullanılmıştır.

3.2. Metot

Çalışma genel olarak dört aşama sonucunda tamamlanmıştır. İlk aşama literatür taraması, ikinci aşama arazi çalışmaları, üçüncü aşama laboratuvar analizleri, son aşama ise büro çalışmalarıdır.

3.2.1. Literatür Taraması

Bölge ile ilgili ve kullanılan zemin ıslahı yöntemleri ile jet grout yönteminin kullanılması yönündeki önceki araştırmalar incelenmiş olup, bölgenin jeolojisi hakkında bilgi edinilmiştir. Çalışma alanına ait jeolojik haritalar temin edilmiş, literatür taraması araştırmanın hemen hemen her aşamasında yapılmıştır. Zaman

zaman ilgili internet web siteleri incelenmiş olup ilgili tezler, makaleler, raporlar ve dokümanlardan faydalanılmış ve bu çalışmalar derlenmiştir.

3.2.2. Arazi Çalışmaları

Bu çalışmalarda söz konusu arazinin (Şekil 3.1) jeolojisi göz önünde bulundurularak arazi deneyleri yapılmıştır. Belli lokasyonlarda SPT deneyi yapılarak sondaj logları, oluşan loglar ışığında zemin kesitleri elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Özellikle zeminin yapısı, dokusu ve birimlerin devamlılığını görmek açısından sondaj logları önem arz etmektedir.

Jeolojik ve jeoteknik sorunların saptanmasından sonra zemin ıslah yöntemi belirlenmiş ve uygulamaya geçilmiştir. Buradan alınan numuneler Çukurova Üniversitesi Jeoloji Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarına getirilmiştir.

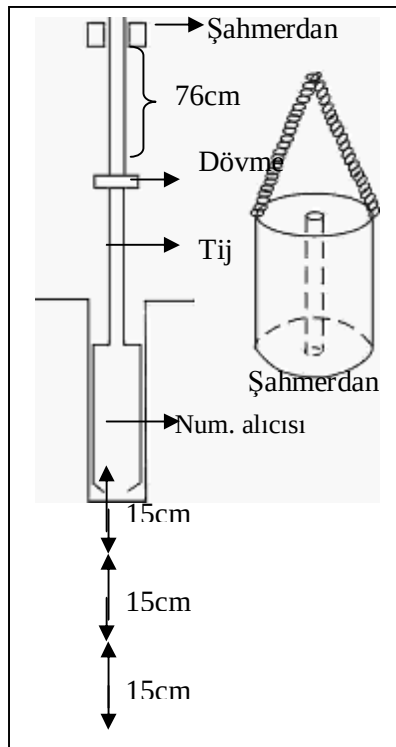


Şekil 3.1. Çalışma arazisine ait genel görünümü

3.2.2.1. Arazi Deneyleri

3.2.2.1.(1). Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Yaygın bir şekilde SPT olarak bilinen Standart Penetrasyon Deneyi, sondaj kuyusu içinde ayırık kaşık olarak bilinen standart bir numune alıcısının zemine çakılması şeklinde yapılır. Çakma işlemi, ucunda ayırık kaşık bulunan tijler üzerine 63,5 kg ağırlığındaki bir şahmerdanın kuyunun dışında 76 cm yüksekten tekrarlı bir şekilde bırakılmasıyla yapılır (Şekil 3.2). Her 30 cm'lik kaçmaya gelen darbe sayısı kaydedilir (Clayton ve ark, 1995). Zeminin standart numune alıcısına karşı gösterdiği mukavemetten yararlanarak yeraltı durumu hakkında fikir sahibi olmak, zemini temsil edecek örselenmiş ve örselenmemiş numune almak esasına dayanır (Ertunç, 2003).



Şekil 3.2. Standart penetrasyon takımı kesiti (Ertunç, 2003)

3.2.2.1.(1).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler

Standart penetrasyon deneyinde kullanılan araç ve gereçler aşağıda sıralanmıştır.

- Standart Penetrasyon Borusu ve Çarıklar:

Deneyde kullanılan standart penetrasyon borusu dış çapı 2", iç çapı $1\frac{3}{8}$ " olan bir tüp şeklindeki 51 mm'lik standart numune alıcısı diye de adlandırılır. Standart numune alıcısı ucuna, ağzı konik şekilli çarık takılır.

- Şahmerdan:

Şahmerdan 63,5 kg ağırlığındadır, kılavuz borusunun geçmesi için, ortası deliktir. Kılavuz borusu, şahmerdanın düz bir çizgi boyunca hareketini ve tam dövme başlığı üzerine düşmesini sağlar.

- Dövme başlığı:

Şahmerdanın her darbeye üzerine düştüğü başlıktır. Bu başlık olmasa, şahmerdanın darbeleri tij üzerine gelir ve tiji bozar.

- Sondöz (Sondaj Makinesi):

Takımın inip çıkmasını, delme ve temizleme işlemlerini sağlar.

- 4" lik çakma borusu

Deney yapılan zemin yıkıntı ve döküntü yaparsa, önce 4" lik çakma borusu çakılır.

- Tijler ve Karotiyerler:

Deneyde genellikle 42 mm.lik tij kullanılır. Karotiyerler ilerleme ve çakma borusunun içini temizlemek için kullanılır.

- Çinko Tüpler:

Penetrasyon deneyinde numune alınacaksa, semplerin içine çinko tüp yerleştirilir. Numune alındıktan sonra kapaklar kapatılır, parafinlenir. Kuyu numarası, metresi, alt ve üst okları etikete yazılır ve tüpün üstüne yapıştırılır. Shelby tüpü kullanılması daha uygun olur.

3.2.2.1.(1).b. Deneyin Yapılışı

- Deney, ASTM D 1586-58 (2003) standartları doğrultusunda, 51 mm çapındaki numune alıcısı, 76 cm yükseklikten düşürülen 63,5 kg ağırlığındaki şahmerdanla bozulmamış zemine çakmak ve her 30 cm penetrasyon için vurulan darbe adetlerini saptamak suretiyle yapılır.
- Önce 4" lik çakma borusu çakılır, içi temizlenir. Standart penetrasyon takımı, çakma borusunun içine indirilir. Çakma borusu çakılırken zemini oynattığından, darbe adetleri sayılmadan standart numune alıcısı 15 cm çakılır (Aslında bilgi için bunun darbe adetlerinin de sayılması yararlıdır, fakat hesaplarda kullanılmamalıdır). Bundan sonra deney başlar, standart penetrasyon borusu zemine 30 cm çakılırken, ilk ve ikinci 15 cm yi çakmak için vurulan darbeler sayılır ve forma yazılır.
- Eğer 50 darbe vurulduğu halde penetrasyon borusu 30 cm çakılamazsa, deneye son verilerek 50 darbedeki ilerleme miktarı kaydedilir (50/n şeklinde, n= ilerleme miktarı).
- Darbenin ikilemesi halinde (şahmerdan, dövme başlığına düşünce sıçrama yaparsa, buna ikileme denir) bunun hangi metrede olduğu kaydedilir. Ard arda 3 defa ikileme halinde o kademedeki deneyden vazgeçilip, ikilemenin nedeni araştırılır. İkileme, çarığın ağzına çakıl, odun parçası sıkışması, blok veya iri çakıla rastlanması gibi nedenlerden olabilir.
- Darbe başlayınca veya ilk darbeler vurulduktan sonra numune alıcısı birdenbire aşağıya inerse, borunun zemine giriş miktarı saptanır. Eğer standart numune alıcısı, zeminin çok yumuşak olması nedeniyle aşağıya inmişse, zeminin oynamış olmasına kanaat getirilerek, 30 cm için darbe sayısı tekrar sayılmalıdır.
- Rotary çalışması sırasında kaybedilen sondaj suyu saptanmalı, kuyuda günlük su ölçümleri düzenli yapılmalıdır. Taşıma gücünün hesabı için yeraltı su düzeyinin bilinmesi gerekir. Su düzeyini ölçmek için, çalışmadan sonra kumlarda 30 dakika, kil ve siltlerde 24 saat beklemek gerekir.

Terzaghi ve Peck (1960), “Foundation Engineering” adlı kitabında standart penetrasyon darbe sayılarına göre taşıma gücü hesapları için aşağıdaki formülleri vermiştir:

$$q_a = \frac{N-3}{5} \text{ (Yeraltı suyu üzerindeki deneyler için)} \quad (3.1)$$

$$q_a = \frac{N-3}{10} \text{ (Yeraltı suyu içindeki deneyler için)} \quad (3.2)$$

q_a = Zeminin taşıma gücü

N = Darbe sayılarının (N') düzeltilmesi ile bulunan bir sayıdır.

Standart penetrasyon borusunu 30 cm çakmak için vurulan darbe sayısı N' olduğuna göre:

$$N = 15 + \frac{N' - 15}{2} \quad (3.3)$$

Darbe sayısı 15 veya daha az olursa, $N = N'$ kabul edilir.

3.2.3. Laboratuvar Çalışmaları

Laboratuvar çalışmalarında, çalışma sahasından Çukurova Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Mekaniği Laboratuvarına getirilen numuneler (örselenmiş ve örselenmemiş) indeks deneylerine ve mühendislik deneylerine tabi tutulmuştur. İndeks deneyleri olarak Atterberg (Kıvam) limit deneyi, özgül ağırlık deneyi, tane boyu analizi (hidrometre ve ıslak elek analizi); mühendislik deneylerinden ise tek eksenli (serbest basınç) deneyi, kesme kutusu deneyi ve konsolidasyon deneyleri ASTM (American Society of Testing Materials)'ye uygun olarak yapılmıştır.

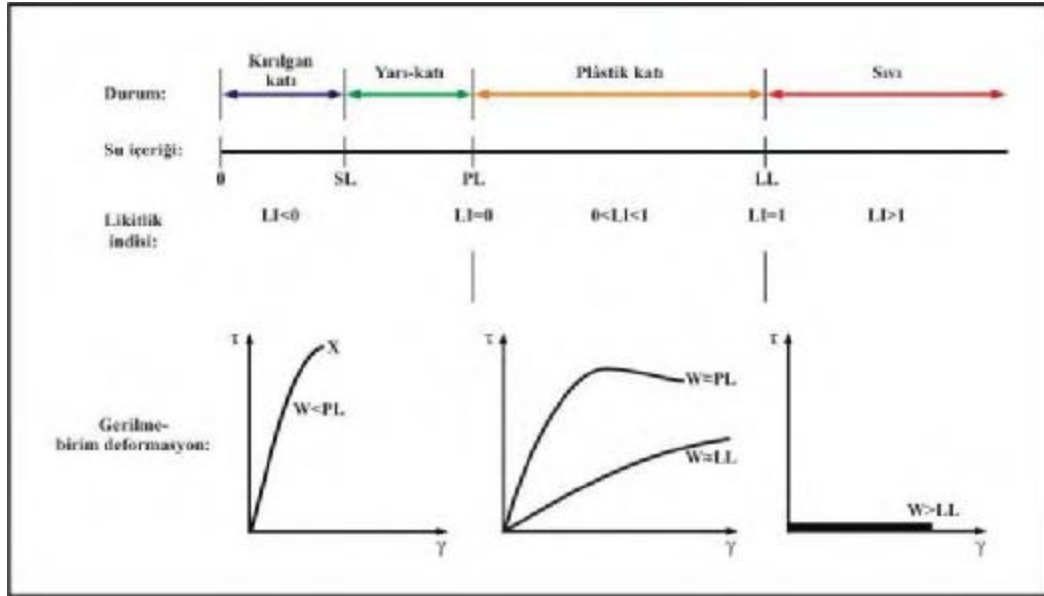
3.2.3.1. Atterberg (Kıvam) Limitleri

1911 yılında İsveç toprak bilimcisi Albert Atterberg su içeriği ve zemin kıvamı arasındaki ilişkiyi değerlendirmek amacıyla bir dizi deney geliştirmiştir. Bu dizi üç ayrı deneyden oluşmaktadır. Bunlar likit limit deneyi, plastik limit deneyi ve rötre limit (büzülme) deneyidir. Bu deneylerin hepsine Atterberg limitleri deneyleri denmektedir. Likit limit ve plastik limit deneyleri çoğu laboratuvar deney programlarının bir kısmını teşkil eder. Bunlar ucuz deneyler olup sonuçlar oldukça faydalı olabilir. Bunun aksine, büzülme limitinin önemi mühendisler açısından daha azdır ve ender durumlarda ölçülür. Atterberg limitleri zeminin davranışı hakkında bir fikir verirken bu limitler aynı zamanda Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi'nin temelini oluşturur (Coduto, 1999).

Zemine fazla su iletilirse zemin sıvı (likit) hale gelir buna likit limit (LL), su kaybı daha fazla olursa zemin yavaş yavaş plastik özelliğini kaybeder. Bu durumdaki su içeriğine ise plastik limit (PL), daha da su kaybetmesi halinde artık hacim küçülmesi olmayacaktır. Bu haldeki su içeriğine de rötre limit (büzülme/RL veya SL) denir.

Zeminlerin kıvamı, tanecikleri arasındaki adezyon kuvvetini (bağ kuvvetini), yük karşısında kayma direncini ve stabilitesini, suyla değişen katılığını ve hangi su içeriğinde hangi katılığa sahip olacağını belirleyen en temel özelliktir.

Atterberg limitleri, tane boyu değerleri ile birlikte zeminlerin sınıflandırılmasında kullanıldıkları gibi, mühendislik özellikleri ve ince taneli zeminlerin mühendislik davranışlarıyla deneştirilebilir olmalarından dolayı oldukça yararlıdır. Likit Limit (LL), plastik limit (PL), doğal su içeriği (W) ve 0,002 mm.'den küçük tane boyu yüzde değerlerinden (kil fraksiyonu; J) faydalanılarak zemin plastisite indisi (I_p , pI), likitlik indisi (I_L , LI), kıvam indisi (I_C , CI) ve aktivite (A_C) değerleri hesaplanıp zemine ait çeşitli sınıflamalar yapılabilir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Killerin likitlik indisine (LI) göre sınıflandırılması ve değişik su muhtevalarında zeminin gerilme-birim deformasyon tepkileri (Holtz ve Kovacs, 1981)

3.2.3.1.(1). Deney İçin Numunenin Hazırlanması

Kıvam limiti yapılacak zeminden bir miktar alınarak havada kurutulması sağlanır. Hava koşulları uygun değil ise 40-50 $^{\circ}\text{C}$ 'lik etüvde 24 saat boyunca kurumaya bırakılır. Kurutulan zemin 40 no'lu elekten elenerek yaklaşık 250-300 gr. numune alınır. Numune bir kap içerisine alınarak az miktarda damıtık su yavaş yavaş ilave edilir ve her defasında iyice karıştırılır. Macun kıvamına gelene kadar karıştırılan numune, içerisindeki suyun her tarafa yayılması, homojen bir yapı olması sağlanır. Numunenin hava almaması için numune kabının üzeri plastik bir örtü ile kapatılarak desikatör içerisine konur ve 24-36 saat süreyle burada bekletilir.

3.2.3.1.(2). Likit Limit Deneyi (LL)

Viskozitesi yüksek bir sıvı gibi akıcı durumdaki zeminin plastik duruma dönüştüğü andaki su muhtevasıdır.

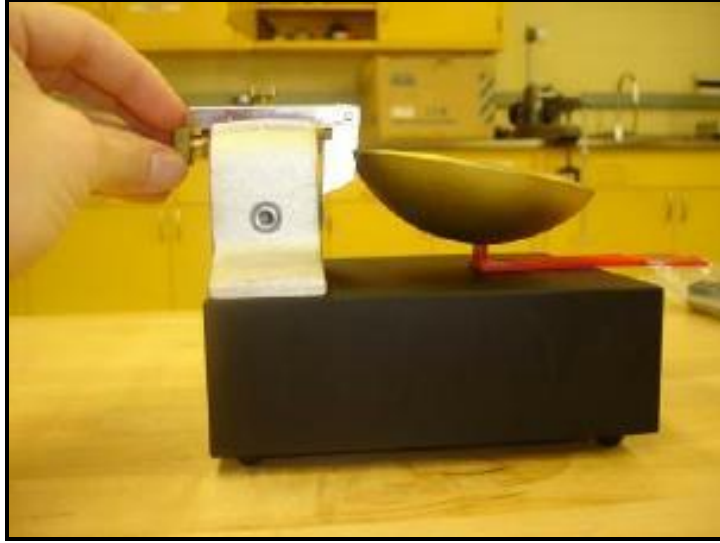
3.2.3.1.(2).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler

- Casagrande (Likit Limit) aleti,
- Oluk açma bıçağı,
- Esnek spatula,
- 40 no'lu elek (0,425 mm),
- Terazî (0,01 gr duyarlıkta),
- Karıştırmak ve bekletmek için içi sırlanmış porselen pota,
- Saf su,
- Piset,
- Etüv ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta),
- Numune kapları,
- Desikatör,
- Cam plaka

3.2.3.1.(2).b. Casagrande (Likit Limit) Aletinin Ayarlanması

Casagrande aletindeki numune konulan kısmın sert plastiğe düşüş yüksekliği 1 cm. boyutunda olmalıdır. Bu yüksekliğin kontrolü için en kesiti 1 cm. boyutunda kare şeklindeki standart oyuk açma bıçağının sapı kullanılabilir (Şekil 3.4). Böylece aletin kalibrasyon işlemi tamamlanmış olur.

Deney aleti ve oyuk açma bıçağı her deneyden önce temiz, kuru ve çalışır durumda olmalıdır.



Şekil 3.4. Casagrande aletinin kalibrasyon işlemi (<http://www.wku.edu>)

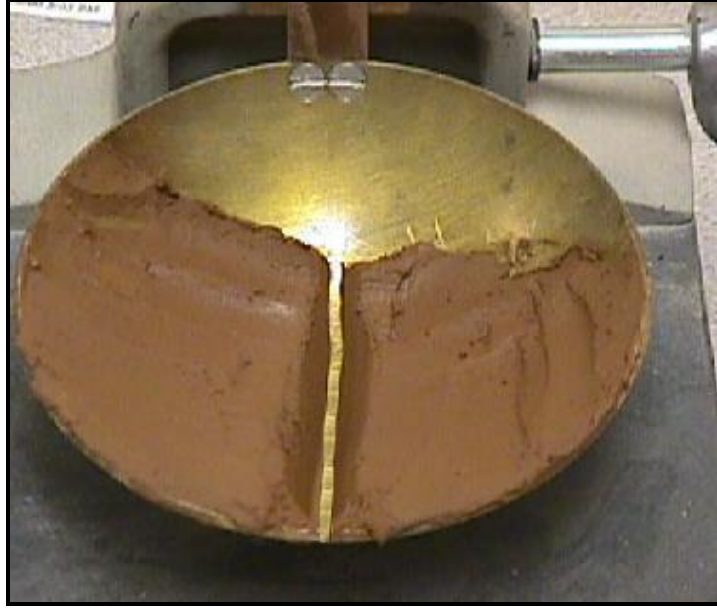
3.2.3.1.(2).c. Gerekli Ölçümler

- Vuruş sayısı,
- Su içeriği.

3.2.3.1.(2).ç. Deneyin Yapılışı

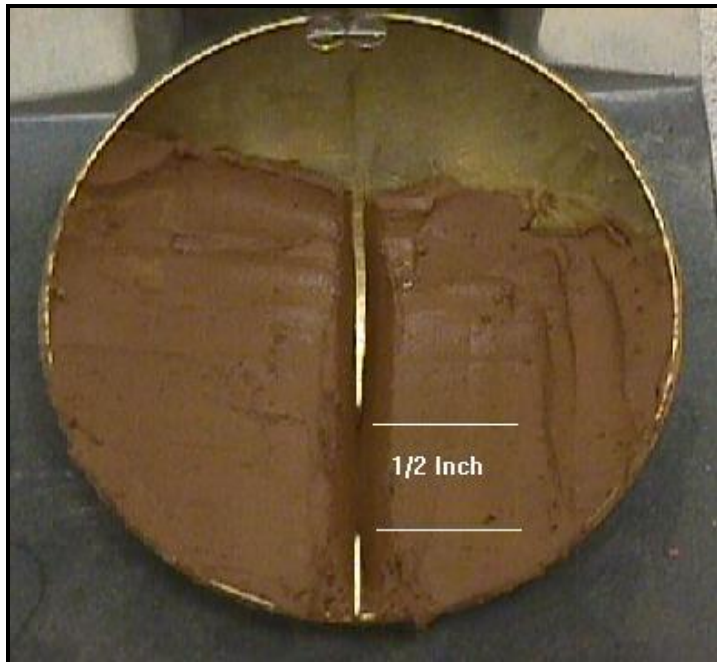
Likit limit deneyi ASTM D 4318-00 (2003) standardına uygun olarak yapılmıştır. Deneyin yapılışı şu şekildedir;

- Kürünü tamamlamış olan numune desikatörden alınır, üzerine saf su eklenerek bir porselen kap içerisinde spatula yardımı ile karıştırılır.
- Karışımı tamamlanan numunedan bir parça alınarak Casagrande aletindeki pirinç kap içerisine serilir. Maksimum yüksekliği tabana paralel olarak düzlenir. Serilme sırasında içinde hava kabarcıkları kalmamasına özen gösterilir.
- Standart oluk açma bıçağı ile zeminde belirgin bir şekilde yarık açılır. Oluk açma bıçağı pirinç kap yüzeyine dik olarak tutulur (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Zeminde belirgin bir şekilde yarık açılma işlemi (<http://www.wku.edu>)

- Casagrande aletindeki kol, saat yönünün tersi yönünde saniyede 2 düşüş yapacak şekilde çevrilerek düşüşler sayılır. Zeminin ortasında açılmış olan yarığın tabandaki kapanması dikkatle izlenmeli ve kapanmanın yaklaşık 1 cm. boyutunda birleşmesini sağlayacak vuruş sayısı saptanır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Numunedeki yaklaşık 1/2 inç'lik (1 cm) kapanma (<http://www.wku.edu>)

- Su muhtevasının belirlenmesi için, birleşen zemin kısmından (1 cm'lik kapanmanın olduğu bölgeden) kuru ve temiz bir spatula kullanarak bir miktar yaş numune alınıp ağırlığı bilinen bir kaba (su içeriği kabına) konur.
- 0,01 gr duyarlıklı bir tartıda Yaş numune ağırlığı + Kap ağırlığı tartılarak kaydedilir.
- Numune $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ 'lik etüve konur ve kuruması için 24 saat beklenir.
- Etüvde kuruması için 24 saat bekleyen numune etüvden alınarak tartılır ve Kuru numune ağırlığı + Kap ağırlığı tartılarak numunenin su içeriği saptanır.
- Casagrande aletindeki pirinç kapta kalan malzeme porselen kaba alınır ve su içeriği arttırılarak yeni bir vuruş sayısı saptanır. Bu işlemler 10 ile 50 arasında en az 4 kez tekrarlanarak 4 tane düşüş noktası ve bunlara karşılık su içeriği elde edilir. Düşüş değerlerinden iki tanesi 25'ten küçük, 2 tanesi de 25'ten büyük olmalıdır.
- Her yapılan deney sonucunda elde edilen su içeriğine karşı vuruş sayısı, yarı logaritmik bir grafik kağıdı üzerinde belirlenir. Yarı logaritmik kâğıtta ordinat eksenini su içeriği değerlerini, apsis eksenini ise vuruş sayısı değerlerini temsil eder. Karşılıklı değerler karşılaştırılarak işaretlenir ve elde edilen noktalardan en uygun doğru geçirilir. Bu grafik üzerinde 25 vuruş darbesine karşılık gelen su içeriği zeminin likit limit değerini (LL) verir.

3.2.3.1.(3). Plastik Limit Deneyi (PL)

Zeminin artan su içeriğinde yarı katı halden plastik kıvama geçtiği su içeriğidir. Diğer bir deyişle, ıslak bir zeminin yoğrulma sırasında yüzeyinde çatlakların belirdiği su içeriği olarak da tanımlanabilir. Yüke maruz kaldığı takdirde kalıcı deformasyon gösterdiği dolayısıyla PI değeri plastiklik sınırına işaret eden su içeriğidir.

3.2.3.1.(3).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler

- Geniş cam plaka (levha),

- Spatula,
- Terazı (0,01 gr duyarlıkta),
- Etüv ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta),
- Numune kapları,
- Cetvel,
- Saf su.

3.2.3.1.(3).b. Deneyin Yapılışı

Plastik limit deneyi ASTM D 4318-00 (2003) standardına göre yapılmıştır. Deneyin yapılışı şu şekildedir;

- Desikatörde bekletilen kürünü tamamlamış numune alınarak üzerine saf su eklenir. Homojen olana dek ve plastik kıvama gelene kadar spatula ile karıştırılır.
- Kıvama gelen numune cam levha üzerine konarak avuç içi ile 3 mm. çapında silindirik parçalar oluşana dek yuvarlanır. Bu işlem 3 mm. çapındaki zemin yüzeyinde çatlamlar ve kopmalar oluşuncaya kadar devam edilir.
- Numune üzerinde kılcal çatlakların oluşması ve bu çatlaklar oluştuğu anda kopmaya başlamaları numunenin plastik limite ulaştığını gösterir (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Plastik limite ulaşmış numune örnekleri (<http://www.isotop.co.il>)

- Zemin üzerinde çatlamlar ve kopmalar başladığı andaki zeminler boş kütlesi bilinen bir kap içerisinde tartılarak Kap + Yaş numune ağırlığı tartılır.
- Bu şekilde en az 3 deney yapılır. Numuneler kuruması için etüve konur ve 24 saat beklenir.
- 24 saat bekletilmiş numune etüvden alınarak tekrar tartılır ve Kap + Kuru numune ağırlığı belirlenir, su içeriği (W_n) saptanır.
- Bu işlemler birkaç defa yapılarak bulunan değerlerin ortalaması alınır ve plastik limit (PL) değeri hesaplanır.
- Likit limit ve plastik limit değerlerinin hesaplanmasının ardından plastisite indisi (PI) belirlenir.

3.2.3.1.(4). Plastisite İndisi (PI), Likitlik İndisi (LI), Kıvam İndisi (CI) ve Aktivite (Ac) Değerlerinin Hesaplanması

Plastisite İndisi (PI): Zeminin plastik kıvamda bulunduğu aralığı temsil ederek hacim değiştirme ve kohezyon özelliklerini belirler. Zeminin su içeriği belli bir miktardan daha fazla arttığında kohezyonu azalır. Bu azalmanın nedeni ise kil tanelerinin etrafındaki suyun bir nevi yağlama etkisi yaratarak tanelerin birbirlerinin üzerinden kaymasına yol açmasından kaynaklanmaktadır.

$$PI = LL - PL \quad (3.4)$$

PI : Plastisite İndisi (%)

LL : Likit Limit (%)

PL : Plastik Limit (%)

Likitlik İndisi (LI): Kıvam limitlerinin laboratuarda ölçülmesinden sonra arazideki durumunu belirlemek için likitlik indisi hesaplanmalıdır. Böylece zeminin arazide kesmeye maruz kaldığında nasıl davranacağı belirlenebilir.

$$LI = \frac{W_n - PL}{PI} \quad (3.5)$$

LI : Likitlik İndisi

W_n : Doğal su içeriği

PL : Plastik limit

PI : Plastisite indisi

Kıvam İndisi (Konsistans) (CI): Likitlik indisine benzer olarak, zeminin arazide doğal haldeki kıvamının nasıl olduğunu belirler.

$$CI = \frac{LL - W_n}{PI} \quad (3.6)$$

CI : Kıvam İndisi

LL : Likit limit

W_n : Doğal su içeriği

PI : Plastisite indisi

Aktivite (Ac): Killerin su içeriğine bağlı olarak hacimlerinde meydana gelen değişmeyi gösteren aktivite; platisite indisinin, zeminin 0,002 mm çapına karşılık gelen yüzde geçen değerine oranı olarak tanımlanır.

$$A_c = \frac{PI}{J} \quad (3.7)$$

A_c : Aktivite

PI : Plastisite İndisi (%)

J : 0,002 mm'den küçük tanelerin ağırlıkça yüzdesi (kil fraksiyonu) (%)

3.2.3.2. Özgöl Ağırlık (Piknometre) Deneyi

Belli hacimdeki zemin tanelerinin ağırlıkları aynı sıcaklık ve eşit hacimdeki saf suyun ağırlığına eşit oluşu özgül ağırlık olarak tanımlanır.

Zemin sınıflama deneyleri ve mühendislik deneylerinin hesaplamalarında daha iyi sonuç elde etmek için özgül ağırlık deneyi yapılmalıdır.

3.2.3.2.(1). Gerekli Araçlar ve Gereçler

- Piknometre (250 ml. veya 500 ml.),
- Saf su,
- Terazî (0,01 gr. duyarlıkta),
- Etüv ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ sıcaklıkta),
- Isıtıcı,
- 4 no'lu elek,
- Kompresör (vakum uygulayıcı alet),
- Termometre ($0,1^{\circ}\text{C}$ hassaslıkta),
- Piset,
- Huni,
- Gerekğinde kullanmak üzere bir miktar buz.

3.2.3.2.(2). Piknometrenin Kalibrasyonu

- Piknometre iyice temizlenip, kurutulur.
- Piknometre menüsküs çizgisine kadar havası alınmış damıtık su (saf su) ile doldurulur. Sudaki kavisliğin alt yüzeyi menüsküs çizgisine temas ettirilir.
- Piknometrenin boş kalan kısmı ve dış yüzeyi kurulanır.
- Piknometre içindeki su ile birlikte hassas terazide tartılır ve ağırlığı kaydedilir.

- Piknometre içinde bulunan suyun sıcaklığının üniform olmasını sağlamak için piknometre bir kaç defa alt üst edilir. Suyun sıcaklığı termometre ile ölçülerek kaydedilir.
- Suyun sıcaklığını mevcut oda sıcaklığının 4-5⁰C altına getirebilmek için piknometre soğuk su kabına konulur. Gerekirse soğumanın hızlandırılması için buz da kullanılabilir.
- Piknometredeki suyun soğuması ile hacmi azalacağından, azalma miktarı kadar su ilave edilerek menüsküs tabanının tekrar piknometrede bulunan işaretin üzerine teması sağlanır.
- Kalibrasyon eğrisinin çizilmesinde kullanılacak üçüncü bir nokta için piknometre ve içerisindeki su ısıtılarak mevcut oda sıcaklığının yaklaşık olarak 5⁰C üstüne çıkarılması sağlanır. Isınınca suyun hacmi artacağından su seviyesini sabit tutmak için bir miktar suyun boşaltılması gerekebilir.
- Kalibrasyon eğrisinin çizilmesi için piknometre ve içerisindeki su oda sıcaklığının yaklaşık olarak 10-15⁰C üstündeki (veya altındaki) sıcaklıklarda ısıtılarak veya soğutulularak en az 4 nokta elde edilir (EK-1) (Kayhan, 2006).
- İçi su dolu piknometre kütlesine (M_{pw}) (ordinat) karşılık sıcaklık (T) (apsis) çizilerek kalibrasyon eğrisi elde edilir.

3.2.3.2.(3). Gerekli Ölçümler

3.2.3.2.(3).a. Piknometrenin Kalibrasyonu

- Su dolu cam kabın su ile birlikte kütlesi (M_{pw}),
- Şişedeki suyun ısısı (T).

3.2.3.2.(3).b. Özgül Yoğunluğun Belirlenmesi

- Su (T_X sıcaklıkta) + piknometre + zemin kütlesi (M_{pws}) (T_X),
- Piknometre + numune ağırlığı,

- Piknometre ağırlığı,
- Karışım sıcaklığı (T_x).

3.2.3.2.(4). Deneyin Yapılışı

Piknometre deneyi ASTM D 854-02 (2003) standartlarına uygun yapılmıştır. Deneyin ilk aşaması olan kalibrasyonu olmayan piknometrenin kalibrasyonunun yapılması alınırken, ikinci basamağı deneyin asıl kısmını oluşturmaktadır.

- 500 ml.'lik piknometre ile deney boyunca gerekli zamanlarda kullanılmak üzere saf su, içerisindeki havanın alınması amacıyla 30 dk. boyunca kaynamaya bırakılır.
- Deneyde kullanılacak numune açık havada kurutulduktan sonra 4 no'lu elekten elenir. Elenen bu malzeme 24 saat boyunca $110 \pm 5^\circ\text{C}$ 'lik etüvde kurumaya bırakılır.
- Numuneden zemin cinsine ve kullanılacak piknometre hacmine göre Çizelge 3.1'de gösterilen kadar numune alımı sağlanır.

Çizelge 3.1. Zemin cinsi ve kullanılan piknometre hacmine göre numune miktarı (ASTM D 854-02, 2003)

Zemin Tipi	250 ml.'lik piknometre için gereken numune miktarı	500 ml.'lik piknometre için gereken numune miktarı
SP, SP-SM	60 ± 10	100 ± 10
SP-SC, SM, SL	45 ± 10	75 ± 10
Silt veya kil	35 ± 5	50 ± 10

- Belirlenen miktar doğrultusunda malzeme 0,01 gr. hassasiyetli tartıda tartılır.
- Kalibrasyonu yapılmış olan piknometre temizlenir ve kurutma işlemleri yapılır. Piknometre içerisinde kalan su partikülleri kompresör alet ile vakum yoluyla çekilir.
- Tüm işlemlerin sona ermesinin ardından piknometre hassas terazide tartılarak ağırlığı kaydedilir.

- Miktarı belirlenen numune huni yardımıyla piknometre içerisine aktarılır. Numunenin üzerine piknometrenin yarısı doluncaya kadar kaynatılan saf su eklenir.
- Karışım içerisindeki havayı çıkartmak için ya ısıtıcı plaka yardımıyla karışım yavaşça kaynatılır ya da piknometrenin ağzından vakum uygulanır.
- Kaynatma işleminde karışım kaynamaya başladıktan sonra 10-15 dakika süre ile kaynatma işlemine devam edilir. Eğer vakum uygulanıyorsa, vakumun basıncı 100 mm. civa basıncını aşmayacak şekilde ayarlanmalıdır. Her iki yöntemde de hava kabarcıklarının çıkışını izlemek mümkündür. Kaynama sırasında karışımın taşmamasına özen gösterilmelidir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Kaynatma yöntemi ile piknometre deneyi

- Kaynamaya bırakılan karışım arada çalkalanarak zemin tanelerinin piknometre dibine yapışması engellenir. Hava alma işleminin sonunda piknometreye, havası alınmış saf su ilave edilerek menüsküsün tabanının piknometre üzerinde bulunan kalibrasyon çizgisine kadar gelmesi sağlanır.

Bu işlem çok yavaş bir şekilde yapılmalı, dökülen suyun türbülans yaparak hava kabarcıkları oluşturmamasına dikkat edilmelidir.

- Piknometrenin dış yüzeyi peçete yardımıyla kurulanır.
- Piknometre ve içerisindeki karışım 0,01 gr. duyarlıklı hassas terazide tartılır ve W_{bsw} (piknometre + su + zemin kütlesi) olarak kaydedilir.
- Tartım sonrası karışım sıcaklığının her noktada aynı olabilmesi için piknometre kapağı kapatılarak alt üst edilir. Termometre ile sıcaklık ölçümü yapılır ve T_x karışımın sıcaklığı olarak kaydedilir.
- Özgül ağırlık deneyi birkaç defa tekrarlanarak ortalaması alınır.

3.2.3.2.(5). Hesaplamalar

Zemini oluşturan tane parçalarının özgül ağırlığı aşağıdaki formül üzerinden hesaplanır.

$$G_{s(Tx)} = \frac{W_s \times G_{w(Tx)}}{W_s + W_{pw(Tx)} - W_{psw(Tx)}} \quad (3.8)$$

- $G_{s(Tx)}$: Zemine ait özgül ağırlık
 W_s : Kuru numune ağırlığı (gr)
 $W_{pw(Tx)}$: Tx sıcaklığındaki piknometre + su ağırlığı (gr) (EK-1'deki eğriden)
 $W_{psw(Tx)}$: Tx sıcaklığındaki piknometre + numune + su ağırlığı (gr)
 $G_{w(Tx)}$: Suyun Tx sıcaklığındaki özgül ağırlığı (EK-2a)

3.2.3.3. Tane Boyu Analizi (Hidrometre + Elek Analizi Deneyleri)

Tane boyu analizi ASTM D 422-63 (2003) standardına uygun olarak yapılmıştır. Bu standart doğrultusunda % kil ve silt oranları hidrometre analizleri ile % kum ve çakıl oranları ise elek analizi sonucu belirlenir. Diğer bir deyişle elek analizi 200 no'lu elek (0,075 mm) üzerinde kalan numuneler için uygulanırken,

hidrometre analizi ise 200 no'lu elek altında kalan numuneler için uygulanır. Tane boyu analizinin asıl amacı ise zemin kütleğinde bulunan her tane boyutunun hangi oranda olduğu saptanırken, tane çapı dağılımını belirlemektir. Böylece zemin sınıflamasında kıvam limitleri ile birlikte tane boyu analizi daha doğru bir sonuç verir.

3.2.3.3.(1). Hidrometre Analizi

İnce taneli zeminlerin tanımlaması ve sınıflaması belirlenirken zeminin 0,075 mm'den küçük tanelerin kil ve silt oranlarını ayırmada yardımcı olan bir analizdir. Bu deneyin esası viskoz sıvı içinde düşen küreler için Stoke Yasasına dayanır. Stoke yasasına göre killer ve siltler hidrometre tarafından yuvarlak sayılır. Suyun içinde inerken düşüş mesafesi ve zamanı bilindiği için tanenin çapı hesaplanabilir. Düşen tanelerin hızı, tanenin çapına ve süspansiyon halindeki taneler ile sıvının yoğunluğuna bağlıdır.

3.2.3.3.(1).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler

- Mikser (karıştırıcı),
- Hidrometre (ASTM 151H veya ASTM 152H) (Kalibre edilmiş),
- Hassas tartı (0,01 gr duyarlılığı),
- Mezür (1000 mL.'ye kadar ölçeklendirilmiş) (2 adet),
- Termometre (0,5 °C hassaslıkta),
- Beher (250 ml),
- Piset,
- Sodyum-hegzameta-fosfat ($\text{Na}_6\text{P}_3\text{O}_{10}$) çözeltisi,
- Etüv (110 ± 5 °C),
- Kronometre,
- Zemin numunesi,
- Cam çubuk.

3.2.3.3.(1)(b. Gerekli Ölçümler

- Zemin numunesinin kuru ağırlığı (m_s),
- Hidrometre okuması,
- Zemin süspansiyonunun her bir okumasındaki sıcaklık.

3.2.3.3.(1).c. Deneyin Yapılışı

Hidrometre deneyi ASTM D 422-63 (2003) standardı kapsamında yapılmış olup deneyin yapılış yöntemi aşağıda bahsedilmiştir.

- Killi zeminler için 50 gr, kumlu zeminler için 100 gr numune yeterlidir. Etüvde kurutma işleminden önce açık havada bekletilen numune etüvde kurutulurak zemin tipine göre miktarı belirlenir.
- Numune üzerine çözelti eklenmeden önce 1000 mL'lik saf suya 40 gr Sodyum hegzameta fosfat eklenerek bir karışım elde edilir. Numunenin üstünü örtecek kadar sodyum hegzameta fosfat eklenerek cam çubuk ile karıştırılır. 24 saat boyunca bu şekilde oluşan karışım bekletilir.
- Sodyum hegzameta fosfatlı numune saf su kullanılarak karıştırıcı (mikser) kabına aktarılır.
- Karıştırıcıya aktarılan malzeme daha önceden yapılmış kıvam limitleri sonucu bulunan plastisite indisine göre karıştırma süresi belirlenir (Çizelge 3.2). Belirlenen süre kadar karışımı sağlanır. Böylece taneler birbirinden ayrılarak, tanelerin tek bir tane gibi hareket etmesi sağlanır.

Çizelge 3.2. Karıştırma süreleri (ASTM D 422-63, 2003)

Plastisite İndisi (PI)	Karıştırma Süresi (dk.)
PI < 5	5
5 ≤ PI ≤ 20	10
PI > 20	15

- Karışan numune saf su kullanılarak temiz bir mezür içine aktarılır. Süspansiyon üzerine 1000 ml çizgisine kadar saf su eklenir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Hazırlanan süspansiyon

- Süspansiyonda çökelmeler gözlenmeden önce ve okumalara geçilmeden, süspansiyonun bulunduğu mezürün açık olan ağzı kapatılarak birkaç kez alt-üst (baş aşağı) edilir. Böylece süspansiyon homojen duruma gelir. Yaklaşık 60 sn. süreyle bu işlem gerçekleşir ve 0,25., 0,50., 1., 2. dakikalarda hidrometre süspansiyondan çıkarılmadan okumalar alınır. Hidrometre süspansiyondan çıkarılarak alt-üst işlemi tekrar gerçekleştirilir. İlk 2 dakika için süspansiyon içerisine hidrometre aleti yavaşça, salınım yapmadan ve turbülansa neden olmadan bırakılır ve yeni okumalar alınır. Aynı zamanlar için birbirine çok yakın son iki okuma dizinleri alınıncaya kadar işlem devam ettirilir. Aynı okuma alındığı anda süspansiyonun sıcaklığı termometre yardımıyla ölçülür. Bu işlemten sonra süspansiyon tekrar karıştırılıp, ilk 2 dk. için okumaya alınmayıp 5., 10., 20., 30. dakikalar ve 1., 2., 4., 8. ve 24.

saatlerde hidrometre okumaları alınır ve sıcaklık ölçümleri yapılır (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. 24 saat sonunda mezür tabanında çökelen tanelerin görünümü

3.2.3.3.(1).ç. Hesaplamalar

Deney sırasında kaydedilen hidrometre okumaları için düzeltme yapmak söz konusudur. Hidrometreler belli bir sıcaklıkta (örneğin 20°C gibi) kalibre edilirler. Düzeltme için deney süresince her bir hidrometre okumasının alınması sırasında mezürün içindeki suyun ölçülen sıcaklığı baz alınır. Daha sonra EK-2b'deki eğriden bu sıcaklığa karşılık gelen hidrometre düzeltme katsayısı belirlenir ve alınan hidrometre okumalarından düzeltme katsayısının çıkarılması ile düzeltilmiş hidrometre okuması elde edilir.

$$r = r_a - d \quad (3.9)$$

r : Süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması

- r_a : Deney sırasında süspansiyondaki hidrometre okuması
 d : Hidrometre düzeltme değeri (EK 2b'deki eğriden bulunur)

Elde edilen ölçüm değerleriyle tane çapı hesabı iki şekilde yapılır. Bunlardan birincisi ilk 2 dakikadaki ölçümler için, ikincisi ise 2. dakikadan sonraki ölçümler için tane çapının hesabıdır.

- İlk 2 dakikadaki ölçümler için tane çapı hesabı:

Stoke kanuna göre sıvı içindeki serbest düşen bir kürenin hızı aşağıdaki formülle ifade edilir.

$$V = \frac{(g_s - g_k) \times 980}{30 \times m} \times D^2 \quad D = \sqrt{\frac{30 \times m}{(g_s - g_w) \times 980}} \times \sqrt{\frac{Z_r}{t}} \quad (3.10)$$

- 2 dakikadan sonraki ölçümler için tane çapı hesabı:

$$D = \sqrt{\frac{30 \times m}{(g_s - g_w) \times 980}} \times \sqrt{\frac{Z_r - (V_H / 2 \times A_J)}{t}} \quad (3.11)$$

- D : Tane çapı (mm)
 μ : Deney sıcaklığındaki suyun viskozitesi (poise) (EK-3a'dan)
 γ_s : Tane birim hacim ağırlığı (gr/cm^3)
 Z_r : Süspansiyonun yüzeyinden hidrometre hacim merkezine olan uzaklık (cm) (EK-3b'deki grafikten)
 γ_w : Deney sıcaklığındaki suyun birim hacim ağırlığı (gr/cm^3) (EK-2a veya EK-4'den)
 V_H : Hidrometre hacmi (cm^3) (67 cm^3)
 A_J : Mezürün kesit alanı (cm^2)
 t : Toplam geçen zaman (sn)

- Geçen yüzde hesabı

Herhangi bir hidrometre okumasına karşılık bulunan D tane çapından daha küçük tanelerin yüzdesi aşağıdaki formül yardımıyla bulunur;

$$N = \frac{G_s}{G_s - 1} \times \frac{V_{sp}}{W_s} \times (r - r_s) \times 100 \quad (3.12)$$

N : D tane çapından küçük tanelerin yüzdesi (%)

G_s : Numunenin özgül ağırlığı

V_{sp} : Süspansiyonun hacmi (cm³)

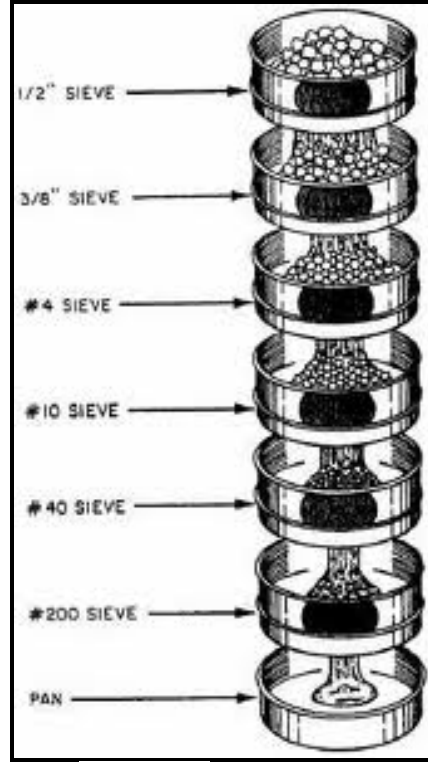
W_s : Kuru zemin ağırlığı (gr)

r : Süspansiyondaki düzeltilmiş hidrometre okuması

r_s : Sudaki hidrometre okuması (süspansiyon ile aynı sıcaklıkta)

3.2.3.3.(2). Elek Analizi

Bazı zeminleri eleklerden elemek ve çaplarına göre ayırmak zemin tanelerinin gözle görülmeyecek kadar küçük olmalarından dolayı mekanik olarak mümkün olmamaktadır. İşte bu tür (0,075 mm.den küçük çaplı) zeminler için ıslak analiz yapılmaktadır ve esaslı Stoke yasasına dayanmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Elek Analizi (www.tpub.com)

3.2.3.3.(2).a. Gerekli Araçlar ve Gereçler

- Elek seti
- Kurutma kapları
- Saf su

3.2.3.3.(2).b. Gerekli Ölçümler

- Kurutma kaplarının daraları
- Kuruyan numunenin kuru ağırlığı

3.2.3.3.(2).c. Deneyin Yapılışı

ASTM D 422-63 (2003) standartlarına göre yapılmıştır.

- Hidrometre deneyi bitiminden sonra mezür içerisindeki süspansiyon, temiz ve kuru olan elek setinden malzeme kaybı olmaksızın geçirilir.
- Elek setindeki numune alttan temiz su akıncaya kadar saf su ile yıkanır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Numunelerin yıkanma işlemi

- Yıkama işlemi tamamlanan numunenin her elek üstünde kalan kısmı saf su ile kurutma kaplarına aktarılır ve etüvde ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$) kurumaya bırakılır. Kuruması sağlanan numune etüvden çıkarılarak tartılır ve kuru numune ağırlıkları bulunur.
- Deneyin başındaki ve sonundaki numune kaybı $\% \pm 3$ 'den fazla olamaz.
- Deneyin sonucunda elde edilen verilerden granülometri eğrisi (tane boyu eğrisi) çizilir.

3.2.3.4. Tek Eksenli (Serbest Basınç Deneyi)

Tek eksenli basınç dayanımı, zeminin tek yönde sıkıştırılmaya karşı gösterdiği dirençtir. İçsel sürtünme açısı ($\Phi = 0$) olarak kabul edilir. Kayma direnci (C: kohezyon) kolaylıkla hesaplanır. Birim boy kısalması kontrolü basit olduğu için bu deney yaygın olarak kullanılır.

3.2.3.4.(1). Gerekli Araçlar ve Gereçler

- Serbest basınç deney aygıtı ,
- Etüv ($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$),
- Numuneyi çıkartmak için kriko,
- Su içeriği kapları (metal kaplar),
- Açölçer,
- Kumpas,
- Maket bıçağı,
- Terazı (0,01 gr. duyarlılıkta),
- Kronometre,
- Numune düzeltme tüpü.

3.2.3.4.(2). Gerekli Ölçümler

- Numune çapı (D),
- Numune buyu (L),
- Deney başı ve deney sonu su içeriği,
- Deney başı ve deney sonu numune ağırlığı,
- Kuvvet halkası sabiti (k),
- Deney süresi,
- Deformasyon saati okuması,
- Kuvvet halkası okuması,

- Kırılma düzleminin yatayla yaptığı açı (Φ).

3.2.3.4.(3). Örselenmemiş Numunenin Hazırlanması

- Numune tek eksenli deney aletine yerleştirilmeden önce alt ve üst yüzeyleri yatay ve düzgün hale getirilir.
- Büyük bir parçanın tıraşlanması ile küçük boyutlu bir numune elde edilmek isteniyorsa ya da düzeltmeler uzun bir süre olacaksa numunenin su içeriğinin değişmemesi için bu işlemler nem odasında yapılmalıdır.
- Numunenin düzeltilmesi sırasında numune üzerinde oluşacak boşluklar ve çukurluklar aynı zeminden alınan parçalarla doldurulmalıdır (yamalanmalıdır). Bu işlem ise bastırarak değil, tırnağımızın tersi ile hafifçe yapılmalıdır.
- Numunenin çapı üç değişik yerden kumpas alet ile ölçülür (D_1 - D_2 - D_3). Ortalama çapı ölçülür.
- Numunenin boyu üç değişik yerden ölçülür (L_1 - L_2 - L_3). Ortalama boyu hesaplanır.
- Numunenin boyu çapının 2,0 katından büyük 2,5 katından küçük olmalıdır ($2,0 \leq L/D \leq 2,5$).
- Numune hassas terazide tartılır ve ağırlığı kaydedilir.
- Numunenin hazırlanması ve düzeltilmesi sırasında arta kalan zeminden numunenin su içeriği belirlenir.

3.2.3.4.(4). Deneyin Yapılışı

Tek eksenli deneyi ASTM D 2166-00 (2003) standardına uygun yapılmıştır.

- Hazır hale gelen numune deney aygıtının alt tablasının merkezine yerleştirilir. Alt tablanın hareket ettirilmesiyle numunenin üst tablaya teması sağlanır.
- Numunenin alt ve üst tablaların merkezine yerleştirilmesi sonrası deformasyon okuma ve kuvvet halkası saatleri sıfırlanır.

- Yükleme hızı numune boyunun mm cinsinden % 0,5-2'si arasında bir değer olacak biçimde ayarlanır.
- Numunenin yüklenmesine başlanır; deformasyon saatinin 10-15-20-25..... gibi aralıklarında kuvvet halkası saatinden okumalar alınır (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Tek eksenli deneyi sırasında okuma alınması

- Yükleme hızı numunenin en çok 15-20 dk içinde kırılmasını sağlayacak şekilde seçilmelidir.
- Kırılmanın gözle görülebilir olması durumunda, yüklemeler, numunede kırılma düzlemi oluşuncaya kadar sürdürülür. Bu durumda yükler önce artar, maksimum değere (pik) ulaşır, okumalardan bir ikisi sabit kalır, daha sonraki okumalarda ise azalmalar gözlenir. Kimi durumda ise kırılma düzlemini görmek mümkün değildir. Birden fazla kırılma düzlemi ve numunenin orta kısmında bir varilleşme meydana gelir. Bu şekilde oluşan kırılmalarda numune boyunun % 15 kısılmasına kadar yüklemeye devam edilir. % 15 kısılmanın gerçekleşmesinde kırılmanın olduğu kabul edilir.

- Numunede belirgin bir kırılma düzlemi oluşmuşsa bu düzlemin yatayla yaptığı açı ölçülür (Φ).
- Deney sonu ağırlığı için hassas tartıda tartılarak ağırlığı kaydedilir.
- Deney sonu su içeriği için numunenin kırılma yüzeyinden alınan parça veya numunenin tamamı 24 saat boyunca etüvde kuruması için bekletilir.

3.2.3.4.(5). Hesaplamalar

- Kuvvet (Yük) değeri, P:

$$P = (\text{Kuvvet Halkası Okuması}) \times (\text{Kuvvet Halkası Faktörü}) \quad (3.13)$$

- Toplam Deformasyon değeri, ΔL :

$$\Delta L = (\text{Deformasyon Okuması}) \times (\text{Deformasyon Okuması 1 Birimi}) \quad (3.14)$$

- Birim Deformasyon değeri, ϵ :

$$e = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (3.15)$$

- Düzeltilmiş Alan değeri, A_d :

$$A_d = \frac{A_0}{1 - e} \quad (3.16)$$

- Serbest Basınç Gerilmesi (Deviatör Gerilmesi) değeri, σ_1 :

$$s_1 = \frac{P}{A_d} \quad (3.17)$$

- Numunenin serbest basınç direnci, q_u :

$$q_u = s_{1maks} \quad (3.18)$$

- Kohezyon, C:

$$C = \frac{s_{1maks}}{2} \quad (3.19)$$

- İçsel sürtünme açısı (teorik), Φ :

$$f = 2q - 90 \quad (3.20)$$

3.2.3.5. Kesme Kutusu Deneyi

Kesme kutusu deneyi, zeminlerin basıncının kesme gerilmesine karşı gösterdiği dirençtir. İnce taneli zeminlerde ve yüzey koşullarını temsil eden yerlerde kullanılır. Bu deneyde zemin numunenin ortasından geçen yatay bir düzlem boyunca kırılmaya zorlanır. Belirli bir normal gerilme altında uygulanan kesme kuvveti ile meydana gelen yatay yer değiştirmeler ölçülür.

3.2.3.5.(1). Kullanılan Araç- Gereçler

- Kesme kutusu deney aleti (Şekil 3.14),
- Numune düzeltici,
- Kesme kutusu deneyi ringi,
- Alt ve üst poroz taşları,
- Kâğıt veya plastik filtre,
- 0,01 gr. duyarlıklı terazi,
- Kuvvet halkası ve deformasyon saatleri.



Şekil 3.14. Kesme kutusu deney aleti

3.2.3.5.(2). Gerekli Ölçümler

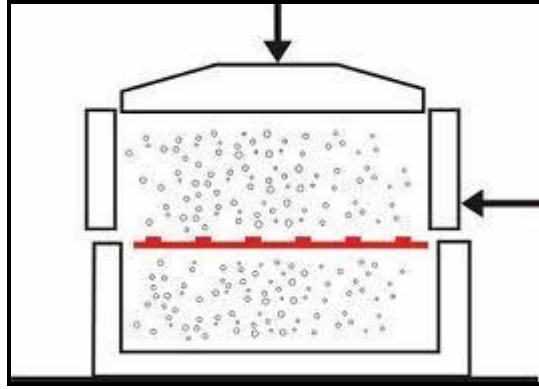
- Kesme kutusu ringinin boyutları (boyu ve yüksekliği),
- Kesme kutusu ringi + numune ağırlığı,
- Kuvvet halkası katsayısı,
- Deneyin başlangıcından itibaren geçen süre,
- Kuvvet halkası okuması,
- Düşey deformasyon okuması,
- Yatay deformasyon okuması,
- Deney sonu ve deney başı su içeriği,
- Deney sonu numune ağırlığı,
- Kullanılan ağırlık.

3.2.3.5.(3). Deneyin Yapılışı

- ASTM D 3080-98 (2003) standartlarına uygun yapılmıştır.

- Yaygın olarak kullanılan kesme kutusu boyutu genellikle $6 * 6 \text{ cm}^2$ olup, yüksekliği 2 cm 'dir. Kesme kutusunun ringi boyutları ölçüldükten sonra darası alınmak üzere hassas tartıda tartılır.
- Deney örselenmemiş numune üzerinde yapılacak ise, numunenin kenar kısımları dikkatlice düzeltilerek ringin vidalarıyla tam temas edecek şekilde yerleştirilir.
- Normal yük tatbiki için, alt kısımdaki ayar denge kolu yatay hale getirilerek istenilen ağırlık yük askısına yerleştirilir.
- Kesme kutusu çerçeveleri yerleştirilip hazır hale getirilir. Bu çerçeveler arasına sürülecek az miktarda yağ konsolidasyon sırasında geçirimsizliği sağlayarak kesme sırasındaki sürtünmeyi de azaltır.
- Hazırlanan numune, ring ile birlikte $0,01 \text{ gr}$ duyarlıdaki hassas terazide tartılır. Kesme kutusunun ilk ağırlığı ve numune ile birlikteki ağırlığı arasındaki fark numune ağırlığını verir.
- Kesme kutusunun altına ve üzerine süzgeç kağıtlı poroz taşı yerleştirilir. Deneyde kullanılacak olan poroz taşlar doymuş hale getirilmiş olmalıdır.
- Üzerindeki yükü her tarafa eşit dağıtabilmesi için yükleme başlığı yerleştirilir. Yükleme başlığı yüklemenin faklı olmaması için yatay konuma getirilir. Yükleme başlığı vasıtasıyla düşey P yükü uygulanır. P yükünü hesaplarken yüklemede kullanılan boyunduruğun kütlesi de dikkate alınır.
- Kesme kutusunun üst parçasını alt parçasına tespit eden vidalar gevşetilerek alt ve üst parçaların serbest hale gelmesi sağlanır. Kesme kutusunun alt ve üst parçalarını birbirinden uzaklaştıran vidalar kullanılarak bu parçalar arasında, deneyde kullanılan zemin tanelerinin en büyük tane çapından birazcık fazla bir boşluk olacak şekilde düzenlenir. Sonra bu vidalarda geri çevrilerek alt parça ile teması kesilir.
- Kesme kutusu deney aletine yerleştirilir.
- Yatay ve düşey deformasyonları ölçebilmek için iki tane okuma saati yerleştirilir.

- Su altında yapılan deneyler için (konsolidasyonlu) direkt kesme deney aletinin haznesi su ile doldurulur. Numunenin doymuş hale gelmesi için uygun bir süre beklenir.
- Yatay yük uygulanır ve kuvvet halkasındaki değerler okunur. Bu sırada yatay ve düşey deformasyon saatlerinden de okumalar alınır.
- Yatay kuvvet uygulandığı halde kuvvet halkasında yük değeri artmıyor ise ya da aniden bir azalma olmuş ise numune kesilmiştir sonucuna varılır (Şekil 3.15).
- Numune kesildikten sonra numune kesme kutusundan boşaltılır.



Şekil 3.15. Zemine uygulanan normal gerilme ve kayma gerilmesi (www.ejge.com)

- Bu adımlar en az iki numune üzerinde tekrarlanır.
- Numuneler hazırlanırken aralarındaki kütle farkının 5-10 gramdan fazla olmamasına özen gösterilir.

3.2.3.5.(4). Hesaplamalar

- Normal gerilme (λ_n);

$$\lambda_n = \text{Etkiyen Yük} / \text{Alan} \quad (3.21)$$

- Etkiyen Yük;

$$\text{Etkiyen Yük} = \text{Yük} * \text{Yük kolu etkisi} \quad (3.22)$$

- Düşey Deplasman (ϵ_v);

$$\epsilon_v = (\text{Düşey def. okuması}) * (1 \text{ birim düşey def. okuması}) \quad (3.23)$$

- Yatay Deplasman (ϵ_h);

$$\epsilon_h = (\text{Yatay def. okuması}) * (1 \text{ birim yatay def. okuması}) \quad (3.24)$$

- Kesme Kuvveti (kg.);

$$\text{Kesme kuvveti} = (\text{Kesme kuvveti okuması}) * (\text{Kasnak katsayısı}) \quad (3.25)$$

- Düzeltilmiş Alan (A_d);

$$A_d = D_0 - [(\text{Yatay deplasman} / 10) * 6] \quad (3.26)$$

- Kesme Gerilmesi (λ);

$$\lambda = (\text{Kesme kuvveti} / \text{Düzeltilmiş alan}) \quad (3.27)$$

3.2.3.6. Konsolidasyon Deneyi

Zeminin içinde bulunduğu gerilme koşullarında meydana gelen değişimler zeminin hacminde değişmelere neden olacaktır. Bu değişimler zeminle ilgili konularda etkili bir faktördür. Gerilme koşullarında meydana gelen artış ile yapı altında bulunan zeminde sıkışmalar veya oturmalar meydana gelir. Zeminde meydana gelen bu oturmalar konsolidasyon deneyi sonucunda belirlenebilir. Genellikle bir zeminde meydana gelecek olan toplam konsolidasyon oturması kadar konsolidasyon oranının da bilinmesi önemli olmaktadır. Konsolidasyon oturması, konsolidasyon oranı laboratuarda yapılan konsolidasyon deneyi ile belirlenebilir (Aytekin, 2004).

Kısaca konsolidasyon, artan yük altında zamana bağlı olarak suyun sönümlenmesi ile oluşan düşey yönde boy kısılması (deformasyon) – sıkışma (hacimsel küçülme)dir.

3.2.3.6.(1). Gerekli Araçlar ve Gereçler

- Konsolidasyon cihazı (Şekil 3.16.(a)),
- Konsolidasyon hücresi (Şekil 3.16.(b)),
- Konsolidasyon boyunduruğu,
- Standart ağırlık serisi,
- Konsolidasyon ringi,
- 0,01 gr duyarlıkta terazi,
- Kronometre,
- Zemin numunelerinin kesilmesi ve düzeltilmesi için gereken aletler,
- Deformasyon saati.
- Filtre kağıtları,
- Poroz taşları (alt ve üst),
- Saf su,
- Etüv($110 \pm 5^{\circ}\text{C}$),
- Kumpas,
- İnce yağ,
- Su içeriği belirlemede kullanılacak metal kaplar.



Şekil 3.16. a) Konsolidasyon cihazı, b) Konsolidasyon hücresi (www.impact-test.co.uk)

3.2.3.6.(2). Gerekli Ölçümler

- Zemin numunesinin deney başlangıcındaki su içeriği (W_i),
- Zemin numunesinin deney başlangıcındaki kütlesi (M_{si}),
- Zemin numunesinin deney başlangıcındaki kalınlığı (H_0),
- Zemin numunesinin deney başlangıcındaki tane birim hacim ağırlığı (γ_s),
- Zemin numunesinin deney sonundaki kalınlığı (H_f),
- Zemin tanelerinin kütlesi (M_s),
- Zeminin deney sonundaki su içeriği (W_f),
- Zemin numunesinin çapı (D),
- Zemin numunesinin kalınlığı,
- Okuma saatindeki sıfır okumasının alınması,
- Deformasyon saati okumaları,
- Başlangıçtaki boşluk oranı (e_0),
- Okuma saatindeki son okuma.

3.2.3.6.(3). Deney Numunesinin Hazırlanması

- Deney örselenmemiş numune üzerinde yapılacağından kullanılacak olan blok numune tıraşlanarak düz bir yüzey durumuna getirilir.
- Numune konsolidasyon ringine yerleştirilmeden önce konsolidasyon ringin boyutları kumpas aleti ile ölçülür, ringin içi ve kenar kısımları numunenin rahat girmesi için ince yağ ile yağlanır.
- Numune dikkatlice konsolidasyon ringine yerleştirilir, numune tıraşlanarak ringin boyutları ile bir hale getirilir. Böylece alt ve üst yüzeyleri düz bir yüzey oluşturur.
- Ring + numune ağırlığı tartılır ve tıraşlama esnasında arta kalan parçalarla deney başı su içeriği alınır.
- Bu arada poroz taşlar damıtık su içerisine konularak birkaç dakika bekletilir ki doygun hale gelip zemin numunesinden su emmesi önlenir.

3.2.3.6.(4). Deney Düzeneğinin Hazırlanması

- Numune konsolidasyon hücresi içerisine yerleştirilmeden önce sırası ile alt poroz taşı üzerine filtre kağıdı; bunun üzerine ring ile numune yerleştirilir. Numune üzerine tekrardan filtre kağıdı, üst poroz taşı, en üste ise boyunduruk yerleştirilir.
- Poroz taşlarla numune arasına filtre kağıdı konur. Böylece poroz taşlarının gözeneklerinin dolması engellenmiş olur. Boyunduruk poroz taşın üzerine yerleştirilir.
- Deneye başlamadan önce konsolidasyon kolunun yatay olması gerekmektedir.

3.2.3.6.(5). Deneyin Yapılışı

- Konsolidasyon deneyi ASTM D 2435 – 03 (2003) standardında uygun olarak yapılmış olup deney yapılışı aşağıdaki gibidir.
- Numune ve deney düzeneği hazırlandıktan sonra konsolidasyon aletine yerleştirilip, okuma saati düşey okumaları ölçebilecek şekilde yükleme halkasının üzerine yerleştirilir.
- Konsolidasyon hücresi damıtık su ile doldurulur ve 24 saat bekletilir.
- Standartlarda belirtilen ağırlıkların (istenilen ağırlıkta olabilir) konsolidasyon askısına takılması sağlanır.
- Deformasyon saati ayarlanarak sıfırlanır, yük kolu sabitlenir. Belirlenen yük konarak konsolidasyon cihazının kilidi açılır ve deneye başlanır.
- 24 saat sonunda deformasyon saatindeki okuma alınır ve yük arttırılarak bu işleme devam edilir.
- Deneyin sonunda konsolidasyon numunesi hassas tartıda tartılıp deney sonu ağırlığı belirlenmiş olur.

- Deney sonu su içeriği için numune darası bilinen metal kaba konarak 24 saat etüvde bekletilir. 24 saat sonunda tartılarak numunenin kuru ağırlığı hesaplanır.

3.2.3.6.(6). Hesaplamalar

- Numune alanının belirlenmesi (A), (cm²)

$$A = p \times r^2 \quad (3.25) \quad (3.28)$$

$$p : 3,1415$$

$$r : \text{Numune yarı çapı (cm)}$$

- Numune hacmi (V), (cm³)

$$V = A \times h \quad (3.29)$$

$$A : \text{Numune alanı}$$

$$h : \text{Numune boyu}$$

- Doğal (ıslak) birim hacim ağırlık (g_n), (gr/ cm³)

$$g_n = \frac{W_T}{V_T} \quad (3.30)$$

$$W_T : \text{Toplam ağırlık}$$

$$V_T : \text{Toplam hacim}$$

- Su içeriği (W), (%)

$$W = \frac{W_{Su}}{W_{Kuru}} \times 100 \quad (3.31)$$

$$W_{Su} : \text{Su ağırlığı}$$

$$W_{Kuru} : \text{Kurutulmuş numune ağırlığı}$$

- Deney başı kuru numune ağırlığı (W_{kn}), (gr)

$$W_{kn} = \frac{W_{islak}}{W + 100} \times 100 \quad (3.32)$$

W_{islak} : Islak numune ağırlığı

W : Deney başı su içeriği

- Deney başı numune içi katı (tane) hacmi (V_s), (cm^3)

$$V_s = \frac{W_{kn}}{G_s} \quad (3.33)$$

G_s : Özgül ağırlık

- Numune İçi Boşluk Hacmi (V_v), (cm^3)

$$V_v = V - V_s \quad (3.34)$$

- Deney sonu kuru numune ağırlığı (W_{skn}), (gr)

$$W_{skn} = (W_{kap} + W_{numune}) - W_{kap} \quad (3.35)$$

W_{kap} : Kap ağırlığı

W_{numune} : Deney sonu kurutulmuş numune ağırlığı

- Deney Başı Boşluk Oranı (e_o)

$$e_o = \frac{V_v}{V_s} \quad (3.36)$$

- Katı (Tane) Kısımın Yüksekliği (H_s), (cm)

$$H_s = \frac{W_{skn}}{A} \quad (3.37)$$

- Düzeltilmiş okuma (D_o), (mm)

$$D_o = (\text{Deformasyon okuması}) \times (\text{Saat faktörü}) \quad (3.38)$$

- Toplam deformasyon (Δe), (cm)

$$\Delta e = D_o / 10 \quad (3.39)$$

- Etkiyen yük (P), (kg)

$$P = \text{Konulan yük} \times \text{Kuvvet kolu etkisi} \quad (3.40)$$

Kuvvet kolu etkisi : 10

- Gerilme (s), (kg/cm²)

$$s = \frac{P}{A} \quad (3.41)$$

- Boşluk oranı (e)

$$e = e_o - \frac{\Delta e}{H_s} \quad (3.42)$$

3.2.4. Büro Çalışmaları

Büro çalışmalarında çalışma sahası ve civarında yapılmış olan jeolojik çalışmalar incelenmiş, bu bilgiler derlenerek jeoteknik çalışmalara yönlendirilmiştir. Zemin ıslahında kullanılan Jet grout yöntemi araştırılarak hakkında bilgi toplanmış, laboratuvar aşamasında yapılan zemin mekaniği deneyleri sonucunda elde edilen veriler hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Gerekli grafikler çizilmiş ve yorumlanmıştır. Son olarak da tez yazım aşamasına geçilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Arazi Çalışmaları ve Arazi Deneyleri

4.1.1. Arazi Çalışmaları

4.1.1.1. Bölgenin Genel Jeolojisi

İnceleme alanı Toros kuşağında, Ecemiş Fayı ile Yumurtalık Fayı arasında bulunmaktadır. Bu sınırlar içerisinde kalan Adana ili ve çevresi, ayırtman stratigrafi, yapı ve kaya türü özellikleri açısından, aralarında belirgin ayrımlar bulunan, birbirleriyle tektonik dokanaklı değişik tektonostratigrafik birlikleri kapsar. Bölgede yüzeyleyen Aladağ birliği, Devoniyen-Senoniyen aralığında çökelmiş şelf tipi karbonat ve kırıntılı kayaları kapsar (Özgül ve Kozlu, 2002). Doğu Toros Otoktonu, Kambriyen-Lütesiyen sonuna kadar genellikle sığ, sıcak, litoral-sublitoral ortam koşullarının hakim olduğu ve düşey salınım hareketlerinin etkin olduğu duraysız bir şelf özelliğini yansıtır (Özgül ve ark., 1973). Doğu Toroslar'ın güney kesimini oluşturan Adana baseni, Paleozoyik-Tersiyer aralığında çökelmiş sığ deniz çökelleri ile pelajik (derin deniz, >1000m) çökellerden oluşur (Yetiş ve ark., 1991). Misis-Andırın baseni olarak tanımlanan kaya birimleri, Kretase-Tersiyer zaman aralığında çökelmiştir. Melanj nitelikli ve volkano sedimanter fasiyes özellikleri sunar (Bilgin ve ark., 1981).

Adana-Ceyhan dahilindeki jeolojik formasyonlar; Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı Metamorfik bloklar, Paleosen-Orta Eosen yaşlı Bodrumkale formasyonu, Dokuztekné volkano sedimanları ve bu birimlerle aynı dönemde oluşan Doruk üyesi, Üst Eosen-Oligosen yaşlı Bulgurkaya Olistostromu, Miyosen yaşlı Kızıldere formasyonu, Alt-Orta Miyosen yaşlı Karataş formasyonu, Alt Miyosen yaşlı Aslantaş formasyonu, Orta Miyosen yaşlı Karataş formasyonu ve birimle aynı dönemde çökelen Sarımaçı üyesi, Kuvaterner dönemde oluşan Delihalil volkanitleri ve kalifi ve Kuvaterner yaşlı alüvyondur. Ceyhan ve Adana civarının genel jeoloji haritası Şekil 4.1'de verilmiştir.

4.1.1.1.(1). Metamorfik Bloklar (PM)

Paleozoyik-Mesozoyik yaşlı metamorfik bloklar genelde pelitik şistler ve rekristalize karbonatlardan oluşmaktadır (Bilgin ve ark., 1981).

4.1.1.1. (2). Dokuztekne Volkano-Sedimanterleri (Ktçd)

Birim tabanda spilitik yapıda volkanitlerle başlamakta olup daha sonra ortaç volkanitlere ve üste doğru tüfit ve aglomeralara geçiş yapmaktadır. Bu kaya türleri istif içinde ardalanmalı olarak tekrarlanmaktadır. İstifin içinde yer yer marn, killi kumlu kireçtaşı ve çakıltası-kumtaşı seviyeleri bulunmaktadır. Birim bir bütün olarak değerlendirildiğinde, bazik volkanitlerin egemenliğinde, kırmızı-koyu kırmızı kahve renkli, yer yer manganlı, çörtlü ve fosilli mikrit ara seviyeleri içeren, volkanit-tüfit-aglomera ardalanmasından oluştuğu görülmektedir (Bilgin ve ark., 1981).

4.1.1.1.(3). Bodrumkale Formasyonu (KTçb)

Ceyhan ilçesinin güneydoğu yöresinde yaygın olarak izlenmektedir. Birim, volkanit ve aglomera bloklu, kırmızı renkli, kumlu çamurtaşı matriksli olistostromal bir seviye ile birlikte başlamakta, koyu gri ve kahve renkli bol volkanit elemanlı kumtaşları ile devam etmekte olan istif, bu kumtaşları ile ardalanmış olistostromal seviyelerden sonra kumtaşı, kırmızı renkli çamurtaşı ve kırıntılı kireçtaşına geçmektedir.

4.1.1.1.(4). Bulgur kaya Olistostromu (Tbul)

Bölgede özellikle Misis-Nur Dağında yüzlek veren Bulgur kaya Olistostromu (Tbul) ilk defa Kozlu (1982) tarafından tanıtılmıştır. Misis-Andırın havzasında Üst Eosen-Oligosen yaşlı denizel bir matriks içinde Misis-Andırın melanjına ait blokları kapsayan kaotik istif, çok aktif tektono-sedimanter ortamın ürünüdür. İçinde bol olistolit bulunduran mega-breş, killi-kumlu çakıltası seviyeleri ile ardalanmalı

çökelen, türbidit özellikli kumtaşı-kalkarenit ve kumlu marn kaya türleri bulunmaktadır.

4.1.1.1.(5). Kızıldere Formasyonu (Mkl)

Eski Yumurtalık-Yumurtalık kıyılarında, Yumurtalık fayının güney doğusunda yüzlek veren Alt-Orta Miyosen yaşlı Kızıldere formasyonu (Tkl) ilk defa Schmidt (1961) tarafından adlandırılmıştır. Formasyon genel olarak gri renkli orta-kalın tabakalı kumtaşı ve şeyl (kilitaşı) seviyeleri aralanmasından oluşmaktadır. Birim KD-GB doğrultusunda 60-80 derece kuzey batıya eğimlidir.

4.1.1.1.(6). Karataş Formasyonları (Tka)

Alt-Orta Miyosen yaşlı Karataş formasyonu (Tka) türbiditik istiflerden oluşmaktadır. Misis-Andırın havzasının güney doğu yarı kanadında yer almaktadır. Bölgede KD-GB boyunca uzanan bu birim Kozlu (1987) tarafından adlandırılmıştır. Karataş formasyonu gri renkli ince-orta ve yer yer kalın tabakalı kumtaşları ile ortakalın tabakalı, lamine şeyllerin düzenli ve eşit aralanımından oluşmaktadır.

4.1.1.1.(7). Delihalil Volkaniti (Tüf-Bazalt-Qb)

Misis-Andırın Havzası ile İskenderun Havzası sınır kuşağında, Yumurtalık bindirme (fayı) hattı boyunca ve yakın çevresinde, bazik kökenli volkanit ve tüfler yüzlenmektedir. Toprakkale batısındaki Delihalil Tepe’de bu volkanitlerin çıkış merkezlerine ait volkan konileri izlenebilmektedir. Birim Yumurtalık civarında Botaş tesislerinin bulunduğu alan da dahil olmak üzere geniş bir bölgede yüzlenmektedir. Genelde genç tektonik hatlar boyunca yarık erüpsiyonu olarak çıkan bu volkanitler, gözenekli, siyah renkli bazaltlar ve kırmızımsı-gri ve siyah renkli tüflerin aralanması şeklindedir. Yer yer Kuvaterner alüvyonları tarafından örtülü olan birimin erüpsiyon yaşı olarak Kozlu (1997) tarafından Üst Pliyosen’in hemen sonrası olacağı belirtilmiştir.

4.1.1.1.(8). Kaliçi (Ps)

Adana ve yakın civarında yaygın olarak nispeten küçük alanlarda yüzlek veren bir diğer birim ise kaliçilerdir (Ps). Genelde üst seviyeleri sert (hard pan), alt seviyeleri ise yumuşak (soft pan) olan bu birimin oluşumu iki farklı yaklaşımla açıklanmaktadır. Bunlardan ilki yeraltı sularının yüzeye doğru yükselirken buharlaşarak içindeki karbonatın çökmesi şeklindedir. İkinci yaklaşımda ise yüzeyden sızan sulardaki karbonatın çökmesi ile kaliçiler oluşabilmektedir (Kozlu, 1982). Adana'nın kuzeyinde özellikle taraça malzemelerinin üzerinde yaygın kaliçi oluşumları gözlenmektedir. Güneyde ise Ceyhan Nehri'nin Akdeniz'e doğru olan kısımlarında kaliçiler bulunmaktadır. Adana-Misis arasındaki E5 karayolunun kuzeyinde, başta Adana Organize Sanayi Bölgesi olmak üzere değişik alanlarda yüzlekler vermektedir.

4.1.1.1.(9). Alüvyon (Qal)

Adana baseninde, Adana ovasını oluşturan eski alüvyonları ile dere boylarında gelişmiş genç alüvyonlar bulunmaktadır. Eski alüvyonlar genellikle bitkisel toprak ile örtülü bulunmaktadır. Yeni alüvyonlar ise dere boylarında gelişmiş olup genelde kötü boylanmış, tutturulmamış çakıl, kum, silt ve kil malzemesinden oluşmaktadır (Kozlu, 1982). Seyhan ve Ceyhan Nehirlerinin menderesli yapıları, çok iri taneli malzeme ya da iri-ince taneli (kum-silt-kil) malzemelerin çökelmelerine imkan vermektedir. Bu nehirlerin eski yataklarında günümüzde birçok yerleşim alanı mevcuttur (Şekil 4.1).

4.1.1.2. İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanının jeolojisi göz önüne alındığında, gözlenen birimler Ceyhan Nehri'nin taşımış olduğu alüvyonal malzemenin çökelişi ile meydana gelmiştir. Bu birimlerin kötü boylanmış, tutturulmamış, çakıl, kum, silt ve kil gibi malzemelerden oluşması nedeniyle; yapılacak olan üst yapıların, deprem, sıvılaşma gibi faktörler göz ardı edilmeden planlanması gerekmektedir. Yüksek yeraltı suyu da bu faktörler arasında yer almaktadır. EK-5'te inceleme alanının 1/1000 ölçekli jeoloji haritası ile birlikte Ceyhan ilçesindeki toplu konutlarının kurulacağı alana ait sondaj lokasyonları da detaylı bir biçimde görülmektedir.

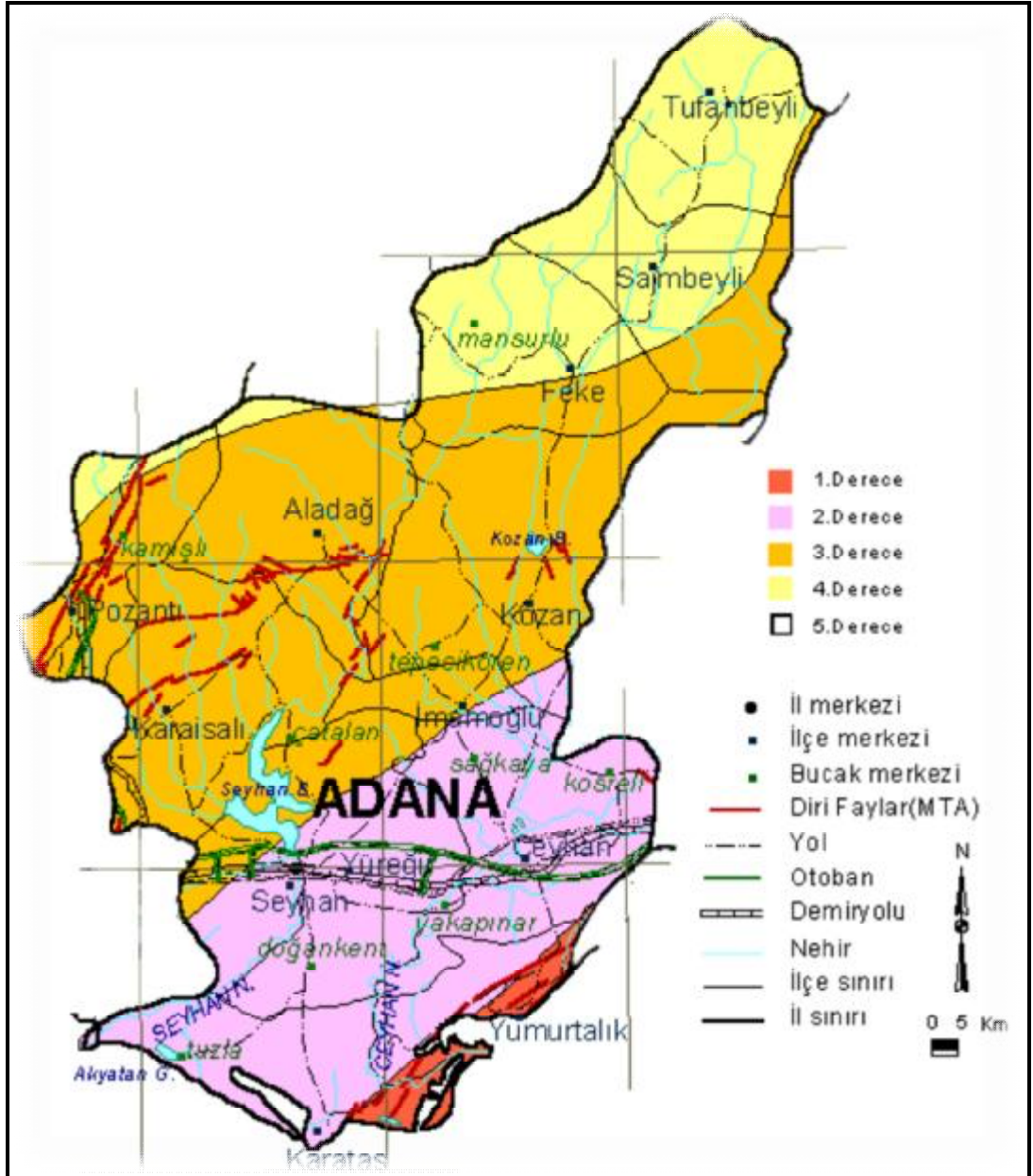
4.1.1.3. İnceleme Alanının Depremselliği

Deprem riski açısından çok hassas bir konumda bulunan inceleme alanı, 6.3 büyüklüğündeki 1998 Ceyhan depremini yaşamış olup mevcut kayıtlara göre Adana ve civarında tarihi dönemlerde oluşmuş büyük depremlerin varlığından söz edilebilmektedir. Ceyhan yakın tarihlerde, uzağında ve civarında olan birçok depremlerden etkilenip hasar görürken, 1998 depreminde birçok yıkım ve ölüm olayı gerçekleşmiştir. Yumurtalık fay zone ve Misis Andırın fay zonları tamamen inceleme alanını kuşatan çok yakın aktif deprem kaynaklarıdır. Bakanlar Kurulunun 18 Nisan 1996 tarih ve 96/8109 sayılı kararıyla yürürlüğe giren Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Türkiye Deprem Bölgeleri haritasına göre İkinci derece deprem bölgesi kuşağında yer almaktadır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Deprem Bölgelerine Göre Olası Maksimum Yer İvmesi Değerleri (DAD,1996)

DEPREM BÖLGESİ DERECEİ	MAKSİMUM YER İVMESİ (amax)
1. Derece Deprem Bölgeleri	$amax > 0.40g$
2. Derece Deprem Bölgeleri	$0.30g < amax < 0.40g$
3. Derece Deprem Bölgeleri	$0.20g < amax < 0.30g$
4. Derece Deprem Bölgeleri	$0.10g < amax < 0.20g$
5. Derece Deprem Bölgeleri	$amax < 0.10g$

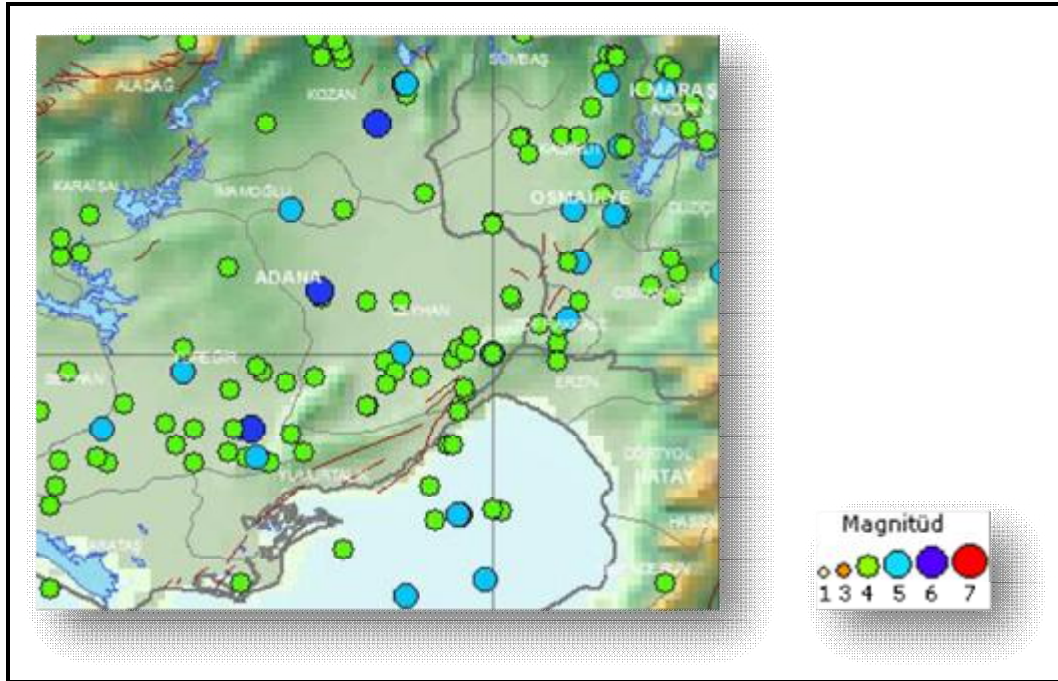
Şekil 4.2’de incelme alanı ve çevresinin deprem bölgesi haritası yer almaktadır. Adana iline ait depremsellik deprem derecelerine göre renklendirilmiştir. Bu haritaya göre pembe renk ile renklendirilmiş olan kısım Ceyhan ilçesinin 2. derece deprem bölgesinde bulunduğunu belirtmektedir.



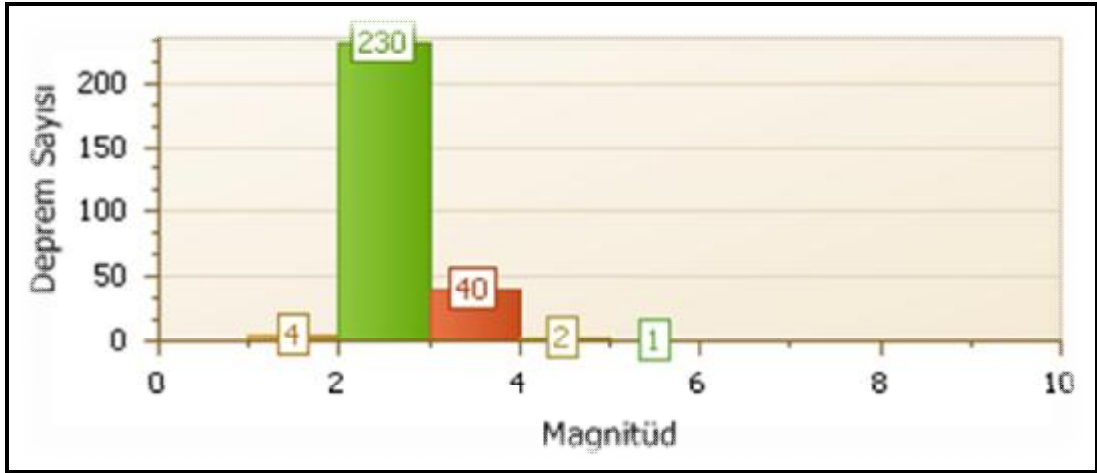
Şekil 4.2. İnceleme alanı ve çevresinin deprem bölgesi haritası (<http://www.deprem.gov.tr/depbolge/adana1.gif>)

Şekil 4.3'te ise Adana ili Ceyhan ilçesi ve çevresinde 01.01.1900 tarihinden günümüze kadar meydana gelen Magnitüdü 4 ve 4'ten büyük depremlerin dağılımı yer alırken şekilde görüldüğü üzere deprem merkezi Ceyhan ilçesine yakın çok sayıda Magnitüdü 4 olan birçok deprem meydana gelmiştir. Şekil 4.4 ise bir yıl içerisinde meydana gelen depremlere ait deprem sayısı Magnitüd grafiğini göstermektedir. Ceyhan ilçesinde ve çevresinde 2 ile 3 büyüklüğü arasında 230 adet deprem meydana gelirken, 3 ile 4 büyüklüğü arasında 40 adet deprem meydana gelmiştir. Şekil 4.4'teki grafik ile bölgede her yıl çok sayıda irili ufaklı depremin meydana geldiği anlaşılmaktadır.

Bilindiği gibi deprem anında zeminlerin davranışları birbirinden farklıdır ve sonucunda hasarın az veya çok olmasına neden olmaktadır. Genel bir yaklaşımla, yumuşak zeminlerdeki hasarın sert zemindekine nazaran daha fazla olduğu bilinirken, yapılacak yapıların depremsellik konusunu göz ardı etmeden farklı zeminlerin ne şekilde davranış göstereceğini belirlemek gerekmektedir.



Şekil 4.3. Ceyhan-Adana ve çevresinde 01/01/1900 tarihinden günümüze kadar meydana gelen $M \geq 4$ olan depremlerin dağılımı (<http://www.deprem.gov.tr>)

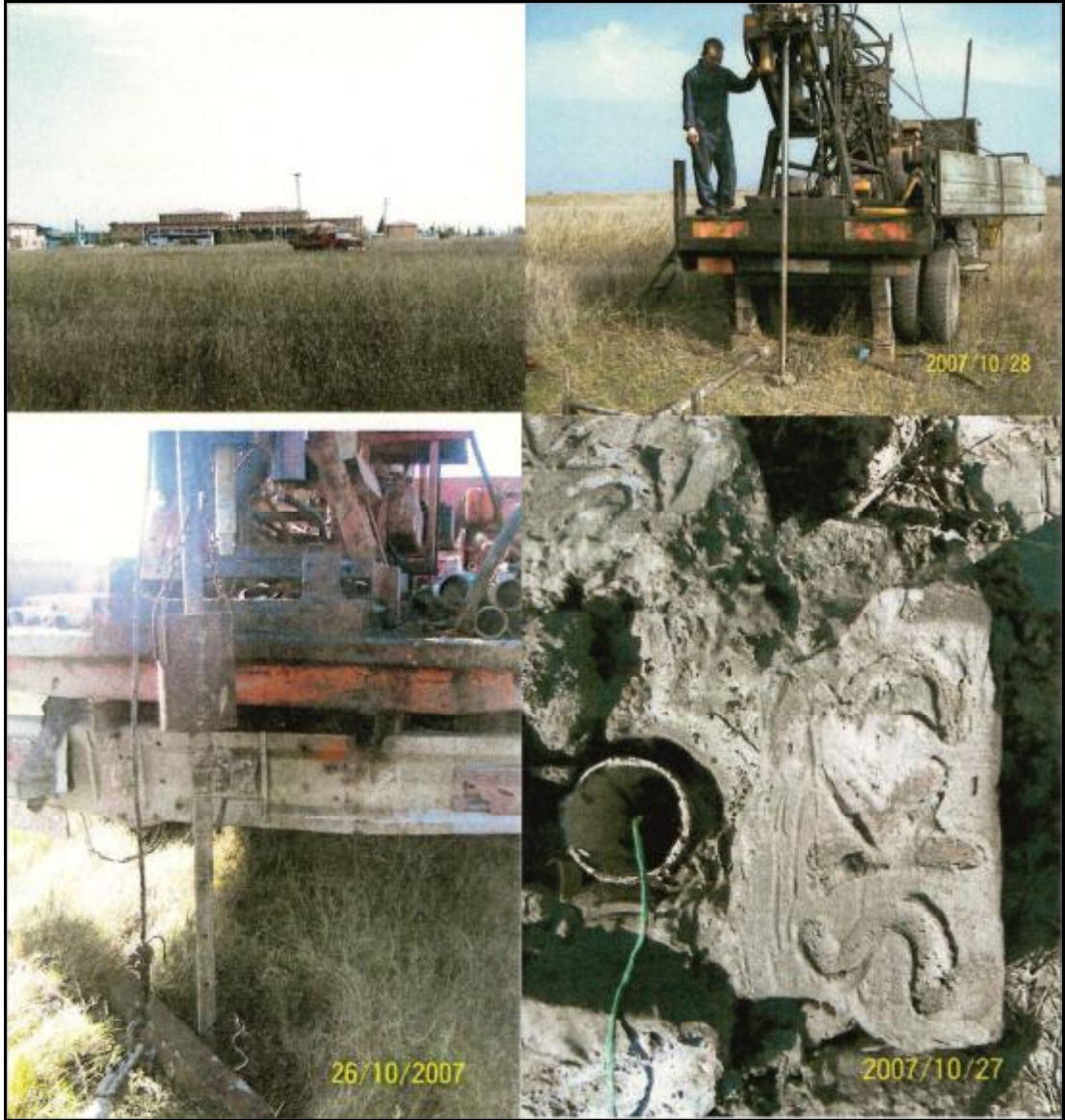


Şekil 4.4. 12/07/2010-12/07/2011 tarihleri arasında Ceyhan-Adana ve çevresinde meydana gelen depremlerin Deprem Sayısı-Magnitüd Grafiği (<http://www.deprem.gov.tr>)

4.1.1.4. İnceleme Alanına Ait Sondaj Çalışmaları

Etüt alanı ve yakın çevresinin detay jeolojisinin incelenmesinin ardından etüt alanı içerisinde derinliği 15-20-25 metre arasında değişen 10 adet zemin sondaj kuyusu açılmış, sondaj çalışmaları neticesinde geçilen jeolojik birimlerin tanımlanması yapılmıştır. İslah çalışmalarının sonucunda ise iyileştirilen kısımlarda 2 adet sondaj kuyusu açılarak zemindeki değişimin gözlenmesi sağlanmıştır. EK-6 ile EK-17 arasında tez içerisinde kullanılan sondaj logları yer almaktadır.

İnceleme alanında genel olarak Kuvaterner yaşlı alüvyon çökelleri gözlenirken, yapı temelinin oturacağı seviyede kil, silt ve kumdan oluşan güncel alüvyonlar gözlenmektedir. EK-5'te sondaj lokasyonlarının yerleri belirlenmiş olup Şekil 4.5'te yapılan sondaj çalışmalarının fotoğrafları yer almaktadır.



Şekil 4.5. Sondaj çalışmalarının fotoğrafları

İnceleme alanında mevcut zeminin belirlenmesine yönelik yapılan sondaj çalışmalarına ait derinlik ve koordinatlar Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.2. Sondaj kuyularının derinlik ve koordinatları

Kuyu No	Derinlik (m)	Başlama ve Bitiş Tarihi	Koordinat (GPS ile)	
			Y	X
SK-1	25	24.10.2007 24.10.2007	752319	4101749
SK-2	25	25.10.2007 25.10.2007	752332	4101972
SK-3	25	24.10.2007 24.10.2007	752621	4101909
SK-4	15	28.10.2007 28.10.2007	752500	4101889
SK-5	20	29.10.2007 29.10.2007	752451	4101838
SK-6	25	28.10.2007 28.10.2007	752553	4101853
SK-7	20	29.10.2007 29.10.2007	752293	4101874
SK-8	15	30.10.2007 30.10.2007	752451	4101922
SK-9	20	30.10.2007 30.10.2007	752405	4101974
SK-10	15	31.10.2007 31.10.2007	752603	4101920

Çalışmalara 24.10.2007 tarihinde başlanmış olup 10 adet sondaj kuyusu açılmıştır. İlk sondaj kuyusu bu tarih itibari ile Y: 752319 X: 4101749 koordinatlarında açılmış, çalışmada D500 modelinde sondaj makinesi, sondaj şekli olarak da rotary sistemi kullanılmıştır. SK-1 olarak adlandırılan sondaj kuyusunun derinliği 25 metredir. 0,3 metreye itibariyle nebati yani bitkisel toprak, 0,3 ile 0,7 metre arasında siyah renkli kil, 0,7- 2.50 metre arasında ise gri renkli gevşek yapılı kum görülmüştür. Bu sondajda yer altı suyuna 2,50 metrede rastlanılmıştır ve %100 karot verimi vermiştir. 2,50 metreden sonra 7 metreye kadar sarımsı kahve renkli, üst seviyeleri killi kum, alt seviyeleri kumlu kil geçilmiş, daha sonraki birimler 25 metreye kadar yeşil- gri- sarımsı renkli kil gözlenmiştir (EK-6). 15. metrede karot verimi %50'ye düşmüştür.

25.10.2007 tarihinde Y: 752332 X: 4101972 koordinatlarında açılan ikinci sondaj çalışmasında (SK-2) toplam derinlik 25 metredir. 0,4 metreye kadar nebati (bitkisel) toprak, 0,4 ile 1,5 metre arası siyah renkli kil gözlenmiştir. Yeraltı suyu bu

sondaj da 1,5 metre derinliğinde ölçülmüştür. 1,50-3 metre arasında gri renkli gevşek yapılı kum geçilirken, 3 ile 5 metrede sarımsı kahve renkli üst seviyeleri killi kum alt seviyeleri kumlu kil görülmüştür. 5-25 metrede ise yeşil- gri- sarımsı renkli kil belirlenmiştir (EK-7).

Y:752621 X: 4101909 koordinatlarında ve 24.10.2007 tarihinde 25 metre derinlikte açılan SK-3 sondaj kuyusunda 0,3 metreye kadar bitkisel toprak, 0,3-0,7 metre arası siyah renkli kil, 0,7-2,5 metrede ise gri renkli kum geçilmiş, 1,5 metre derinlikte yeraltı suyuna rastlanılmış, 2,5 metre ile 7 metrelik alanda sarımsı kahve renkli killi kum- kumlu kil, daha sonra 25 metreye kadar yeşil-gri- sarımsı renkli kil geçilmiştir (EK-8). Bu sondaj logunda karot verimliliği %100 olarak verilmiştir.

15 metre derinliğe sahip dördüncü sondaj kuyusu (SK-4) Y:752500 X: 4101889 koordinatlarında 28.10.2007 tarihinde başlanılmış olup, 0,3 metreye kadar bitkisel toprak geçilmiş, ardından 1,3 metreye kadar siyah renkli kil gözlenmiştir. Bu birimin altında 4 metreye kadar da gri renkli kum belirlenirken 1,5 metre derinliğinde yeraltı suyu ölçülmüştür. Bundan sonraki birim ise killi kum- kumlu kil seviyesi olup yaklaşık 2,5 metre kalınlığında gözlenirken, birimin alt kısmında sondaj sonuna kadar yeşil- gri- sarımsı renkli kil devam etmektedir (EK-9).

29.10.2007 tarihi itibarıyla başlanan SK-5 yani Y:752451 X: 4101838 koordinatlarındaki beşinci sondaj lokasyonunda gözlenen ilk birim 0,3 m kalınlığında nebati toprak olup, sırasıyla 1,2 m'ye kadar siyah renkli kil, 2,7 metreye kadar gri renkli kum, 6,5 metreye kadar ise sarımsı kahve renkli üst seviyeleri killi kum, alt seviyeleri kumlu kil belirlenmiştir. Yeraltı suyunun derinliği 1,5 metrede seyretmektedir. Toplam derinliği 20 metre olan kuyunun 6,5 metresinden sonra kuyu sonuna kadar yeşil-gri-sarımsı renkli kilin yer aldığı görülmektedir. Sondaj loglarında karot verimi %100 olarak gösterilmiştir (EK- 10).

6. kuyu logu (SK-6) Y:752553 X:4101853 koordinatları dahilinde olup 28.10.2007 tarihinde açılmıştır. İlk birim 0,4 metre kalınlığına kadar bitkisel toprak, bitkisel toprağın altında ise 1 metreye kadar da siyah renkli kil görülmüştür. Gri renkli kum 1-3,5 metre arası derinlikte olup, altında 7,5 metreye kadar killi kum- kumlu kil belirlenmiştir. Yeraltı suyunun varlığı 1,5 metrede gözlenmiş olup, 25

metre derinliğindeki kuyu logunun 7,5 metre ile 25 metre arasındaki birim olarak gri-sarı- kahve renkli kil geçilmiştir (EK- 11).

SK-7'den elde edilen sondaj logları incelendiğinde diğer loglardaki birimlerle aynı olduğu gözlenmiş olup sırasıyla 0,4 metrede bitkisel torak, 1,6 metreye kadar siyah renkli kil, 4 metreye kadar gri renkli kum, 7,5 metreye kadar killi kum- kumlu kil ve 20 metre derinliğe kadar da gri-sarı- kahve renkli kil varlığı tespit edilmiştir. Toplam derinliği 20 metre olan sondaj kuyusu Y:752293 X:4101874 koordinatlarında 29.10.2007 tarihinde açılmış, 2. metrede yeraltı suyuna rastlanılmıştır (EK-12).

30.10.2007 tarihinde ilk sondaj 8. Kuyu için yapılmış olup, Y:752451 X:4101922 koordinatlarını kapsamaktadır. 15 metre derinliğinde açılan bu kuyuda 1,5 metrede yeraltı suyuna rastlanılmış, yüzeyden itibaren 40 cm'lik bitkisel toprakla başlar ve yüzeydeki birimi 1,2 metreye kadar siyah renkli kil takip eder. Bu birimin altında 2,5 metreye kadar gri renkli kum, onun altında ise 7 metreye kadar sarımsı kahve renkli üst seviyeleri killi kum, alt seviyeleri kumlu kil, kuyu sonu olan 15 metre derinliğine kadar da gri-sarı- kahve renkli kil birimi kesilmiştir (EK- 13).

9. ve 10. Sondaj logları sırasıyla 30.10.2007 ve 31.10.2007 tarihlerinde 20 ve 15 metre derinliklerinde olup, Y:752405 X:4101974 ve Y:752603 X:4101920 koordinatlarında açılmıştır. 9. Sondaj logu incelendiğinde (SK-9) yüzeyde 20 cm nebati toprak, nebati topraktan sonra 2 metreye kadar gri renkli kil, ardından 6,5 metreye kadar killi kum- kumlu kil birimi ve 20 metre olan kuyu sonuna dek gri yeşilimsi renkli kil göze çarpmaktadır. Yeraltı suyunun derinliği ise 1,5 metrede ölçülmüştür (EK-14). SK- 10 kuyusunda da 1,5 metrede yer altı suyu tespiti yapılmış, 40 cm kalınlığında bitkisel toprak, 2,5 metre sınırına kadar gri renkli kil, yaklaşık 4 metre kalınlığında sarımsı kahve renkli üst seviyeleri killi kum, alt seviyeleri kumlu kil birimi geçilirken 15 metreye yani kuyu sonuna kadar gri-yeşilimsi kil kesilmiştir. Sağlam karot verimi %80'dir (EK- 15).

Çalışma alanında yeraltı suyu bakımından akifer özelliği taşıyan en önemli birimler Kuvaterner yaşlı alüvyonun kumlu seviyeleridir. Etüt alanı içerisinde açılan 10 adet ve derinliği 15-20-25 metre arasında değişen sondaj kuyularında yeraltı suyu seviyesi 1,5 metre ile 2,5 metre arasında değişen değerlerde olduğu görülmektedir.

Yapılan ölçümler sonucunda alınan su numunelerinin pH oranı ve Sülfat oranı Bakanlık onaylı laboratuarda belirlenmiştir. Ph oranı 7,49, sülfat oranı ise 620 mg/l olarak bulunmuştur. Bu çalışma Sülfat oranının bina temeline etkisinin araştırılması amacıyla gerçekleştirilmiş olup deney sonuçlarında yeraltı suyunda bulunan sülfat değerinin normalin biraz üst sınırında olduğu ve betona çok yüksek bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Yeraltı suyunun özellikleri ve betona olan etkinlik derecesi (TS 3340)

İncelenen Özellik	Etkinlik Derecesi			Laboratuvar Sonuçları
	Zayıf	Kuvvetli	Çok Kuvvetli	
pH	6,5-5,5	5,5-4,5	<4,5	7,49
Sülfat (mg/l)	200-600	600-3000	3000>	620 mg/l

Etüt alanında jet grout yöntemi sonrası, zeminde yapılan iyileştirmenin tespiti amacı ile 2 adet 10 metre derinliğinde karotlu sondaj kuyusunun açılması sağlanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4. İyileştirme sonrası açılan sondaj kuyularının özellikleri

Kuyu No	Derinlik (m)	Başlama ve Bitiş Tarihi	Koordinat (GPS ile)	
			Y	X
SK-1	10	15.05.2008 15.05.2008	----	----
SK-2	10	17.05.2008 17.05.2008	----	----

SKJ-1 ve SKJ-2 şeklinde adlandırılan sondaj kuyularının derinliği 10 metre olup, 15-17.05.2008 tarihleri arasında açılmıştır. Her iki kuyuda yapılan tespitler ışığında yüzeyden 20 cm'lik derinlikte bitkisel toprak, 1,5 metreye kadar açık kahve renkli az kumlu kil, 1,5-3,5 metre arası ise az killi kum birimi geçilirken açılan kuyunun sonuna kadar gözlenen birim kahve renkli kildir. Yeraltı su seviyesi iki kuyuda da 2,5 metre olarak belirlenmiştir (EK-16 ve EK-17).

4.1.1.5. İnceleme Alanına Ait Zemin Kesitleri

Açılan 10 adet sondaj kuyularından elde edilen bilgiler kullanılarak zeminin korelasyonu elde edilmiştir. Bu zemin kesitlerin korelasyon çalışması EK-18 ile EK-22 arasında gösterilmektedir. EK-18 ile EK-22 arasında zemin kesitleri yer almaktadır.

EK-18'de lokasyonları birbirine yakın olan 1., 5., 4. ve 3. sondajlardan elde edilen zemin kesitlerinin korelasyonu gözlenmektedir. Yüzeyde aynı kalınlıkta bitkisel toprak, alt kısmında 5. ve 4. kuyuda biraz daha kalınlığı artan 1. ve 3. kuyularda ise azalan siyah kil biriminin varlığı tespit edilmiştir. Gri renkli kum birimi ise 1., 5., 3., kuyularda yaklaşık 1,5 metre civarında iken 4. kuyuda kalınlığı artarak 2,5 metreye kadar yükselmiştir. Sarımsı kahve renkli killi kum-kumlu kil birimi de 4. kuyuda kalınlık azalışı gösterirken diğer üç kuyuda kalınlık artışı belirlenmiştir. Bu birimin altındaki yeşil-gri-sarımsı kil ise tüm kuyuların kuyu sonu kadar devam etmektedir. Kalınlıkları ölçüm yapılan kuyu derinliğine göre değişirken 18 metreyle 9 metre arasında değişmektedir. Bu durumda yapılacak zemin iyileştirmesini ilk 10 metrede bulunan zayıf zemin geçirerek bina temelinin diğer 10 metre derinlikteki ana kaya gibi davranan diğer zeminlere oranla daha sağlam olan zemine oturması sağlanmış ve binanın kolanlarının oturacağı jet grout kolonları bu zemine kadar iletilmiştir. Bu kuyulardaki yeraltı su seviyesi ise 1,5 metre seviyelerinde gözlenirken sadece 4. kuyuda derinliği artarak 2,5 metrede gözlenmiştir.

EK-19 'da ise SK-7 ile SK-5'in korelasyonu görülmektedir. Hemen hemen her birim yaklaşık aynı kalınlıkta olup kuyu derinliği 20 metre olarak belirlenmiştir. Yeraltı suyu ise 1,5 ile 2 metre arasında değişim göstermektedir.

Sondaj kuyularından 2., 8., 4. ve 6. olan lokasyonlar EK-20'de gösterilmiştir. Yüzeyde 40 cm nebati toprak, 60 cm ile 100 cm arasında siyah kil, SK-2 ile SK-8 arasında gri renkli kum için uyum görülürken, SK-4 ve SK-6'da birimin kalınlığı artmıştır. Alt birim olan kahve renkli kumlu kil- killi kum ise 2. ve 4. kuyularda yaklaşık 2,5 metre iken, 8. ve 6. kuyularda 4,5 metreye kadar arttığı gözlenmektedir.

YASS ise tüm kuyularda aynı seviyededir. Son birim olan grimsi yeşilimsi renkli killi birim ise ana kaya görevini üstlenmektedir.

EK-21’de gösterilen zemin kesitleri 2., 9., 10. ve 3. Sondaj kuyularına ait olup bitkisel toprağın altındaki birim olan siyah renkli kil 9. ve 10. lokasyonlarda geçilmemiştir. 2. sondaj kuyusunda ise siyah killi birimin altındaki kalınlığı az olan kahve renkli kumlu kilin diğer kuyularda geçilirken kalınlığının arttığı belirlenmiştir. Son birimin ise kuyu derinliğine göre kalınlığının en fazla 20 metreye ulaştığı dikkat çekmektedir.

Son zemin kesiti ise EK-22 ‘de bulunan SK-1, SK-5, SK-6, SK-10’a aittir. Bitkisel toprağın altındaki birim 1., 5. ve 6. lokasyonlarda kesilirken 10. lokasyonda bu birime rastlanılmamıştır. Bunun dışındaki tüm birimler kesilirken kalınlıkları da hemem hemen birbirine yakındır. YASS 1. Kuyuda daha derinde iken diğer sondaj kuyularında yüzeye yakın olduğu belirlenmiştir. Yapılacak olan yapıların bu faktörü göz önüne alarak planlanması gerektiği bir kez daha göze çarpmaktadır.

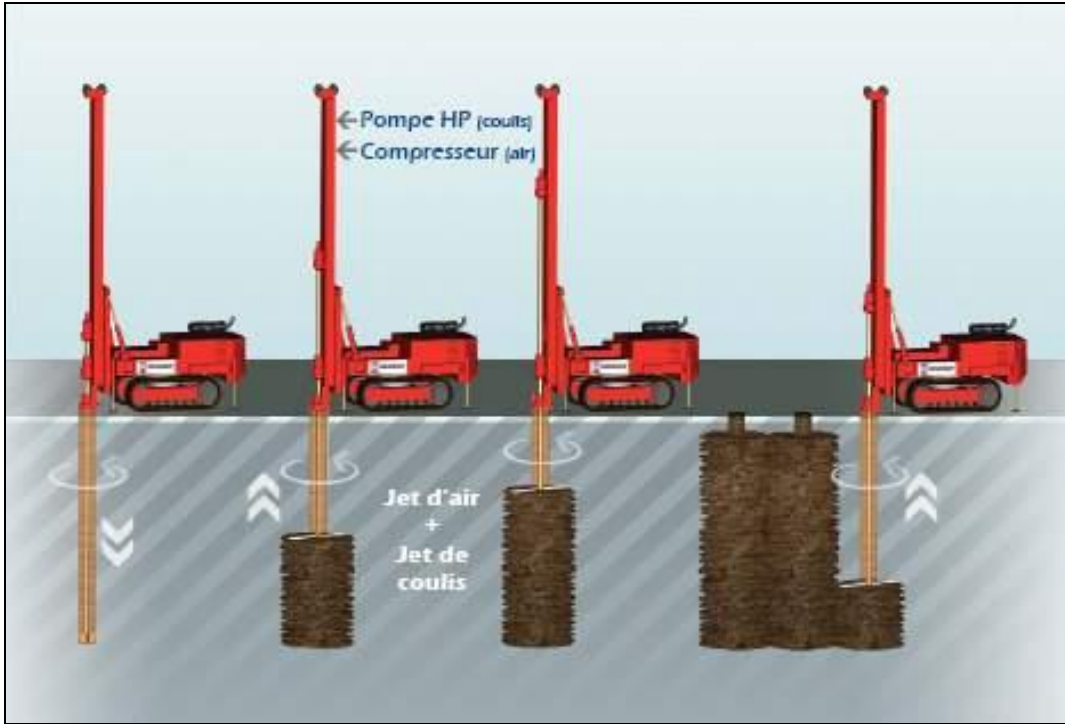
EK-23’te tüm sondaj kuyularından elde edilen stratigrafik kesitler EK-5’teki sondaj lokasyonlarının bulunduğu haritada yerleri belirlenip yerleştirilerek elde edilen korelasyon bir bütün olarak sunulmaktadır.

4.1.1.6. Zemin Islah Yönteminin Seçilmesi ve Uygulanması

Yapılan çalışmada görüldüğü üzere üst yapıyı taşıyacak olan zemin profili güvenilir olmamakla birlikte yüksek yeraltı su seviyesi, 2. derece deprem bölgesinde yer alması, sıvılaşma potansiyelinin yüksek olması nedenleriyle zeminde iyileştirme yöntemine gidilmiş, bu iyileştirme yöntemlerinden jet grout yöntemi seçilmiştir.

Enjeksiyon yöntemi, zeminlerde belirli aralıklarda açılan deliklere, gerekli basınç altında uygun maddelerin enjekte edilmesi ile oluşmaktadır. Jet grout tekniği de bu yöntemin bir parçasıdır, bu sayede zeminde mukavemet artışı, yoğunluk artışı, permeabilitenin azalıp geçirimsizliğin sağlanması, oturmaların azaltılması, sıvılaşmanın gözlemlendiği durumlarda sıvılaşma potansiyelinin azaltılması için uygulanan bir yöntem olmuştur.

Jet grout tekniği ile çimento/su karışımı çok yüksek hızda basınç ile pompalanarak adeta zemini keserek karıştırmakta, bu sırada bölgesel olarak zemine nüfuz etme temeline dayanan ve muhtelif çaplarda çimentolaşmış kolonlar oluşturan en son geliştirilmiş olan zemin ıslah yöntemlerinden biridir. Zeminin taşıma kapasitesi ve elastisite modülü artırılarak, geçirgenlik ve sıkışabilirliğin azaltılması ile başarı sağlanabilmektedir. Yapılan çalışmada da zeminin taşıma kapasitesi artırılmış, sıkışabilirliği azaltılmış böylece geçirimsizlik azaltılırken mukavemeti artırılmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Jet grout tekniği (www.allons-sortir.fr)

Jet grout tekniğinin tam anlamıyla uygulanabilmesi için aşağıda maddelenen adımların gerçekleştirilmesi gerekmektedir:

- Islah edilecek zemine ait bütün verilerin toplanması,
- Zeminin mekanik olarak modellenmesi,
- Yükleme koşullarının seçimi,
- Yükleme hesaplanması,
- Malzemenin seçimi.

Bir sonraki aşamada ise tasarımda önemli rol oynayacak parametreler göz önüne alınmalıdır:

- Zeminin çeşidi ve parametreleri,
- Kullanılacak harcın parametreleri,
- Zemin ve harç karışımlarının kısa ve uzun dönemdeki direnci,
- Kullanılacak katı malzemelerinin nitelikleri,
- Kullanılacak jet sistemleri (Bell ve Burke, 1994).

Çalışma alanında uygulanan jet grout sistemlerden JET 1 sistemi kullanılmıştır. Hazırlanmış olan harç 400 bar mertebelerindeki yüksek basınçta ağızlıklardan püskürtülmekte, böylece zemin çimento/su karışı ile doldurulmaktadır (Şekil 4.7). Çimento/ su karışımı oranı 1/1 olarak belirlenmiş, Şekil 4.35'te jet grout sistemine ait teknik ekipmanlar gösterilmektedir.



Şekil 4.7. Çimento/ su karışımı

Şekil 4.8'de arazide kullanılan ekipmanlardan (a) çimento silosunu gösterirken (b) kısmında su deposu ile karıştırma ünitesi yer almaktadır. Çimento silosundan gelen çimento, su deposundan gelen su ile karıştırıcı içerisinde belli hızda karıştırılması sağlanmaktadır. Daha sonra (c)'de görülen jet grout pompası ile (d) kısmında bulunan delici olarak da kullanılan püskürtme ağzına iletilmektedir.

Böylece çimento- su karışımı zemine enjekte edilmiş olur. Şekil 4.9'da ise karışımın zemine enjekte edilmesi gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Jet grout sistemine ait teknik ekipman



Şekil 4.9. Karışımın zemine enjekte edilmesi

İmal edilen jet grout kolonların ve iyileştirilen zeminin istenilen proje kriterlerini sağlaması için yapılan uygulamanın kontrolü çok önemlidir. Kalite kontrol işlemleri uygulamanın başarısını belirlemektedir. Jet grout yönteminin değişik zeminlerdeki fizibilitesi ve yapı temellerinin stabilizasyonuna uygunluğunu belirlemek için deneme sahası önerilmektedir. Deneme sahaları arazi deneylerinin jet grout uygulaması için gerekli verilerin elde edilmesinde yeterli olmadığı durumlarda kullanılmaktadır. Deneme sahasında teşkil edilen jet grout kolonlar üzerinde yapılan kontrol ve deney sonuçlarına göre söz konusu sahada sistematik olarak jet grout uygulaması gerçekleştirilir. Amacı, projenin büyüklüğü veya karmaşıklığı ve çalışma parametrelerinin önceden belirlenmesindeki zorluklara bağlı olarak gözlemler ve deneyler yapılmasıdır (Imanishi ve Yamauchi, 1996).

EK-58 ile EK-59’da çalışma sahasına ait uygulanan jet grout kolonlarının aplikasyon planı yer almaktadır. Bu plan doğrultusunda jet grout kolonlarının arasındaki mesafe belirlenmiştir. Üst yapının kolonlarının altına yerleştirilecek şekilde plan yapılmış ve bu biçimde uygulamaya geçilmiştir. Jet grout yöntemi tamamlandıktan sonra temel atma işlemi gerçekleştirilmiş, bunun ardından üst yapının tamamlanması sağlanmıştır. Şekil 4.10’da temeli atılmış ve tamamlanmış üst yapı gösterilmektedir.



Şekil 4.10. Temeli atılmış ve tamamlanmış üst yapıya ait iki örnek

Uygulanan jet grout tekniğinin avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Avantaj ve dezavantajları aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

Avantajları:

- Hemen hemen tüm zemin çeşitlerinde uygulanabilir.
- Küçük çaplı bir deliğin zeminde delinmesi ile büyük çaplı kolonlar imal edilebilmektedir.
- Çevre kirliliğine yol açmadan zeminlerin stabilite edilmesine yardımcı olur.
- Temel takviyesinde yapının deformasyonu çok az olur.
- Diğer metotlara göre daha hızlı ve güvenli imalat yapılmasını sağlar.
- Elemanların mukavemeti tasarlanabilir.
- Hassas yapılara zarar verecek titreşim üretmediğinden bu yapıların yakınında imalat yapılabilir.
- Çok sayılı alanlarda çalışma imkanı verir.
- Yüksek riskli inşaatlarda can güvenliği sağlanır.
- Kolonlar istenilen derinlikten istenilen derinliğe kadar imal edilebilir.
- Taban kabarmasının önlenmesi veya geçirimsizliğin sağlanması gibi problemlerin ekonomik çözümüne elverişlidir.
- Arazi şartlarına göre inşaat süresini %30-%60 kısaltır.

Dezavantajları:

- Enjeksiyon akışı enjeksiyon noktasından yüzeye kadar izlenmelidir. Eğer enjeksiyon yolunda bir tıkanıklık var ise bu zeminde şişmeye ve neticesinde kolonların oluşmamasına neden olur.
- Zemin çeşidine göre kolon çapları farklı olabilir.
- Çok yüksek basınçlar zeminin taşıma kapasitesini azaltıp istenmeyen oturmalara sebep olabilir.
- Bazı zamanlar kolon çapları istenildiğinden büyük olabilmekte bu da ekonomik açıdan sorunlar yaratmaktadır.
- İki akışkanlı ve üç akışkanlı yöntemlerde yataklanma oluşturabilmekte, düşük geçirgenliğe sahip zeminlerde oluşturulan elemanlar düşük mukavemet değerlerine sahip olabilmektedir. Bu tarz zeminlerde su ıslah edilen zeminden

tahliye edilemediğinden yüksek oranda su/çimento oranı elde edilebilmekte ve tek akışkanlı sisteme göre düşük elastisite modüllü, düşük mukavemete sahip kolonlar imal edilmektedir.

- Hala basit bir dizayn yöntemi geliştirilmemiş olmasından dolayı tecrübe önem kazanmaktadır (Bell ve Burke, 1994).

Yukarıda anlatılan avantajlar ve dezavantajlar göz önüne alındığında, yapılacak üst yapıların temellerinin desteklenmesi, yüksek YASS'ne oranla kazı tabanından suyun gelmesini ve yapının bu sudan etkilenmesini önlemek amacı ile sınılaşma potansiyeline karşı direncin arttırılması, oluşacak deprem gibi sismik aktivitelerin yapılara zarar vermesini en aza indirmek, inşaat risklerini ve inşaat süresini oldukça azaltmak ve diğer iyileştirme yöntemlerine göre daha ekonomik oluşu nedenlerinin ağır basmasından dolayı proje sahibine sunulan iyileştirme yöntemlerinden bir olan jet grout yöntemi seçilmiş ve arazide bu yöntem uygulanarak iyileştirme yapılmıştır. Sahada tez tarihi itibariyle yapılan üst yapılar hazır durumdadır.

4.1.2. Arazi Deneyleri

4.1.2.1. Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Terzaghi ve Peck (1960) tarafından ampririk bağıntı olarak belirlenmiş olan 30 cm çakmak için darbe sayısı, kıvamlılık ve taşıma gücüne ait bilgiler Çizelge 4.5'te gösterilirken, Çizelge 4.6'da 30 cm çakmak için darbe sayısı ile kıvamlılık ve görelî yoğunluk hakkındaki bilgiler aktarılmıştır.

Çizelge 4.5. Deney kilde yapıldığı durumda değerlendirmenin kıvamlilik ölçütü, darbe sayısı ve taşıma gücü (Terzaghi ve Peck, 1960)

30 cm ilerleme için darbe sayısı	Kıvamlilik	Taşıma gücü (kg/cm ²)
2'den az	Çok yumuşak	0,25'ten az
2-4	Yumuşak	0,25-0,5
4-8	Orta	0,5-1
8-15	Katı	1-2
15-30	Çok katı	2-4
30'dan fazla	Sert	4'ten fazla

Çizelge 4.6. Deney kumda yapıldığı taktirde kıvamlilik yerine görelî yoğunluk hakkındaki yorumu (Terzaghi ve Peck, 1960)

30 cm ilerleme için darbe sayısı	Görelî yoğunluk
0-4	Çok gevşek
4-10	Gevşek
10-30	Orta
30-50	Sıkı
50'den fazla	Çok Sıkı

Arazide yapılmış olan Standart Penetrasyon Deneyi (SPT) sonuçları zemin dayanımı (mukavemeti) hakkında önemli bilgiler verebilmektedir. Yapılan SPT deneyinde çakma borusu çakılırken zemini oynattığından, darbe adetleri sayılmadan standart numune alıcısı 15 cm çakılmıştır. İlk 15 cm çakılan değer bu nedenle hesaba katılmamıştır. Bundan sonraki ikinci ve üçüncü 15 cm girişler için vuruş sayıları toplam SPT deneyi olarak kullanılmıştır. SPT sonuçları özellikle kohezyonsuz zeminler için daha güvenilir olmakla birlikte killi zeminler için zeminlerin sıklığı hakkında bilgi verebilmektedir.

Açılan toplam 195 metrelik sondaj kuyularında 72 adet SPT deneyi yapılmış, 1,5-2 metre aralıklarla yapılan SPT deneyi sonuçlarına göre en düşük SPT değeri N_{30} : 9, en yüksek SPT değeri ise N_{30} : 22 olarak belirlenmiştir.

Açılan sondaj kuyuları esnasında yapılan yerinde Standart Penetrasyon Deneyi sonuçlarından elde edilen jeoteknik özellikler, taşıma gücüne ait bilgilerin Terzaghi'nin belirttiği amprik bağıntılarla birlikte yorumlanabilmekte olup sırası ile çizelgeler şeklinde verilmiştir (Çizelge 4.7- 4.16).

Çizelge 4.7. SK-1 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-1	SPT 1	1.5	11	Kum	1-2	----	Orta
SK-1	SPT 2	3.5	12	Az killi kum	1-2	-----	Orta
SK-1	SPT 3	6.0	9	Az kumlu kil	1-2	Katı	----
SK-1	SPT 4	7.5	12	Kil	1-2	Katı	----
SK-1	SPT 5	9.0	13	Kil	1-2	Katı	----
SK-1	SPT 6	12.0	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-1	SPT 7	15.0	19	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-1	SPT 8	18.0	16	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-1	SPT 9	21.0	21	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-1	SPT 10	23.0	21	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.8. SK-2 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-2	SPT 1	1.5	9	Az kumlu kil	1-2	Katı	----
SK-2	SPT 2	3.0	10	Kumlu kil	1-2	Katı	----
SK-2	SPT 3	4.5	11	Killi kum	1-2	----	Orta
SK-2	SPT 4	6.0	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-2	SPT 5	7.5	8	Kil	2	Orta	----
SK-2	SPT 6	9.0	15	Kil	2-4	Katı	----
SK-2	SPT 7	12.0	16	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-2	SPT 8	15.0	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-2	SPT 9	18.0	20	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.9. SK-3 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-3	SPT 1	1.5	11	Kil	1-2	Katı	----
SK-3	SPT 2	3.5	11	Killi kum	1-2	----	Orta
SK-3	SPT 3	6.0	9	Kil	1-2	Katı	----
SK-3	SPT 4	7.5	12	Kil	1-2	Katı	----
SK-3	SPT 5	9.0	13	Kil	1-2	Katı	----
SK-3	SPT 6	10.5	13	Kil	1-2	Katı	----
SK-3	SPT 7	12.0	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-3	SPT 8	13.5	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-3	SPT 9	15.0	20	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-3	SPT 10	18.0	16	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-3	SPT 11	21.0	19	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-3	SPT 12	23.0	20	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.10. SK-4 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-4	SPT 1	1.5	9	Killi kum	1-2	----	Gevşek
SK-4	SPT 2	3.0	10	Az killi kum	1-2	----	Orta
SK-4	SPT 3	4.5	12	Kil	1-2	Katı	----
SK-4	SPT 4	6.0	13	Kil	1-2	Katı	----
SK-4	SPT 5	7.5	15	Kil	2	Katı	----
SK-4	SPT 6	9.0	15	Kil	2	Katı	----
SK-4	SPT 7	10.5	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-4	SPT 8	12.0	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-4	SPT 9	13.5	16	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.11. SK-5 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-5	SPT 1	1.5	11	Killi kum	1-2	----	Orta
SK-5	SPT 2	3.0	10	Kil	1-2	Katı	----
SK-5	SPT 3	6.0	13	Kil	1-2	Katı	----
SK-5	SPT 4	7.5	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-5	SPT 5	9.0	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-5	SPT 6	10.5	16	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-5	SPT 7	12.0	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-5	SPT 8	14.5	20	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-5	SPT 9	16.0	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-5	SPT 10	18.0	22	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.12. SK-6 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-6	SPT 1	1.5	12	Killi kum	1-2	----	Orta
SK-6	SPT 2	3.0	13	Az Killi kum	1-2	----	Orta
SK-6	SPT 3	4.5	15	Kil	2	Katı	----
SK-6	SPT 4	6.0	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-6	SPT 5	7.5	15	Kil	2	Katı	----
SK-6	SPT 6	9.0	13	Kil	1-2	Katı	----
SK-6	SPT 7	10.5	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-6	SPT 8	12.0	13	Kil	1-2	Katı	----
SK-6	SPT 9	13.5	12	Kil	1-2	Katı	----
SK-6	SPT 10	15.0	12	Kil	1-2	Katı	----
SK-6	SPT 11	16.5	15	Kil	2	Katı	----
SK-6	SPT 12	18.0	18	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.13. SK-7 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-7	SPT 1	1.5	13	Az kumlu kil	1-2	Katı	----
SK-7	SPT 2	3.0	16	Killi kum	2-4	----	Orta
SK-7	SPT 3	4.5	18	Killi kum	2-4	----	Orta
SK-7	SPT 4	6.0	12	Kil	1-2	Katı	----
SK-7	SPT 5	7.5	12	Kil	2	Katı	----
SK-7	SPT 6	9.0	15	Kil	2	Katı	----
SK-7	SPT 7	10.5	14	Killi kum	1-2	----	Orta
SK-7	SPT 8	12.0	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-7	SPT 9	13.5	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-7	SPT 10	15.0	16	Killi Kum	2-4	----	Orta
SK-7	SPT 11	16.5	16	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-7	SPT 12	18.0	21	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.14. SK-8 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-8	SPT 1	1.5	14	Killi kum	1-2	---	Orta
SK-8	SPT 2	3.0	22	Az killi kum	2-4	----	Orta
SK-8	SPT 3	4.5	22	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-8	SPT 4	6.0	18	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-8	SPT 5	7.5	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-8	SPT 6	10.0	18	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-8	SPT 7	11.5	20	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-8	SPT 8	14.0	20	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.15. SK-9 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-9	SPT 1	1.5	10	Az Kumlu kil	1-2	Katı	----
SK-9	SPT 2	3.0	12	Killi kum	1-2	----	Orta
SK-9	SPT 3	4.5	18	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-9	SPT 4	6.0	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-9	SPT 5	7.5	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-9	SPT 6	10.0	19	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-9	SPT 7	12.0	16	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-9	SPT 8	14.0	17	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-9	SPT 9	16.0	20	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-9	SPT 10	18.0	21	Kil	2-4	Çok katı	----

Çizelge 4.16. SK-10 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SK-10	SPT 1	1.5	10	Az Kumlu kil	1-2	Katı	----
SK-10	SPT 2	4.5	11	Killi kum	1-2	----	Orta
SK-10	SPT 3	6.0	13	Kil	1-2	Katı	----
SK-10	SPT 4	7.5	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-10	SPT 5	9.0	16	Kil	2-4	Çok katı	----
SK-10	SPT 6	10.5	14	Kil	1-2	Katı	----
SK-10	SPT 7	12.0	15	Kil	2	Katı	----
SK-10	SPT 8	13.5	20	Kil	2-4	Çok katı	----

Zemin iyileştirilmesinden sonra yapılan 2 adet sondaj çalışmalarına ait SPT değerleri ve zemin tanımlamaları yer alırken, taşıma gücüne ait bilgilerin

Terzaghi'nin belirttiği amprik bağıntılarla birlikte Çizelge 4.17 ve 4.18'de belirtilmektedir.

Çizelge 4.17. SKJ-1 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SKJ-1	SPT 1	1.5	10	Killi kum	1-2	----	Orta
SKJ-1	SPT 2	3.0	14	Az killi kum	1-2	----	Orta
SKJ-1	SPT 3	4.5	14	Az killi kum	1-2	----	Orta
SKJ-1	SPT 4	6.0	14	Kil	1-2	Katı	----
SKJ-1	SPT 5	7.5	18	Kil	2-4	Çok katı	----
SKJ-1	SPT 6	9.0	19	Kil	1-2	Çok katı	----

Çizelge 4.18. SKJ-2 nolu sondaj kuyusundan elde edilen SPT sonuçları

Kuyu No	SPT No	Derinlik (m)	N ₃₀	Zemin Tanımı	Taşıma Gücü (kg/cm ²) (Terzaghi'ye göre)	Kıvamlılık	Görelî yoğunluk
SKJ-2	SPT 1	1.5	37	Kumlu kil	4'ten fazla	Çok katı	----
SKJ-2	SPT 2	3.0	18	Az kumlu kil	2-4	Çok katı	----
SKJ-2	SPT 3	4.5	18	Az kumlu kil	2-4	Çok katı	----
SKJ-2	SPT 4	6.0	20	Kil	2-4	Çok katı	----
SKJ-2	SPT 5	7.5	21	Kil	2-4	Çok katı	----
SKJ-2	SPT 6	9.0	22	Kil	2-4	Çok katı	----

Zemin iyileştirmesi yapıldıktan sonra özellikle ikinci sondaj kuyusunda yapılan SPT değerlerinde iyileştirme yapılmadan önceki değerlere göre bir artışın olduğu gözlenmektedir. Bu uygulamanın tüm arazi için uygulandığı düşünülecek olursa zayıf zeminin mukavemetinin artmış olduğu görülecektir.

4.2. Laboratuvar Çalışmaları

4.2.1. Numunelerin İndeks Özellikleri

Numunelerin indeks özelliklerinin belirlenmesi ve sınıflandırılması için laboratuvarda Atterberg limitleri, özgül ağırlık deneyi, tane boyu analizi (hidrometre deneyi ve elek analizi) yapılmıştır.

Zemin sınıflaması önemli bir parametre olduğundan numuneler üzerinde tüm indeks deneyleri yapılarak numuneler ilk önce Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemine (USCS) göre sınıflandırılmıştır. Çizelge 4.19’da yapılan atterberg deneyleri sonucunda elde edilen veriler çizelge şeklinde sunulmuş ve birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine (USCS) göre sınıflandırılması sağlanmıştır. Numunelere ait indeks deneylerin verileri EK-24-35 arasında, birleştirilmiş zemin sınıflama sistemi ise EK-36’da sunulmuştur.

Çizelge 4.19. Atterberg deneyleri sonucunda elde edilen veriler

	Enjeksiyonlu Numune 1. deney	Enjeksiyonlu Numune 2. deney	Enjeksiyonlu Numune 3. deney	Enjeksiyonsuz Numune 1.deney	Enjeksiyonsuz Numune 2.deney	Enjeksiyonsuz Numune 3.deney
LL (%)	47.00	42.00	44.10	48.2	50.60	44.80
PL (%)	19.16	16.24	16.02	17.63	19.24	16.05
PI (%)	27.84	25.76	28.08	30.57	31.35	28.75
Zemin Tipi	CL	CL	CL	CL	CH	CL

Sınıflamaya yönelik Atterberg deneyleri sonucunda saptanan Plastisite indisi (PI) değerleri hesaplandıktan sonra, sonuçlar Casagrande plastisite diyagramı (Şekil 4.11) üzerinde işaretlenerek zeminlerin sınıflaması yapılmıştır. Çizelge 4.19’da değerler karşılaştırıldığı takdirde likit limit değerleri enjeksiyonsuz zeminde daha yüksekken, enjeksiyonlu zeminde bu değer iyileştirilmemiş zemine göre daha düşüktür. Likit limit değerine oranla plastisite indisi değeri de farklılık göstermiştir.

Ayrıca numuneler PI değerlerine göre değerlendirildiğinde plastisite derecelerinin plastik ve kuru dayanımlarının da orta-yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.20).

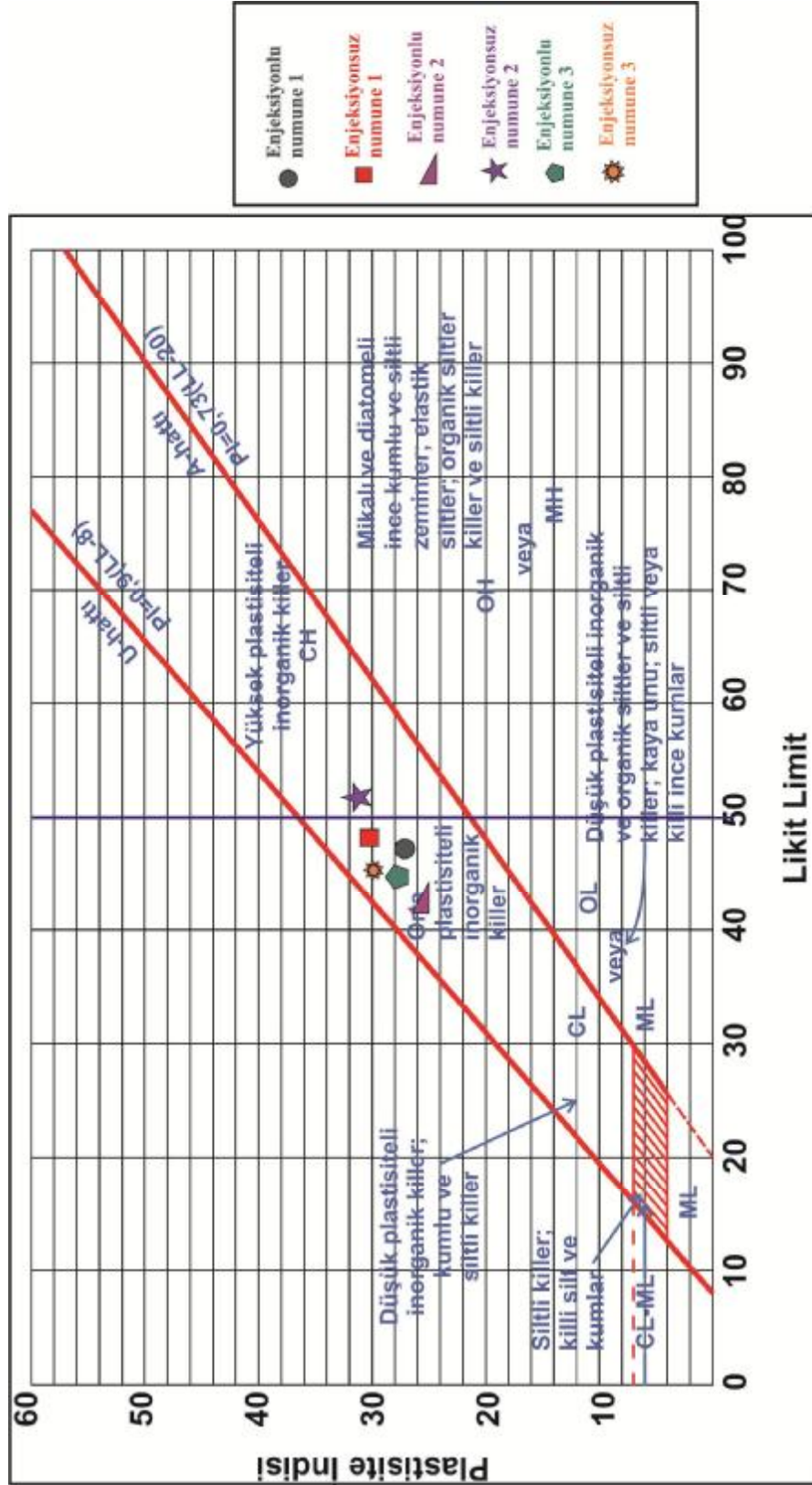
Çizelge 4.20. Plastisite derecesinin plastisite indisine (PI) göre belirlenmesi (Leonards, 1962)

Plastisite İndisi: PI (%)	Plastisite Derecesi	Kuru Dayanım
0-5	Plastik değil	Çok düşük
5-15	Az plastik	Düşük
15-40	Plastik	Orta- yüksek
>40	Çok plastik	Yüksek

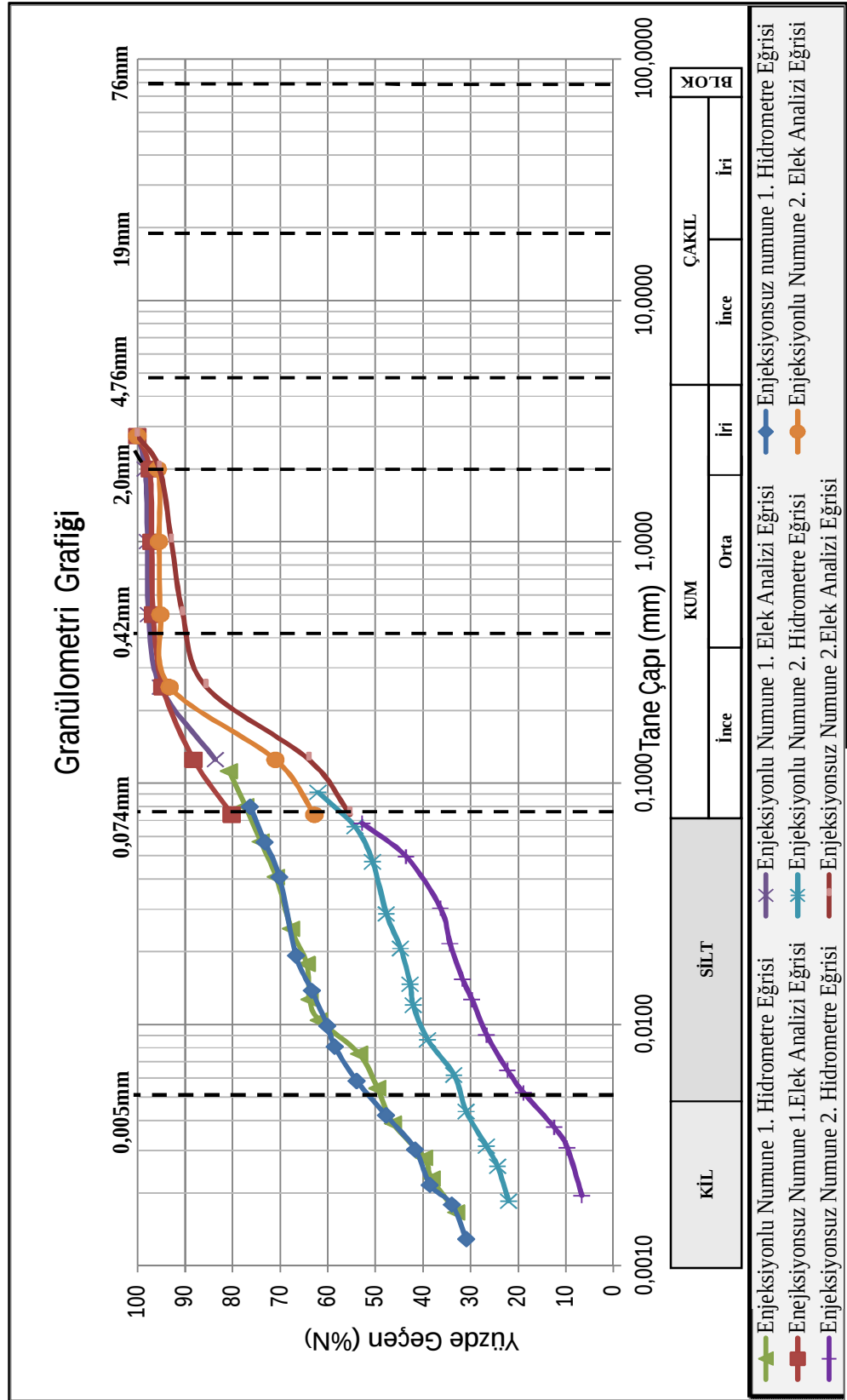
Şekil 4.11’de verilen Casagrande plastisite diyagramı üzerinde tüm numunelerin zemin tipi sınıflaması gösterilmiştir. Buna göre enjeksiyonsuz zemin üzerinde yapılan 2. deneyde zemin tipi CH olarak belirlenirken, diğer numuneler ise CL (orta plastisiteli) tipi zemin olarak belirlenmiştir.

EK-30 ile EK-31’de iki zemine ait özgül ağırlık deneylerinin verileri gösterilmiş olup iyileştirilmiş zeminin özgül ağırlığı (Gs) 2.59, iyileştirme yapılmayan enjeksiyonsuz zemin olarak tanımlanmış olan zeminin ise özgül ağırlığı (Gs) 2.58’dir. Görüldüğü üzere iyileştirilmiş (enjeksiyonlu) zeminin özgül ağırlığı daha yüksek değere sahiptir.

Numunelere ait granülometri eğrilerinin karşılaştırması Şekil 4.12’de sunulurken EK 32-35 arasında tane boyu analizi grafikleri yer alırken, tane boyu grafiklerine göre tüm numunelerin iyi derecelenmiş fakat kötü boylanmış olduğunu belirlenmiştir. Çizelge 4.21’de tane boyu analizi grafiklerinden elde edilen veriler yer almakta olup bu veriler ışığında EK-36’daki Birleştirilmiş Zemin Sınıflama Sistemi kullanılarak zemin sınıflaması yapılmıştır.



Şekil 4.11. Casagrande plastisite diyagramında çalışma zeminlerin sınıflanması (Casagrande, 1948 ve Howard, 1977'den değiştirilmiştir)



Şekil 4.12. Numunelerin tane boyu analizi grafikleri

Çizelge 4.21. Numunelerin tane boyu analizinden elde edilen veriler

	Enjeksiyonlu numune 1. deney	Enjeksiyonlu numune 2. deney	Enjeksiyonsuz numune 1.deney	Enjeksiyonsuz numune 2.deney
Çakıl (%)	0.00	0.00	0.00	0.00
Kum (%)	19.8	37.2	19.8	39.1
Silt (%)	30.7	23.8	26.2	38.6
Kil (%)	49.6	39.0	53.9	23.3
Zemin Tipi	CL	CL	CL	CL

Yapılan deneyler sonucunda alınan numuneler kum, silt ve kil içerikleri bakımından farklılıklar göstermektedir. Enjeksiyonlu ve enjeksiyonsuz numunelerin ilk deneylerinde düşük plastisiteli kil ve az kum gözlenirken, yapılan ikinci deneylerde kum yüzdesi biraz daha artmış zemin tipi olarak kumlu düşük plastisiteli kil olarak gözlemlenmiştir. Alınan zemin örneklerinde kum yüzde değerleri oynama gösterse de iki numunede de zemin tipi CL olarak belirlenmiştir.

4.2.2. Numunelerin Mühendislik Özellikleri

Bölgede meydana gelebilecek sıvılaşma riskinin ve bu risk doğrultusunda uygun görülen iyileştirme yöntemi sonrası, iyileştirilmesi gerçekleştirilen zemin ile iyileştirme yapılmayan zeminin mühendislik özelliklerinin karşılaştırılması esas alınmış olup dayanım deneylerinden serbest basınç (tek eksenli) deneyi ve kesme kutusu deneyi yapılmıştır.

Örselenmemiş olarak alınan numunenin ön konsolidasyon basıncının ve konsolidasyon sınıflanmasının (Aşırı Konsolidasyon Oranı; OCR) elde edilmesi açısından konsolidasyon deneyi yapılmıştır.

Bu bölümde ilk olarak sıvılaşma riskinin var olup olmadığı konusunda yapılan deneyler ve hesaplamalar sonucunda çizilen grafikler ve değerlendirmeler, daha sonra ise yapılan mühendislik deneylerin sonuçları tartışılarak verilmiştir.

4.2.2.1. Sıvılaşma

Deprem sırasında zemin sıkışmaya zorlanmakta, bunun sonucunda da zemin kitlesi içindeki boşluklarda bulunan sulara basınç uygulanmaktadır. Uygulanan basınç altında zemindeki boşluk suları drenaj için yeterli zamana sahip olamadıklarından çok yüksek değerlere varan boşluk suyu basınçları oluşturmaktadır. Boşluk suyu basıncının çok hızlı bir biçimde yükselmesi ile zemin taneleri arasında gerilmeler sıfır olmaktadır. Bu durumda da zemin stabilitesini kaybetmekte ve bir sıvı gibi davranmaya başlamaktadır. Bu durumda zemin üzerinde bulunan yapılar taşıma gücü tamamen kaybolmuş durumdaki zemin kitlesi içerisine gömülmekte ya da devrilmektedir (Aytekin, 2004).

Sıvılaşma olayı, içerisinde kil bulunmayan kum ve silt gibi zeminlerde çok seyrek olarak da çakıllarda meydana gelmektedir. Bu olay sırasında sismik dalgalar ve ön kayma dalgaları doygun haldeki granüler tabakalardan geçerek zemin tanelerinin gevşemesine ve stabilitesini kaybetmesine neden olurlar. Sıvılaşma koşullarında, zemin çok küçük kayma gerilmelerine maruz kalsa bile büyük deformasyonlara uğrayabilmektedir. Bu deformasyonlar zemin üzerinde bulunan yapıların hasar görmesine ya da tamamen kullanım dışı kalmasına sebep olabilmektedir. Sıvılaşma olayında deformasyona uğrayan zemin kütlesi, zeminin gevşekliğine, kalınlığına, ne kadar derinde olduğuna, yüzey eğimine, yüzeydeki bina ve diğer yüklere bağlı olarak değişmektedir. Zeminlerin sıvılaşması rast gele oluşan bir olay değildir. Bu olay jeolojik ve hidrojeolojik koşullara bağlıdır. Özellikle yeraltı su seviyesinin yüksek olduğu yerlerdeki kum ve silt sedimantasyonları sıvılaşmaya uygun ortam hazırlamaktadır. Genç sedimantasyonlarda YASS'nin de yüksek olması sıvılaşma potansiyelini arttırmaktadır. Özellikle deltalar, dere yatakları ve kötü sıkıştırılmış dolgular sıvılaşma riskinin fazla olduğu yerlerdir. YASS'nin zemin yüzeyinden itibaren 10 m'den daha küçük olduğu durumlarda sıvılaşma riski vardır. Sıkı zeminlerde ve iyi sıkıştırılmış dolgularda sıvılaşma riski düşüktür. Sıvılaşma olayı sonunda zeminde akma kırılmaları, yatay genişlemeler, taşıma gücü kayıpları, oturmalar ve istinat duvarlarına gelen yatay basınçlar artmaktadır (Aytekin, 2004).

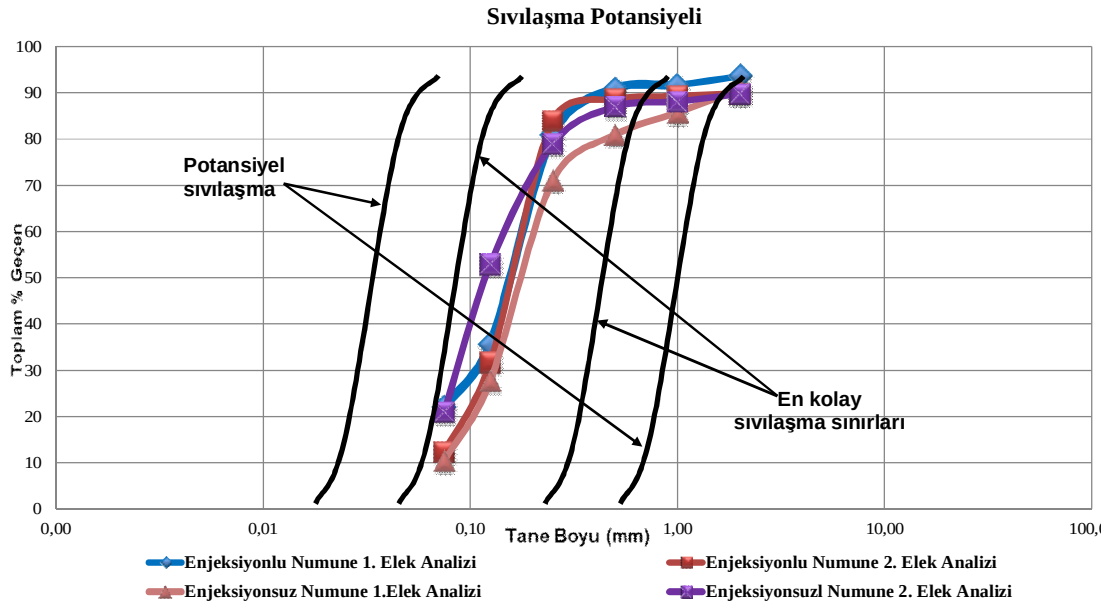
Çalışma alanı ve çevresi, mevcut aktif fayların zaman zaman meydana getirdiği aktiviteye bağlı olarak değişik büyüklükteki depremlere sık sık maruz kalmıştır. 1998 yılında meydana gelen depremde Ceyhan bölgesi ve çevresinde zemin özellikleri itibariyle sıvılaşma potansiyeli yüksek oranda görülmüştür. Çeşitli parametreler ile sıvılaşmanın olma riski hesaplanabildiği gibi yapılan elek analizleri sonucunda da sıvılaşma potansiyelinin olup olmadığı belirlenebilir. Diğer bir parametre de SPT deneyleri sonucunda elde edilen darbe sayılarında bazı düzeltmeler yapılarak $(N_{1(60)})_{CS}$ sıvılaşma direnci (CRR) kestirilmekte ve depremde oluşacak çevrimli kayma gerilmesi oranı (CSR) ile karşılaştırılmaktadır. Gerekli hesaplamaların ve düzeltmelerin yapılmasından sonra standart penetrasyon darbe sayısına sismik çevrimsel kayma gerilmesi oranı grafiğinden sıvılaşma olup olmayacağı bulunmaktadır. Açılan 10 adet sondaj kuyularından SPT değerlerine göre hesaplamalar yapılarak sıvılaşma analizi elde edilmiştir. Bunlara ait veriler, zemin etüdü yapmış olan firmadan elde edilmiş ve bu verilerden tez kapsamında yararlanılmıştır (Doğa Müh., 2007). EK-48 ile EK- 57 arasında bu veriler yer almaktadır.

Şekil 4.13'te, yapılan elek analizleri sonuçlarına göre çizilen elek analizi grafikleri sıvılaşma potansiyelini oluşturan eğriler içerisinde kaldığı, bu eğriler ışığında sıvılaşma potansiyelinin fazla olduğu belirlenmiştir. Mavi ve kırmızı renkli grafikler iyileştirilmiş zemini, pembe ve mor renkli grafikler ise normal zemini yani iyileştirme yapılmayan zemini temsil etmektedir. Her bir grafik de sıvılaşma potansiyeli yüksek olan aralıkta yer almaktadır. Şekil 4.14 ile 4.23 arasındaki grafikler ile de sıvılaşma potansiyelinin açılan sondaj kuyularında yapılan SPT değerlerine göre çizilen grafikler vasıtasıyla 7 büyüklüğündeki deprem koşullarında oluşabilecek sıvılaşma belirlenmiştir.

Şekil 4.14 SK-1 sondaj kuyusundan elde edilen SPT değerlerine göre çevrimli kayma gerilmesi oranı ile birlikte çizilen sıvılaşma potansiyelini belirleyen grafiklerdir. Bu grafiğe bakıldığında elde edilen değerler sıvılaşma olasılığının olduğu ve olmadığı bölümler içerisinde sıvılaşma potansiyelinin görüldüğü kısımda yoğunlaşmıştır. Şekil 4.15 SK-2, Şekil 4.16 SK-3, Şekil 4.17 SK-4, Şekil 4.18 SK-5

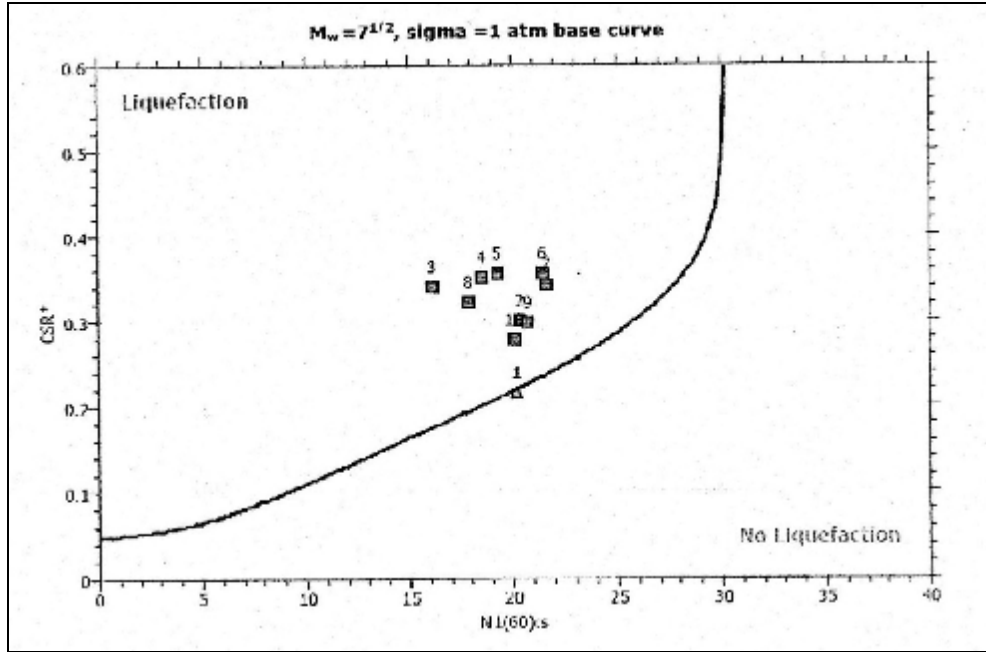
kuyularından elde edilen sıvılaşma grafiklerini göstermektedir. Beş grafikte de görüldüğü üzere tüm değerler sıvılaşmanın olduğu bölgede yer almaktadır.

SK-6 Şekil 4.19, SK-7 Şekil 4.20, SK-8 Şekil 4.21, SK-9 Şekil 4.22 ve SK-10 ise Şekil 4.23'te sıvılaşma grafikleri gösterilmektedir. Bu grafiklerdeki değerler de diğerleri gibi sıvılaşma potansiyelinin yüksek olduğu aralık içerisinde yer almaktadır. SK-8 ait verilerden üç tanesi sıvılaşmanın olmadığı bölümde yer alırken çoğu değer sıvılaşmanın olduğu kısımda bulunmaktadır.

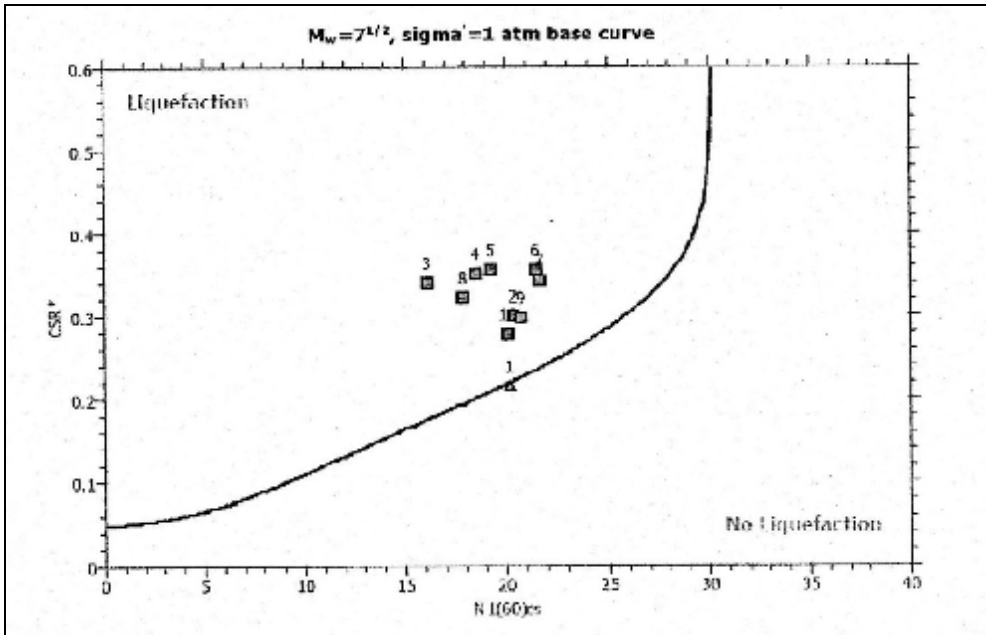


Şekil 4.13. Elek analizi ile oluşturulan sıvılaşma potansiyeli grafiği

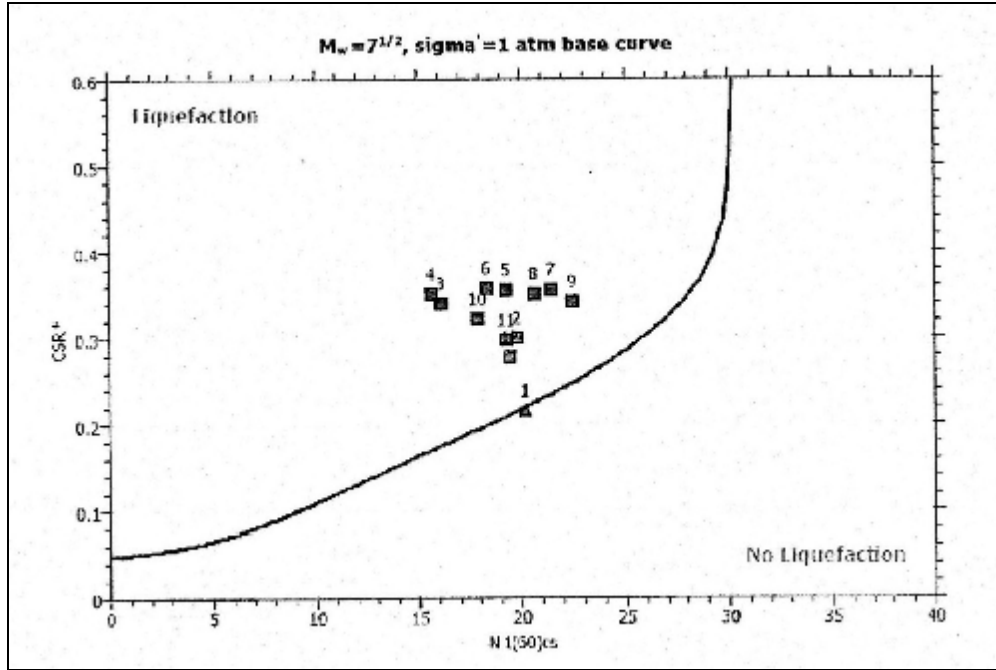
EK-48 ile EK-57 arasındaki verilere bakıldığında SPT değerlerinden $N1_{(60)cs}$ değerleriyle orantılı olarak sıvılaşma direnci (CRR), bununla orantılı olarak da depremde oluşacak çevrimli kayma gerilmesi oranı (CSR) artış göstermektedir. 7 büyüklüğünde bir deprem ve yüksek yeraltı suyunu göre parabolik bir grafik elde edilmiştir. Bu grafiğin alt kısmı sıvılaşmanın olmadığı, üst kısmı ise sıvılaşmanın olduğu bölgeyi temsil eder. Değerlerin çoğu üst bölgede olup, sıvılaşma riskinin fazla olduğunu işaret etmektedir.



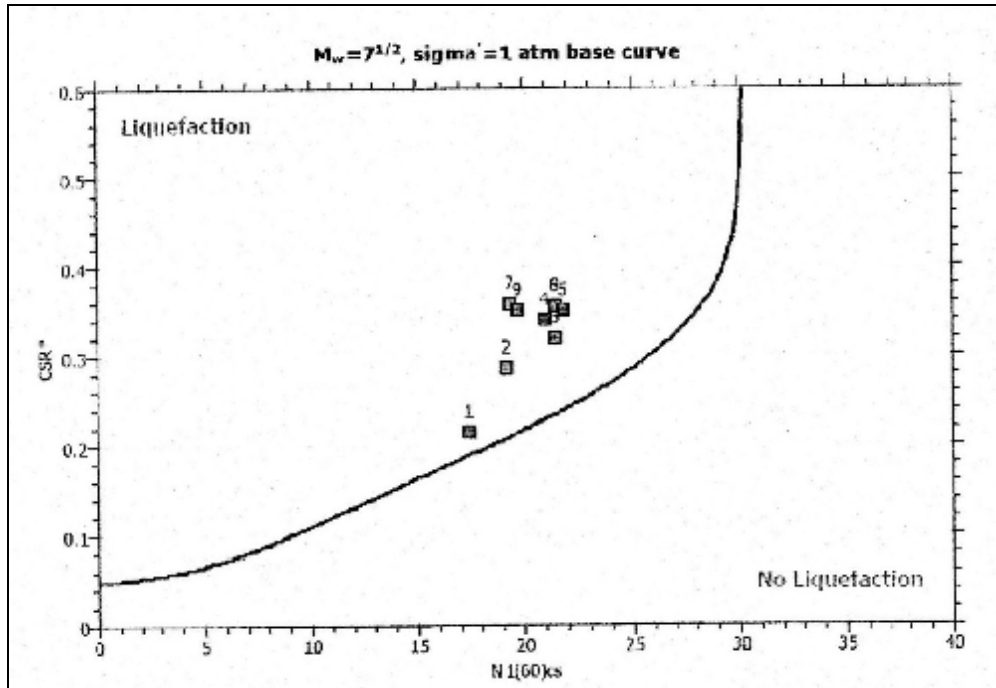
Şekil 4.14. SK-1 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



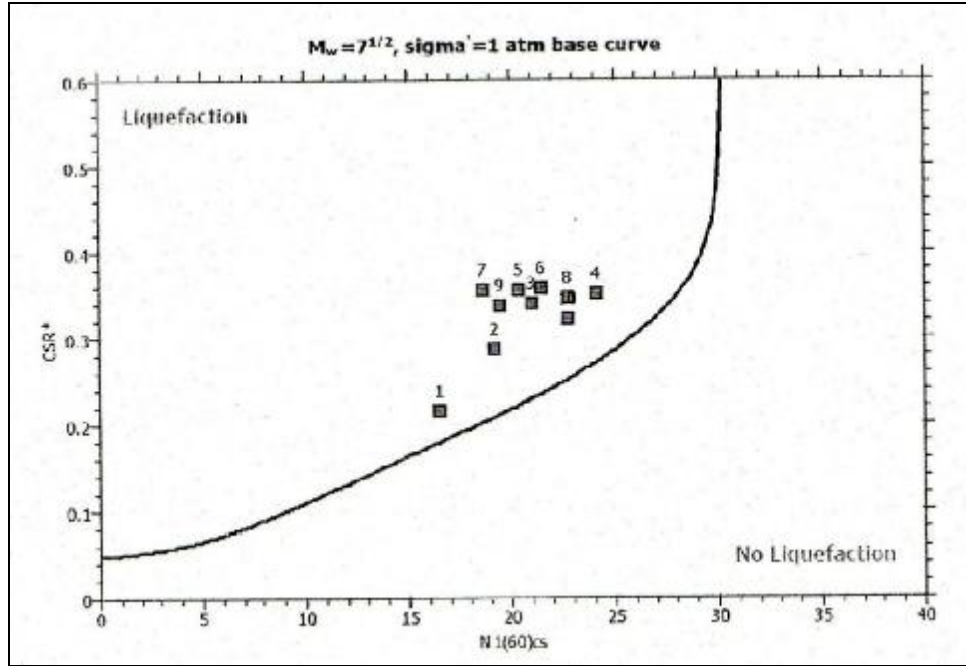
Şekil 4.15. SK-2 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



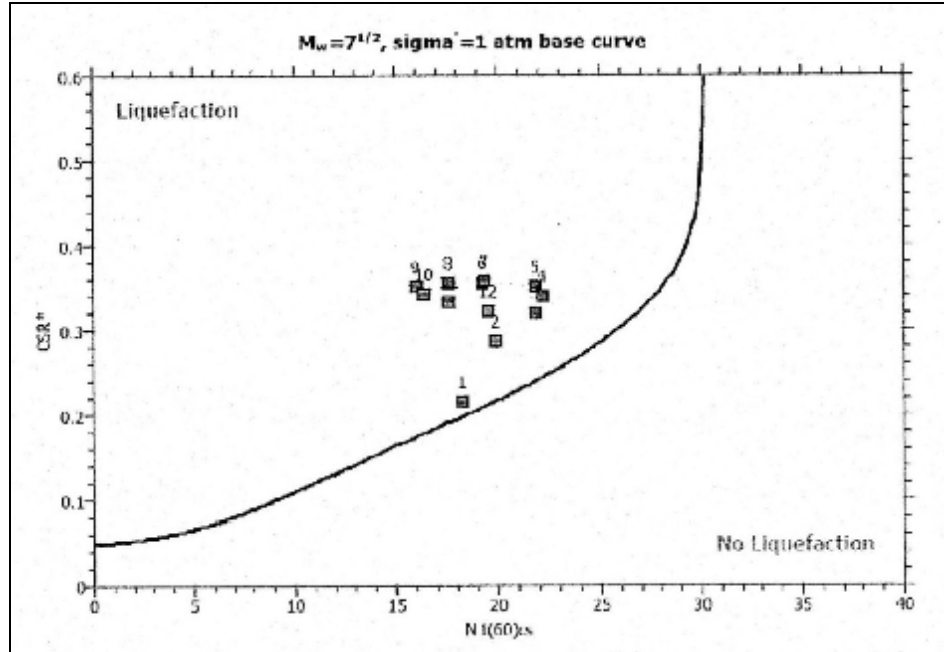
Şekil 4.16. SK-3 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



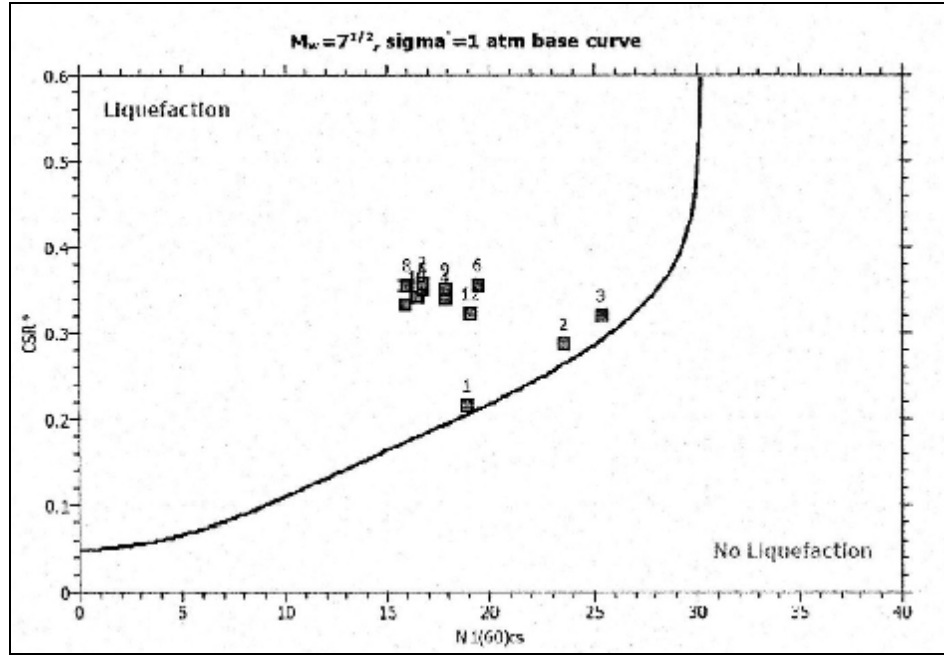
Şekil 4.17. SK-4 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



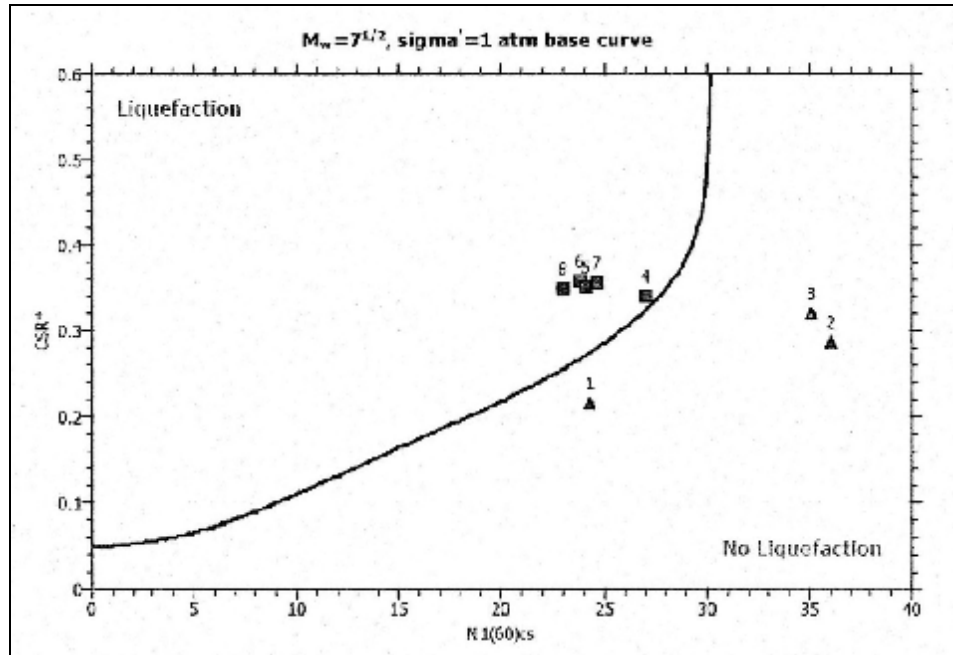
Şekil 4.18. SK-5 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



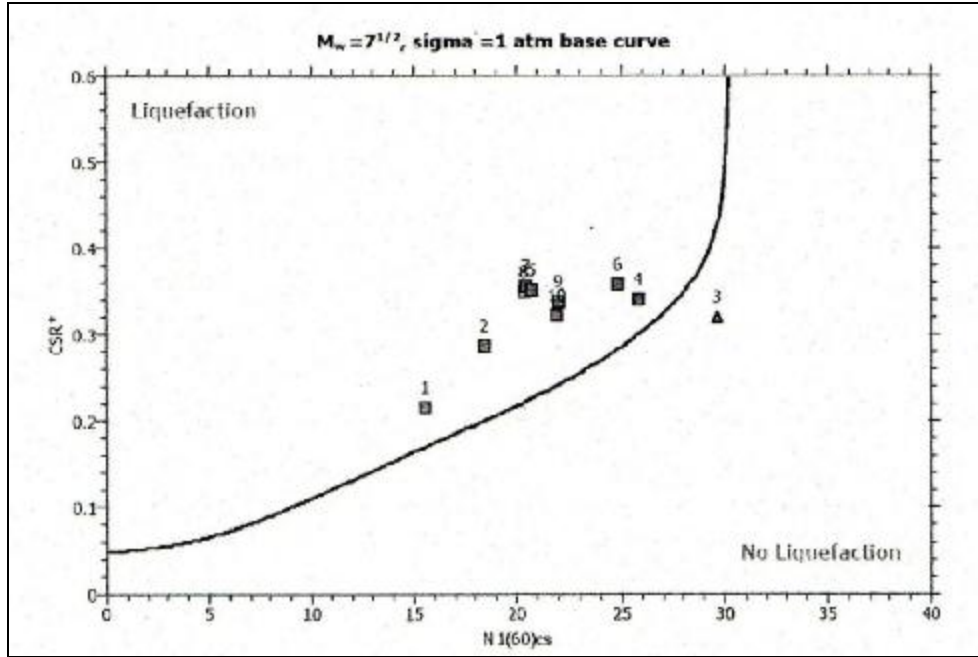
Şekil 4.19. SK-6 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



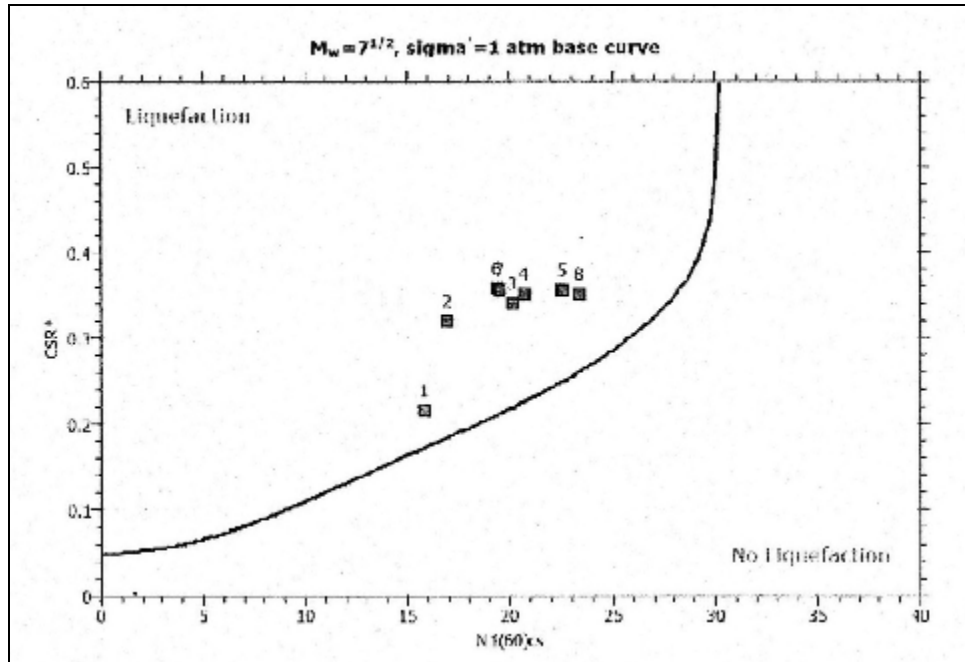
Şekil 4.20. SK-7 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



Şekil 4.21. SK-8 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



Şekil 4.22. SK-9 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği



Şekil 4.23. SK-10 kuyusuna ait sıvılaşma grafiği

4.2.2.2. Serbest Basınç Dayanım Sonuçları

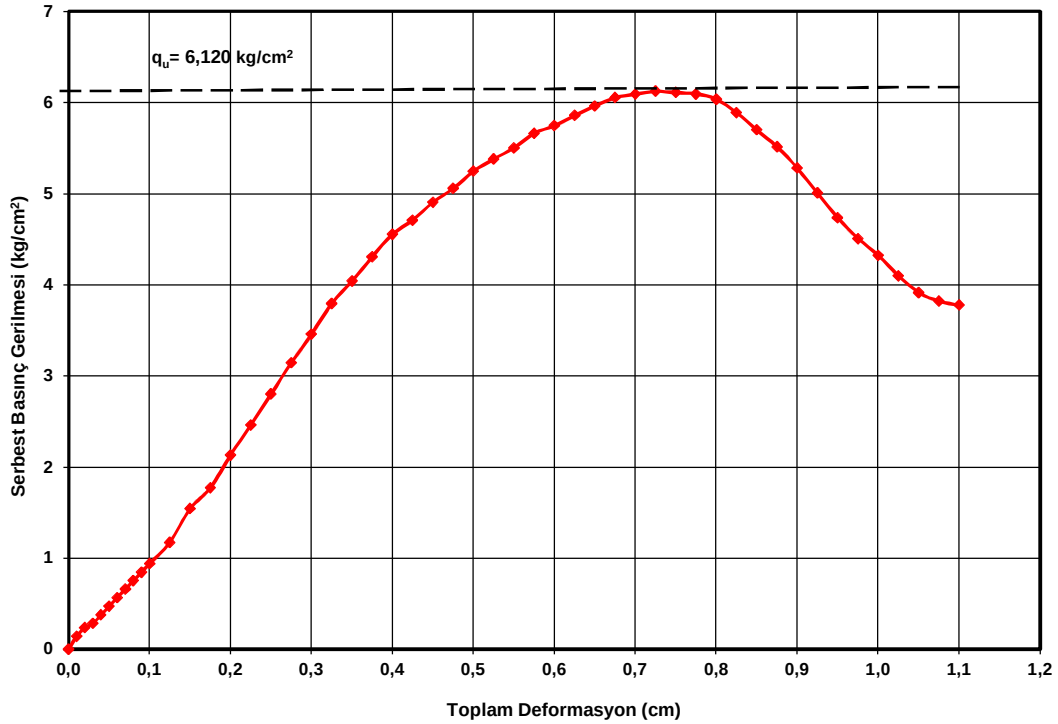
Serbest basınç deneyi, çabuk sonuç vermesinden, sonuçların yaklaşık ve deneyin ekonomik olmasından dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Serbest basınç deneyinden elde edilen sonuçların güvenilirlik dereceleri çok yüksek olmamakla beraber, daha güvenilir sonuçlar veren deneylerin sayısı da çok fazla değildir. Bu nedenden dolayıdır ki elde edilen veriler zeminin göstereceği dayanımı birebir göstermemektedir. Fakat enjeksiyonsuz zemin ile enjeksiyonlu zemin arasında oluşabilecek dayanım farklılıklarının elde edilmesinde büyük katkı sağlamaktadır. Bu çalışmada iki adet enjeksiyonlu zemine, iki adet de enjeksiyonsuz zemine ait numuneler üzerinde ASTM D 2166-00 (2003) standardına uygun serbest basınç deneyi yapılmıştır. Deneylere ait detay veriler EK-37 ile EK-40 arasında sunulmuştur.

Jet grout yöntemi ile iyileştirilen zemin üzerinde 1. numuneye ait serbest basınç grafiği Şekil 4.24'te verilmiş, detay veriler ise EK-37'de yer almaktadır. Şekil 4.24'de göre iyileştirilmiş zemine ait birinci deneyde serbest basınç değeri 6,120 kg/cm² olarak hesaplanmıştır. Grafiğe bakıldığında gevrek bir numunenin olduğu belli bir noktadan sonra pik yapıp kırılmaya başladığı gözlenmektedir. Kohezyonu ise (C) 3,060 kg/cm² olarak bulunmuştur. Bu durumda hesaplanan serbest basınç gerilmesinin yorumunun yapılabilmesi için Terzaghi ve ark. (1996)'da yapmış oldukları çalışmalar sonucu ortaya koydukları serbest basınç kıvam çizelgesine bakılarak (Çizelge 4.22) çıkan sonuca göre zeminin kıvamı belirlenebilir. Bu çizelgeye göre numune sert kıvamdadır.

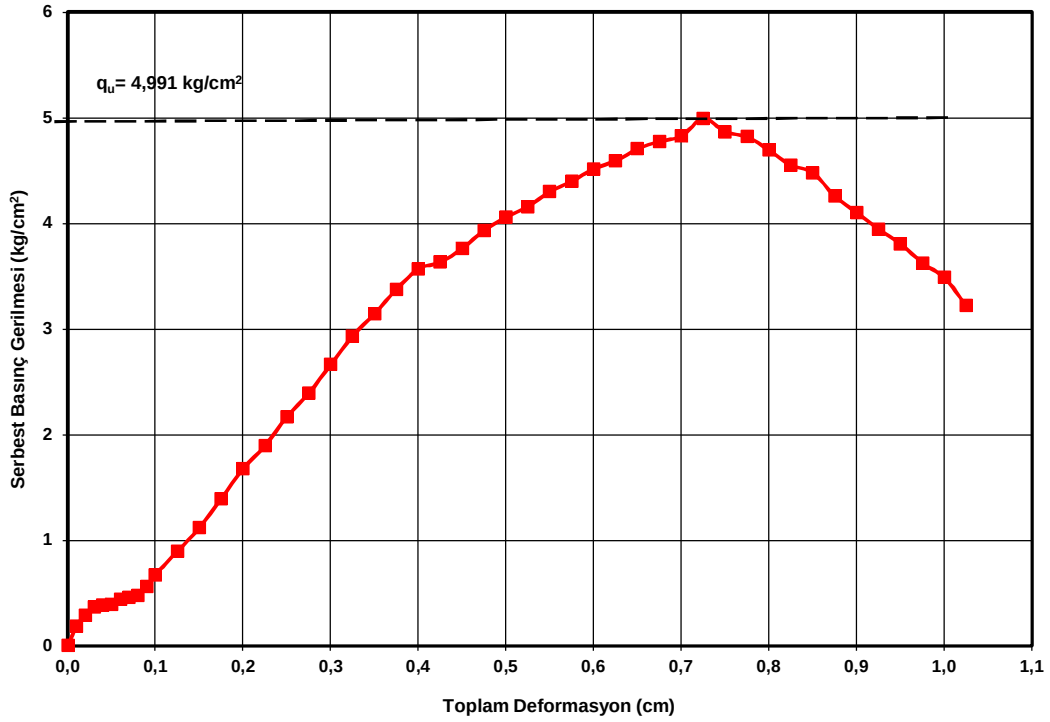
Çizelge 4.22. Serbest basınç dayanımı, q_u , değerine bağlı olarak zeminlerin kıvamı (Terzaghi ve ark., 1996)

Kıvam	Serbest Basınç Dayanımı	
	q_u (kg/cm ²)	q_u (kPa)
Çok yumuşak	0,25'den küçük	25'den küçük
Yumuşak	0,25-0,50	25-50
Orta	0,50-1,0	50-100
Katı	1,0-2,0	100-200
Çok katı	2,0-4,0	200-400
Sert	4,0'den büyük	400'den büyük

Şekil 4.25'de ise iyileştirilmiş zeminde yapılan ikinci serbest basınç deneyi grafiği, EK-39'da ise deney verileri bulunmaktadır. Bu deney sonucunda elde edilen grafik sonucuna göre serbest basınç değeri 4,991 kg/cm², C yani kohezyonu ise 2,496 kg/cm²'dir. Bu numune de birinci deney gibi gevrek numune özelliği gösterirken numune önce varilleşmiş daha sonra bir pik noktasında kırılmaya maruz kalmıştır. Çizelge 4.22'ye göre sert numune özelliği göstermektedir.



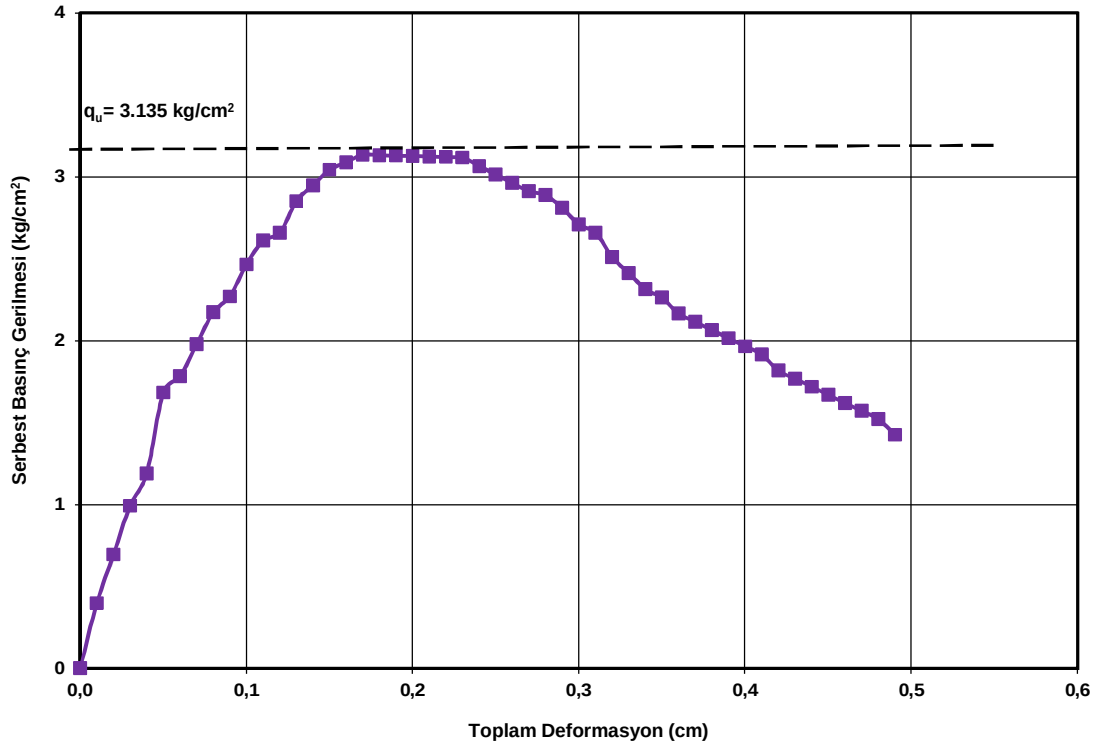
Şekil 4.24. Enjeksiyonlu numune 1.serbest basınç grafiği



Şekil 4.25. Enjeksiyonlu numune 2.serbest basınç grafiği

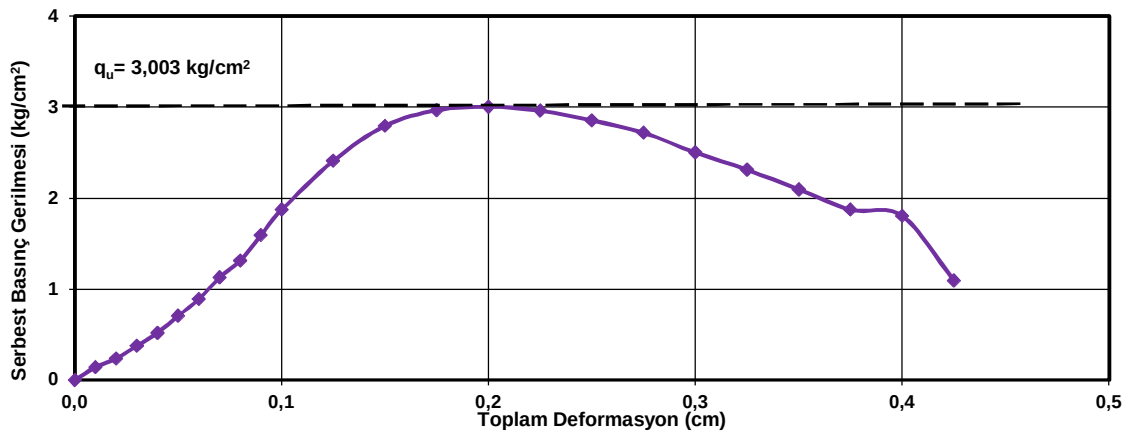
Enjeksiyonsuz numune üzerinde gerçekleştirilen serbest basınç dayanımı deney verilerine göre, Şekil 4.26'daki dayanım grafiği elde edilmiştir. Serbest basınç dayanım değeri 3,135 kg/cm²'dir. Buna oranla kohezyon değeri de 1,568 kg/cm²'dir. Grafik incelendiğinde ani bir kırılmanın olmadığı belli bir aralıkta yavaş yavaş kırılma yüzeyinin oluştuğu gözlenmektedir. Çizelge 4.22'deki veriler ışığında çok katı zemin olduğu göze çarpmaktadır. Deney verileri EK- 38'dedir.

Enjeksiyonsuz numune üzerinde yapılan ikinci serbest basınç deneyi ise EK- 40'da, grafiği de Şekil 4.27'de gösterilmiştir. Bu veriler ışığında dayanım değeri 3.003 kg/cm², C değeri 1,502 kg/cm²'dir.



Şekil 4.26. Enjeksiyonsuz numune 1.serbest basınç grafiği

Çizelge 4.22'deki veriler ışığında çok katı zemin kategorisinin içinde yer aldığı görülürken deneye ait detay veriler de EK- 40'da verilmiştir.



Şekil 4.27. Enjeksiyonsuz numune 2.serbest basınç grafiği

Serbest basınç grafiğinden elde edilen sonuçlar bir çizelge şeklinde verildiğinde iki zemin arasında dayanım farkının olduğu, iyileştirilen zeminin

dayanımının daha da arttığı bu oranla kohezyon değerinin de iyileştirme yapılmayan zemine göre artış gösterdiği görülmekte olup bu zemin üzerine inşa edilecek yapılardan önce zeminin iyileştirilmesi gerektiği göz önüne serilmektedir (Çizelge 4.23).

Çizelge 4.23. İki zemine ait serbest basıç dayanım, kohezyon değerleri ve zemin kıvamı

	Enjeksiyonlu numune 1. deney	Enjeksiyonlu numune 2. deney	Enjeksiyonsuz numune 1.deney	Enjeksiyonsuz numune 2.deney
Serbest Basınc Dayanımı q_u (kg/cm ²)	6,120	4,991	3,135	3.003
Kohezyon (C)	3,060	2,496	1,568	1,502
Zemin Kıvamı	Sert	Sert	Çok Katı	Çok Katı

4.2.2.3. Kesme Kutusu Deney Sonuçları

Kesme kutusu deneyi kohezyonlu ya da kohezyonsuz zeminlerin kayma dirençlerini belirlemek için kullanılan bir deneydir. Zeminlerin kayma dirençleri zemine uygulanan sürekli deplasmanlar altında zemin tanelerinin birbirine göre rölatif hareketlerine karşı gösterdikleri dirençtir. Zeminlerin kayma direnci, temellerin taşıma gücü hesabında, karayolu ve havaalanlarının projelendirilmesinde, şevlerin denge analizinde, toprak dolgularda ve istinat duvarlarının inşasında çok önemli bir parametredir. Zeminlerin dayanımı açısından önemli bilgiler sunan bu deneyde zeminlerin kayma direnci üç ana bileşenden oluşmaktadır. Bu bileşenler, zemin tanelerinin birbirlerine kilitlenmesi, tanelerin rölatif harekete zorlanması halindeki sürtünme ve görünür kohezyon olarak sıralanabilir. Bir zemine ait kayma direncini oluşturan bileşenler, zeminin kohezyonlu ya da kohezyonsuz olmasına, yapılan deneyin drenaj ve konsolidasyon koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Kum ve çakıllar kohezyonsuz zeminler, ince taneli ve içerisinde yüksek oranda kil

bulunduran zeminler ise kohezyonlu zeminler olarak adlandırılırlar (Aytekin, 2004). Direkt kesme deneyi üç gruba ayrılır:

(UU) testi: Bu tip deneyde, numune kesilmeye başlamadan önce, normal kuvvet uygulanır. Eğer zemin kohezyonlu ve doygun ise ilave boşluk suyu basınçları oluşabilir.

(CU) testi: Bu deney tipinde normal kuvvet uygulanır ve kesme başlamadan önce numunedeki oturmanın durması beklenir. Bu nedenle bir gün boyunca numunenin konsolide olması sağlanır ve ertesi gün kesme deneyine başlanır.

(CD) test: Normal kuvvet uygulanır ve bütün oturma tamamlanıncaya kadar kesme deneyine başlanmaz. Daha sonra numune içerisinde boşluk suyu basınçlarının ihmal edilebilir düzeyde seyredebilmesi için kesme hızı çok yavaş bir şekilde uygulanır.

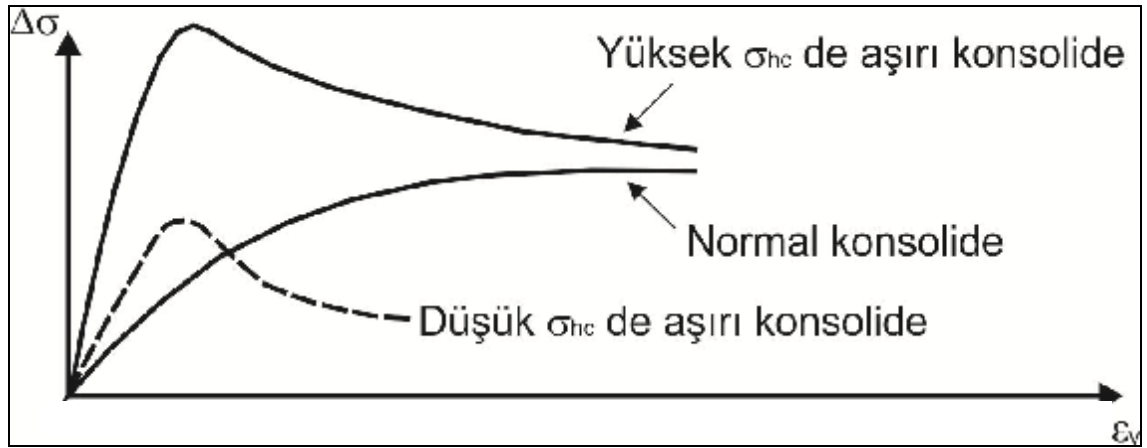
Çalışma kapsamında yapılan kesme kutusu deneyinde CU yöntemi uygulanmıştır. Numune önce konsolidasyon gerilmeleri altında konsolide edilmiş, konsolidasyon işlemi bittikten sonra numune yenilene kadar hızlı yükleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Kesme sırasında oluşan hacim değişimindeki eğilim boşluk suyunda bir basıncın oluşmasına yol açar. Numune kesme sırasında konsolide olmaya veya büzülmeye meylederse oluşan boşluk suyu basıncı pozitifdir. Numune büzülmek ister ve suyu gözeneklerden atmaya zorlar fakat başaramaz, bunun içindir ki oluşan boşluk suyu basıncı pozitifdir. Pozitif boşluk suyu basınçları normal konsolide killerde oluşmaktadır. Numune kesme sırasında genişleme veya şişmeye meylederse oluşan boşluk suyu basıncı negatifdir. Numune genişlemek ister ve suyu gözeneklere çekmeye zorlar fakat başaramaz; bunun içindir ki oluşan boşluk suyu basınçları aşırı konsolide killerde oluşmaktadır (Holtz ve Kovacs, 1981). Direkt kesme CU deneylerinde boşluk suyu basıncı ölçülememekte, dolayısı ile bulunan basınçlar toplam basınç cinsinden olmaktadır. Diğer bir deyişle efektif basınçlar bulunamamaktadır.

Yapılan kesme kutusu deneyinde iyileştirilmiş zemine ait numunede çok az şişme eğilimi gösterdiği, yukarıdaki açıklamalar göz önüne alındığında boşluk suyu basıncının negatif, konsolidasyon derecesinin aşırı konsolide olabileceği yorumu

yapılabilir. Fakat bu konudan bahsedilebilmesi için konsolidasyon deneyinin yapılması uygun olmaktadır.

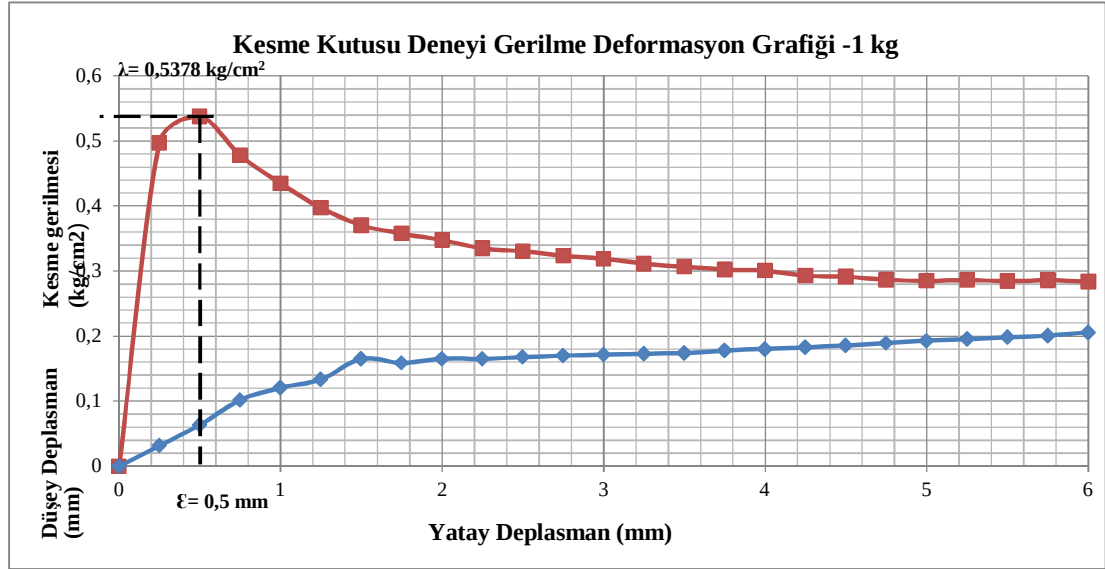
Birden fazla numune üzerinde yapılan deneylerden elde edilen maksimum kayma gerilmeleri ($\lambda_{\max}$) ile normal gerilmeler (σ_n) arasındaki ilişkiyi gösteren eğri çizilebilir. CU deneyleri için tipik gerilme- birim deformasyon eğrisi Şekil 4.28’de normal ve aşırı konsolide killer için verilmiştir.



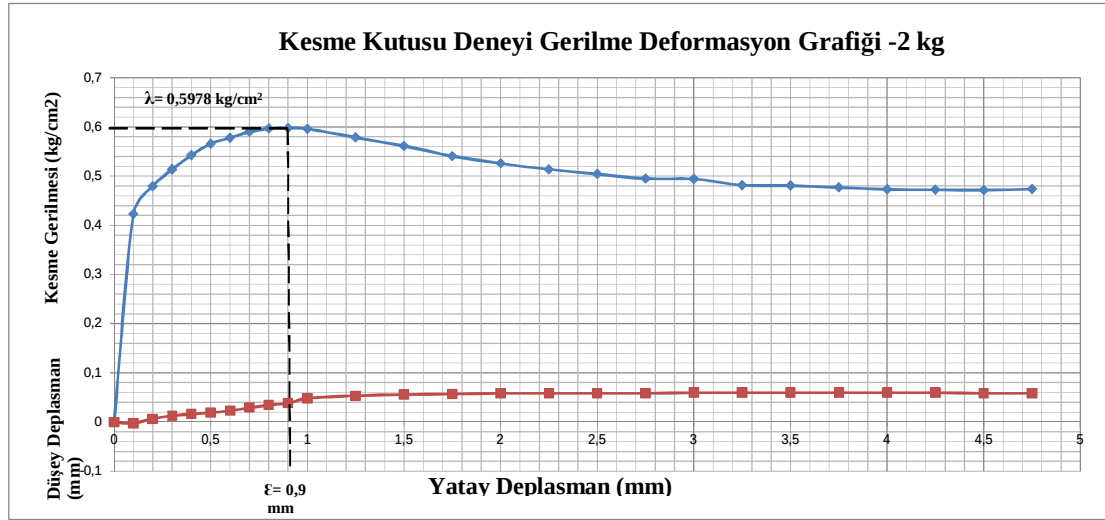
Şekil 4.28. CU deneyleri için tipik gerilme- birim deformasyon eğrisi (Holtz ve Kovacs, 1981’den değiştirilerek alınmıştır)

Yapılan kesme kutusu deneyi sonucunda iyileştirme yapılan zemine ait numuneden elde edilen kesme gerilmesi grafiği Şekil 4.29’da gösterilmektedir. Bu deneye ait detaylı veri EK-41’de yer almaktadır. Bu grafikte 1 kg’lık yük üzerinde yapılan deneyde kesme gerilmesi $0,537 \text{ kg/cm}^2$, yatay deplasman 0,5 mm’dir. Şekil 4.28 ile karşılaştırılacak olursa yüksek σ_{hc} ’de aşırı konsolide grafiğine benzerlik gösterdiği, konsolidasyon deneyi yapılmadan iyileştirilmiş zeminin aşırı konsolide zemin olduğu anlaşılmaktadır.

Şekil 4.30’da gösterilen grafik, iyileştirme yapılan zemin numunesine ait olup uygulanan 2 kg’lık yük sonucunda elde edilen kesme gerilmesi $0,597 \text{ kg/cm}^2$, yatay deplasman 0,9 mm’dir. Deneye ait veriler EK- 42’de görülmektedir.

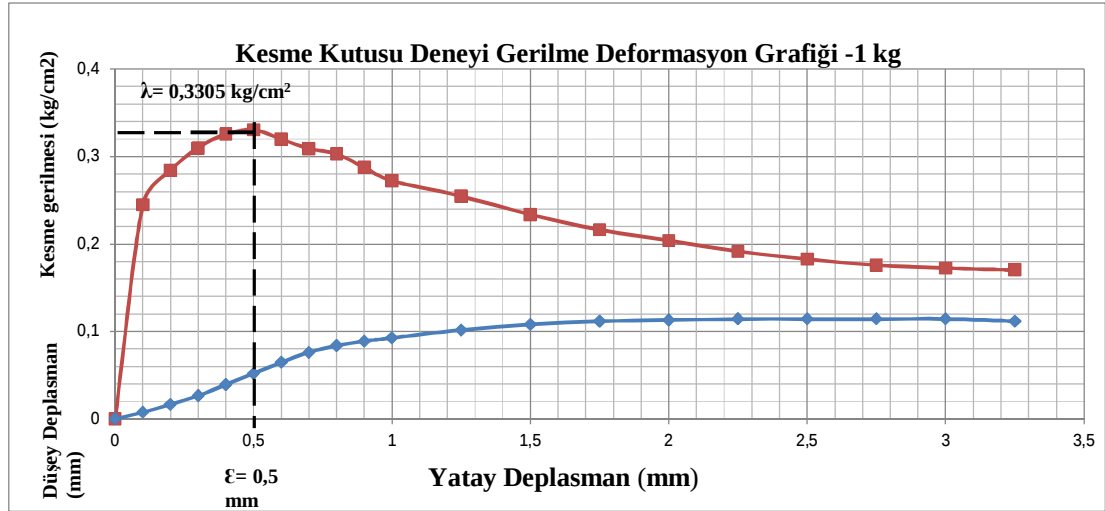


Şekil 4.29. Enjeksiyonlu numune 1 kg'lık kesme gerilmesi grafiği



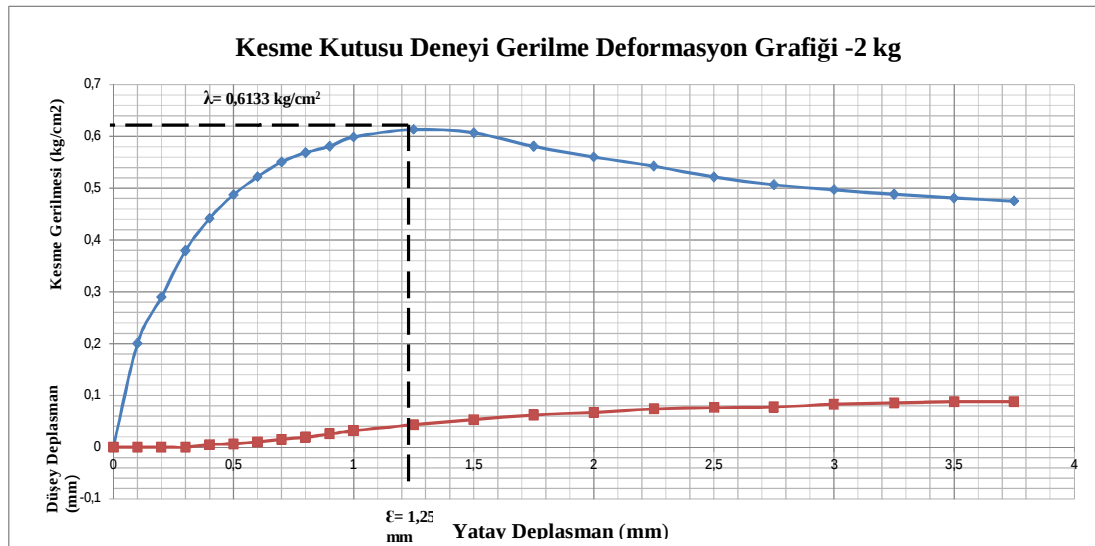
Şekil 4.30. Enjeksiyonlu numune 2 kg'lık kesme gerilmesi grafiği

Şekil 4.31 ve Şekil 4.32 ise enjeksiyonsuz zemine yani iyileştirme yapılmayan zemine ait grafikler olup, kesme dayanımı değerleri EK 43-44'te verilmiştir. Bu grafikler ışığında 1 kg'lık kesme dayanımı $0,330 \text{ kg/cm}^2$, yatay deplasman 0,5 mm iken, 2 kg'lık yük altında kesme gerilmesi $0,613 \text{ kg/cm}^2$, yatay deplasman 1,25 mm olduğu dikkat çekmektedir. Enjeksiyonsuz numuneye ait verinin yüksek çıkması zemin numunesine bağlı olmakla birlikte kum oranının bu numunede artış göstermesi olarak yorumlanabilmektedir.



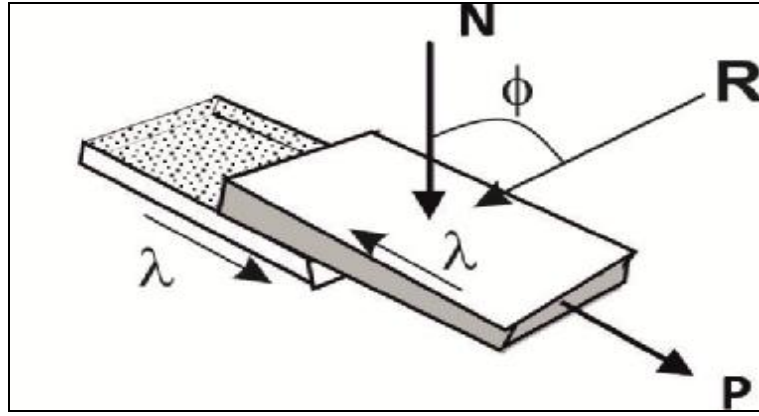
Şekil 4.31. Enjeksiyonsuz numune 1 kg'lık kesme gerilmesi grafiği

Numunenin sıkı olması durumunda ya da tanelerin keskin köşeleri olması halinde eğri başlangıç kısımlarında oldukça lineer olup daha sonra belli bir maksimum noktaya ulaşır. Bu noktadan sonraki deplasmanlar oldukça düşüktür ve kayma gerilmelerinde bir miktar azalma görülür. Bunu takiben kırılma meydana gelir. Numunenin sıkı olmaması halinde ise kayma direnci- deformasyon eğrisi parabolik olarak artar (Aytekin, 2004).



Şekil 4.32. Enjeksiyonsuz numune 2 kg'lık kesme gerilmesi grafiği

Şekil 4.33'te numunenin kesilme düzleminin görünümü şematik olarak gösterilmektedir. Burada normal kuvvet (N), bileşke kuvvet (R) arasındaki açının maksimum değerine (Φ) içsel sürtünme veya kayma direnci açısı denilmektedir. Kesme kutusu deneyi sonucunda elde edilen kesme gerilmeleri değerleri (λ) ile normal gerilme değerleri kullanılarak kırılma zarfı elde edilmektedir. Burada doğrunun yatayla yaptığı açı içsel sürtünme açısına eşittir. Doğrunun düşey eksenini kestiği noktadaki kayma direncinin değeri de numunenin görünür kohezyonuna yani C' 'ye eşittir. Bu değer kohezyonsuz değerler için sıfırdır.



Şekil 4.33. Numunenin kesilme düzleminin görünümü

Zeminlerin kayma direnci parametrelerinin (C ve Φ) belirlenmesinde hangi deneyin kullanılacağına karar verirken, deneylerin hangi amaç için yapılacağı, bu deneyin sakıncaları ve üstünlükleri dikkate alınmalıdır. Üç eksenli kesme deneyine göre direkt kesme (kesme kutusu) deneyinin iki belirgin üstünlüğü vardır. Bunlardan birincisi, deneyin yapılması ve aletlerin kullanımı daha kolaydır. İkincisi ise deney kısa zamanda yapılarak sonuçlar erken alınabilir (Aytekin, 2004).

Çalışmamızda zeminlerin kayma direnci parametrelerinin (C ve Φ) belirlenebilmesi için kırılma zarfı grafiği çizilmiş olup Şekil 4.34'te gösterilmektedir. Bu grafiğe göre iyileştirilmiş zemin yani dolu numune olarak gösterilen zeminin kohezyonu $0,532 \text{ kg/cm}^2$, içsel sürtünme açısı 11° olarak, iyileştirme yapılmayan zemine ait grafikte $C=0,288 \text{ kg/cm}^2$, $\Phi=41^\circ$ olarak belirlenmiştir. Kohezyon (kayma direnci) değerlerine bakıldığında iyileştirilmiş zeminde kayma direnci iyileştirme yapılmayan zemine oranla daha yüksek görülmektedir. İçsel sürtünme açıları

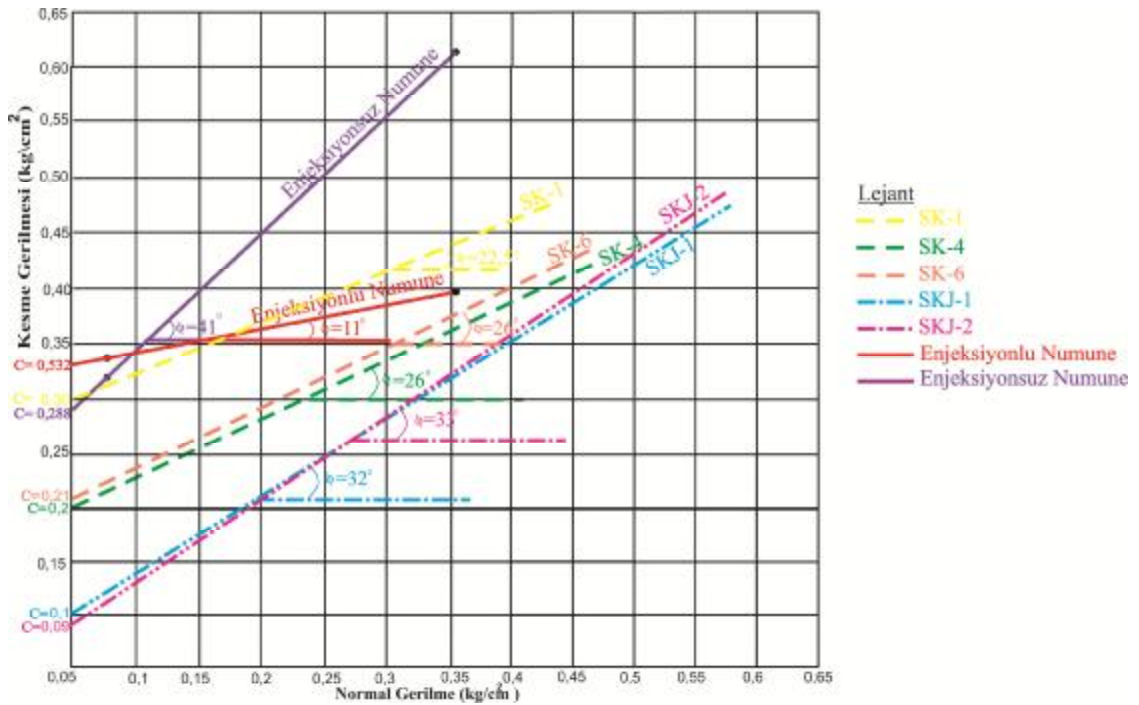
incelendiğinde iyileştirme yapılmayan numunede yüksek olması numune içindeki kum oranının daha yoğun olmasıyla alakalı olduğu düşünülmektedir. Numunenin alındığı birime göre içsel sürtünme açısı farklılık gösterirken, iyileştirme yapılmayan zemine ait numunenin alındığı zemin içerisinde kum oranı daha yüksektir. Böylece Φ açısının da yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bu durum taşıma gücünü hesaplarken yanıltıcı durumlara neden olabilmekle beraber taşıma gücü hesabında daha net sonuçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Deneyin ikiden fazla numune üzerinde yapılması durumunda bu sonucun farklı olabileceği söylenebilir. Çizelge 4.24'e de bakıldığında içsel sürtünme açılarının tipik değerlerinin karşılaştırıldığı böylece yüksek içsel sürtünme açılarında kum değerinin arttığı belirtilmektedir.

Çizelge 4.24. İçsel sürtünme (kayma direnci) açısının tipik değerleri (Aytekin, 2004)

Zemin Türü	Φ°
Sıkı, iyi dercelenmiş,iri kum	37-60
Sıkı, üniform dercelenmiş ince kum	33-45
Gevşek kuru kum	28-34
Gevşek silt veya siltli kum	20-22
Sıkı silt veya siltli kum	25-30

Daha sonra özel bir zemin mekaniği laboratuvarında enjeksiyonsuz zeminde yapılan sondaj lokasyonlarından SK-1, SK-4, SK- 6'dan ve iyileştirilmiş zemindeki SKJ-1, SKJ-2 sondaj kuyularından 2,5-3 metre derinliğinden alınan UD numunelerinden kesme kutusu deneyi yaptırılmış, bunların sonucunda enjeksiyonsuz zeminde açılan SK-1 sondaj kuyusundan elde edilen verilerde C: 0,3 kg/cm², Φ açısı 22,5°, SK-4 kuyusundaki numune sonucu C: 0,2 kg/cm², Φ açısı 26°, SK-6'daki değerler ise C: 0,21 kg/cm², Φ açısı 26° olarak bulunmuştur. Enjeksiyonlu zeminde ise SKJ-1'de C: 0,1 kg/cm², Φ açısı 32°, SKJ-2'de C: 0,09 kg/cm², Φ açısı 33° olarak belirlenmiştir. Bu durum göz önüne alındığında da içsel sürtünme açılarının arttığı, kohezyonlarında ise düşüşün meydana geldiği gözlenmiştir. Şekil 4.34'teki kırılma zarfı grafiğinde yeni sonuçların gösterimi sağlanmış, elde edilen sonuçlara göre enjeksiyonsuz numune için daha uygun sonuçlar olduğu belirlenmiştir. İçsel

sürtünme açısını, numunenin alındığı derinlikte bulunan malzemenin cinsi etkilemektedir. Numunenin alınış şekli, alındığı derinlik, malzemenin cinsi deney sonuçlarında önemli derecede etkilidir. Alüvyonal bir malzemenin kullanılması farklı sonuçların doğmasına neden olmakla beraber, bu faktörlerin doğru yapılması, hesaplanacak olan taşıma gücünü, emniyet katsayısını etkilerken, projelendirme kısmında da projenin güvenilirliğini belirlemektedir.



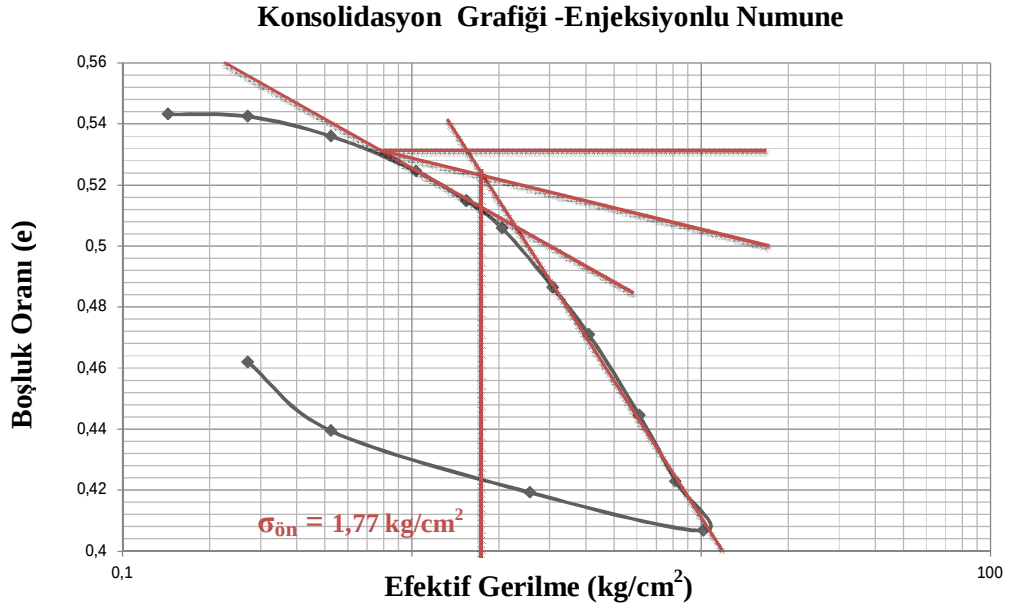
Şekil 4.34. Kırılma zarfı grafiği

4.2.2.4. Konsolidasyon Deney Sonuçları

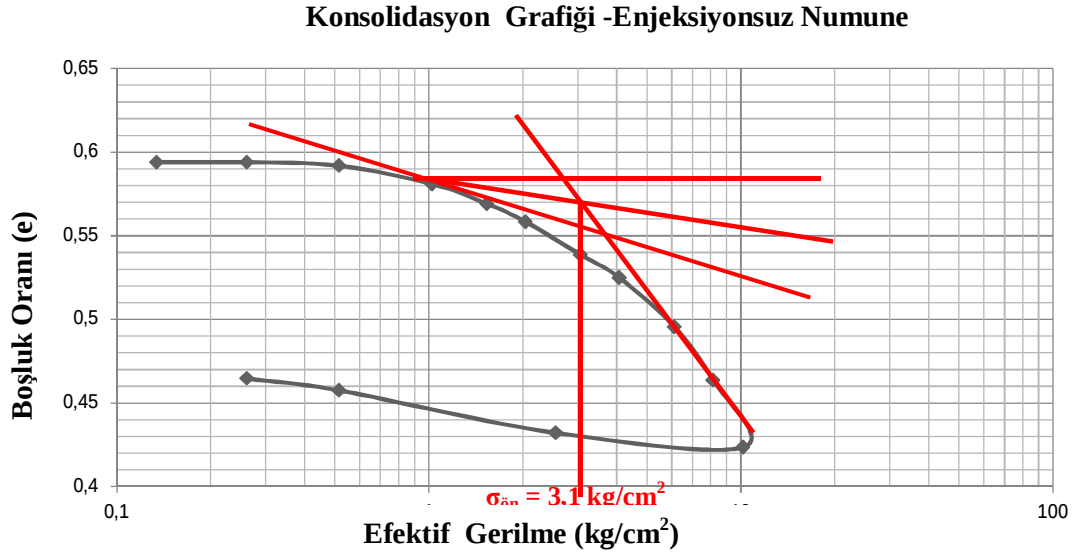
İki numune üzerinde konsolidasyon deneyi ASTM D 2435-03 (2003) standartlarına göre yapılmıştır. Bu deneyde iyileştirme yapılan ve iyileştirme yapılmayan zeminin ön konsolidasyon basıncı ve konsolidasyon derecesinin bulunması amaçlanmıştır. EK-45'te iyileştirilmiş zemine ait konsolidasyon verileri, EK-46'da ise normal zemine ait konsolidasyon değerleri yer almaktadır.

Şekil 4.35 ve Şekil 4.36'da iyileştirilmiş zemin ve iyileştirme yapılmayan zemine ait konsolidasyon grafikleri yer almaktadır. Bu grafiklerden zeminin ön

konsolidasyon basınçları belirlenmiş, bunun sonucunda konsolidasyon derecesi Çizelge 4.25'e göre saptanmıştır.



Şekil 4.35. Enjeksiyonlu numuneye ait ön konsolidasyon basınç grafiği



Şekil 4.36. Enjeksiyonsuz numuneye ait ön konsolidasyon basınç grafiği

Çizelge 4.25. Konsolidasyon Dereceleri (OCR)

OCR	Konsolidasyon derecesi
OCR <1	Az-yetersiz konsolidasyon
OCR =1	Normal konsolidasyon
OCR >1	Aşırı konsolidasyon

Zeminin maksimum taşıyabileceği başka bir deyişle zeminin geçmişte yaşadığı ve dokusunu ona göre geliştirdiği maksimum yük, ön konsolidasyon basıncını vermektedir. Ön konsolidasyon basıncının düşey gerilmeye bölünmesi bize konsolidasyon derecesini yani OCR'yi bulunmasını sağlamaktadır. İki grafiğe baktığımızda iyileştirilmiş zeminin ön konsolidasyon basıncının düştüğünü buna bağlı olarak boşluk oranının azaldığını yani zemine enjekte edilen malzemenin etkisinin görüldüğü fark edilmektedir. Çizelge 4.26'da ise iki zemine ait ön konsolidasyon basınçları, OCR değerleri ve konsolidasyon sınıflamaları sunulmaktadır.

Çizelge 4.26. İki zemine ait ön konsolidasyon basınçları, OCR değerleri ve konsolidasyon sınıflamaları

	Enjeksiyonlu numune	Enjeksiyonsuz numune
Ön Konsolidasyon basıncı ($\sigma_{\text{ön}}$) (kg/cm²)	1,77	3,1
OCR	5,902	10,708
Konsolidasyon sınıflaması	Aşırı konsolide	Aşırı konsolide

Bu tabloya göre inşa edilecek yapıların normal zemin üzerine yapılması durumunda daha fazla oturma gözlenmesi beklenirken, iyileştirilmiş zeminde daha az oturma olacağı gözlenecektir.

Çizelge 4.27'de iki zemine ait oturma miktarının hesaplanması için kullanılan konsolidasyon katsayılarının yanında sıkışma indisi (C_c) ile elde edilen oturma miktarı belirlenmiştir. Oturma miktarı hesaplanırken oturması beklendiği tabakanın kalınlığı 20 m olarak alınmıştır. Yapılan hesaplama sonucunda görülecektir ki iyileştirilmiş zemine göre iyileştirme yapılmayan zeminde oluşan oturma miktarı daha fazla olacaktır. Çizelge 4.27'ye bakıldığında iyileştirme yapılmayan zeminin oturma miktarı diğerine oranla daha fazladır.

Çizelge 4.27. Oturma miktarı ve konsolidasyon katsayıları

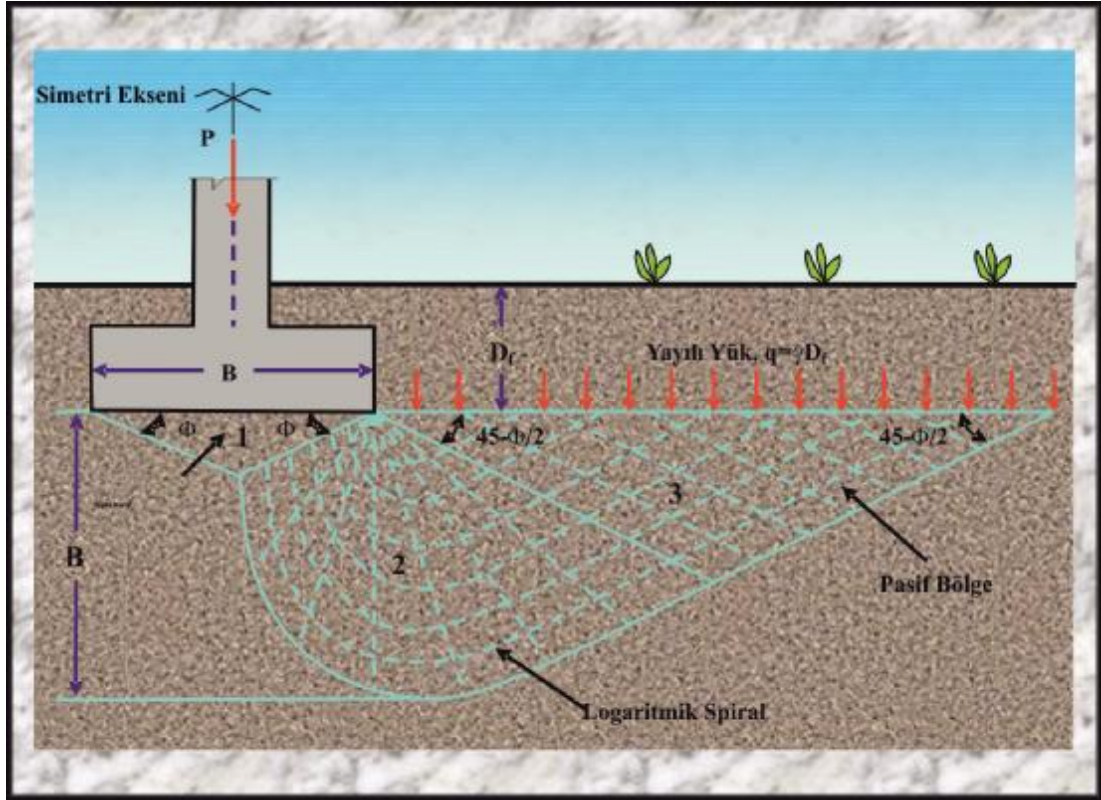
	Enjeksiyonlu numune	Enjeksiyonsuz numune
Mv (Hacimsel Sıkışma Kat Sayısı)(cm²/kg)	0,012545	0,013995
av (Sıkışma Kat Sayısı) (cm²/kg)	0,019293	0,023246
Cc (Sıkışma indisi)	0,056546	0,067620
Oturma Mikatari (cm)	33,214081	38,480000

4.2.2.5. Taşıma Gücü

Üst yapıdan gelen yüklerin, zeminde göçmeye sebep olmadan ve izin verilebilir oturmaları aşmayacak oturmalar yaparak, temeller aracılığı ile zemin kitlesine aktarılması gerekmektedir. Bu durumda üst yapının inşa edileceği zemin kitlesinin güvenliyle taşıyabileceği yükün bilinmesi gerekmektedir. Güvenlikle taşıyabilecek yükün belirlenebilmesi için öncelikle zeminin göçme anında taşıyabilecek olduğu maksimum yükün belirlenmesi ve zeminin üzerine yapılan yapılardan dolayı oluşacak gerilmelerin zemin kitlesinin taşıyabileceği gerilmelerden fazla olmaması sağlanmalıdır (Aytekin, 2004).

Yüzeysel temellerin yeterli olmadığı durumlarda üst yapıdan gelen yüklerin derinlerde bulunan ve taşıma gücü daha yüksek olan tabakalara aktarılması gerekmektedir. Bunu sağlamak için derin temel yapılarına gidilmektedir. Jet grout yönteminin kullanılması ile zemin daha da kuvvetlendirilmiş, zeminin yapılacak olan üst yapıları taşıyabilme kapasitesi arttırılmıştır.

Zeminlerin taşıma gücünü belirlemek için değişik araştırmacılar tarafından çeşitli araştırmalar yapılmış, bu çalışmalardan en yaygın kullanıma sahip olanı Terzaghi (1943) tarafından yapılan çalışmadır. Terzaghi sonsuz uzunluklu kabul ettiği sürekli bir temel için taşıma gücü formülünü çıkarmıştır. Şekil 4.37’de Terzaghi taşıma gücü formülü çıkarılırken, kabul edilen kayma yüzeyi ve geometrisi verilmiştir.



Şekil 4.37. Terzaghi taşıma gücü formülü çıkarılırken kabul edilen kayma yüzeyi ve geometrisi (Aytekin, 2004'ten değiştirilerek alınmıştır)

Şekil 4.21'de sadece sağ tarafı gösterilen kayma yüzeyi simetrik olarak sol tarafta da oluşmaktadır. Görüldüğü üzere kayma yüzeyi içindeki zemin Terzaghi tarafından üç bölgeye ayrılmıştır. Teoriye göre; üçgen kama olarak adlandırılan 1 numaralı bölge kayma anında temelin bir parçası gibi hareket etmekte ve aşağı doğru gitmektedir. 2 numaralı bölgenin kayma yüzeyi logaritmik spiral şeklinde olup yatay olarak hareket eder. 3 numaralı bölgenin kayma yüzeyi lineer olup yukarı doğru hareket etmektedir. Terzaghi taşıma gücü formülünü elde ederken 1 numaralı bölgenin dengesini göz nüne almıştır. Terzaghi taşıma gücü formülü eşitlik (4.1)'te gösterilmektedir.

$$q_f = (k_1 \times C \times N_c) + (s_v \times Nq) + (k_2 \times g_n \times B \times N_g) \quad (5,8)$$

$$s_v = g_n \times D_f \quad (5,9)$$

- q_f : Nihai taşıma gücü,
 C : Kohezyon,
 f : İçsel sürtünme açısı,
 g_n : Doğal birim hacim ağırlık,
 B : Temel genişliği,
 D_f : Temel derinliği,
 N_c, N_q, N_g : Taşıma gücü faktörleri.

Eşitlik 4.1'teki k katsayıları Çizelge 4.28'de yer almaktadır. Eşitlik 4.1'deki B sürekli ve dikdörtgen temellerde temelin kısa kenarını, kare temelde bir kenarını daire temellerde ise temelin çapını göstermektedir.

Çizelge 4.28. Temel geometrilerine göre k katsayıları (Terzaghi, 1943)

Temel tipi	K_1	K_2
Sürekli temeller	1.0	0.5
Kare temeller	1.2	0.4
Daire temeller	1.3	0.3
Dikdörtgen temeller	$1+(0.2*(B/L))$	$0.5-(0.1*(B/L))$

Eşitlik 4.1'de görülen N_c, N_q, N_g değerleri taşıma gücü katsayıları ya da taşıma gücü faktörleri olarak adlandırılır. Bu değerler ise EK-47'de görülmektedir.

Anlatılanlar göz önüne alınarak uygulanan projede zeminin taşıyabileceği maksimum güç olan taşıma gücü ve emniyet gerilmesi hesaplanmıştır. Bu değerlerin hesaplanmasında daha sonra yaptırılan kesme kutusu deneyi verileri kullanılmış olup, iki zemin arasındaki taşıma gücü farkının ortaya konması sağlanmıştır (Çizelge 4.29). Amaç zemine uygulanan iyileştirme yöntemlerinin işe yarayıp yaramadığını görmek, zemin şartlarının iyileşmiş olduğunu fark etmektir.

Çizelge 4.29. Taşıma gücü ve emniyet gerilmesi

	Φ°	C	D_f (cm)	L (cm)	B (cm)	N_q	N_c	$N\gamma$	σ_v (kg/cm ³)	Taşıma Gücü	Emniyet Gerilmesi
Enjeksiyonsuz zemin	26	0,2	300	2650	1350	14.2	27.1	10.7	0,3864	23,99	4,8
Enjeksiyonlu zemin	32	0,1	300	2650	1350	28.5	44	28	0,3998	50,17	10,0

Belirlenen veriler kullanılarak taşıma gücünün normal zemin ve iyileştirilmiş zemindeki farkını göstermek amacı ile yukarıdaki çizelge hazırlanmıştır. Bu çizelgede yer alan B temel genişliği, L temel uzunluğu, D_f temel derinliği olup dikdörtgen temele göre taşıma gücü hesaplanması sağlanmıştır. Normal zeminde taşıma gücü $23,99 \text{ kg/cm}^2$, iyileştirilmiş zeminde 50.17 kg/cm^2 olarak görülmektedir. Yapılan iyileştirme sonucunda zeminin taşıma gücünün artmış olduğu görülürken, iyileştirmenin başarılı olduğu görülmektedir.

Emniyetli taşıma gücünü bulmak için normal zeminlerde nihai taşıma gücü 3'e bölünmektedir. Fakat heyelanlı, faylı, eklemlili ve karmaşık bölgeler gibi zayıf yerlerde nihai taşıma gücünü 5'e bölmek gerekmektedir. Bu bölge de deprem gibi sismik aktivitenin yüksek olabileceği, sıvılaşma riskinin görülebileceği ve zayıf zemin karakterine sahip bir yer olması nedeni ile güvenlik kat sayısı 5 olarak alınmış, taşıma gücü bu sayıya bölünüp emniyetli tarafta kalınarak zemin emniyet gerilmesi elde edilmiştir.

İyileştirilmiş zeminde kolonlardan alınan numuneler üzerinde gerçekleştirilen yerinde yükleme deneyleri sonucunda zemin ile uyumu ve kolon taşıma gücü tespit edilir. Yapının ağırlığı kolonlara teşkil edeceği için inşaat mühendisleri tarafından kolon taşıma kapasitesi belirlenmektedir. Böylece daha net ve güvenilir sonuçlara ulaşılmaktadır.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında enjeksiyon tekniklerinden jet grout yönteminin uygulanışı, uygulanma alanları, uygulamada kullanılan ekipmanlar, uygulama teknikleri, yöntemin avantajları ve dezavantajları ile birlikte ele alınarak bir vaka çalışması incelenmiştir.

Vaka çalışması olarak Ceyhan (Adana) bölgesindeki toplu konut inşa edilmesi planlanan temel zeminini iyileştirmeye yönelik gerçekleştirilen jet grout uygulaması yer almaktadır.

Proje kapsamında zemin mekaniği değerlendirmelerine yönelik zemin etütleri gerçekleştirilmiş, zemin kesitleri elde edilmiş, zemin mekaniği deneylerinden sınıflama ve mühendislik deneyleri yapılmış olup elde edilen veriler ışığında yapılan analizler neticesinde zeminde oturma, dayanım gibi mekanik problemler ve sıvılaşma potansiyeli belirlenmiştir.

Yapılacak üst yapıdan önce zemin iyileştirilmesine gidilmiş, proje sahibine sunulan alternatif zemin iyileştirme yöntemlerinden maliyet ve zaman analizleri sonucunda jet grout kolon uygulaması tercih edilmiştir.

İnşa sahasında yapılan 10 adet sondaj çalışmasının yanında iyileştirme yapıldıktan sonra 2 adet daha sondaj kuyusu açılmıştır. Ceyhan bölgesinin jeolojisi genç sediman olan alüvyonal birim olması nedeni ile sondaj lokasyonlarında bitkisel topraktan sonra siyah renkli kil, gri renkli gevşek yapılı kum, kumlu kil-killi kum seviyesinden sonra yeşil-gri-sarımsı renkli kil birimi geçilmiştir. 15-20-25 metre civarlarında açılan sondaj kuyularında arazi deneylerinden SPT (Stanart Penetrasyon deneyi yapılmış olup, elde edilen verilerden sıvılaşma potansiyeli saptanmıştır.

Yeraltı suyunun içinde bulunan sülfat oranı bina temeline olan etkisinin araştırılması amacıyla ölçülmüş, sülfat değerinin normal sınırlarda olduğu ve betona herhangi bir etkisinin olmayacağı tespit edilmiştir.

Temel sistemi için yüzeysel drenaj sistemi oluşturulmuş, buna uygun temel ve taşıyıcı sistem belirlenerek önce iyileştirmeye gidilmiş, sonra dikdörtgen temel uygulaması yapılmıştır.

İyileştirilmiş zemin ile iyileştirme yapılmayan zemin üzerinde gerçekleştirilen SPT (Standart Penetrasyon Deneyi) sonuçları kıyaslandığı takdirde toplam darbe sayılarında (N_{30}) değerlerinde bir artış olduğu gözlenmiştir.

Yapılan indeks sınıflamalarına göre zemin tipi CL olarak belirlenmiş, zeminde mukavemet artışı, yoğunluk artışı, permeabilitenin azalıp geçirimsizliğin sağlanması, mukavemetin artışı, oturmaların azaldığı bunların sonucunda taşıma gücünün arttığı belirlenmiştir.

Jet grout kolonların zeminle uyumluluğunu ve kolon taşıma gücünün belirlenebilmesi için kolonlar üzerinde arazide yerinde yükleme deneyleri yapılmalıdır. Bu şekilde daha net ve güvenilir sonuçlara ulaşılabilmektedir.

Sıvılaşma analizleri sonucunda bölgede sıvılaşma potansiyelinin yüksek olduğu belirlenmiş, iyileştirme yapılarak bu risk en aza indirilmeye çalışılmıştır.

Yapılacak üst yapıların temellerinin desteklenmesi, yüksek YASS'ne oranla kazı tabanından suyun gelmesini ve yapının bu sudan etkilenmesini önlemek amacı ile, sıvılaşma potansiyeline karşı direncin artırılması, oluşacak deprem gibi sismik aktivitelerin yapılara zarar vermesini en aza indirmek amacı ile iyileştirme yöntemlerinden bir olan Jet grout yöntemi seçilmiş ve arazide bu yöntem uygulanarak iyileştirme yapılmıştır.

Jet grout yöntemi çok farklı zemin (kohezyonlu ve kohezyonsuz zeminlerde) koşullarında ve çok geniş uygulama alanlarında uygulanabilmekte ve gerek maliyet gerekse zaman açısından diğer zemin iyileştirme yöntemlerine geçerli bir alternatif olmaktadır.

Jet grout yöntemi ile diğer zemin iyileştirme arasındaki en büyük fark elde edilecek zemin parametreleri ve maliyetin işin başlangıcında tahmin edilebilmesidir.

KAYNAKLAR

- ASTM D 422-63, 2003. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, In: Annual Book of ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, pp. 10-17.
- ASTM D 854-02, 2003. Standard Test Method for Specific Gravity of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, p. 93-99.
- ASTM D 1586-58, 2003. Standard Test Method for Penetration Test and Split-Barrel Sampling of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, p. 134-138.
- ASTM D 2166-00, 2003. Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil, In: Annual Book ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, pp. 201-206.
- ASTM D 2435-03, 2003. Standard Test Method for One-Dimentional Consolidation Properties of Soils, In: Annual Book of ASTM Standards, Volume 04.08, West Conshohocken, p. 238-247.
- ASTM D 3080 - 98, 2003. Standart Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions. Annual Book of ASTM Standards; 04.08, West Conshohocken, pp. 347-352.
- ASTM D 4318-00, 2003. Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit and Plasticity Index of Soils, In: Annual Book ASTM Standarts, Volume 04.08, West Conshohocken, pp. 582-595.
- AYHAN, A., PAPAK, İ., BİLGİN, A.Z., 1988. Kozan-Ceyhan-İmamoğlu (Adana) Civarının Jeolojisi. Ankara, MTA Rapor No: 176.
- AYTEKİN, M. 2004. Deneysel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, 2.Baskı, Ankara, 624 s.
- BAKIM, M. A., 2007. Enjeksiyon Yöntemleri ile Zemin İyileştirilmesi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., İnşaat Müh. Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Isparta, 157 s.

- BANDİMER, S. W., 1997. 'Compaction Grouting- State of the Practice', Grouting: Geotechnical Special Publication No: 66, Vipulanandan, C., Ed., 1997, ASCE, New York, pp. 18-31.
- BELL, A. L., 1993. 'Jet Grouting', Chapter 7 in Grout Improvment, M. P. Moseley, Ed., Chapman and Hall, London.
- BELL, A. L. and BURKE, G. K., 1994. The Compressive Strength of Ground Treated Using Triple System Jet Grouting, pp. 525-538, Grouting in the Ground, Thomas Telford, London
- BİLGİN, A.Z., ELİBOL, E., BİLGİN, Z.R., BEĞENİLMİŞ, S., 1981. Ceyhan Karataş-Yumurtalık-Osmaniye-Haruniye-Kadirli Dolayının Jeolojisi. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji D., Ankara, Dergi No: 7215.
- BLUEMENTHAL, M. M., 1947. Belemelik Paleozoyik ve bunun Mesozoyik Kalker Çerçevesi. MTA yayını u/3. 935. Ankara.
- BURKE, G. K., PETERSON, J. H. and SMİTH, M. L., 2000. 'Superjet Grouting and The Quality of Its Product', Advances in Grouting and Groud Modification: ASCE Geotechnical special Publication No.104, Krizek, R. J. and Sharp, K., Eds, Reston, Verginia, pp. 111-125.
- CASAGRANDE, A., 1948. Classification and Identification of Solis, Transactions, ASCE, Vol. 113, pp. 901-930.
- CLAYTON, C. R. I., MATTHEWS M. C. and SİMONS, N. E., 1995. (Çeviri: ÇETİN, H., KAYABALI, K. ve ARMAN, H., 2005), Jeoteknik Saha İncelemesi, Gazi Kitabevi, Ankara, 583s.
- CODUTO, D. P., 1999. (Çeviri: KAYABALI, K., 2006), Jeoteknik Mühendisliği İlkeler ve Uygulamalar, Gazi Kitabevi, Ankara, 759s.
- DAD, 1996. Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi Başkanlığı, Ankara.
- DOĞA MÜHENDİSLİK, 2007. Adana İli Ceyhan İlçesi Hürriyet Mahallesi Ceyhan Belediyesine Ait 65 Ada 144-145 Parsellede Bulunan Arazinin Jeolojik-Jeoteknik Zemin Etüt Raporu, Adana, 81s.

- DOĞU, O., 2005. Jetgruting Tekniği ile Zemin Islahı, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst., İnşaat Müh. Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 128s.
- DOĞU, O., YILDIRIM, H., DURGUNOĞLU, A. T., 2006. Zeminin İnce Tane Oranı ve SPT Vuruş Sayısının Jet Grout Kolonların Mukavemetine Etkisi, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği On birinci Ulusal Kongresi, K.T.Ü., Trabzon.
- DURGUNOĞLU, H. T., 2004. “Yüksek Modüllü Kolonların Temel Mühendisliğinde Kullanımı”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Onuncu Ulusal Kongresi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- DURGUNOĞLU, H. T., KULAÇ, H. F., ORUÇ, K., EMREM ÖGE C., EKER, F. S., 1998. “Jet Grout Yöntemi ile Zemin İyileştirme Üzerine Bir Uygulama”, Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Yedinci Ulusal Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- DURGUNOĞLU H. T., EMREM, C. , KARADAYILAR, T., MITCHELL, J. K., MARTIN, J. R., OLGUN, C. G., 2001. “Case History for Ground Improvement Against Liquefaction Carrefoursa Shopping Center-Izmit, Turkey, Proceedings of Satellite Conference Lessons Learned From Recent Strong Earthquakes, August 24, 2001, Istanbul.
- DURGUNOĞLU, H. T., KULAÇ, H. F., ORUÇ, K., YILDIZ, R., ALTUĞU, T., EMREM C., 2002. “Sıvılaşmaya Karsı Jet Grout Yöntemi ile Zemin ıslahına ait bir Vaka Analizi” Zemin Mekaniği ve Temel Mühendisliği Dokuzuncu Ulusal Kongresi, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.
- ERTUNÇ, A., 2003. Mühendislik Jeolojisi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Yayın No: 41, S.D.Ü Basımevi, Isparta.
- GLOSSOP, R., 1960. The Invention and Development of the Injection Processes Geotechnique, 10: 1-91.
- GÖKALP, A. ve DÜZCEER, R., 2002, “Akaryakıt Tank Temellerinin Tas Kolonlarla İyileştirilmesi” ZMTM 9. Ulusal Kongresi, 21-22 Ekim 2002, pp. 454-463, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir.

- HACIALIOĞLU, E., 1999. Yüksek Basıncılı Enjeksiyon (Jet Grouting) Yöntemi ile Zemin İyileştirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Müh. Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 110s.
- HAUSMANN, M. R., 1990. Enginnering Princplas of Ground Modification, McGraw- Hill, Singapore.
- HOLTZ, R. D. ve KOVACS, W. D., 1981. (Çeviri: KAYABALI, K., 2002) Geoteknik Mühendisliğine Giriş, Gazi Kitabevi, Ankara 723 s.
- HOWARD, A, K., 1977. Laboratory Classification of Soil-Unified Soil Classification System, Earth Sciences Training Manual No: 4, U.S. Bureau of Reclamation, Denver, 56pp.
- IMANISHI, H., YAMAUCHI Y., 1996. Ground Behavior during Soil Improvement by Jet Grouting, pp.133-136, Grouting and Deep Mixing, Balkema, Rotterdam.
- İSKENDER, S., 2006. "Su Kesici Perde Olarak Bir Jet Grout Deneyimi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 2006/243, Mart.
- JURAN, I., INDER, H. M. and ACAR, Y. B., 1988. Soil Improvement Methods for Reinforcing Foundation Soils- Jet Grouting and Compaction Grouting, Vol. 7, Louisiana State University, Baton Rouge, Louisiana.
- KARAKAYALI, Ş., 2002. Zemin Islahı ve Adana Çevresindeki Uygulamalar, Çukurova Üniv., Fen Bilimleri Enst., İnşaat Müh. Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 155 s.
- KAYHAN, B., 2006, Adana Bölgesindeki Killi Zeminlerin Hassasiyet Özelliği, Çukurova Üniv., Fen Bilimleri Enst., Jeoloji Müh. Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 103s.
- KOZLU, H., 1982, İskenderun Baseni Jeolojisi ve Petrol Olanakları, TPAO Rapor No: 1921, Ankara.
- KOZLU, H., 1987. Misis-Andırın Dolaylarının Stratigrafisi ve Yapısal Evrimi. Türkiye 7.Petrol Kongresi, Ankara, s. 104-116.

- KOZLU, H., 1997, Doğu Akdeniz Bölgesinde Yer Alan Neojen Basenlerinin (İskenderun, Misis-Andırın) Tektono-stratigrafi Birimleri ve Bunların Tektonik Gelişimi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (yayınlanmamış), 189 s, Adana.
- KÜSİN C.C., 2009. Jet Grout Yöntemi İle İyileştirilen Zeminlerin Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Sayısal Analizi, Çukurova Üniv., Fen Bilimleri Enst., İnşaat Müh. Anabilim dalı Yüksek Lisans Tezi, Adana, 156 s.
- LEONARDS, G.A., 1962. Foundation Engineering, McGraw-Hill Book Company, New York, 1136 pp.
- LITTLEJOHN, G. S., 1993. 'Chemical Grouting' Chapter 5 in Grout Improvment, M. P. Moseley, Ed., Chapman and Hall, London.
- LUNARDİ, P., 1977. "Ground Improvement by Means of Jet-Grouting", Ground Improvement, ISSMFE Thomas Telford, Vol 1 No:2, pp. 65-86.
- MELEGARI, C. ve GARASSINO, A.L., 1997. Seminar on Jet Grouting, CI-Premier Pte. Ltd., Singapore.
- OKAN R., 2004."Fore Kazık- Jet Groutlu Bir İksa Uygulaması", Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 430-2004/2.
- OKYAY, S., 1987. Yüksek Basıncılı Enjeksiyon, Dahili Rapor, BAUER Spezialtiefbau GmbH, İstanbul.
- OMINE K., OCHIAI H., YOSHIDA N., 1998. Estimation of In-Situ Strenght of Cement- Treated Soils Based on a Two-Phase Mixture Model, Soils& Foundations, Vol 38, No.4, pp. 17-29.
- ÖZGÜL, N., METİN, S., GÖĞER, E., BİNGÖL, İ., BAYDAR, O. VE ERDOĞAN, B., 1973. Tufanbeyli dolayının (Doğu Toroslar, Adana) Kambriyen-Tersiyer kayaları: Türkiye Jeoloji Kurumu Bülteni, 16, 39-52.
- ÖZGÜL, N., KOZLU H., 2002. Kozan-Feke (Doğu Toroslar) Yöresinin Stratigrafisi ve Yapısal Konumu ile İlgili Bulgular: Türkiye Petrol Jeologları Derneği Bülteni, 14, 1, 1-36.
- ÖZSOY, B. ve DURGUNOĞLU, H. T., 2003. "Sıvılaşma Etkilerinin Yüksek Kayma Modüllü Zemin-Çimento Karışımı Kolonlarla Azaltılması", 5. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 26-30 Mayıs 2003, İstanbul.

- PEKARUN O. ve DOĞANIŞIK K., 2004. "Mini Kazık ve Jet Grout Yöntemleri Kullanılarak Oluşturulan Geçirimsizlik Perdesine Ait Bir Vaka Analizi, Türkiye Mühendislik Haberleri, Sayı 2004/228, Aralık.
- PRIEBE, H. J., 1991. 'Vibro Replacement- Design Criteria and Quality Control', Deep Foundation Improvements: Design, Contruction and Testing. ASTM STP 1089, American Society for Testing and Materyals, Philadelphia, pp. 62-73.
- RIXNER, J. J., KRAEMER, S. R. and SMITH, A. D., 1986. Prefabricadet Vertical Drains: vol. 1 Engineering Guidelines, FHWA/RD-86/168, FHWA, Springfield, Vierginia.
- RUBRIGHT, R., and WELSH, J., 1993. 'Compaction Grouting,' Chapter 6 in Grout Inprovment, M. P. Moseley, Ed., Chapman and Hall, London.
- SAĞLAMER, A., 1996. Temel İnşaatı II Ders Notları, İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İstanbul (yayımlanmamış).
- SAĞLAMER, A., DÜZCEER, R., GÖKALP, A., YILMAZ, E., 2002. "Ground Improvement by Jet Grout Columns for the Foundations of an Automobile Plant in Turkey" Deep 26 Foundations 2002, Proceedings of the International Deep Foundations Congress 2002, February 14-16, 2002, Orlando, Florida, GSP No.116.
- SCHMIDT, G.C., 1961. Stratigraphic nomenclature for the Adana region petroleum district VII Petroleum Administration Bull.6., Ankara.
- SERT S. ve ÖNALP A., 2007. "Turba Üzerine Yapılmış Rijit Platformun Oturmaları ve Kontrolü", ZMTM 1. Özel Konulu Sempozyumu: Teori ve Uygulamada Zemin - Yapı Etkileşimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, sayfa: 181 - 185, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- SCHAEFER, V.R., 1997. Ground Improvement, Ground Reinforcement, cGround Treatment Developments 1987-1997, Proceedings of Sessions sponsored by the Committee of soil Improvement and Geosynthetics of the Geoinstitute of the ASCE, Geotechnical Special Publication No:69.
- TERZAGHI, K. 1943. Theoretical Soil Mechanics, John Wiley and Sons, Inc., New York, NY.

- TERZAGHI, K. ve PECK, R., 1960. Soil Mechanicsin Engineering Practice. John Wiley and Sons, Inc. London.
- TERZAGHI, K., PECK, R. B., and MESRI, G., 1996. Soil Mechaniscs in Engineering Practice, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., New York, 549 p.
- TS 3440, Zararlı Kimyasal Etkileri Olan Su, Zemin ve Gazların Etkisinde Kalacak Betonlar İçin Yapım Kuralları.
- TUNÇ, A., 2002. Yol Mühendisliğinde Jeoteknik ve Uygulamaları, Atlas Yayın Dağıtım, İstanbul.
- USTA D. ve BEYAZÇİÇEK H., 2006. Adana İlinin Jeolojisi, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Doğu Akdeniz Bölge Müdürlüğü.
- WELSH, J.P., 1986. ‘Genstruction Considerations for Ground Modification Projects’, *Proceedings International Conference on Deep Foundations*, Beijing, Deep Foundations Institute, Englewood Cliffs, NJ.
- WONG, K.S., LI,J.C., GOH, A.T.C., POH, K.B., OISHI, E., 1999. ‘Effect of Jet Grouting on Performance of Deep Excavation in Soft Clay’’, *Proceedings of the 5th International Symposiom on Field Measurements in Geomechanics-FMGM99*, Singapure, 279-284.
- YETİŞ, C. vd.,1991. Kozan-K20 Paftası Jeolojisi. .MTA Genel Müdürlüğü, Ankara.
- <http://www.deprem.gov.tr/depbolge/adana1.gif> (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- <http://www.haywardbaker.com> (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- <http://www.isotop.co.il> (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- <http://www.wku.edu> (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- <http://www.wolf.poly.edu/jet-grouting.htm> (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- <http://www.zeminarastirmamerkezi.com/jetgrout.html> (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- www.allons-sortir.fr (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- www.bizimcografya.com (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- www.ejge.com (Erişim tarihi: 03.03.2011)
- [www. geodata.com.tr](http://www.geodata.com.tr) (Erişim tarihi: 03.03.2011)

www.impact-test.co.uk (Erişim tarihi: 03.03.2011)

www.jetgrouting.com (Erişim tarihi: 03.03.2011)

www.tpub.com (Erişim tarihi: 03.03.2011)

ÖZGEÇMİŞ

02.07.1985 yılında Erzurum’da doğdu. İlkokul öğrenimini sırasıyla Erzurum ve Adana illerinde tamamladı. Ortaokul, lise öğrenimini ise Adana’da tamamladı. 2004 yılında Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü’nü kazandı. 2008 yılında Jeoloji Mühendisi olarak mezun oldu ve aynı yıl Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Jeoloji Mühendisliği Uygulamalı Jeoloji Anabilim Dalında Yüksek Lisans hakkı kazandı. 2008-2011 yılları arasında yüksek lisans eğitimi aldı ve halen eğitime devam etmekte olup Mart 2011 itibariyle Enerji Bakanlığı bünyesinde Maden İşleri Genel Müdürlüğünde Jeoloji Mühendisi olarak görev almaktadır.

EKLER

- EK-1. Piknometre kalibrasyon verileri ve kalibrasyon grafiği
- EK-2a. Suyun Sıcaklıkla Özgöl Yoğunluğunun ve Birim Hacim Ağırlığının Değişmesi
- EK-2b. Sıcaklığa göre hidrometre düzeltmesi
- EK-3a. Sıcaklığa bağlı olarak suyun viskozite değerinin değişimi
- EK-3b. Düzeltilmiş hidrometre okumasına karşılık efektif derinlik düzeltmesi
- EK-4. Suyun Sıcaklıkla Özgöl Ağırlığının Değişmesi (Detaylı)
- EK-5. İnceleme Alanının 1/1000 ölçekli genel jeoloji ve sondaj lokasyonları haritası
- EK-6. SK-1 sondaj logu
- EK-7. SK-2 sondaj logu
- EK-8. SK-3 sondaj logu
- EK-9. SK-4 sondaj logu
- EK-10. SK-5 sondaj logu
- EK-11. SK-6 sondaj logu
- EK-12. SK-7 sondaj logu
- EK-13. SK-8 sondaj logu
- EK-14. SK-9 sondaj logu
- EK-15. SK-10 sondaj logu
- EK-16. Jet Grout Yöntemi Sonrası SK-1 sondaj logu
- EK-17. Jet Grout Yöntemi Sonrası SK-2 sondaj logu
- EK-18. SK-1, SK-5, SK-4, SK-3 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti
- EK-19. SK-7ve SK-5 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti
- EK-20. SK-2, SK-8, SK-4, SK-6 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti
- EK-21. SK-2, SK-9, SK-10, SK-3 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti
- EK-22. SK-1, SK-5, SK-6, SK-10 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti
- EK-23. Zemin Kesitlerinin Korelasyonu
- EK-24. Jet Grout (Dolu numune) Numune 1. Atterberg deney sonucu
- EK-25. Boş Numune 1. Atterberg deney sonucu
- EK-26. Jet Grout (Dolu numune) Numune 2. Atterberg deney sonucu

- EK-27. Boş Numune 2. Atterberg deney sonucu
- EK-28. Jet Grout (Dolu numune) Numune 3. Atterberg deney sonucu
- EK-29. Boş Numune 3. Atterberg deney sonucu
- EK-30. Jet Grout (Dolu numune) numune Özgöl ağırlık deney sonucu
- EK-31. Boş numune Özgöl ağırlık deney sonucu
- EK-32. Jet Grout (Dolu) numune 1. tane boyu analizi deney sonucu
- EK-33. Boş numune 1. tane boyu analizi deney sonucu
- EK-34. Jet Grout (Dolu) numune 2. tane boyu analizi deney sonucu
- EK-35. Boş numune 2. tane boyu analizi deney sonucu
- EK-36. Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi
- EK-37. Jet Grout (Dolu) numune 1. Serbest basınç deney sonucu
- EK-38. Boş numune 1. Serbest basınç deney sonucu
- EK-39. Jet Grout (Dolu) numune 2. Serbest basınç deney sonucu
- EK-40. Boş numune 2. Serbest basınç deney sonucu
- EK-41. Jet Grout (Dolu) numune 1 kg kesme kutusu deneyi
- EK-42. Jet Grout (Dolu) numune 2 kg kesme kutusu deneyi
- EK-43. Boş numune 1 kg kesme kutusu deneyi
- EK-44. Boş numune 2 kg kesme kutusu deneyi
- EK-45. Jet Grout (Dolu) numune konsolidasyon deneyi
- EK-46. Boş numune konsolidasyon deneyi
- EK-47. Taşıma gücü faktörleri
- EK-48. SK-1 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-49. SK-2 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-50. SK-3 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-51. SK-4 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-52. SK-5 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-53. SK-6 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-54. SK-7 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-55. SK-8 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-56. SK-9 kuyusuna ait sıvılaşma analizi
- EK-57. SK-10 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

EK-58. 1. örnek Jet Grout aplikasyon planı

EK-59. 2. örnek Jet Grout aplikasyon planı



T.C.
Çukurova Üniversitesi
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi
Jeoloji Mühendisliği Bölümü
Zemin Mekaniği Laboratuvarı

EK-1

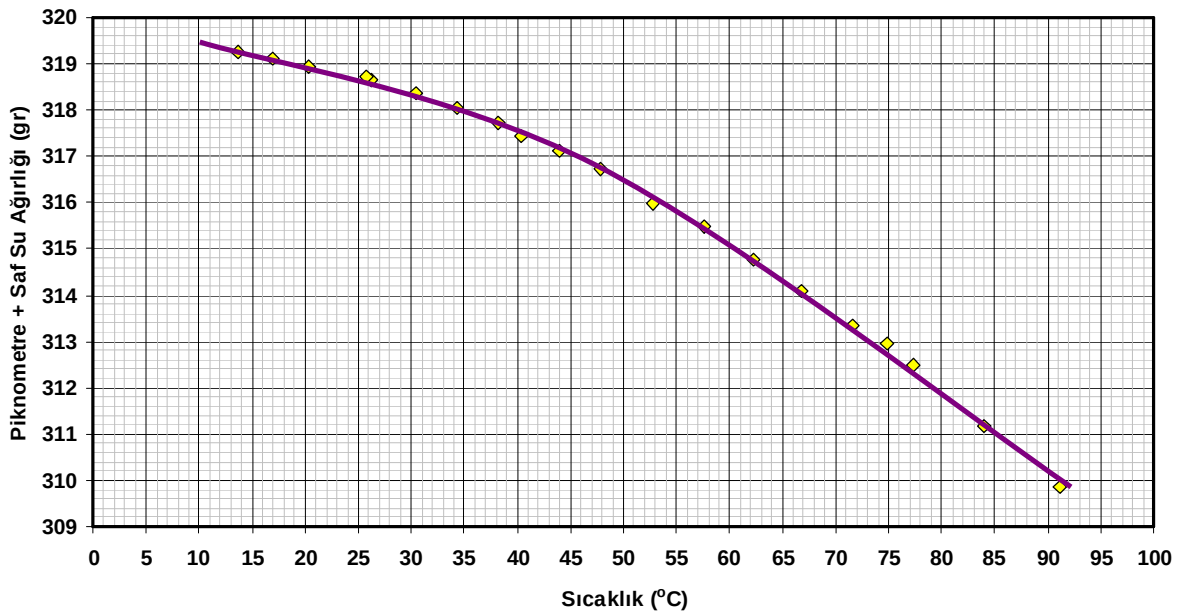
PİKNOMETRE KALİBRASYONU

Proje adı:	Adana Bölgesindeki Killi Zeminlerin Hassasiyet Özelliği
Piknometre türü:	250ml
Kalibrasyonu yapan:	Bariş KAYHAN
Kalibrasyon tarihi:	03.07.2006

Piknometre Kalibrasyon Verileri

Ölçüm	1	2	3	4	5	6	7
Piknometre + Saf Su Ağırlığı (gr)	309,85	311,16	312,5	312,95	313,36	314,09	314,75
Sıcaklık (°C)	91,2	84	77,3	74,9	71,6	66,7	62,3
Ölçüm	8	9	10	11	12	13	14
Piknometre + Saf Su Ağırlığı (gr)	315,48	315,99	316,74	317,13	317,42	317,73	318,04
Sıcaklık (°C)	57,6	52,8	47,9	44	40,3	38,2	34,3
Ölçüm	15	16	17	18	19	20	21
Piknometre + Saf Su Ağırlığı (gr)	318,35	318,64	318,71	318,93	319,12	319,24	
Sıcaklık (°C)	30,4	26,3	25,7	20,3	17	13,6	

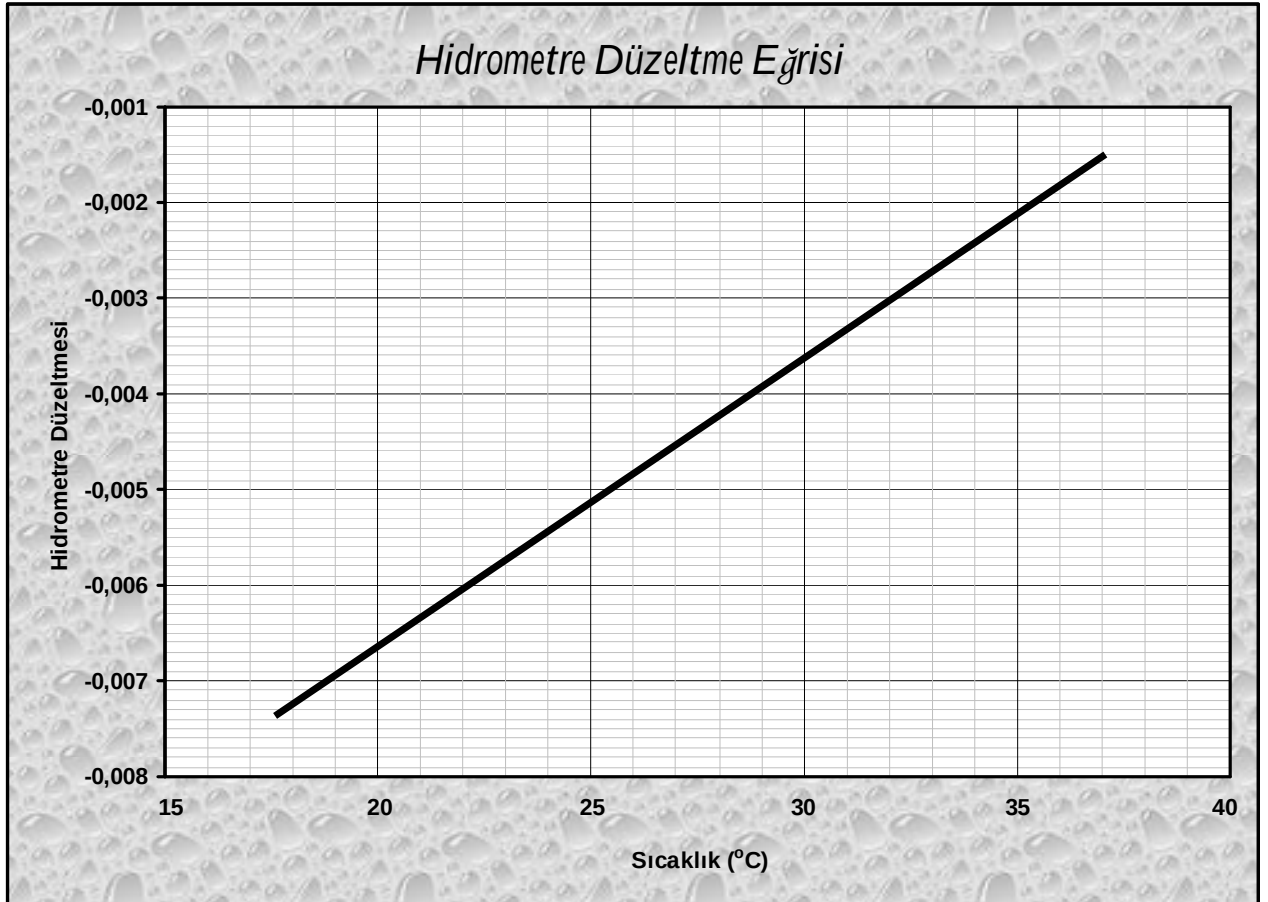
Piknometre Kalibrasyon Grafiği



Ek 1. Piknometre kalibrasyon eğrisi (Kayhan, 2006)

EK-2a. Suyun Sıcaklıkla Özgöl Yoğunluğunun ve Birim Hacim Ağırlığının Değişmesi (γ_w , r_s , G_w) (Can ve diğ., 1992)

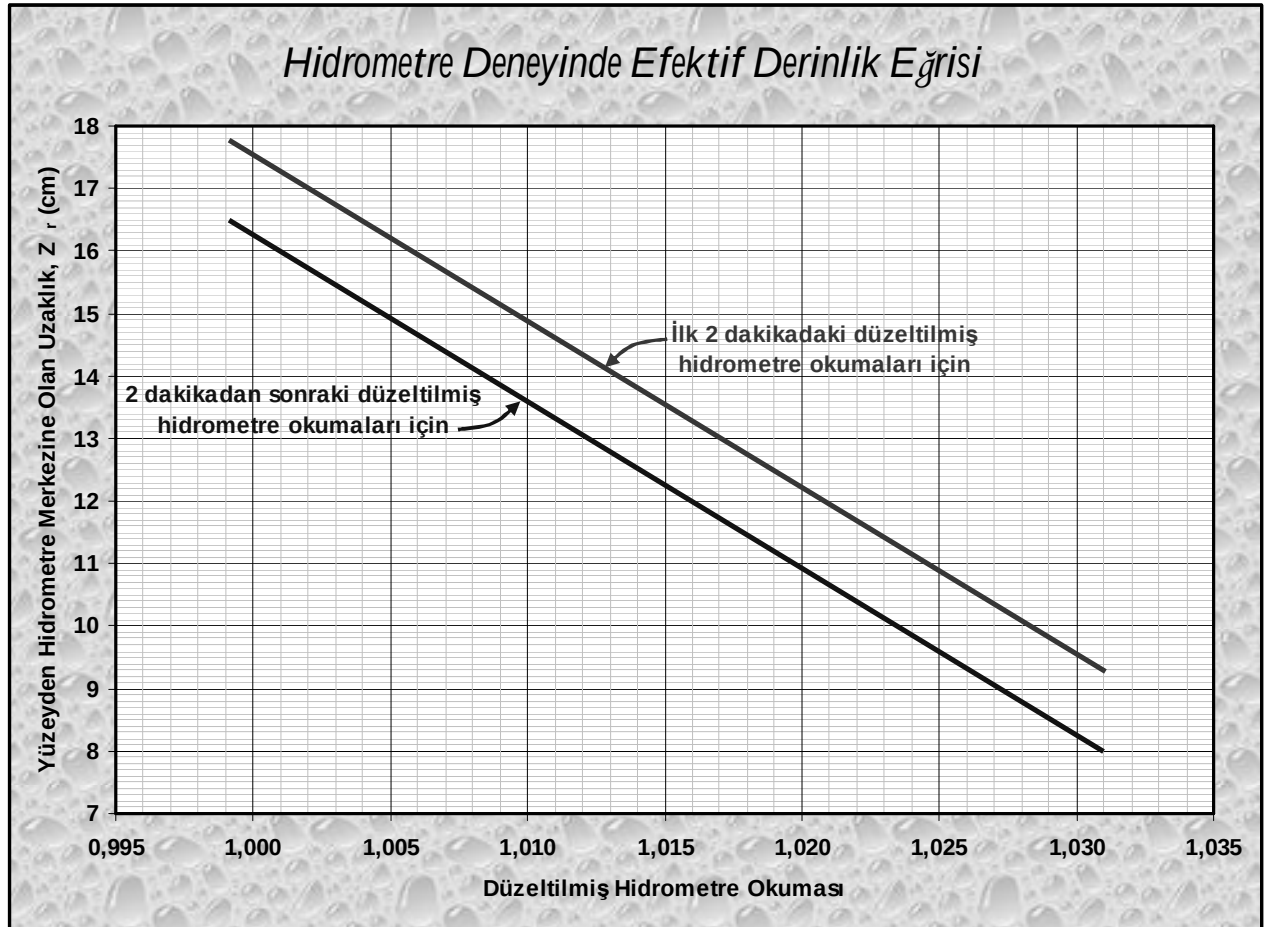
T(°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0,9999	0,9999	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,9999	0,9999	0,9998
10	0,9997	0,9996	0,9995	0,9994	0,9993	0,9991	0,9990	0,9988	0,9986	0,9984
20	0,9982	0,9980	0,9978	0,9976	0,9973	0,9971	0,9968	0,9965	0,9963	0,9960
30	0,9957	0,9954	0,9951	0,9947	0,9944	0,9941	0,9937	0,9934	0,9930	0,9926
40	0,9922	0,9919	0,9915	0,9911	0,9907	0,9902	0,9898	0,9894	0,9890	0,9885
50	0,9881	0,9876	0,9872	0,9867	0,9862	0,9857	0,9852	0,9848	0,9842	0,9838
60	0,9832	0,9827	0,9822	0,9817	0,9811	0,9806	0,9790	0,9795	0,9789	0,9784
70	0,9778	0,9772	0,9767	0,9761	0,9755	0,9749	0,9743	0,9737	0,9731	0,9724
80	0,9718	0,9712	0,9706	0,9699	0,9693	0,9686	0,9680	0,9673	0,9667	0,9660
90	0,9653	0,9647	0,9640	0,9633	0,9626	0,9619	0,9612	0,9605	0,9598	0,9591



EK-2b. Sıcaklığa göre hidrometre düzeltmesi (Çetin, 1998)

EK-3a. Sıcaklığa bağlı olarak suyun viskozite değerinin değişimi (milipoise) (Hogeman, 1959)

T(°C)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	17,94	17,32	16,74	16,19	15,68	15,19	14,73	14,29	13,87	13,48
10	13,10	12,74	12,39	12,06	11,75	11,45	11,16	10,88	10,6	10,34
20	10,09	9,84	9,61	9,38	9,16	8,95	8,75	8,55	8,36	8,18
30	8,00	7,83	7,67	7,51	7,36	7,31	7,06	6,92	6,79	6,66
40	6,54	6,42	6,30	6,18	6,08	5,97	5,87	5,77	5,68	5,58
50	5,29	5,40	5,32	5,24	5,15	5,07	4,99	4,92	4,84	4,77
60	4,70	4,63	4,56	4,50	4,43	4,37	4,31	4,24	4,19	4,13
70	4,07	4,02	3,96	3,91	3,86	3,81	3,76	3,71	3,66	3,62
80	3,57	3,53	3,48	3,44	3,40	3,36	3,32	3,28	3,24	3,20
90	3,17	3,13	3,10	3,06	3,03	2,99	2,96	2,93	2,90	2,87
100	2,84	2,82	2,79	2,76	2,73	2,70	2,67	2,64	2,62	2,59

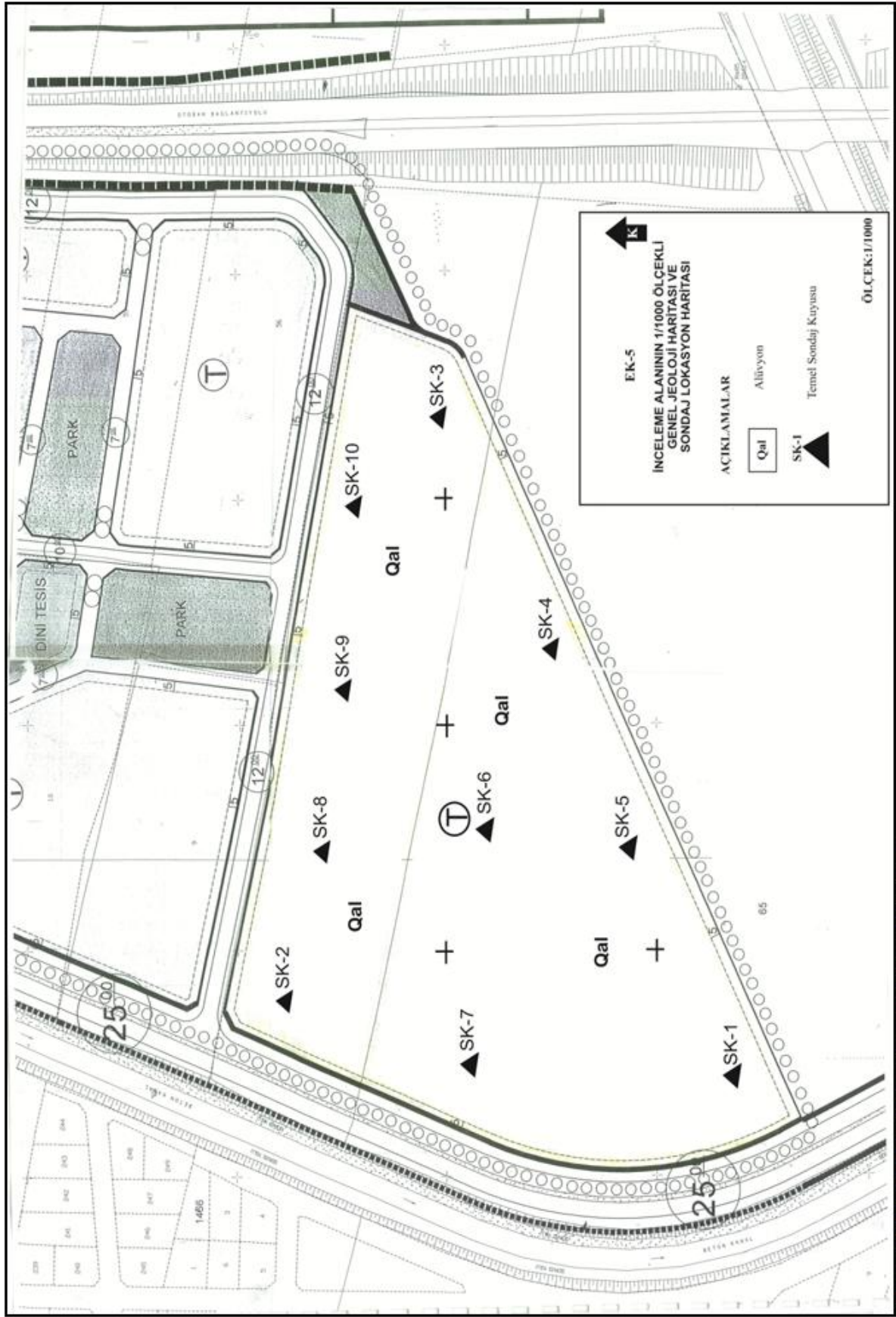


EK-3b. Düzeltilmiş hidrometre okumasına karşılık efektif derinlik düzeltmesi (Çetin, 1998)

EK-4. Suyun Sıcaklıkla Yoğunluğunun Değişmesi (ASTM D854-02, 2003)

Sıcaklık (°C)	yoğunluk (gr/mL) ^B	Sıcaklık Katsayısı 1 (K)	Sıcaklık (°C)	yoğunluk (gr/mL) B	Sıcaklık Katsayısı 1 (K)	Sıcaklık (°C)	yoğunluk (gr/mL) B	Sıcaklık Katsayısı 1 (K)	Sıcaklık (°C)	yoğunluk (gr/mL) B	Sıcaklık Katsayısı 1 (K)
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00088	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99876	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00087	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00085	.3	0.99890	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00084	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00082	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00080	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99770	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99730	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99668	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99692	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99689	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99687	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99684	0.99863	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.99707	0.99887	.9	0.99681	0.99860	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99565	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99646	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99791	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99638	0.99817	.5	0.99609	0.99788	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99785	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99783	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99806	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716

^AReference: CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, Editor-in-Chief, 74th Edition, 1993-1994. ^BmL = cm³



EK-5. İnceleme Alanının 1/1000 ölçekli genel jeoloji ve sondaj lokasyonları haritası

EK-6		SONDAJ LOGU / BORING LOG				NO SK - 1											
						Sayfa/Page: 1/ 1											
İŞVEREN (OWNER): CEYHAN BELEDİYESİ				PROJE (PROJECT): CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI													
Mevkii (Location): OTOGAR YANI				Koord(Coord): X: 752319 Y: 4101749 Z: .5		Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY											
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 24.10.2007				Sondaj Der. (Boring Depth) : 25m		Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ											
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 24.10.2007				Su Seviyesi (Water Level) : 2.5m		Mühendis (Engineer): T.ŞAFAK URSAVAŞ											
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	S P T					KAROT/CORE			Sınıf/Class Kod/Ellevation	AÇIKLAMALAR (Explanations)			
					Darbe/Blow				N30	TCR%	SCR%	RQD%					
					00-15	15-30	30-45	45-60									
						N30	10	20	30	40	50	0	100	0	100	0	100
0.3																	
0.7																	
1																	
1.5		SPT1	1	5	5	6	11										
2																	
2.5																	
3																	
3.5		SPT2	2	5	6	6	12										
4																	
5																	
6		SPT3	3	4	4	5	9										
7																	
7.5		SPT4	4	5	5	7	12										
8																	
9		SPT5	5	5	6	7	13										
10																	
11																	
12		SPT6	6	6	8	9	17										
13																	
14																	
15		SPT7	7	6	9	10	19										
16																	
17																	
18		SPT8	8	7	8	8	16										
19																	
20																	
21		SPT9	9	9	10	11	21										
22																	
23		SPT10	10	9	9	12	21										
24																	
25																	

EK-6. SK-1 sondaj logu

EK-7		SONDAJ LOGU / BORING LOG				NO SK - 2	
						Sayfa/Page: 1/ 1	
İŞVEREN (OWNER):CEYHAN BELEDİYESİ				PROJE (PROJECT):CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI			
Mevkii (Location):OTOGAR YANI		Koord(Coord): X: 752332 Y: 4101972 Z: .5		Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY			
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 25.10.2007		Sondaj Der. (Boring Depth) : 25m		Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ			
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 25.10.2007		Su Seviyesi (Water Level) : 1.5m		Mühendis (Engineer): T.ŞAFAK URSAVAŞ			

DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	S P T					KAROT/CORE			Sınıf/Class Korrelasyon	AÇIKLAMALAR (Explanations)
					Darbe/Blow				N30	TCR%	SCR%	RQD%		
					00-15	15-30	30-45	45-60						
0.4														Bitkisel Toprak
1														Siyah Renkli Kil
1.5		1.5	SPT1	1	0	4	5	0						
2														
3		3	SPT2	2	3	5	5	10						Gri Renkli Kum
4														
4.5		4.5	SPT3	3	5	5	5	11						Killi Kum - Kumlu Kil
5														
6		6	SPT4	4	4	6	8	14						
7														
7.5		7.5	SPT5	5	5	4	4	8						
8														
9		9	SPT6	6	5	7	8	15						
10														
11														
12		12	SPT7	7	6	7	9	16						
13														
14														
15		15	SPT8	8	7	7	10	17						Yeşil - Gri - Sarımsı Renkli Kil
16														
17														
18		18	SPT9	9	8	9	11	20						
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														Sondaj Sonu

EK-7. SK-2 sondaj logu

EK-8		SONDAJ LOGU / BORING LOG										NO SK - 3			
İŞVEREN (OWNER):CEYHAN BELEDİYESİ										PROJE (PROJECT)CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI				Sayfa/Page: 1/ 1	
Mevkii (Location):OTOGAR YANI					Koord(Coord): X: 752621 Y: 4101909 Z: .5					Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY					
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 24.10.2007					Sondaj Der. (Boring Depth) : 25m					Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ					
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 24.10.2007					Su Seviyesi (Water Level) : 1.7m					Mühendis (Engineer): T.ŞAFAK URSAVAŞ					
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	SPT					KAROT/CORE			Sınıf/Class Kod/Elvelon	AÇIKLAMALAR (Explanations)	
					Darbe/Blow	N30				TCR%	SCR%	RQD%			
						00-15	15-30	30-45	N30						
0.3														Bitkisel Toprak	
0.7														Siyah Renkli Kil	
1.5		SPT1	1	5	5	6	11	YSS (Water level)=1.7m							Gri Renkli Kum
2.5															
3.5		SPT2	2	5	5	6	11								
4.5															
5.5															
6.5		SPT3	3	4	4	5	9							Killi Kum - Kumlu Kil	
7.5		SPT4	4	5	6	6	12								
8.5															
9.5		SPT5	5	5	6	7	13								
10.5		SPT6	6	6	6	7	13								
11.5															
12.5		SPT7	7	6	8	9	17								
13.5		SPT8	8	7	8	9	17								
14.5															
15.5		SPT9	9	6	9	11	20								
16.5															
17.5															
18.5		SPT10	10	7	9	7	16							Yeşil - Gri - Sarımsı Renkli Kil	
19.5															
20.5															
21.5		SPT11	11	9	10	9	19								
22.5															
23.5		SPT12	12	8	10	10	20								
24.5															
25														Sondaj Sonu	

EK-8. SK-3 sondaj logu

EK-9		SONDAJ LOGU / BORING LOG				NO SK - 4													
						Sayfa/Page: 1/ 1													
İŞVEREN (OWNER):CEYHAN BELEDİYESİ				PROJE (PROJECT)CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI															
Mevkii (Location):OTOGAR YANI				Koord(Coord): X: 762500 Y: 4101889 Z: .5		Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY													
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 28.10.2007				Sondaj Der. (Boring Depth) : 15m		Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ													
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 28.10.2007				Su Seviyesi (Water Level) : 1.5m		Mühendis (Engineer): T.ŞAFAK URSAVAŞ													
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	S P T					KAROT/CORE			Sınıf/Class Kod/Classification	AÇIKLAMALAR (Explanations)					
					Darbe/Blow					TCR%	SCR%	RQD%							
					00-15	15-30	30-45	N30	10	20	30	40	50	0	100	0	100	0	100
0.3																			
1																			
1.3		1.5	SPT1	1	3	4	5	0											
2																			
3		3	SPT2	2	4	5	5	10						100.0		100.0			
4.4		4.5	SPT3	3	5	6	6	12											
5																			
6		6	SPT4	4	5	6	7	13											
6.5																			
7		7.5	SPT5	5	6	7	8	15											
8																			
9		9	SPT6	6	5	7	8	16											
10																			
10.5		10.5	SPT7	7	5	7	7	14											
11																			
12		12	SPT8	8	6	8	9	17											
13																			
13.5		13.5	SPT9	9	6	7	9	16											
14																			
15																			
Sondaj Sonu																			

EK-9. SK-4 sondaj logu

EK-10		SONDAJ LOGU / BORING LOG										NO SK - 5			
İŞVEREN (OWNER):CEYHAN BELEDİYESİ										PROJE (PROJECT)CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI				Sayfa/Page: 1/ 1	
Mevkii (Location):OTOGAR YANI					Koord(Coord): X: 752451 Y: 4101838 Z: .5					Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY					
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 29.10.2007					Sondaj Der. (Boring Depth) : 20m					Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ					
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 29.10.2007					Su Seviyesi (Water Level) : 1.5m					Mühendis (Engineer): T.ŞAFK URSAVAŞ					
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	SPT					KAROT/CORE			Sınıf/Class Kor/Elevation	AÇIKLAMALAR (Explanations)	
					Darbe/Blow			N30	TCR%	SCR%	RQD%				
					00-15	15-30	30-45								
0.3														Bitkisel Toprak	
1.2		1.5	SPT1	1	4	5	6	11						Siyah Renkli Kil	
2														Gri Renkli Kum	
2.7															
3		3	SPT2	2	5	5	5	10							
4															
5															
6		6	SPT3	3	6	6	7	13							
6.5															
7		7.5	SPT4	4	6	8	9	17							
8															
9		9	SPT5	5	6	7	7	14							
10															
11		10.5	SPT6	6	7	8	8	16							
12		12	SPT7	7	6	6	8	14							
13															
14															
15		14.5	SPT8	8	7	9	11	20							
16		16	SPT9	9	8	8	9	17							
17															
18		18	SPT10	10	9	11	11	22							
19															
20															
Sondaj Sonu															

EK-10. SK-5 sondaj logu

EK-11		SONDAJ LOGU / BORING LOG				NO SK - 6								
						Sayfa/Page: 1/ 1								
İŞVEREN (OWNER): CEYHAN BELEDİYESİ				PROJE (PROJECT): CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI										
Mevkii (Location): OTOGAR YANI		Koord(Coord): X: 752553 Y: 4101853 Z: .5		Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY										
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 28.10.2007		Sondaj Der. (Boring Depth) : 25m		Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ										
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 28.10.2007		Su Seviyesi (Water Level) : 1.5m		Mühendis (Engineer): T.ŞAFAK URSAVAŞ										
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	S P T				KAROT/CORE			Sınıf/Class Kot/Elevation	AÇIKLAMALAR (Explanations)	
					Darbe/Blow				N30	TCR%	SCR%			RQD%
					00-15	15-30	30-45	45-60						
0.4														Bitkisel Toprak
1														Siyah Renkli Kil
2														
3														Gri Renkli Kum
3.5														
4														
4.5														
5														
6														Killi Kum - Kumlu Kil
7														
7.5														
8														
9														
10														
11														
12														
13														
14														
15														
16														
17														
18														Gri - Sarı - Kahverengi Renkli Kil
19														
20														
21														
22														
23														
24														
25														

Sondaj Sonu

EK-11. SK-6sondaj logu

EK-12		SONDAJ LOGU / BORING LOG				NO SK - 7								
						Sayfa/Page: 1/ 1								
İŞVEREN (OWNER):CEYHAN BELEDİYESİ				PROJE (PROJECT)CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI										
Mevkii (Location):OTOGAR YANI		Koord(Coord): X: 752293 Y: 4101874 Z: .5		Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY										
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 29.10.2007		Sondaj Der. (Boring Depth) : 20m		Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ										
Blt. Tarihi (Comp. Date) : 29.10.2007		Su Seviyesi (Water Level) : 2m		Mühendis (Engineer): T.ŞAFAK URSAVAŞ										
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	SPT					KAROT/CORE			Sınıf/Class Kod/Classification	AÇIKLAMALAR (Explanations)
					Darbe/Blow				N30	TCR%	SCR%	RQD%		
					00-15	15-30	30-45	45-60						
0.4														Bitkisel Toprak
1														Siyah Renkli Kil
1.6		1.6	SPT1	1	4	6	7	13						
2														
3		3	SPT2	2	6	7	9	16						Gri Renkli Kum
4														
4.4		4.5	SPT3	3	6	8	10	18						
5														
6		6	SPT4	4	6	7	6	12						Killi Kum - Kumlu Kil
7														
7.5		7.5	SPT5	5	5	6	6	12						
8														
9		9	SPT6	6	6	8	7	15						
10														
10.5		10.5	SPT7	7	5	7	7	14						
11														
12		12	SPT8	8	6	7	7	14						
13														
13.5		13.5	SPT9	9	7	8	8	17						
14														
15		15	SPT10	10	6	8	8	16						
16														
16.5		16.5	SPT11	11	7	8	8	16						
17														
18		18	SPT12	12	9	10	11	21						
19														
20														
Sondaj Sonu														

EK-12. SK-7 sondaj logu

EK-13		SONDAJ LOGU / BORING LOG				NO SK - 8									
						Sayfa/Page: 1/ 1									
İŞVEREN (OWNER):CEYHAN BELEDİYESİ				PROJE (PROJECT)CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI											
Mevkii (Location):OTOGAR YANI		Koord(Coord): X: 752451 Y: 4101922 Z: .5		Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY											
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 30.10.2007		Sondaj Der. (Boring Depth) : 15m		Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ											
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 30.10.2007		Su Seviyesi (Water Level) : 1.5m		Mühendis (Engineer): T.ŞAFK URSAVAŞ											
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	S P T					KAROT/CORE			AÇIKLAMALAR (Explanations)		
					Darbe/Blow				N30	TCR%	SCR%	RQD%			
					00-15	15-30	30-45	45-60	N30	0	100	0	100	0	100
0.4	V														
1.2	V														
1.5		1.5	SPT1	1	4	6	8	44							
2															
2.5															
3		3	SPT2	2	8	10	12	22							
4															
4.5		4.5	SPT3	3	8	10	12	22							
5															
6		6	SPT4	4	7	7	11	18							
7															
7.5		7.5	SPT5	5	7	8	9	17							
8															
9															
10		10	SPT6	6	8	9	9	18							
11															
11.5		11.5	SPT7	7	7	9	11	20							
12															
13															
14		14	SPT8	8	6	9	11	20							
15															

EK-13. SK-8 sondaj logu

EK-14		SONDAJ LOGU / BORING LOG				NO SK - 9													
						Sayfa/Page: 1/ 1													
İŞVEREN (OWNER):CEYHAN BELEDİYESİ				PROJE (PROJECT):CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI															
Mevkii (Location):OTOGAR YANI				Koord(Coord): X: 752405 Y: 4101974 Z: .5		Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY													
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 30.10.2007				Sondaj Der. (Boring Depth) : 20m		Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ													
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 30.10.2007				Su Seviyesi (Water Level) : 1.5m		Mühendis (Engineer): T.ŞAFAK URSAVAŞ													
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	S P T					KAROT/CORE			AÇIKLAMALAR (Explanations)						
					Darbe/Blow			N30	TCR%	SCR%	RQD%								
					00-15	15-30	30-45												
					00-15	15-30	30-45	N30	10	20	30	40	50	0	100	0	100	0	100
0.2																			
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
6.5																			
7																			
8																			
9																			
10																			
11																			
12																			
13																			
14																			
15																			
16																			
17																			
18																			
19																			
20																			

EK-14. SK-9 sondaj logu

EK-15		SONDAJ LOGU / BORING LOG				NO SK - 10										
						Sayfa/Page: 1/ 1										
İŞVEREN (OWNER):CEYHAN BELEDİYESİ				PROJE (PROJECT):CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI												
Mevkii (Location):OTOGAR YANI				Koord(Coord): X: 752603 Y: 4101920 Z: .5		Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY										
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 31.10.2007				Sondaj Der. (Boring Depth) : 15m		Sondör (Driller): GÖKHAN YÜZGEÇ										
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 31.10.2007				Su Seviyesi (Water Level) : 1.5m		Mühendis (Engineer): T.ŞAFAK URSAVAŞ										
DERİNLİK Depth-m	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	S P T					KAROT/CORE			Sınıf/Class Kot/Elevation	AÇIKLAMALAR (Explanations)		
					Darbe/Blow				N30	TCR%	SCR%	RQD%				
					00-15	15-30	30-45	45-60								
0.4	V V V														Bitkisel Toprak	
1																
2																
2.5																
3																
4																
4.5																
5																
6																
6.5																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																

EK-15. SK-10 sondaj logu

EK-16		SONDAJ LOGU/ BORING LOG										NO SK-1								
										Sayfa/Page: 1/1										
İŞVEREN (OWNER): CEYHAN BELEDİYESİ										PROJE (PROJECT): ZEMİN İYİLEŞTİRME ARAŞTIRMASI										
Mevkil (Location): HÜRRİYET MAHALLESİ					Koord(Coord): X: _____ Y: _____ Z: _____					Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY										
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 15.05.2008					Sondaj Der. (Boribg Depth) : 10 m					Sondör (Driller) : MUSTAFA YÜZGEÇ										
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 15.08.2008					Su Seviyesi (Water Level) : 2.5 m					Mühendis (Engineer): MELTEM AKDOĞAN										
Derinlik Depth	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	SPT				KAROT/CORE					Sınıf/ Class Kot/ Elevation	AÇIKLAMALAR (Explanations)					
					Darbe/ Blow			N30	TCR%	SCR%	RQD%									
					00-15	15-30	30-45													
								N30	10	20	30	40	50	0	100	0	100	0	100	
1																				Bitkisel Toprak
1.5		1.5	SPT 1	1	6	5	5	10												Az kumlu kil
2																				
3		3	SPT 2	2	5	7	7	14												Az killi kum
3.5																				
4		4.5	SPT 3	3	6	6	8	14												Grimsi Kahverengimsi kil
5																				
6		6	SPT 4	4	5	5	6	11												
7																				
8		7.5	SPT 5	5	8	9	9	18												
9		9	SPT 6	6	8	9	10	19												
10																				

EK-16. Jet Grout Yöntemi Sonrası SKJ-1 sondaj logu

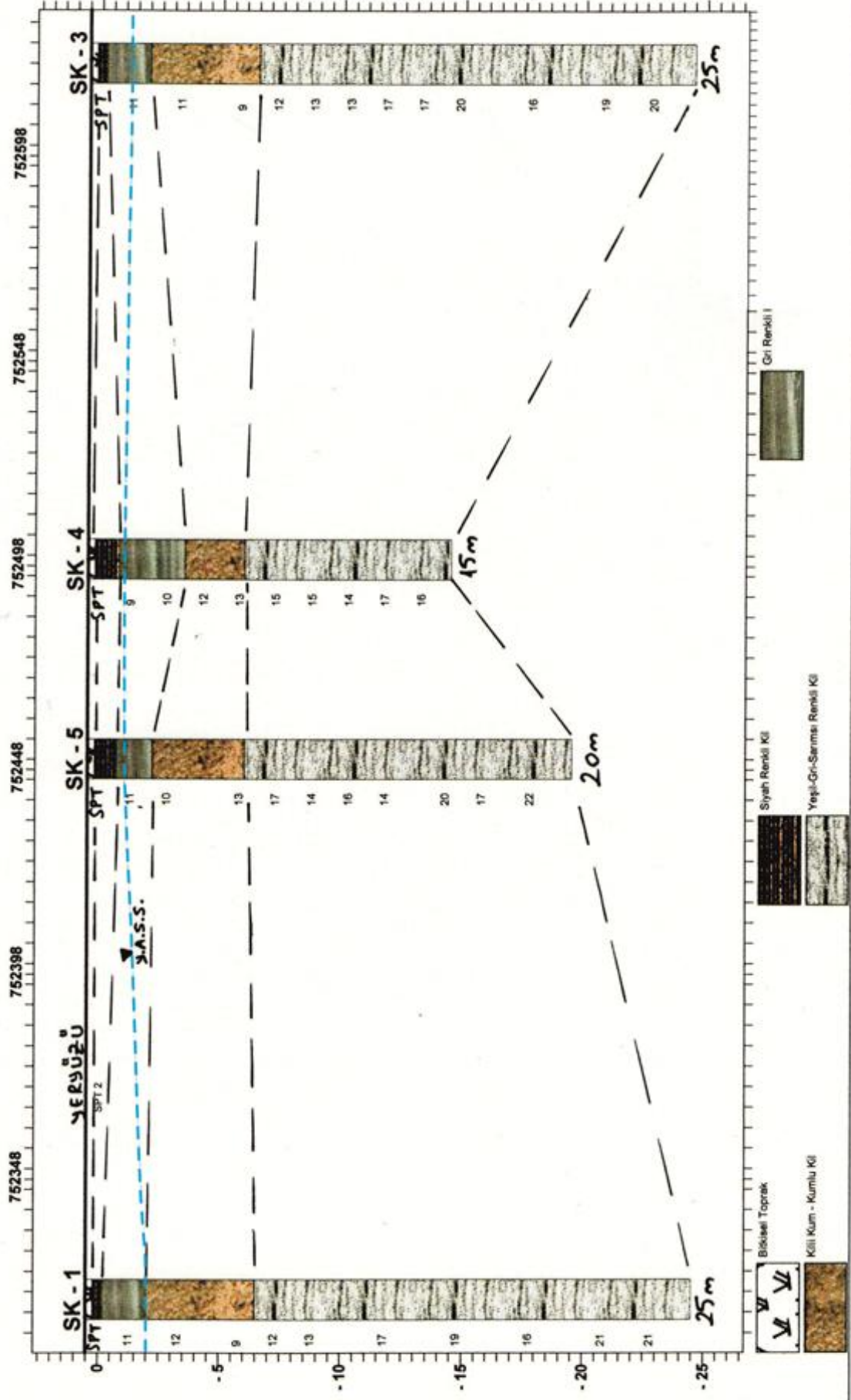
EK-17		SONDAJ LOGU/ BORING LOG										NO SK-2				
										Sayfa/Page: 1/1						
İŞVEREN (OWNER): CEYHAN BELEDİYESİ										PROJE (PROJECT): ZEMİN İYİLEŞTİRME ARAŞTIRMASI						
Mevkii (Location): HÜRRİYET MAHALLESİ					Koord(Coord): X: _____ Y: _____ Z: _____					Sondaj Tipi (Boring Type): ROTARY						
Baş. Tarihi (Begin. Date) : 17.05.2008					Sondaj Der. (Boribg Depth) : 10 m					Sondör (Driller) : MUSTAFA YÜZGEÇ						
Bit. Tarihi (Comp. Date) : 17.08.2008					Su Seviyesi (Water Level) : 2.5 m					Mühendis (Engineer): MELTEM AKDOĞAN						
Derinlik Depth	LİTOLOJİ Lithology	Derinlik Depth	Örnek Kodu Sample Code	NO	SPT					KAROT/CORE					Sınıf/ Class Kot/ Elevation	AÇIKLAMALAR (Explanations)
					Darbe/ Blow			N30	TCR%	SCR%	RQD%					
					00-15	15-30	30-45									
1															Bitkisel Toprak	
1.5		1.5	SPT 1	1	9	16	21	37							Az kumlu kil	
2																
3		3	SPT 2	2	6	9	9	18							Az killi kum	
3.5																
4		4.5	SPT 3	3	7	8	10	18							Grimsi Kahverengimsi kil	
5																
6		6	SPT 4	4	7	9	11	20								
7																
7.5		7.5	SPT 5	5	8	10	11	21								
8																
9		9	SPT 6	6	9	10	12	22								
10																

EK-17. Jet Grout Yöntemi Sonrası SKJ-2 sondaj logu

EK-18

SK - 1, SK - 5, SK - 4, SK - 3 ZEMİN KESİTİ (CROSS SECTION)

Proje Adı (Project Name) : CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI
İşveren (Owner) : CEYHAN BELEDİYESİ



EK-18. SK-1, SK-5, SK-4, SK-3 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti

EK-19

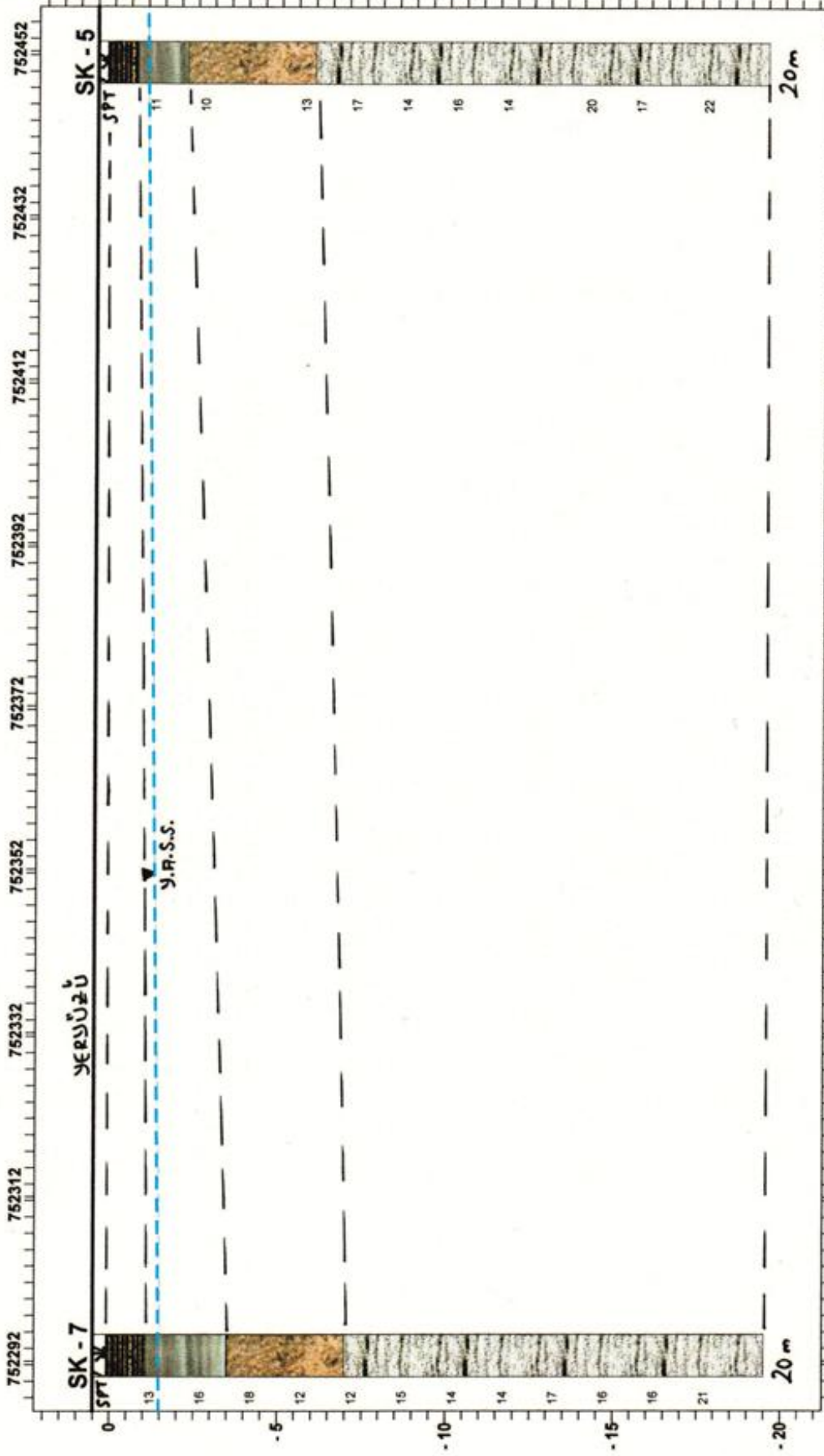
SK - 7, SK - 5 ZEMİN KESİTİ (CROSS SECTION)

Proje Adı (Project Name)

: CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI

İşveren (Owner)

: CEYHAN BELEDİYESİ



EK-19. SK-7 ve SK-5 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti

EK-20

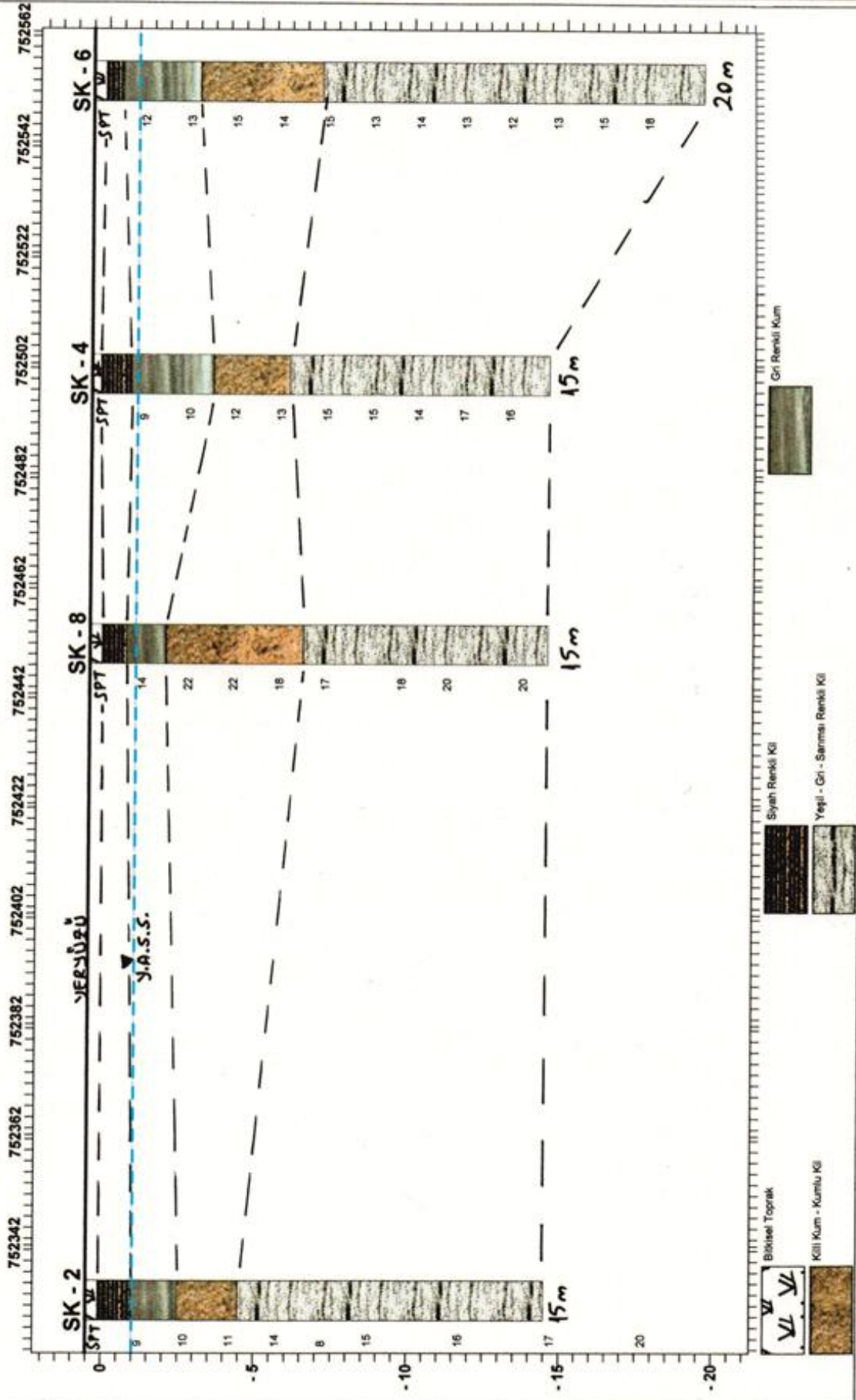
SK - 2, SK - 8, SK - 4, SK - 6 ZEMİN KESİTİ (CROSS SECTION)

Proje Adı (Project Name)

: CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI

İşveren (Owner)

: CEYHAN BELEDİYESİ



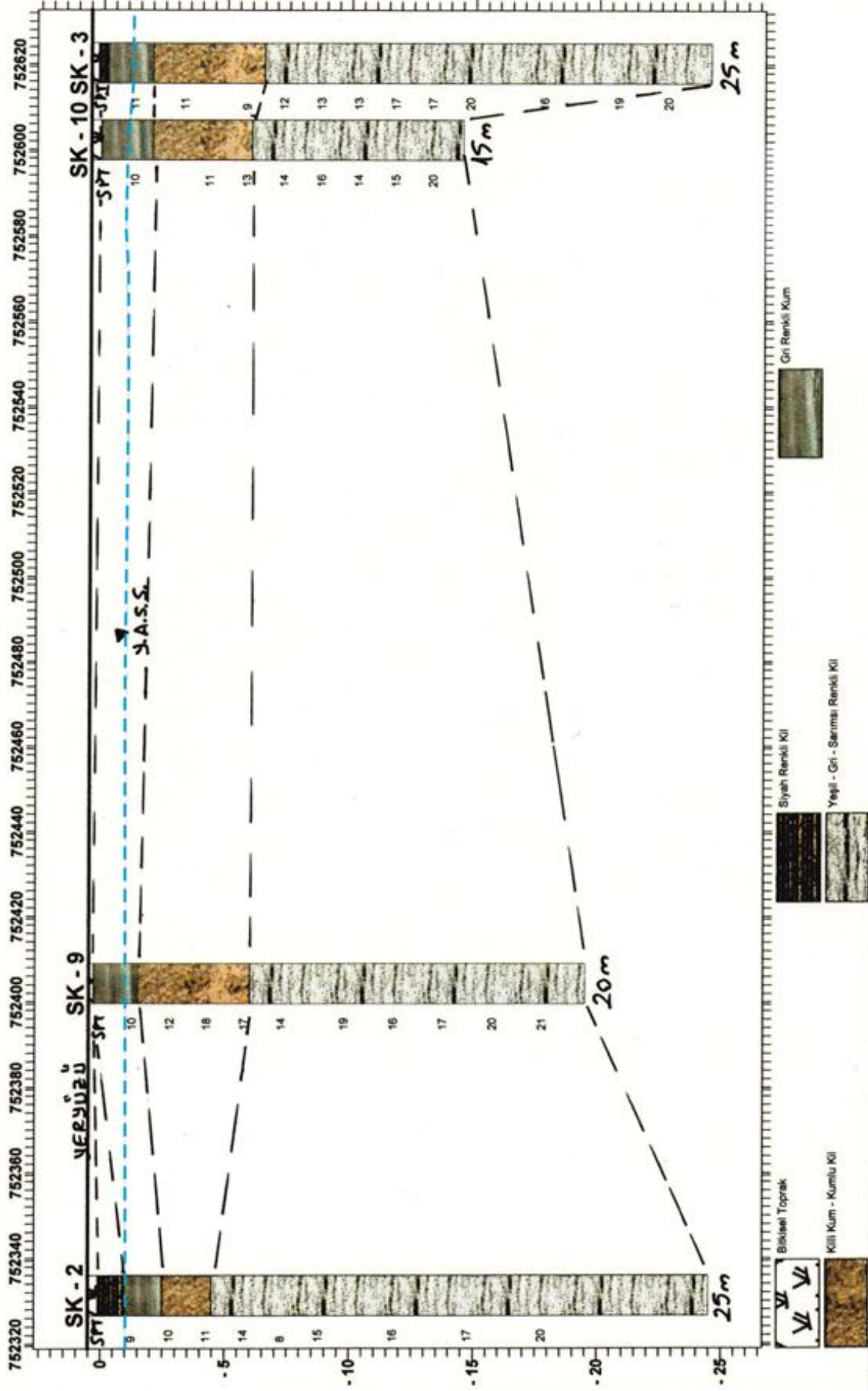
EK-20. SK-2, SK-8, SK-4, SK-6 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti

EK-21

SK - 2, SK - 9, SK - 10, SK - 3 ZEMİN KESİTİ (CROSS SECTION)

Proje Adı (Project Name)
İşveren (Owner)

: CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI
: CEYHAN BELEDİYESİ



EK-21. SK-2, SK-9, SK-10, SK-3 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti

EK-22

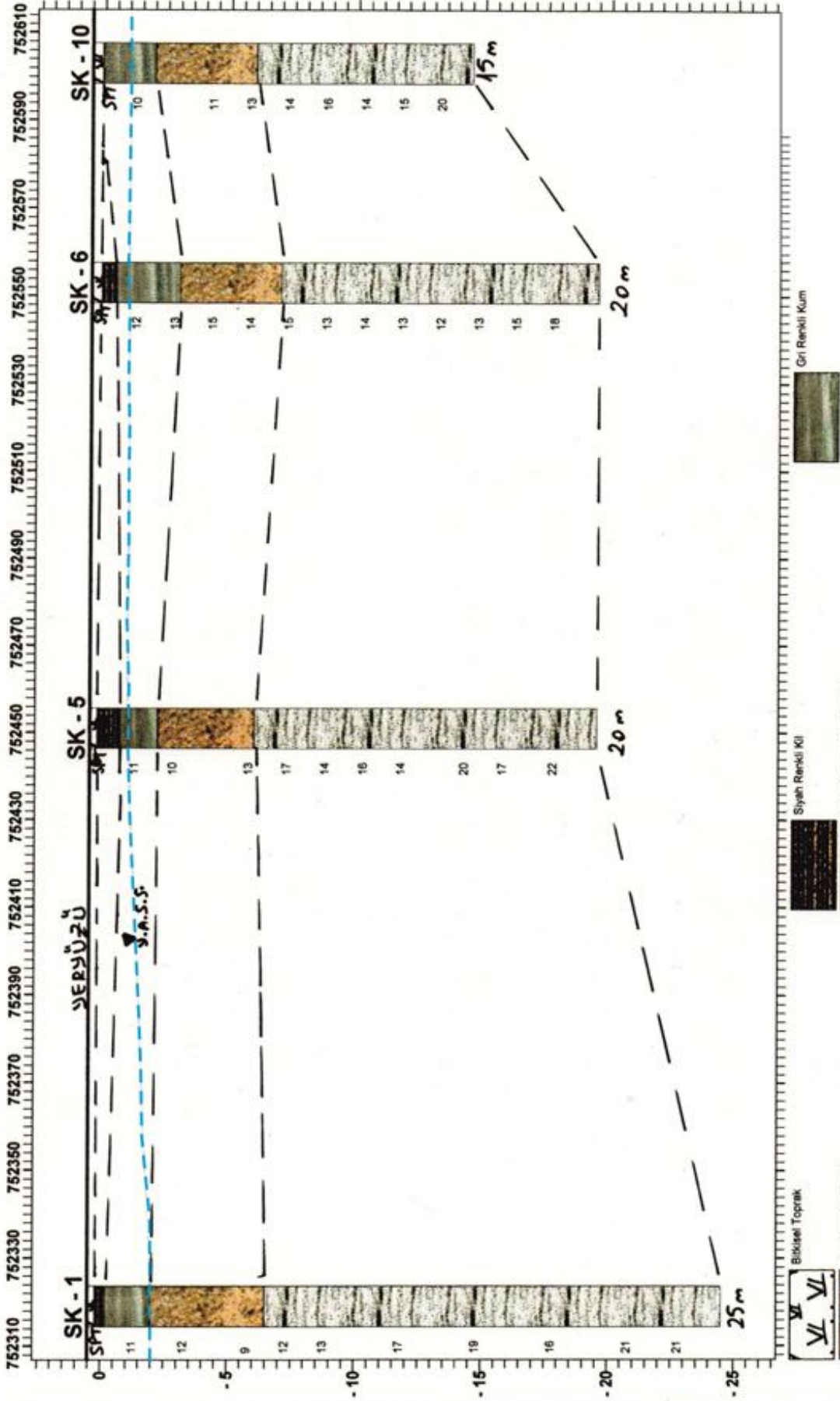
SK - 1, SK - 5, SK - 6, SK - 10 ZEMİN KESİTİ (CROSS SECTION)

Proje Adı (Project Name)

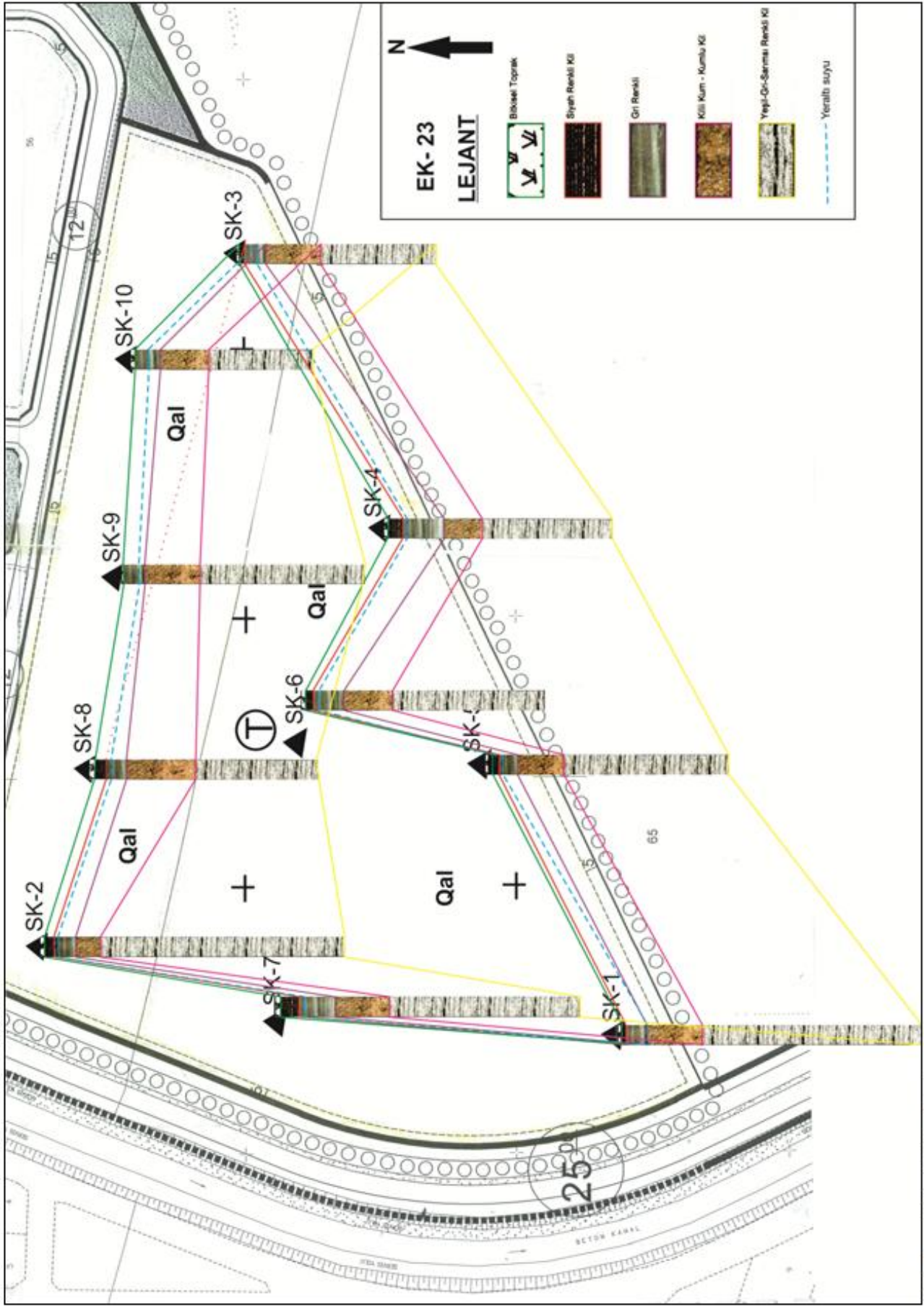
: CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT ALANI

İşveren (Owner)

: CEYHAN BELEDİYESİ



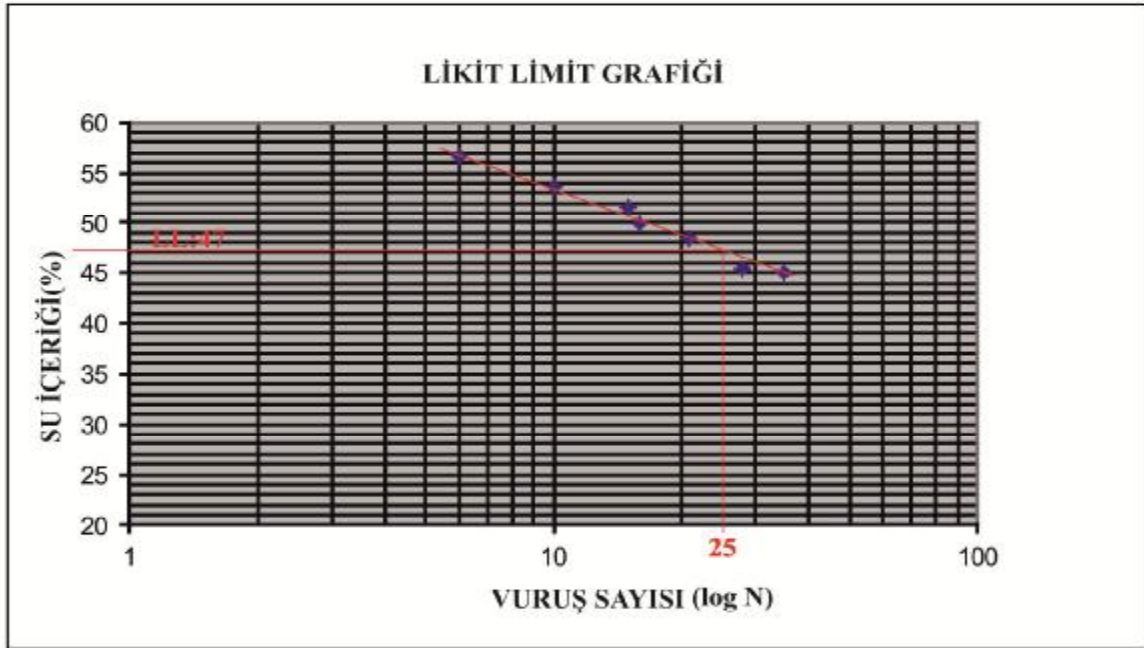
EK-22. SK-1, SK-5, SK-6, SK-10 Sondajlarına Ait Zemin Kesiti



EK-23 . Zemin Kestitlerinin Korelasyonu

	T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI	EK-24
LİKİT LİMİT, PLASTİK LİMİT VE PLASTİSİTE İNDİSİNİN BELİRLENMESİ		

NUMUNE	Enjeksiyonlu Numune									
NUMUNE LOKASYONU	Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi									
NUMUNE NO	1									
PROJE	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi									
DENEY TARİHİ	09.06.2009									
DENEYİ YAPAN	Jeo. Müh. Nurgül ŞEFLEK									
	LİKİT LİMİT DENEYİ							PLASTİK LİMİT DENEYİ		
	DENEY1	DENEY 2	DENEY 3	DENEY 4	DENEY 5	DENEY 6	DENEY7	DENEY1	DENEY2	DENEY3
Kap No	G21	G19	G12	G20	G6	G13	G18	Y5	G7	G8
Kap Ağırlığı (gr)	9,93	10,48	8,64	9,47	9,09	10,43	9,43	10,42	6,03	9,37
Kap+Yaş Numune (gr)	13,96	14,84	13,09	13,92	14,00	14,50	13,75	16,63	10,63	14,27
Kap+Kuru Numune (gr)	12,71	13,48	11,64	12,44	12,33	13,08	12,19	15,62	9,91	13,47
Kuru Numune Ağ. (gr)	2,78	3,00	3,00	2,97	3,24	2,65	2,76	5,20	3,88	4,10
Su Ağırlığı (gr)	1,25	1,36	1,45	1,48	1,67	1,42	1,56	1,01	0,72	0,80
Su İçeriği (%)	44,96	45,33	48,33	49,83	51,54	53,58	56,52	19,42	18,55	19,51
Vuruş Sayısı	35	28	21	16	15	10	6	-	-	-



SONUÇLAR	
Likit Limit (LL)	% 47,0
Plastik Limit (PL)	% 19,16
Plastisite İndisi (PI)	% 27,84
Zemin Tipi (USCS)	CL



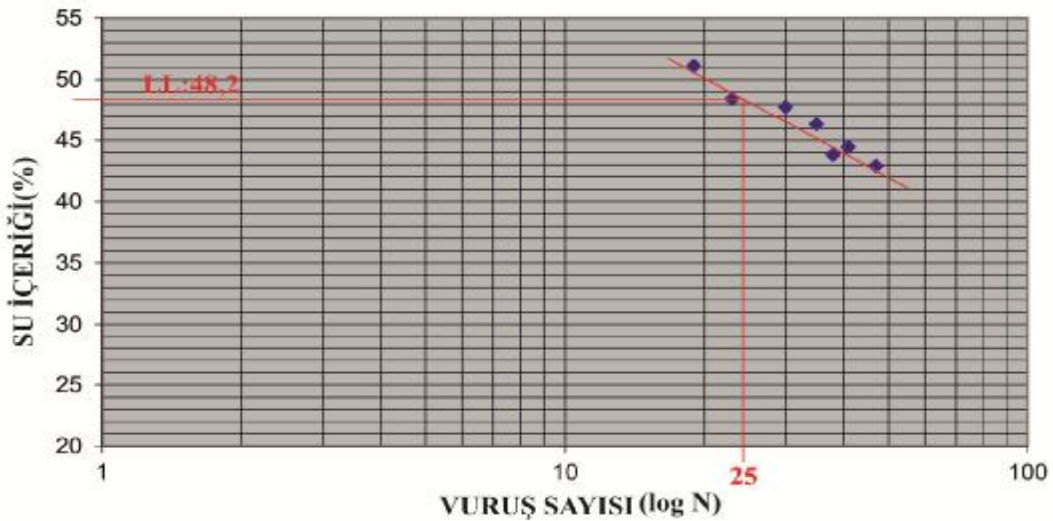
T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI

EK-25

LİKİT LİMİT, PLASTİK LİMİT VE PLASTİSİTE İNDİSİNİN BELİRLENMESİ

NUMUNE	Enjeksiyonsuz Numune									
NUMUNE LOKASYONU	Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi									
NUMUNE NO	1									
PROJE	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi									
DENEY TARİHİ	10.06.2009									
DENEYİ YAPAN	Jeo. Müh. Nurgül ŞEFLEK									
	LİKİT LİMİT DENEYİ							PLASTİK LİMİT DENEYİ		
	DENEY1	DENEY 2	DENEY 3	DENEY 4	DENEY 5	DENEY 6	DENEY7	DENEY1	DENEY2	DENEY3
Kap No	G9	G17	G19	G21	G12	G20	G6	Y5	G7	G8
Kap Ağırlığı (gr)	10,43	10,14	10,48	9,93	8,64	9,47	9,09	10,42	6,03	9,37
Kap+Yaş Numune (gr)	15,73	16,48	15,65	15,05	13,56	14,13	13,20	13,91	9,2	13,00
Kap+Kuru Numune (gr)	14,14	14,55	14,06	13,43	11,97	12,61	11,81	13,39	8,71	12,47
Kuru Numune Ağ. (gr)	3,71	4,41	3,58	3,50	3,33	3,14	2,72	2,97	2,68	3,10
Su Ağırlığı (gr)	1,59	1,93	1,59	1,62	1,59	1,52	1,39	0,52	0,49	0,53
Su İçeriği (%)	42,86	43,76	44,41	46,28	47,75	48,41	51,10	15,51	18,28	17,10
Vuruş Sayısı	47	38	41	35	30	23	19	-	-	-

LİKİT LİMİT GRAFİĞİ



SONUÇLAR	
Likit Limit (LL)	% 48,2
Plastik Limit (PL)	% 17,63
Plastisite İndisi (PI)	% 30,57
Zemin Tipi (USCS)	CL



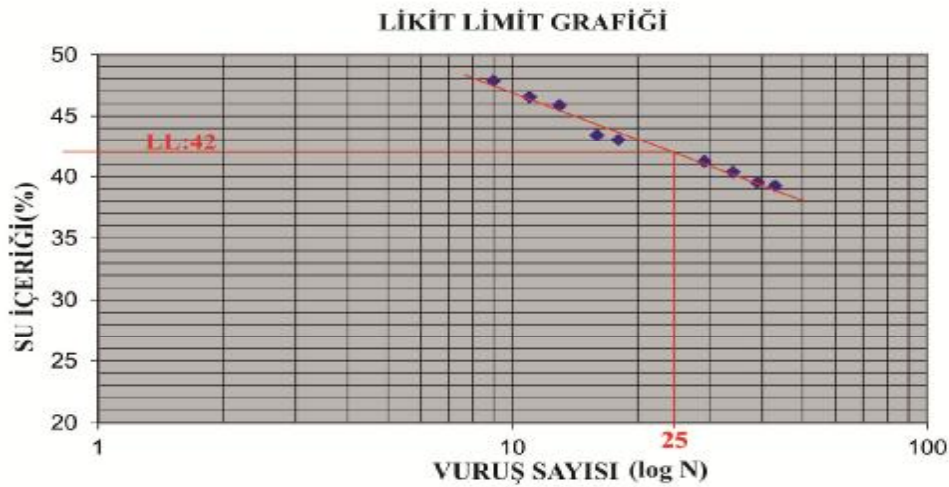
T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI

EK-26

LİKİT LİMİT, PLASTİK LİMİT VE PLASTİSİTE İNDİSİNİN BELİRLENMESİ

NUMUNE	Enjeksiyonlu Numune
NUMUNE LOKASYONU	Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi
NUMUNE NO	2
PROJE	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi
DENEY TARİHİ	12.06.2009
DENEYİ YAPAN	Geo. Müh. Nurgül ŞEFLEK

	LİKİT LİMİT DENEYİ									PLASTİK LİMİT DENEYİ		
	DENEY 1	DENEY 2	DENEY 3	DENEY 4	DENEY 5	DENEY 6	DENEY 7	DENEY 8	DENEY 9	DENEY1	DENEY2	DENEY3
Kap No	G9	G17	G19	G21	G12	G20	G6	G13	G18	Y5	G7	G8
Kap Ağırlığı (gr)	10,43	10,14	10,47	9,93	8,65	9,47	9,09	10,44	9,43	10,43	6,02	9,37
Kap+Yaş Numune (gr)	16,5	16,32	16,87	17,57	14,37	15,55	14,91	16,17	14,59	14,22	9,35	12,77
Kap+Kuru Numune (gr)	14,79	14,57	15,03	15,34	12,65	13,71	13,08	14,35	12,92	13,69	8,9	12,28
Kuru Numune Ağ. (gr)	4,36	4,43	4,56	5,41	4,00	4,24	3,99	3,91	3,49	3,26	2,88	2,91
Su Ağırlığı (gr)	1,71	1,75	1,84	2,23	1,72	1,84	1,83	1,82	1,67	0,53	0,45	0,49
Su İçeriği (%)	39,22	39,50	40,35	41,22	43,00	43,39	45,86	46,55	47,85	16,26	15,62	16,84
Vuruş Sayısı	43	39	34	29	18	16	13	11	9			



SONUÇLAR	
Likit Limit (LL)	% 42
Plastik Limit (PL)	% 16,24
Plastisite İndisi (PI)	% 25,76
Zemin Tipi (USCS)	CL

EK-26. Enjeksiyonlu numune 2. Atterberg deney sonucu



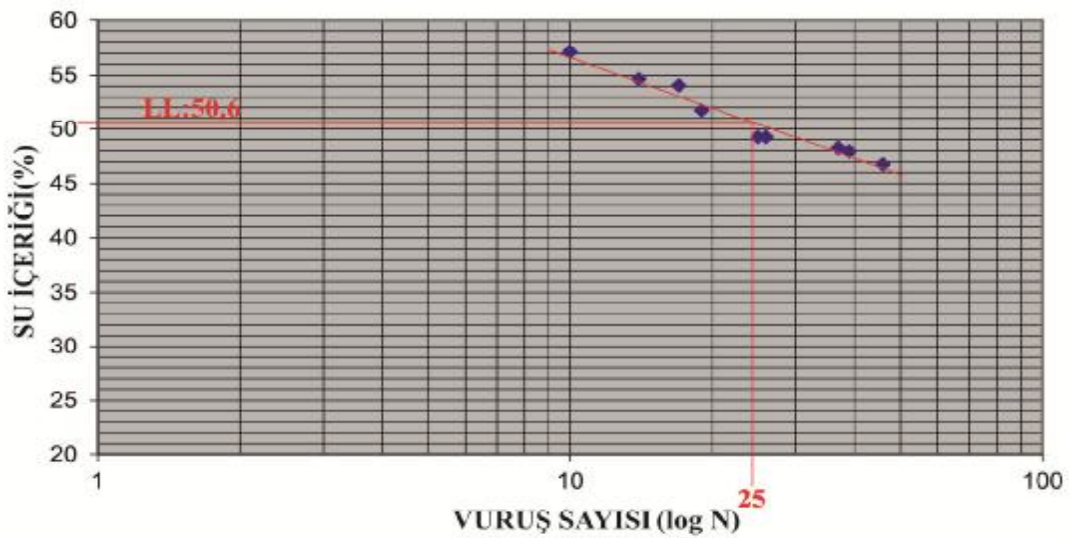
**T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI**

EK-27

LİKİT LİMİT, PLASTİK LİMİT VE PLASTİSİTE İNDİSİNİN BELİRLENMESİ

NUMUNE	Enjeksiyonsuz Numune											
NUMUNE LOKASYONU	Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi											
NUMUNE NO	2											
PROJE	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi											
DENEY TARİHİ	11.06.2009											
DENEYİ YAPAN	Jeo. Müh. Nurgül ŞEFLEK											
	LİKİT LİMİT DENEYİ									PLASTİK LİMİT DENEYİ		
	DENEY 1	DENEY 2	DENEY 3	DENEY 4	DENEY 5	DENEY 6	DENEY 7	DENEY 8	DENEY 9	DENEY1	DENEY2	DENEY3
Kap No	G9	G17	G19	G21	G12	G20	G6	G13	G18	Y5	G7	G8
Kap Ağırlığı (gr)	10,43	10,14	10,48	9,93	8,65	9,47	9,09	10,44	9,43	10,42	6,02	9,37
Kap+Yaş Numune (gr)	15,99	15,48	16,36	14,94	14,5	15,1	14,08	15,65	14,74	14,73	9,22	12,52
Kap+Kuru Numune (gr)	14,22	13,75	14,42	13,31	12,57	13,18	12,33	13,81	12,81	14,03	8,7	12,02
Kuru Numune Ağ. (gr)	3,79	3,61	3,94	3,38	3,92	3,71	3,24	3,37	3,38	3,61	2,67	2,65
Su Ağırlığı (gr)	1,77	1,73	1,94	1,63	1,93	1,92	1,75	1,84	1,93	0,70	0,52	0,50
Su İçeriği (%)	46,70	47,92	49,24	48,22	49,23	51,75	54,01	54,60	57,10	19,39	19,48	18,87
Vuruş Sayısı	46	39	26	37	25	19	17	14	10			

LİKİT LİMİT GRAFİĞİ



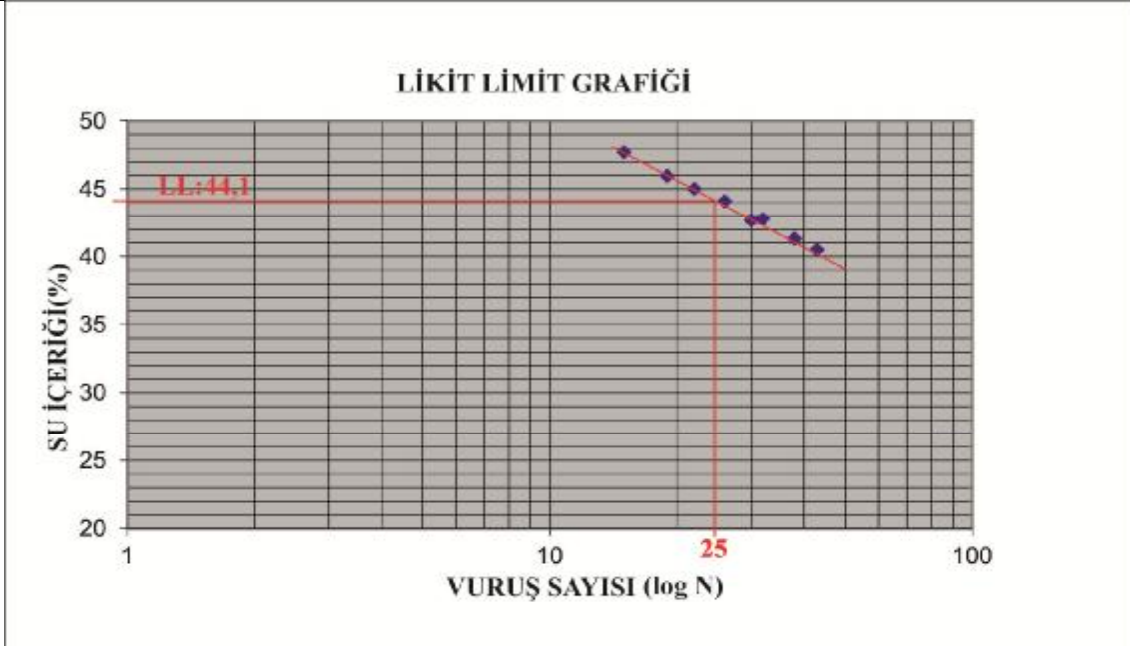
SONUÇLAR	
Likit Limit (LL)	% 50,6
Plastik Limit (PL)	% 19,24
Plastisite İndisi (PI)	% 31,35
Zemin Tipi (USCS)	CH

EK-27.Enjeksiyonsuz numune 2. Atterberg deney sonucu

	T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI	EK-28
LİKİT LİMİT, PLASTİK LİMİT VE PLASTİSİTE İNDİSİNİN BELİRLENMESİ		

NUMUNE	Enjeksiyonlu Numune
NUMUNE LOKASYONU	Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi
NUMUNE NO	3
PROJE	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi
DENEY TARİHİ	16.06.2009
DENEYİ YAPAN	Geo. Müh. Nurgül ŞEFLEK

	LİKİT LİMİT DENEYİ								PLASTİK LİMİT DENEYİ		
	DENEY1	DENEY2	DENEY3	DENEY4	DENEY5	DENEY6	DENEY7	DENEY8	DENEY1	DENEY2	DENEY3
Kap No	G9	G17	G19	G21	G12	G20	G6	G13	Y5	G7	G8
Kap Ağırlığı (gr)	10,48	9,42	9,09	9,47	10,14	8,65	10,46	9,93	10,43	9,38	6,03
Kap+Yaş Numune (gr)	16,97	15,51	15,4	15,59	16,45	13,84	15,48	14,73	15,17	13,19	9,53
Kap+Kuru Numune (gr)	15,1	13,73	13,51	13,76	14,52	12,23	13,9	13,18	14,49	12,67	9,06
Kuru Numune Ağ. (gr)	4,62	4,31	4,42	4,29	4,38	3,58	3,44	3,25	4,06	3,29	3,03
Su Ağırlığı (gr)	1,87	1,78	1,89	1,83	1,93	1,61	1,58	1,55	0,68	0,52	0,47
Su İçeriği (%)	40,48	41,30	42,76	42,66	44,06	44,97	45,93	47,69	16,75	15,80	15,51
Vuruş Sayısı	43	38	32	30	26	22	19	15			



SONUÇLAR	
Likit Limit (LL)	% 44,1
Plastik Limit (PL)	% 16,02
Plastisite İndisi (PI)	% 28,08
Zemin Tipi (USCS)	CL

EK-28. Enjeksiyonlu numune 3. Atterberg deney sonucu

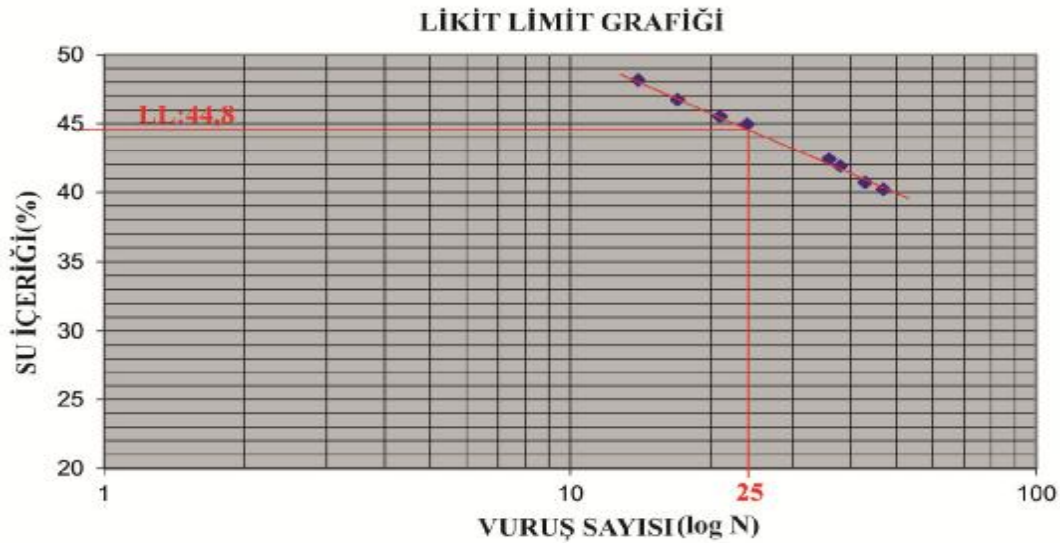


**T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI**

EK-29

LİKİT LİMİT, PLASTİK LİMİT VE PLASTİSİTE İNDİSİNİN BELİRLENMESİ

NUMUNE	Enjeksiyonsuz Numune										
NUMUNE LOKASYONU	Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi										
NUMUNE NO	3										
PROJE	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi										
DENEY TARİHİ	17.06.2009										
DENEYİ YAPAN	Jeo. Müh. Nurgül ŞEFLEK										
	LİKİT LİMİT DENEYİ								PLASTİK LİMİT DENEYİ		
	DENEY1	DENEY2	DENEY3	DENEY4	DENEY5	DENEY6	DENEY7	DENEY8	DENEY1	DENEY2	DENEY3
Kap No	G9	G17	G19	G20	G6	G13	G21	G18	Y5	G8	G7
Kap Ağırlığı (gr)	10,43	10,13	10,48	9,47	9,09	10,44	9,93	9,43	10,42	9,36	6,03
Kap+Yaş Numune (gr)	17,3	16,56	17,46	16,56	15,28	16,13	16,24	15,83	13,95	12,51	9,68
Kap+Kuru Numune (gr)	15,33	14,7	15,4	14,45	13,36	14,35	14,23	13,75	13,44	12,09	9,18
Kuru Numune Ağ. (gr)	4,90	4,57	4,92	4,98	4,27	3,91	4,30	4,32	3,02	2,73	3,15
Su Ağırlığı (gr)	1,97	1,86	2,06	2,11	1,92	1,78	2,01	2,08	0,51	0,42	0,50
Su İçeriği (%)	40,20	40,70	41,87	42,37	44,96	45,52	46,74	48,15	16,89	15,38	15,87
Vuruş Sayısı	47	43	38	36	24	21	17	14			



SONUÇLAR	
Likit Limit (LL)	% 44,8
Plastik Limit (PL)	% 16,05
Plastisite İndisi (PI)	% 28,75
Zemin Tipi (USCS)	CL

	T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI	EK-30
ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ		

Proje Adı: Döner Sermaye: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune no: Enjeksiyonlu Numune	Standart: ASTM D 854 – 02 (2003)	
Piknometre No: 1-250 ml	Deneyi Yapan: Jeo.Müh. Nurgül ŞEFLEK	Deney Tarihi: 14.07.2008

Özgül Ağırlık Deney Verileri			
Piknometre Ağırlığı (gr)	71.12	71.12	71.12
Piknometre Ağırlığı + Numune Ağırlığı (gr)	103.80	103.17	108.69
Numune Ağırlığı (gr)	32.68	32.05	37.57
Piknometre Ağırlığı + Numune Ağırlığı + Saf Su Ağırlığı (gr)	331.60	335.95	338.70
Piknometre Ağırlığı + Saf Su Ağırlığı (gr)	311.40	316.30	314.80
Sıcaklık (C⁰)	82.5	62	62,5
Suyun Bu Sıcaklıktaki Özgül Ağırlığı (Gw)	0.97025	0.9872	0,982
Özgül Ağırlık (Gs)	2.541	2.552	2.698

SONUÇLAR
Özgül Ağırlık: 2.597

EK-30. Enjeksiyonlunumune Özgül ağırlık deney sonucu

	T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ JEOLJİ MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI	EK-31
ÖZGÜL AĞIRLIK DENEYİ		

Proje Adı: Döner Sermaye: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune no: Enjeksiyonsuz Numune	Standart: ASTM D 854 – 02 (2003)	
Piknometre No: 1-250 ml	Deneyi Yapan: Jeo.Müh. Nurgül ŞEFLEK	Deney Tarihi: 30.07.2008

Özgül Ağırlık Deney Verileri			
Piknometre Ağırlığı (gr)	71.12	71.12	71.12
Piknometre Ağırlığı + Numune Ağırlığı (gr)	106.08	106.23	106.61
Numune Ağırlığı (gr)	34.96	35.11	35.49
Piknometre Ağırlığı + Numune Ağırlığı + Saf Su Ağırlığı (gr)	336.42	336.28	336.07
Piknometre Ağırlığı + Saf Su Ağırlığı (gr)	314.62	314.45	314.10
Sıcaklık (C⁰)	61.7	63.2	66.1
Suyun Bu Sıcaklıktaki Özgül Ağırlığı (Gw)	0.9822	0.9817	0,970
Özgül Ağırlık (Gs)	2.609	2.595	2.546

SONUÇLAR
Özgül Ağırlık: 2.583

EK-31. Enjeksiyonsuz numune Özgül ağırlık deney sonucu



Çukurova Üniversitesi Jeoloji Bölümü
Zemin Mekanikliği Laboratuvarı



EK-32

Tane Boyu Analizi

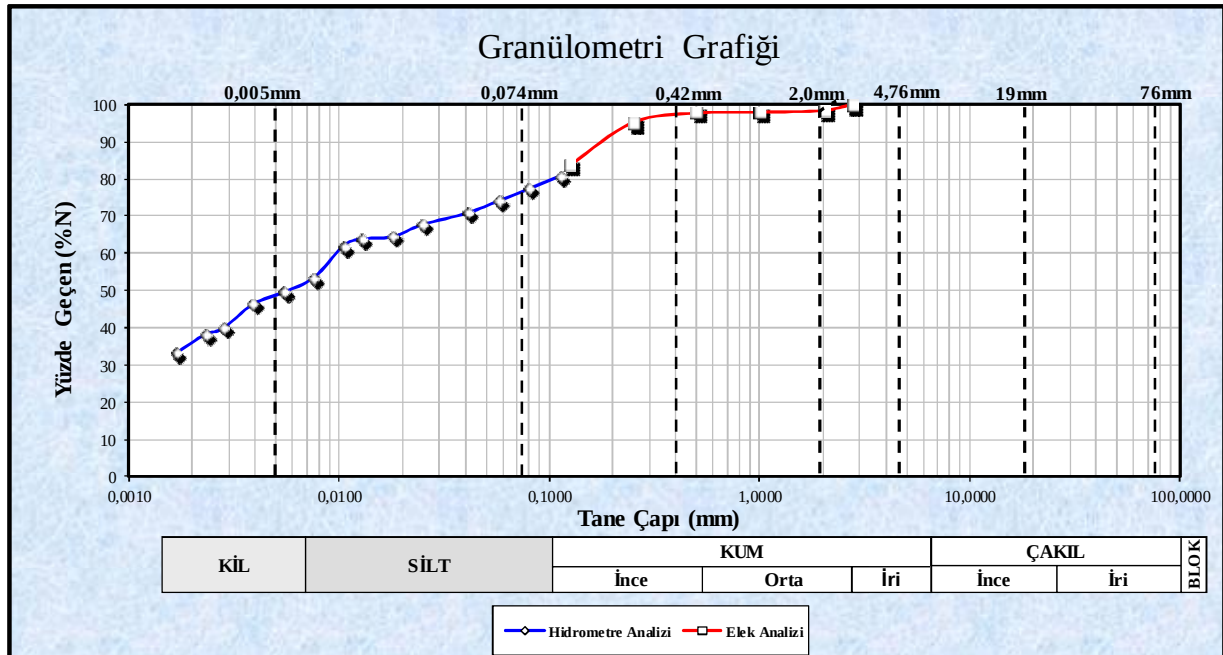
Proje	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi	Numune No	1
Derinlik	1 - 1,5 m		
Tarih	21.07.2008		
Alındığı Yer	Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi	Deneyi Yapan	Jeo.Müh Nurgül ŞEFLEK
Malzeme Saha No	Dolu numune (Jet grout)	Deney Standardı	ASTM

Hidrometre Analizi

Tarih	Okuma Zamanı	Zaman (sn)	Sıcaklık (oC)	Hidrometre Okuması (rs)	Hidrometre Düzeltmesi (r)	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Zr (cm)	Deney Esnasındaki Suyun Viskozitesi (μ)	Deney Esnasındaki Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γw)	Tane Çapı: D (mm)	N (%)
21.07.2008	12:36	15	28,50	1,0250	-0,00408	1,0209	11,95	0,00827	0,99609	0,11224	80,75
21.07.2008	12:36	30	28,50	1,0240	-0,00408	1,0199	12,20	0,00827	0,99609	0,08019	77,35
21.07.2008	12:37	60	28,50	1,0230	-0,00408	1,0189	12,46	0,00827	0,99609	0,05730	74,10
21.07.2008	12:38	120	28,50	1,0220	-0,00408	1,0179	12,63	0,00827	0,99609	0,04080	70,86
21.07.2008	12:41	300	28,50	1,021	-0,00409	1,0169	11,8	0,00827	0,99609	0,02494	67,71
21.07.2008	12:46	600	28,50	1,02	-0,0041	1,0159	12,05	0,00827	0,99609	0,01782	64,43
21.07.2008	12:56	1200	28,20	1,02	-0,00419	1,0158	12,1	0,00836	0,99618	0,01270	63,84
21.07.2008	13:06	1800	28,00	1,0195	-0,00424	1,0153	12,2	0,00836	0,99624	0,01041	61,86
21.07.2008	13:36	3600	27,90	1,017	-0,00429	1,0127	12,9	0,00836	0,99627	0,00757	53,47
21.07.2008	14:36	7200	27,50	1,016	-0,00438	1,0116	13,19	0,008455	0,99638	0,00544	49,56
21.07.2008	16:36	14400	27,50	1,015	-0,00438	1,0106	13,45	0,008455	0,99638	0,00389	46,31
21.07.2008	20:36	28800	27,50	1,013	-0,00438	1,0086	14	0,008455	0,99638	0,00280	39,81
22.06.2006	12:36	43200	27,50	1,0125	-0,00438	1,0081	14,1	0,008455	0,99638	0,00230	38,18
23.06.2006	13:14	86400	26,50	1,0115	-0,0047	1,0068	14,46	0,00865	0,99665	0,00166	33,01

Elek Analizi

Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Kap+Num Ağ. (gr)	Kap Ağ. (gr)	Elekte Kalan (gr)	Kalan %	Kümülatif %	Geçen %
4	2,74	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,00	25,76	26,57	0,81	1,62	1,62	98,38
18	1,00	25,55	25,79	0,24	0,48	2,10	97,90
35	0,500	30,1	30,2	0,1	0,20	2,30	97,70
60	0,250	24,85	26,11	1,26	2,52	4,82	95,18
120	0,13	35,66	41,42	5,76	11,52	16,34	83,66
200	0,07	27,94	29,66	1,72	3,44	19,78	80,22



Çakıl : % 0,0
Kum : % 19,8
Silt : % 30,7
Kil : % 49,6

Zemin Tipi: CL (Düşük Plastisiteli kil ve az kum)

Not

Bu deney ASTM standartlarına göre yapılmıştır.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (USCS) yöntemleri kullanılmıştır.

EK-32. Enjeksiyonlu numune 1.tane boyu analizi deney sonucu



Çukurova Üniversitesi Jeoloji Bölümü
Zemin Mekanikliği Laboratuvarı



EK-33

Tane Boyu Analizi

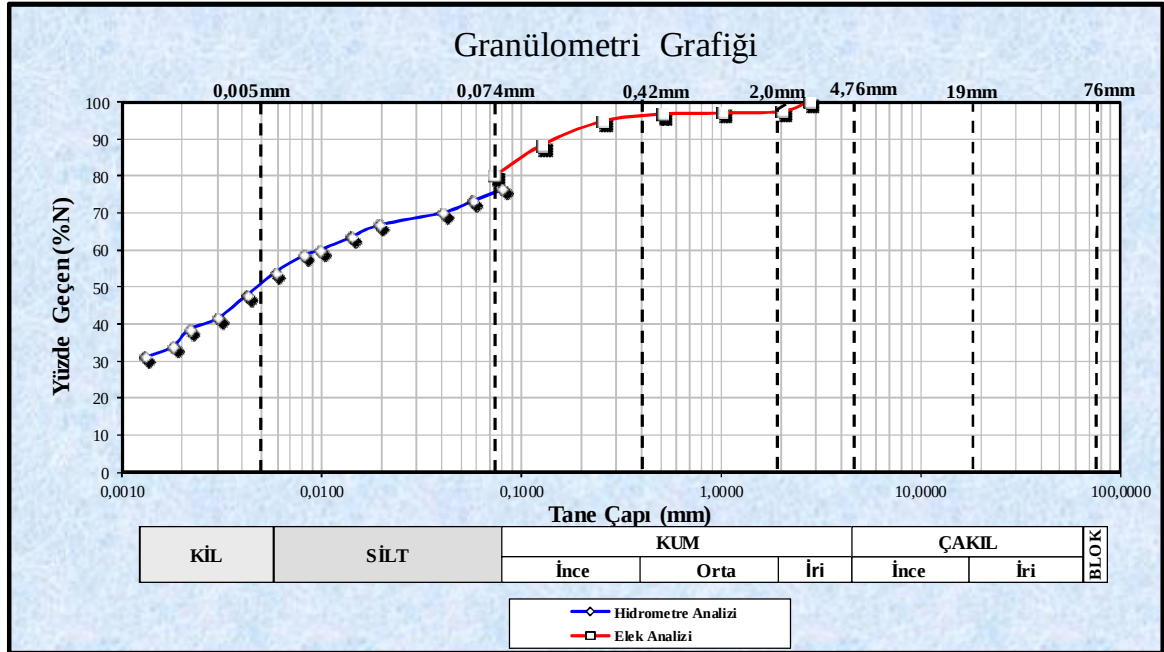
Proje	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi	Numune No	1
Derinlik	1 - 1,5 m		
Tarih	07.08.2008		
Alındığı Yer	Adana/ Ceyhan/Hüriyet Mahallesi	Deneyi Yapan	Jeo.Müh Nurgül ŞEFLEK
Malzeme Saha No	Boş numune	Deney Standardı	ASTM

Hidrometre Analizi

Tarih	Okuma Zamanı	Zaman (sn)	Sıcaklık (°C)	Hidrometre Okuması (rs)	Hidrometre Düzeltmesi (r)	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Zr (cm)	Deney Esnasındaki Suyun Viskozitesi (μ)	Deney Esnasındaki Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γw)	Tane Çapı: D (mm)	N (%)
07.08.2008	10:16	15	28,50	1,0260	-0,00411	1,0219	11,71	0,00827	0,99609	0,11170	79,41
07.08.2008	10:16	30	28,50	1,0250	-0,00411	1,0209	11,98	0,00827	0,99609	0,07989	76,34
07.08.2008	10:17	60	28,50	1,0240	-0,00411	1,0199	12,20	0,00827	0,99609	0,05701	73,26
07.08.2008	10:18	120	28,50	1,0230	-0,00411	1,0189	12,47	0,00827	0,99609	0,04075	70,18
07.08.2008	10:21	300	28,30	1,0220	-0,00418	1,0178	11,53	0,00836	0,99615	0,01930	66,70
07.08.2008	10:26	600	28,10	1,0210	-0,00421	1,0168	11,78	0,00836	0,99621	0,01380	63,35
07.08.2008	10:36	1200	28,00	1,0200	-0,00424	1,0158	12,00	0,00836	0,99624	0,00985	60,08
07.08.2008	10:46	1800	28,00	1,0195	-0,00424	1,0153	12,18	0,00836	0,99624	0,00810	58,54
07.08.2008	11:16	3600	28,00	1,0180	-0,00424	1,0138	12,60	0,00836	0,99624	0,00583	53,93
07.08.2008	12:16	7200	28,00	1,0160	-0,00424	1,0118	13,10	0,00836	0,99624	0,00420	47,77
07.08.2008	14:16	14400	28,00	1,0140	-0,00424	1,0098	13,63	0,00836	0,99624	0,00303	41,62
07.08.2008	18:16	28800	28,00	1,0130	-0,00424	1,0088	13,93	0,00836	0,99624	0,00217	38,54
07.08.2008	22:16	43200	28,00	1,0115	-0,00424	1,0073	14,36	0,00836	0,99624	0,00180	33,92
08.08.2008	10:16	86400	27,20	1,0110	-0,00450	1,0065	14,52	0,00855	0,99646	0,00129	30,90

Elek Analizi

Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Kap+Num Ağ. (gr)	Kap Ağ. (gr)	Elekte Kalan (gr)	Kalan %	Kümülatif %	Geçen %
4	2,74	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,00	31,46	30,1	1,36	2,56	2,56	97,44
18	1,00	25,98	25,76	0,22	0,41	2,98	97,02
35	0,500	35,81	35,66	0,15	0,28	3,26	96,74
60	0,250	26,62	25,55	1,07	2,02	5,28	94,72
120	0,13	28,32	24,85	3,47	6,54	11,82	88,18
200	0,07	28,9	24,65	4,25	8,01	19,83	80,17



Çakıl : % 0,0

Kum : % 19,8

Silt : % 26,2

Kil : % 53,9

Zemin Tipi: CL (Düşük Plastisiteli kil ve az kum)

Not

Bu deney ASTM standartlarına göre yapılmıştır.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (USCS) yöntemleri kullanılmıştır.



Çukurova Üniversitesi Jeoloji Bölümü
Zemin Mekaniği Laboratuvarı



EK-34

Tane Boyu Analizi

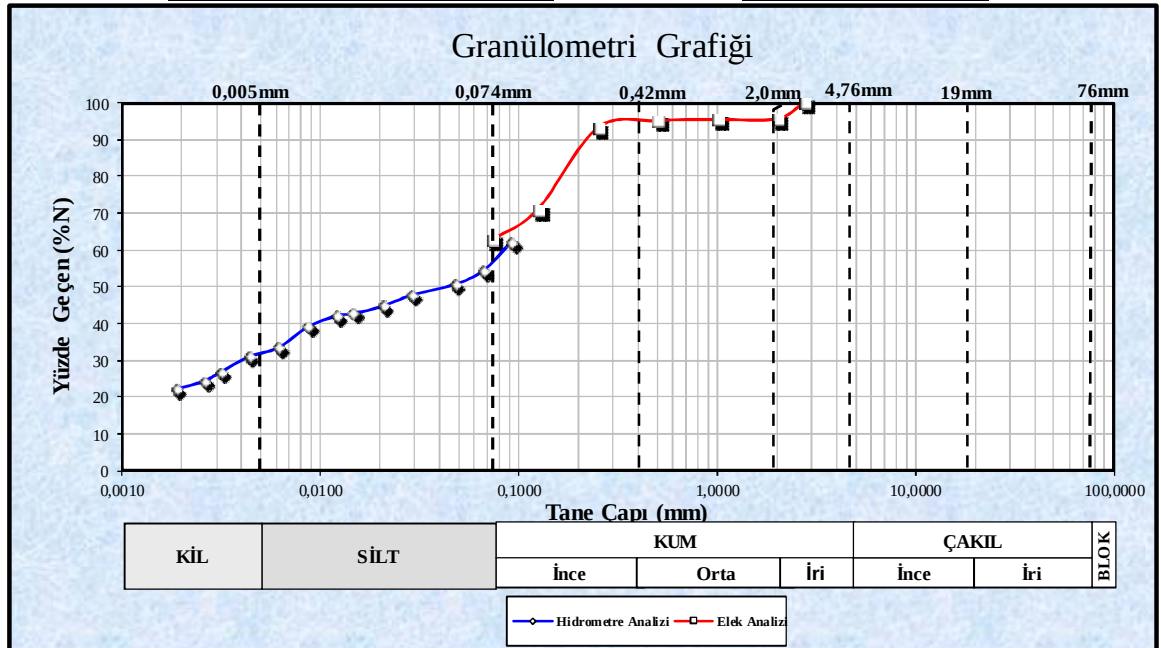
Proje	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi	Numune No	2
Derinlik	1 - 1,5 m		
Tarih	23.03.2009		
Alındığı Yer	Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi	Deneyi Yapan	Jeo.Müh Nurgül ŞEFLEK
Malzeme Saha No	Dolu numune (Jet grout)	Deney Standardı	ASTM

Hidrometre Analizi

Tarih	Okuma Zamanı	Zaman (sn)	Sıcaklık (oC)	Hidrometre Okuması (rs)	Hidrometre Düzeltmesi (r)	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Zr (cm)	Deney Esnasındaki Suyun Viskozitesi (μ)	Deney Esnasındaki Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γw)	Tane Çapı: D (mm)	N (%)
23.03.2009	09:49	15	17,90	1,0220	-0,00073	1,0213	11,90	0,0106	0,99862	0,12690	64,93
23.03.2009	09:49	30	17,90	1,0210	-0,00073	1,0203	12,40	0,0106	0,99862	0,09160	62,06
23.03.2009	09:50	60	17,90	1,0183	-0,00073	1,0176	12,89	0,0106	0,99862	0,06604	54,32
23.03.2009	09:51	120	17,90	1,0170	-0,00073	1,0163	13,20	0,0106	0,99862	0,04725	50,60
23.03.2009	09:54	300	17,80	1,0160	-0,00073	1,0153	12,19	0,0106	0,99863	0,02872	47,69
23.03.2009	09:59	600	17,60	1,0150	-0,00074	1,0143	12,45	0,0107	0,99867	0,02062	44,69
23.03.2009	10:09	1200	17,60	1,0143	-0,00074	1,0136	12,65	0,0107	0,99867	0,01470	42,69
23.03.2009	10:19	1800	18,00	1,0140	-0,00073	1,0133	12,70	0,0107	0,99860	0,01202	42,06
23.03.2009	10:49	3600	17,70	1,0130	-0,00074	1,0123	13,00	0,01082	0,99865	0,00865	39,03
23.03.2009	11:49	7200	18,00	1,0110	-0,00073	1,0103	13,49	0,0106	0,99860	0,00617	33,46
23.03.2009	13:49	14400	19,40	1,0100	-0,00069	1,0093	13,79	0,01035	0,99852	0,00436	30,95
23.03.2009	17:49	28800	19,50	1,0085	-0,00068	1,0078	14,25	0,01038	0,99850	0,00314	26,72
23.03.2009	21:49	43200	19,00	1,0076	-0,00070	1,0069	14,55	0,01034	0,99841	0,00258	24,35
24.08.2008	09:49	86400	18,00	1,0070	-0,00073	1,0063	14,60	0,0106	0,99860	0,00185	22,00

Elek Analizi

Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Kap+Num Ağ. (gr)	Kap Ağ. (gr)	Elekte Kalan (gr)	Kalan %	Kümülatif %	Geçen %
4	2,74	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,00	25,85	23,51	2,34	4,32	4,32	95,68
18	1,00	30,27	30,15	0,12	0,22	4,54	95,46
35	0,500	25,04	24,88	0,16	0,30	4,83	95,17
60	0,250	26,67	25,6	1,07	1,97	6,81	93,19
120	0,13	37,83	25,82	12,01	22,16	28,97	71,03
200	0,07	35,52	31,05	4,47	8,25	37,21	62,79



Çakıl : % 0,0
Kum : % 37,2
Silt : % 23,8
Kil : % 39,0

Zemin Tipi: CL (Kumlu düşük plastisiteli kil)

Not

Bu deney ASTM standartlarına göre yapılmıştır.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (USCS) yöntemleri kullanılmıştır.



Çukurova Üniversitesi Jeoloji Bölümü
Zemin Mekaniği Laboratuvarı



EK-35

Tane Boyu Analizi

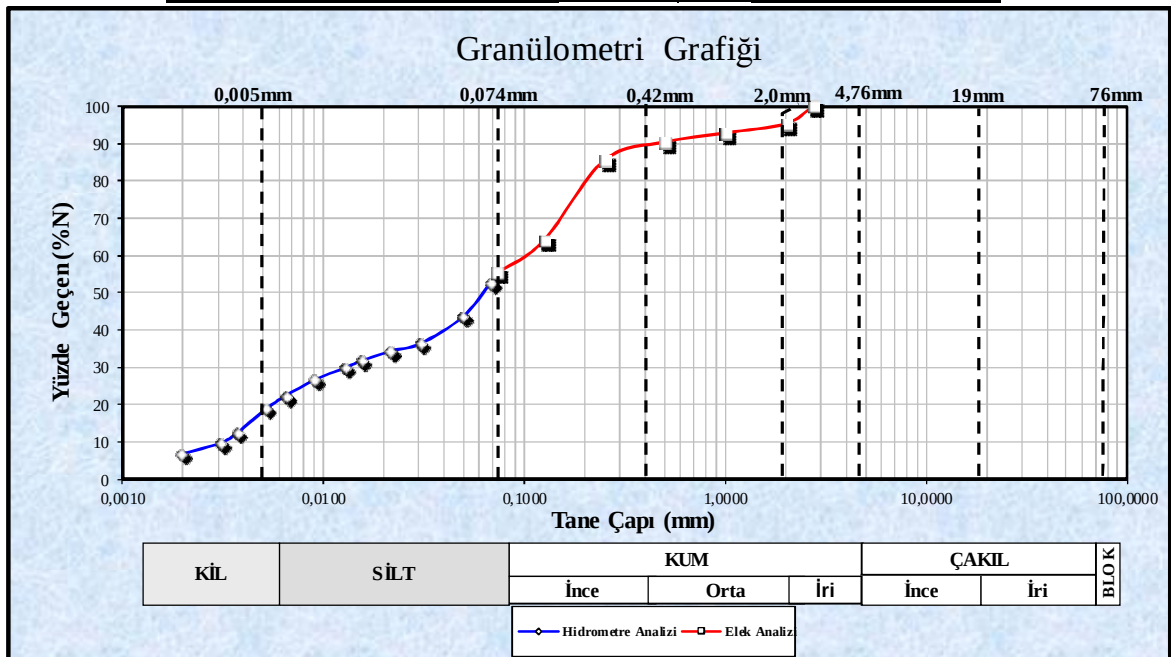
Proje	Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi	Numune No	2
Derinlik	1 - 1,5 m		
Tarih	23.03.2009		
Alındığı Yer	Adana/ Ceyhan/Hüriyet Mahallesi	Deneyi Yapan	Jeol.Müh Nurgül ŞEFLEK
Malzeme Saha No	Boş numune	Deney Standardı	ASTM

Hidrometre Analizi

Tarih	Okuma Zamanı	Zaman (sn)	Sıcaklık (°C)	Hidrometre Okuması (rs)	Hidrometre Düzeltmesi (r)	Düzeltilmiş Hidrometre Okuması	Zr (cm)	Deney Esnasındaki Suyun Viskozitesi (μ)	Deney Esnasındaki Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γw)	Tane Çapı: D (mm)	N (%)
23.03.2009	10:22	15	18,00	1,0230	-0,00725	1,0158	13,60	0,0106	0,99860	0,13627	50,90
23.03.2009	10:22	30	18,00	1,0230	-0,00725	1,0158	13,60	0,0106	0,99860	0,09636	52,79
23.03.2009	10:23	60	18,00	1,0230	-0,00725	1,0158	13,60	0,0106	0,99860	0,06813	52,79
23.03.2009	10:24	120	18,00	1,0200	-0,00725	1,0128	14,41	0,0106	0,99860	0,04959	43,55
23.03.2009	10:27	300	17,80	1,0175	-0,00707	1,0104	13,48	0,0106	0,99863	0,03034	36,32
23.03.2009	10:32	600	18,00	1,0170	-0,00725	1,0098	13,68	0,0106	0,99860	0,02161	34,32
23.03.2009	10:42	1200	17,80	1,0160	-0,00707	1,0089	13,90	0,0106	0,99863	0,01540	31,70
23.03.2009	10:52	1800	18,00	1,0155	-0,00725	1,0083	14,09	0,0106	0,99860	0,01266	29,70
23.03.2009	11:22	3600	18,00	1,0145	-0,00725	1,0073	14,35	0,0106	0,99860	0,00904	26,63
23.03.2009	12:22	7200	17,60	1,0130	-0,00710	1,0059	14,70	0,0106	0,99867	0,00647	22,25
23.03.2009	14:22	14400	19,40	1,0116	-0,00714	1,0045	15,09	0,0134	0,99833	0,00521	18,87
23.03.2009	18:22	28800	19,50	1,0095	-0,00715	1,0024	15,62	0,0134	0,99831	0,00375	12,44
23.03.2009	22:22	43200	19,00	1,0086	-0,00705	1,0016	15,81	0,0134	0,99841	0,00308	9,67
24.03.2009	10:22	86400	18,00	1,0080	-0,00725	1,0008	16,08	0,0106	0,99860	0,00195	6,62

Elek Analizi

Elek No	Elek Açıklığı (mm)	Kap+Num Ağ. (gr)	Kap Ağ. (gr)	Elekte Kalan (gr)	Kalan %	Kümülatif %	Geçen %
4	2,74	0	0	0,00	0,00	0,00	100,00
10	2,00	32,19	29,7	2,49	4,62	4,62	95,38
18	1,00	31,05	29,7	1,35	2,50	7,12	92,88
35	0,500	30,85	29,56	1,29	2,39	9,51	90,49
60	0,250	30,79	28,14	2,65	4,91	14,42	85,58
120	0,13	35,61	23,95	11,66	21,61	36,03	63,97
200	0,07	38,4	33,74	4,66	8,64	44,67	55,33



Çakıl : % 0,0

Kum : % 39,1

Silt : % 38,6

Kil : % 22,3

Zemin Tipi: CL(Kumlu düşük plastisiteli kil)

Not

Bu deney ASTM standartlarına göre yapılmıştır.

Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (USCS) yöntemleri kullanılmıştır.

Ana Bölümler		Grup Simgeler (*)	Tipik Adlamalar	Arazide tanıma yöntemleri				
1	2		3	4	5			
İri taneli zeminler Malzemenin Yarıdan çoğu 200 No.lu Elek çapından (0,075 mm) büyük	Çakıl İri fraksiyonunun yarıdan çoğu 4 No.lu elek çapından (4,75 mm) daha büyük	Temiz Çakıl (çok az veya sıfır ince tane)	GW	İyi derecelenmiş çakıl, çakıl kum karışımı, sıfır veya çok az ince tane	Tane boyunda geniş aralıklar ve tüm orta boy taneler önemli miktarda			
			GP	Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl kum karışımı, sıfır veya çok az ince tane	Bazı ara boyların eksik olduğu tek boy veya bir dizi boylar egemen			
			GM	Siltli çakıl, çakıl-kum-silt karışımı	Plastik olmayan ince taneler veya düşük plastisiteli ince taneler (teşhis yöntemleri için aşağıda ML'ye bakınız)			
			GC	Killi çakıl, çakıl-kum-kil karışımı	Plastik ince taneler (teşhis yöntemleri için aşağıda CL'ye bakınız)			
		Kum İri fraksiyonunun yarıdan çoğu 4 No.lu elek çapından (4,75 mm) daha küçük (Görsel sınıflandırma için 5 mm No.lu elek çapına eşdeğer kabul edilebilir)	Temiz Kum (çok az veya sıfır ince tane)	SW	İyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, sıfır veya çok az ince tane	Tane boylarında geniş aralık ve ara partikül boyları önemli miktarda		
				SP	Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, sıfır veya çok az ince tane	Bazı ara boyların eksik olduğu tek boy veya bir dizi boylar egemen		
			İnce tane içeren Kum (önemli miktarda ince tane)	SM	Siltli kum, kum-silt karışımı	Plastik olmayan ince taneler veya düşük plastisiteli ince taneler (teşhis yöntemleri için aşağıda ML'ye bakınız)		
				SC	Killi kum, kum-kil karışımı	Plastik ince taneler (teşhis yöntemleri için aşağıda CL'ye bakınız)		
	İnce taneli zeminler Malzemenin Yarıdan çoğu 200 No.lu Elek çapından (0,075 mm) 200 No.lu elek çapı yaklaşık olarak çıplak gözle görülebilir en küçük partiküldür	Silt veya Kil Likit Limit 50'den küçük			40 No.lu Elek Çapından Küçük Fraksiyonları Tanıma Yöntemleri			
					Kuru dayanım (ezilme karakteristikleri)	Dilatans (sarsmaya tepki)	Sağlamlık (Kıvam PL yakınında)	
			ML	İnorganik silt ve çok ince kum, kaya unu, siltli veya killi ince kum veya çok az plastisiteli killi silt	Yok – çok az	Çabuk – yavaş	Yok	
			CL	Düşük-orta plastisiteli inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, yağlı kil	Orta – yüksek	Yok – çok yavaş	Orta	
			OL	Düşük plastisiteli organik silt ve organik siltli kil	Çok az – orta	Yavaş	Çok az	
			Silt veya Kil Likit Limit 50'den büyük	MH	İnorganik silt, mikalı veya diatomeli ince kumlu veya siltli zemin, elastik silt	Çok az – orta	Yavaş – yok	Az – orta
CH		Yüksek plastisiteli inorganik kil, yağlı kil		Yüksek – çok yüksek	Yok	Yüksek		
OH		Orta-yüksek plastisiteli organik kil, organik silt		Orta – yüksek	Yok – çok yavaş	Az – orta		
İleri Derecede Organik Zeminler		Pt	Turba ve diğeri ileri derece organik zeminler	Renk, koku, süngerimsi his ve çoğu zaman da lifli yapılarıyla kolayca tanınırlar				

EK-36. Birleşik Zemin Sınıflama Sistemi

Laboratuar Sınıflama Kriterleri

6

Tane boyu eğrisinden çakıl ve kumun yüzdeleri tanımlayınız. İnce tane yüzdesine (200 No.lu elekten geçen fraksiyona) bağlı olarak iri taneli zeminler şöyle sınıflanır:
%5'den az : GW, GP, SW, SP
%12'den çok: GM, GC, SM, SC
%5-12 arası: İkili simge kullanımı gerektiren sınır durumları

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad 4\text{'den büyük}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad 1 \text{ ile } 3 \text{ arasında}$$

GW için tüm gradasyon şartları sağlanmaz

Atterberg limitleri A hattının altında veya PI 4'den küçük

Atterberg limitleri A hattının üstünde veya PI 7'den büyük

A hattının üstünde ve PI 4 ile 7 arasında ise ikili simge kullanımı gerektiren sınır durumu

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad 6\text{'dan büyük}$$

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}} \quad 1 \text{ ile } 3 \text{ arasında}$$

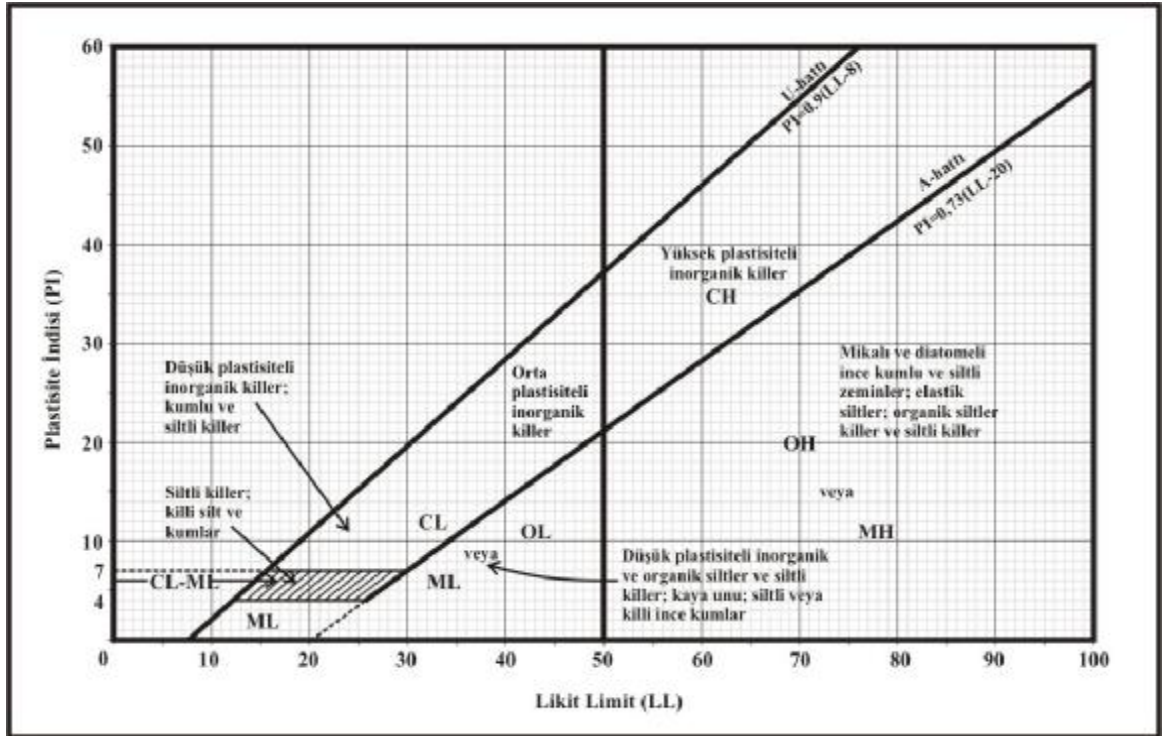
SW için tüm gradasyon şartları sağlanmaz

Atterberg limitleri A hattının altında veya PI 4'den küçük

Atterberg limitleri A hattının üstünde veya PI 7'den büyük

PI 4 ile 7 arasında ve limitler taralı alana düşerse ikili simge kullanımı gerektiren sınır durumu

İnce taneli zeminlerin laboratuar sınıflaması için Plastisite Abağı





T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI

EK-37

SERBEST BASINÇ (TEK EKSENLİ) DENEYİ

Proje adı: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune: Enjeksiyonlu Numune	Numune no: 1	Derinlik: 1,5 m
Numunenin tanımı: CL		
Deney alet no: D.S. 04-38	Kuvvet halkası no: 1	Kuvvet halkası sabiti (k): 1,676
Toplam geçen zaman: 6 dk 10 sn	Yükleme hızı: 0,5 mm/dk	Çevre basıncı (σ_3): 0
Deformasyon okuması 1birimi: 0,01mm		Deney tarihi: 2008
Deneyi yapanlar: Jeo.Müh.Nurgül ŞEFLEK		

Numune ile ilgili bilgiler Numune Türü: T Örselenmemiş £ Örselenmiş																													
<table><tr><th colspan="3">Numunenin Boyutları</th></tr><tr><th>Ölçüm no</th><th>Çapı: D₀ (cm)</th><th>Boy: L₀ (cm)</th></tr><tr><td>1</td><td>4.75</td><td>11.42</td></tr><tr><td>2</td><td>4.73</td><td>11.42</td></tr><tr><td>3</td><td>4.76</td><td>11.42</td></tr><tr><td>Ortalama</td><td>4.75</td><td>11.42</td></tr></table> <table><tr><td>Boy/Çap (L/D)</td><td>2,406</td><td>Birimsiz</td></tr><tr><td>Alan (A₀)</td><td>17,696</td><td>cm²</td></tr><tr><td>Hacim (V₀)</td><td>202,085</td><td>cm³</td></tr></table>			Numunenin Boyutları			Ölçüm no	Çapı: D ₀ (cm)	Boy: L ₀ (cm)	1	4.75	11.42	2	4.73	11.42	3	4.76	11.42	Ortalama	4.75	11.42	Boy/Çap (L/D)	2,406	Birimsiz	Alan (A ₀)	17,696	cm ²	Hacim (V ₀)	202,085	cm ³
Numunenin Boyutları																													
Ölçüm no	Çapı: D ₀ (cm)	Boy: L ₀ (cm)																											
1	4.75	11.42																											
2	4.73	11.42																											
3	4.76	11.42																											
Ortalama	4.75	11.42																											
Boy/Çap (L/D)	2,406	Birimsiz																											
Alan (A ₀)	17,696	cm ²																											
Hacim (V ₀)	202,085	cm ³																											
-																													

Numunenin yenilme taslağı

SU İÇERİĞİ TESPİTİ	Deney Başı Su İç. İçin	Deney Sonu Su İç. İçin	Birim	Formül
Kap no	G6	G13	Yok	Yok
Kap ağırlığı	9.09	10.45	gr	Tartım
Yaş num. ağı. + Kap ağı.	37.51	35.59	gr	Tartım
Kuru num. ağı.+ Kap ağı.	33.10	31.71	gr	Tartım
Su ağı.	4.41	3.88	gr	(Yaş num. ağı.+Kap ağı.) – (Kuru num. ağı.+Kap ağı.)
Kuru ağı.	24.01	21.26	gr	(Kuru num. ağı.+Kap ağı.) – (Kap ağı.)
Su İçeriği (W)	18.37	18.25	%	(Su ağı / Kuru ağı.) * 100

Özellik	Değer	Birim	Formül
Deney Başı Numune (Yaş) Ağırlığı	351.16	gr	Tartım
Deney Sonu Numune (Yaş) Ağırlığı	351.05	gr	Tartım
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2.597	gr/cm ³	Özgül ağırlık deneyinden
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1.000	gr/cm ³	Kabul
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	1,738	gr/cm ³	$\gamma_n = W_t / V_t$
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	1,468	gr/cm ³	$\gamma_k = [\gamma_n / (1 + W)]$
Porozite (n)	43,471	%	$n = [(\gamma_s - \gamma_k) / \gamma_s] * 100$
Boşluk Oranı (e)	0,769	Birimsiz	$e = [n / (1 - n)]$
Doygunluk Derecesi (S)	62,027	%	$S = [((1 - n) * \gamma_s * W) / n] * 100$
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,903	gr/cm ³	$\gamma_d = (\gamma_s + e * \gamma_w) / (1 + e)$
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,903	gr/cm ³	$\gamma_A = \gamma_d - \gamma_w$

SERBEST BASINÇ DENEYİ VERİSİ-JET GROUT(DOLU) NUMUNE-1							
Geçen Zaman (sn)	Kuvvet (Yük) Halkası Okuması	Kuvvet (Yük) (kg)	Deformasyon Okuması	Toplam Deformasyon (cm)	Birim Deformasyon (ϵ)	Düzeltilmiş Alan (A_d) (cm^2)	Serbest Basınç Gerilmesi (σ_1) (kg/cm^2)
0	0	0,000	0	0,000	0,000	17,696	0,000
15	1,5	2,514	10	0,010	0,001	17,712	0,142
30	2,5	4,190	20	0,020	0,002	17,727	0,236
45	3	5,028	30	0,030	0,003	17,743	0,283
60	4	6,704	40	0,040	0,004	17,758	0,378
75	5	8,380	50	0,050	0,004	17,774	0,471
90	6	10,056	60	0,060	0,005	17,789	0,565
105	7	11,732	70	0,070	0,006	17,805	0,659
120	8	13,408	80	0,080	0,007	17,821	0,752
135	9	15,084	90	0,090	0,008	17,837	0,846
150	10	16,760	100	0,100	0,009	17,852	0,939
165	12,5	20,950	125	0,125	0,011	17,892	1,171
180	16,5	27,654	150	0,150	0,013	17,932	1,542
195	19	31,844	175	0,175	0,015	17,971	1,772
210	22,9	38,380	200	0,200	0,018	18,011	2,131
225	26,5	44,414	225	0,225	0,020	18,052	2,460
240	30,2	50,615	250	0,250	0,022	18,092	2,798
255	34	56,984	275	0,275	0,024	18,133	3,143
270	37,5	62,850	300	0,300	0,026	18,173	3,458
285	41,2	69,051	325	0,325	0,028	18,214	3,791
300	44	73,744	350	0,350	0,031	18,255	4,040
315	47	78,772	375	0,375	0,033	18,297	4,305
330	49,8	83,465	400	0,400	0,035	18,338	4,551
345	51,6	86,482	425	0,425	0,037	18,380	4,705
360	53,9	90,336	450	0,450	0,039	18,422	4,904
375	55,7	93,353	475	0,475	0,042	18,464	5,056
390	57,9	97,040	500	0,500	0,044	18,506	5,244
405	59,5	99,722	525	0,525	0,046	18,549	5,376
420	61	102,236	550	0,550	0,048	18,591	5,499
435	62,9	105,420	575	0,575	0,050	18,634	5,657
450	64	107,264	600	0,600	0,053	18,677	5,743
465	65,4	109,610	625	0,625	0,055	18,721	5,855
480	66,7	111,789	650	0,650	0,057	18,764	5,958
495	67,9	113,800	675	0,675	0,059	18,808	6,051
510	68,5	114,806	700	0,700	0,061	18,852	6,090
525	69	115,644	725	0,725	0,063	18,896	6,120
540	69	115,644	750	0,750	0,066	18,940	6,106
555	69	115,644	775	0,775	0,068	18,984	6,092
570	68,5	114,806	800	0,800	0,070	19,029	6,033
585	67	112,292	825	0,825	0,072	19,074	5,887
600	65	108,940	850	0,850	0,074	19,119	5,698
615	63	105,588	875	0,875	0,077	19,164	5,510
630	60,5	101,398	900	0,900	0,079	19,210	5,278
645	57,5	96,370	925	0,925	0,081	19,256	5,005
660	54,5	91,342	950	0,950	0,083	19,302	4,732
675	52	87,152	975	0,975	0,085	19,348	4,504
690	50	83,800	1000	1,000	0,088	19,394	4,321
705	47,5	79,610	1025	1,025	0,090	19,441	4,095
720	45,5	76,258	1050	1,050	0,092	19,488	3,913
735	44,5	74,582	1075	1,075	0,094	19,535	3,818
750	44,1	73,912	1100	1,100	0,096	19,582	3,774

EK-37. Enejksiyonlu numune 1. Serbest basınç deney sonucu



T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI
SERBEST BASINÇ (TEK EKSENLİ) DENEYİ

EK-38

Proje adı: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune: Enjeksiyonsuz Numune	Numune no: 1	Derinlik: 1,5 m
Numunenin tanımı: CL		
Deney alet no: D.S. 04-38	Kuvvet halkası no: 1	Kuvvet halkası sabiti (k): 1,676
Toplam geçen zaman: 3 dk 85 sn	Yükleme hızı: 0,5 mm/dk	Çevre basıncı (σ_3): 0
Deformasyon okuması 1birimi: 0,01mm		Deney tarihi: 2008
Deneyi yapanlar: Jeo.Müh.Nurgül ŞEFLEK		

Numune ile ilgili bilgiler Numune Türü: T Örselenmemiş £ Örselenmiş																													
<table><tr><th colspan="3">Numunenin Boyutları</th></tr><tr><th>Ölçüm no</th><th>Çapı: D_0 (cm)</th><th>Boy: L_0 (cm)</th></tr><tr><td>1</td><td>4,63</td><td>10,79</td></tr><tr><td>2</td><td>4,63</td><td>10,79</td></tr><tr><td>3</td><td>4,63</td><td>10,79</td></tr><tr><td>Ortalama</td><td>4,63</td><td>10,79</td></tr></table> <table><tr><td>Boy/Çap (L/D)</td><td>2,330</td><td>Birimsiz</td></tr><tr><td>Alan (A_0)</td><td>16,837</td><td>cm²</td></tr><tr><td>Hacim (V_0)</td><td>181,666</td><td>cm³</td></tr></table>			Numunenin Boyutları			Ölçüm no	Çapı: D_0 (cm)	Boy: L_0 (cm)	1	4,63	10,79	2	4,63	10,79	3	4,63	10,79	Ortalama	4,63	10,79	Boy/Çap (L/D)	2,330	Birimsiz	Alan (A_0)	16,837	cm ²	Hacim (V_0)	181,666	cm ³
Numunenin Boyutları																													
Ölçüm no	Çapı: D_0 (cm)	Boy: L_0 (cm)																											
1	4,63	10,79																											
2	4,63	10,79																											
3	4,63	10,79																											
Ortalama	4,63	10,79																											
Boy/Çap (L/D)	2,330	Birimsiz																											
Alan (A_0)	16,837	cm ²																											
Hacim (V_0)	181,666	cm ³																											
-																													

Numunenin yenilme taslağı

SU İÇERİĞİ TESPİTİ	Deney Başı Su İç. İçin	Deney Sonu Su İç. İçin	Birim	Formül
Kap no	5	13	Yok	Yok
Kap ağırlığı	28,81	27,82	gr	Tartım
Yaş num. ağ. + Kap ağ.	74,11	66,6	gr	Tartım
Kuru num. ağ.+ Kap ağ.	66,25	60,3	gr	Tartım
Su ağ.	7,86	6,30	gr	(Yaş num. ağ.+Kap ağ.) – (Kuru num. ağ.+Kap ağ.)
Kuru ağ.	37,44	32,48	gr	(Kuru num. ağ.+Kap ağ.) – (Kap ağ.)
Su İçeriği (W)	20,99	19,40	%	(Su ağ / Kuru ağ.) * 100

Özellik	Değer	Birim	Formül
Deney Başı Numune (Yaş) Ağırlığı	353,800	gr	Tartım
Deney Sonu Numune (Yaş) Ağırlığı	353,26	gr	Tartım
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,583	gr/cm ³	Özgül ağırlık deneyinden
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,000	gr/cm ³	Kabul
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	1,948	gr/cm ³	$\gamma_n = W_t / V_t$
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	1,806	gr/cm ³	$\gamma_k = [\gamma_n / (1 + W)]$
Porozite (n)	30,096	%	$n = [(\gamma_s - \gamma_k) / \gamma_s] * 100$
Boşluk Oranı (e)	0,431	Birimsiz	$e = [n / (1 - n)]$
Doygunluk Derecesi (S)	47,156	%	$S = [((1 - n) * \gamma_s * W) / n] * 100$
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	2,107	gr/cm ³	$\gamma_d = (\gamma_s + e * \gamma_w) / (1 + e)$
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	1,107	gr/cm ³	$\gamma_A = \gamma_d - \gamma_w$

SERBEST BASINÇ DENEYİ VERİSİ- BOŞ NUMUNE-1							
Geçen Zaman (sn)	Kuvvet (Yük) Halkası Okuması	Kuvvet (Yük) (kg)	Deformasyon Okuması	Toplam Deformasyon (cm)	Birim Deformasyon (ϵ)	Düzeltilmiş Alan (A_d) (cm^2)	Serbest Basınç Gerilmesi (σ_1) (kg/cm^2)
0,0	0,0	0,000	0,0	0,000	0,000	16,837	0,000
15,0	4,0	6,704	10,0	0,010	0,001	16,853	0,398
30,0	7,0	11,732	20,0	0,020	0,002	16,868	0,696
45,0	10,0	16,760	30,0	0,030	0,003	16,884	0,993
60,0	12,0	20,112	40,0	0,040	0,004	16,900	1,190
75,0	17,0	28,492	50,0	0,050	0,005	16,915	1,684
90,0	18,0	30,168	60,0	0,060	0,006	16,931	1,782
105,0	20,0	33,520	70,0	0,070	0,006	16,947	1,978
120,0	22,0	36,872	80,0	0,080	0,007	16,963	2,174
135,0	23,0	38,548	90,0	0,090	0,008	16,979	2,270
150,0	25,0	41,900	100,0	0,100	0,009	16,995	2,466
165,0	26,5	44,414	110,0	0,110	0,010	17,010	2,611
180,0	27,0	45,252	120,0	0,120	0,011	17,026	2,658
195,0	29,0	48,604	130,0	0,130	0,012	17,042	2,852
210,0	30,0	50,280	140,0	0,140	0,013	17,058	2,948
225,0	31,0	51,956	150,0	0,150	0,014	17,074	3,043
240,0	31,5	52,794	160,0	0,160	0,015	17,090	3,089
255,0	32,0	53,632	170,0	0,170	0,016	17,107	3,135
270,0	32,0	53,632	180,0	0,180	0,017	17,123	3,132
285,0	32,0	53,632	190,0	0,190	0,018	17,139	3,129
300,0	32,0	53,632	200,0	0,200	0,019	17,155	3,126
315,0	32,0	53,632	210,0	0,210	0,019	17,171	3,123
330,0	32,0	53,632	220,0	0,220	0,020	17,187	3,120
345,0	32,0	53,632	230,0	0,230	0,021	17,204	3,117
360,0	31,5	52,794	240,0	0,240	0,022	17,220	3,066
375,0	31,0	51,956	250,0	0,250	0,023	17,236	3,014
390,0	30,5	51,118	260,0	0,260	0,024	17,253	2,963
405,0	30,0	50,280	270,0	0,270	0,025	17,269	2,912
420,0	29,8	49,945	280,0	0,280	0,026	17,286	2,889
435,0	29,0	48,604	290,0	0,290	0,027	17,302	2,809
450,0	28,0	46,928	300,0	0,300	0,028	17,319	2,710
465,0	27,5	46,090	310,0	0,310	0,029	17,335	2,659
480,0	26,0	43,576	320,0	0,320	0,030	17,352	2,511
495,0	25,0	41,900	330,0	0,330	0,031	17,368	2,412
510,0	24,0	40,224	340,0	0,340	0,032	17,385	2,314
525,0	23,5	39,386	350,0	0,350	0,032	17,401	2,263
540,0	22,5	37,710	360,0	0,360	0,033	17,418	2,165
555,0	22,0	36,872	370,0	0,370	0,034	17,435	2,115
570,0	21,5	36,034	380,0	0,380	0,035	17,452	2,065
585,0	21,0	35,196	390,0	0,390	0,036	17,468	2,015
600,0	20,5	34,358	400,0	0,400	0,037	17,485	1,965
615,0	20,0	33,520	410,0	0,410	0,038	17,502	1,915
630,0	19,0	31,844	420,0	0,420	0,039	17,519	1,818
645,0	18,5	31,006	430,0	0,430	0,040	17,536	1,768
660,0	18,0	30,168	440,0	0,440	0,041	17,553	1,719
675,0	17,5	29,330	450,0	0,450	0,042	17,570	1,669
690,0	17,0	28,492	460,0	0,460	0,043	17,587	1,620
705,0	16,5	27,654	470,0	0,470	0,044	17,604	1,571
720,0	16,0	26,816	480,0	0,480	0,044	17,621	1,522
735,0	15,0	25,140	490,0	0,490	0,045	17,638	1,425

EK-38. Enjeksiyonsuz numune 1. Serbest basınç deney sonucu



**T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI**

EK-39

SERBEST BASINÇ (TEK EKSENLİ) DENEYİ

Proje adı: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune: Enjeksiyonlu Numune	Numune no: 2	Derinlik: 1,5 m
Numunenin tanımı: CL		
Deney alet no: D.S. 04-38	Kuvvet halkası no: 1	Kuvvet halkası sabiti (k): 1,676
Toplam geçen zaman: 7 dk 33 sn	Yükleme hızı: 0,5 mm/dk	Çevre basıncı (σ_3): 0
Deformasyon okuması 1birimi: 0,01mm		Deney tarihi: 2008
Deneyi yapanlar: Jeo.Müh.Nurgül ŞEFLEK		

Numune ile ilgili bilgiler																				
Numune Türü: T Örselenmemiş £ Örselenmiş																				
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <th colspan="3">Numunenin Boyutları</th></tr> <tr> <th>Ölçüm no</th><th>Çapı: D_0 (cm)</th><th>Boy: L_0 (cm)</th></tr> <tr> <td>1</td><td>4,782</td><td>11,43</td></tr> <tr> <td>2</td><td>4,744</td><td>11,43</td></tr> <tr> <td>3</td><td>4,744</td><td>11,43</td></tr> <tr> <td>Ortalama</td><td>4,76</td><td>11,43</td></tr> </table>			Numunenin Boyutları			Ölçüm no	Çapı: D_0 (cm)	Boy: L_0 (cm)	1	4,782	11,43	2	4,744	11,43	3	4,744	11,43	Ortalama	4,76	11,43
Numunenin Boyutları																				
Ölçüm no	Çapı: D_0 (cm)	Boy: L_0 (cm)																		
1	4,782	11,43																		
2	4,744	11,43																		
3	4,744	11,43																		
Ortalama	4,76	11,43																		
<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td>Boy/Çap (L/D)</td><td>2,403</td><td>Birimsiz</td></tr> <tr> <td>Alan (A_0)</td><td>17,770</td><td>cm²</td></tr> <tr> <td>Hacim (V_0)</td><td>203,115</td><td>cm³</td></tr> </table>			Boy/Çap (L/D)	2,403	Birimsiz	Alan (A_0)	17,770	cm ²	Hacim (V_0)	203,115	cm ³									
Boy/Çap (L/D)	2,403	Birimsiz																		
Alan (A_0)	17,770	cm ²																		
Hacim (V_0)	203,115	cm ³																		
Numunenin yenilme taslağı																				

SU İÇERİĞİ TESPİTİ	Deney Başı Su İç. İçin	Deney Sonu Su İç. İçin	Birim	Formül
Kap no	G9	G20	Yok	Yok
Kap ağırlığı	10,43	9,47	gr	Tartım
Yaş num. ağı. + Kap ağı.	44,52	39	gr	Tartım
Kuru num. ağı.+ Kap ağı.	39,06	34,36	gr	Tartım
Su ağı.	5,46	4,64	gr	(Yaş num. ağı.+Kap ağı.) – (Kuru num. ağı.+Kap ağı.)
Kuru ağı.	28,63	24,89	gr	(Kuru num. ağı.+Kap ağı.) – (Kap ağı.)
Su İçeriği (W)	19,07	18,64	%	(Su ağı / Kuru ağı.) * 100

Özellik	Değer	Birim	Formül
Deney Başı Numune (Yaş) Ağırlığı	351,870	gr	Tartım
Deney Sonu Numune (Yaş) Ağırlığı	351,43	gr	Tartım
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,597	gr/cm ³	Özgül ağırlık deneyinden
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,000	gr/cm ³	Kabul
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	1,732	gr/cm ³	$\gamma_n = W_t / V_t$
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	1,643	gr/cm ³	$\gamma_k = [\gamma_n / (1 + W)]$
Porozite (n)	36,747	%	$n = [(\gamma_s - \gamma_k) / \gamma_s] * 100$
Boşluk Oranı (e)	0,581	Birimsiz	$e = [n / (1 - n)]$
Doygunluk Derecesi (S)	24,408	%	$S = [((1 - n) * \gamma_s * W) / n] * 100$
Suya Doymun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	2,010	gr/cm ³	$\gamma_d = (\gamma_s + e * \gamma_w) / (1 + e)$
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	1,010	gr/cm ³	$\gamma_A = \gamma_d - \gamma_w$

SERBEST BASINÇ DENEYİ VERİSİ-JET GROUT(DOLU) NUMUNE-2							
Geçen Zaman (sn)	Kuvvet (Yük) Halkası Okuması	Kuvvet (Yük) (kg)	Deformasyon Okuması	Toplam Deformasyon (cm)	Birim Deformasyon (ϵ)	Düzeltilmiş Alan (A_d) (cm^2)	Serbest Basınç Gerilmesi (σ_1) (kg/cm^2)
0	0,0	0,000	0	0,000	0,000	17,770	0,000
15	2,0	3,352	10	0,010	0,001	17,786	0,188
30	3,1	5,196	20	0,020	0,002	17,801	0,292
45	3,9	6,536	30	0,030	0,003	17,817	0,367
60	4,1	6,872	40	0,040	0,003	17,832	0,385
75	4,2	7,039	50	0,050	0,004	17,848	0,394
90	4,7	7,877	60	0,060	0,005	17,864	0,441
105	4,9	8,212	70	0,070	0,006	17,879	0,459
120	5,1	8,548	80	0,080	0,007	17,895	0,478
135	6,0	10,056	90	0,090	0,008	17,911	0,561
150	7,2	12,067	100	0,100	0,009	17,927	0,673
165	9,6	16,090	125	0,125	0,011	17,966	0,896
180	12,0	20,112	150	0,150	0,013	18,006	1,117
195	15,0	25,140	175	0,175	0,015	18,046	1,393
210	18,1	30,336	200	0,200	0,017	18,086	1,677
225	20,5	34,358	225	0,225	0,020	18,127	1,895
240	23,5	39,386	250	0,250	0,022	18,167	2,168
255	26,0	43,576	275	0,275	0,024	18,208	2,393
270	29,0	48,604	300	0,300	0,026	18,249	2,663
285	32,0	53,632	325	0,325	0,028	18,290	2,932
300	34,4	57,654	350	0,350	0,031	18,331	3,145
315	37,0	62,012	375	0,375	0,033	18,373	3,375
330	39,2	65,699	400	0,400	0,035	18,414	3,568
345	40,0	67,040	425	0,425	0,037	18,456	3,632
360	41,5	69,554	450	0,450	0,039	18,498	3,760
375	43,5	72,906	475	0,475	0,042	18,540	3,932
390	45,0	75,420	500	0,500	0,044	18,583	4,059
405	46,2	77,431	525	0,525	0,046	18,626	4,157
420	47,9	80,280	550	0,550	0,048	18,668	4,300
435	49,1	82,292	575	0,575	0,050	18,711	4,398
450	50,5	84,638	600	0,600	0,052	18,754	4,513
465	51,5	86,314	625	0,625	0,055	18,798	4,592
480	52,9	88,660	650	0,650	0,057	18,841	4,706
495	53,8	90,169	675	0,675	0,059	18,885	4,775
510	54,5	91,342	700	0,700	0,061	18,929	4,825
525	56,5	94,694	725	0,725	0,063	18,973	4,991
540	55,2	92,515	750	0,750	0,066	19,018	4,865
555	54,8	91,845	775	0,775	0,068	19,063	4,818
570	53,5	89,666	800	0,800	0,070	19,107	4,693
585	52,0	87,152	825	0,825	0,072	19,152	4,550
600	51,3	85,979	850	0,850	0,074	19,198	4,479
615	48,9	81,956	875	0,875	0,077	19,243	4,259
630	47,2	79,107	900	0,900	0,079	19,289	4,101
645	45,5	76,258	925	0,925	0,081	19,335	3,944
660	44,0	73,744	950	0,950	0,083	19,381	3,805
675	42,0	70,392	975	0,975	0,085	19,427	3,623
690	40,5	67,878	1000	1,000	0,087	19,474	3,486
705	37,5	62,850	1025	1,025	0,090	19,521	3,220

EK-39. Enjeksiyonlu numune 2. Serbest basınç deney sonucu



T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK MİMARLIK FAKÜLTESİ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI
SERBEST BASINÇ (TEK EKSENLİ) DENEYİ

EK-40

Proje adı: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune: Enjeksiyonsuz Numune	Numune no: 2	Derinlik: 1,5 m
Numunenin tanımı: CL		
Deney alet no: D.S. 04-38	Kuvvet halkası no: 1	Kuvvet halkası sabiti (k): 1,676
Toplam geçen zaman: 3 dk 10 sn	Yükleme hızı: 0,5 mm/dk	Çevre basıncı (σ_3): 0
Deformasyon okuması 1birimi: 0,01mm		Deney tarihi: 2008
Deneyi yapanlar: Jeo.Müh.Nurgül ŞEFLEK		

Numune ile ilgili bilgiler Numune Türü: T Örselenmemiş £ Örselenmiş																				
<table><tr><th colspan="3">Numunenin Boyutları</th></tr><tr><th>Ölçüm no</th><th>Çapı: D_0 (cm)</th><th>Boy: L_0 (cm)</th></tr><tr><td>1</td><td>4,77</td><td>11,46</td></tr><tr><td>2</td><td>4,755</td><td>11,46</td></tr><tr><td>3</td><td>4,745</td><td>11,46</td></tr><tr><td>Ortalama</td><td>4,76</td><td>11,46</td></tr></table>			Numunenin Boyutları			Ölçüm no	Çapı: D_0 (cm)	Boy: L_0 (cm)	1	4,77	11,46	2	4,755	11,46	3	4,745	11,46	Ortalama	4,76	11,46
Numunenin Boyutları																				
Ölçüm no	Çapı: D_0 (cm)	Boy: L_0 (cm)																		
1	4,77	11,46																		
2	4,755	11,46																		
3	4,745	11,46																		
Ortalama	4,76	11,46																		
<table><tr><td>Boy/Çap (L/D)</td><td>2,409</td><td>Birimsiz</td></tr><tr><td>Alan (A_0)</td><td>17,770</td><td>cm²</td></tr><tr><td>Hacim (V_0)</td><td>203,648</td><td>cm³</td></tr></table>			Boy/Çap (L/D)	2,409	Birimsiz	Alan (A_0)	17,770	cm ²	Hacim (V_0)	203,648	cm ³									
Boy/Çap (L/D)	2,409	Birimsiz																		
Alan (A_0)	17,770	cm ²																		
Hacim (V_0)	203,648	cm ³																		
-																				

Numunenin yenilme taslağı

SU İÇERİĞİ TESPİTİ	Deney Başı Su İç. İçin	Deney Sonu Su İç. İçin	Birim	Formül
Kap no	G8	12	Yok	Yok
Kap ağırlığı	9,37	8,63	gr	Tartım
Yaş num. ağı. + Kap ağı.	32,36	38,13	gr	Tartım
Kuru num. ağı.+ Kap ağı.	28,73	33,55	gr	Tartım
Su ağı.	3,63	4,58	gr	(Yaş num. ağı.+Kap ağı.) – (Kuru num. ağı.+Kap ağı.)
Kuru ağı.	19,36	24,92	gr	(Kuru num. ağı.+Kap ağı.) – (Kap ağı.)
Su İçeriği (W)	18,75	18,38	%	(Su ağı / Kuru ağı.) * 100

Özellik	Değer	Birim	Formül
Deney Başı Numune (Yaş) Ağırlığı	351,550	gr	Tartım
Deney Sonu Numune (Yaş) Ağırlığı	351,18	gr	Tartım
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,583	gr/cm ³	Özgül ağırlık deneyinden
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,000	gr/cm ³	Kabul
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	1,726	gr/cm ³	$\gamma_n = W_t / V_t$
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	1,666	gr/cm ³	$\gamma_k = [\gamma_n / (1 + W)]$
Porozite (n)	35,509	%	$n = [(\gamma_s - \gamma_k) / \gamma_s] * 100$
Boşluk Oranı (e)	0,551	Birimsiz	$e = [n / (1 - n)]$
Doygunluk Derecesi (S)	17,029	%	$S = [((1 - n) * \gamma_s * W) / n] * 100$
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	2,021	gr/cm ³	$\gamma_d = (\gamma_s + e * \gamma_w) / (1 + e)$
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	1,021	gr/cm ³	$\gamma_A = \gamma_d - \gamma_w$

SERBEST BASINÇ DENEYİ VERİSİ- BOŞ NUMUNE-2							
Geçen Zaman (sn)	Kuvvet (Yük) Halkası Okuması	Kuvvet (Yük) (kg)	Deformasyon Okuması	Toplam Deformasyon (cm)	Birim Deformasyon (ϵ)	Düzeltilmiş Alan (A_d) (cm^2)	Serbest Basınç Gerilmesi (σ_1) (kg/cm^2)
0,0	0,0	0,000	0	0,000	0,000	17,770	0,000
15,0	1,5	2,514	10	0,010	0,001	17,786	0,141
30,0	2,5	4,190	20	0,020	0,002	17,801	0,235
45,0	4,0	6,704	30	0,030	0,003	17,817	0,376
60,0	5,5	9,218	40	0,040	0,003	17,832	0,517
75,0	7,5	12,570	50	0,050	0,004	17,848	0,704
90,0	9,5	15,922	60	0,060	0,005	17,864	0,891
105,0	12,0	20,112	70	0,070	0,006	17,879	1,125
120,0	14,0	23,464	80	0,080	0,007	17,895	1,311
135,0	17,0	28,492	90	0,090	0,008	17,911	1,591
150,0	20,0	33,520	100	0,100	0,009	17,926	1,870
165,0	25,8	43,241	125	0,125	0,011	17,966	2,407
180,0	30,0	50,280	150	0,150	0,013	18,006	2,792
195,0	31,9	53,464	175	0,175	0,015	18,046	2,963
210,0	32,4	54,302	200	0,200	0,017	18,086	3,003
225,0	32,0	53,632	225	0,225	0,020	18,126	2,959
240,0	30,9	51,788	250	0,250	0,022	18,166	2,851
255,0	29,5	49,442	275	0,275	0,024	18,207	2,716
270,0	27,2	45,587	300	0,300	0,026	18,248	2,498
285,0	25,2	42,235	325	0,325	0,028	18,289	2,309
300,0	22,9	38,380	350	0,350	0,031	18,330	2,094
315,0	20,5	34,358	375	0,375	0,033	18,371	1,870
330,0	19,8	33,185	400	0,400	0,035	18,413	1,802
345,0	12,0	20,112	425	0,425	0,037	18,454	1,090

EK-40. Enjeksiyonsuz numune 2. Serbest basınç deney sonucu

	T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ JEOLJİ (İNŞAAT) MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI		EK-41
KESME KUTUSU DENEYİ			

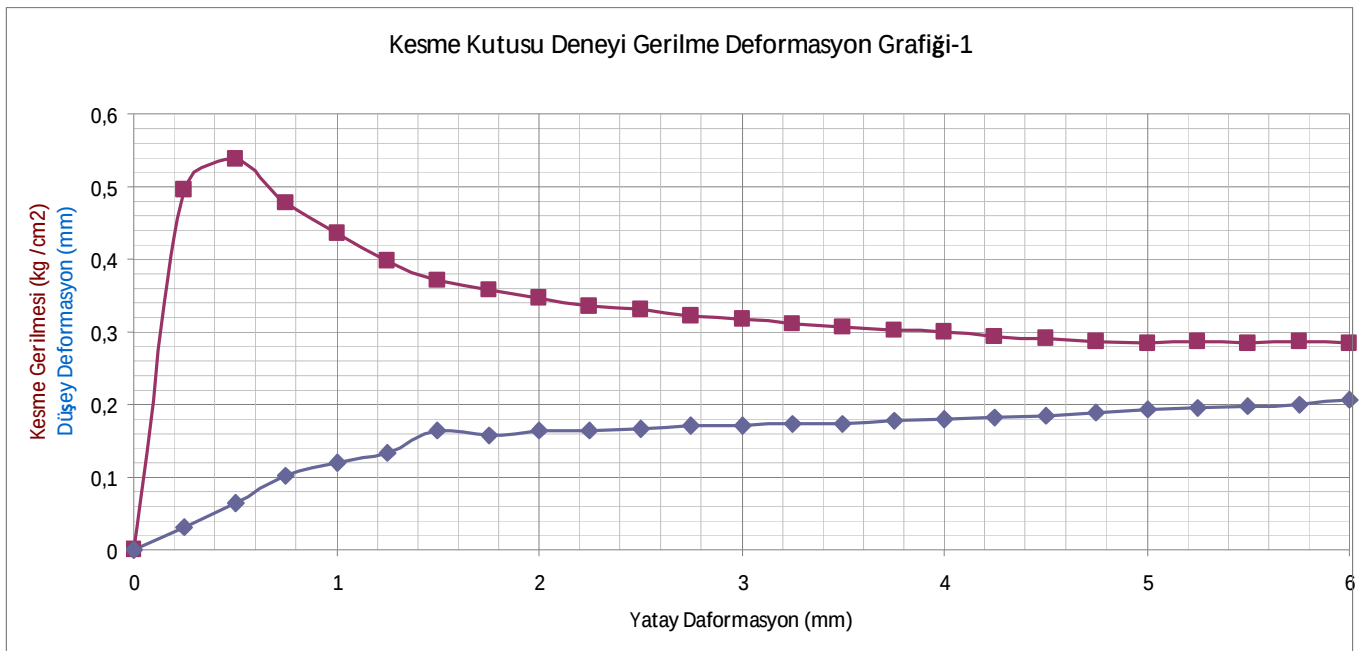
Proje adı: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune: Enjeksiyonlu Numune	Numunenin Alındığı Derinlik: 1,5 m	
Numunenin tanımı: CL	Yük Kolu Etkisi: 10	
Deney alet no: 1	Yay (Kuv. Halkası) Faktörü: 0,2 kg/div	Kesme Hızı: 1,0000 mm/dk
Düşey Deplasman Okuması: 1 birim= 0,0005inç = 0,0127 mm	Yatay Deplasman Okuması: 1 birim= 0,01mm	
Deneyi yapan: Jeo. Müh. Nurgül ŞEFLEK		Deney tarihi: 16-17 / 07 /2008
Normal Yük: 1 kg	Deney Ön. Num. Yüzey Alanı: 36,00cm ²	Normal Gerilme: 0,277 kg/cm ²

[A] Numune İle İlgili Bilgiler		
(1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)		
(2) Numune Türü: T Örselenmemiş F Örselenmiş		
Ring ağırlığı: 80,39 gr		
Ring + Yaş Numune ağırlığı: 264,57 gr		
Ring Yüksekliği: 2,5 cm		
Kare Ring Boyu: 6 cm		
	Deney Başı Su İçeriği İçin	Deney Sonu Su İçeriği İçin
Kap No	31	3
Kap Ağırlığı (gr)	14,71	27,43
Kap + Yaş Num. ağı. (gr)	77,63	210,88
Kap + Kuru Num. ağı. (gr)	67,29	174,29
Su Ağırlığı (gr)	10,34	36,59
Kuru Ağırlık (gr)	52,58	146,86
Su İçeriği (%)	19,665	24,915
-		

[B] Numune İle İlgili Bilgiler		
	Deney Başı	
Ring Ağırlığı	80,39	gr
Ring + Yaş Numune ağırlığı (gr)	264,57	gr
Yaş Num. ağı. (gr)	184,18	gr
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,597	gr/cm ³
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,000	gr/cm ³
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	0,904	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	0,873	gr/cm ³
Porozite (n)	66,395	%
Boşluk Oranı (e)	1,976	birimsiz
Doygunluk Derecesi (S)	4,771	%
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,537	gr/cm ³
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,537	gr/cm ³

	Deney Sonu	
Kap Ağırlığı (gr)	27,43	gr
Kap + Yaş Num. ağı. (gr)	210,88	gr
Yaş Num. ağı. (gr)	183,45	gr
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,597	gr/cm ³
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,00	gr/cm ³
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	0,901	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	0,869	gr/cm ³
Porozite (n)	66,528	%
Boşluk Oranı (e)	1,988	birimsiz
Doygunluk Derecesi (S)	4,743	%
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,535	gr/cm ³
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,535	gr/cm ³

KESME KUTUSU DENEYİ VERİLERİ (1kg)							
Düşey Deformasyon Okuması	Düşey Deformasyon (mm)	Yatay Deformasyon Okuması	Yatay Deformasyon (mm)	Kuvvet (Yük) Halkası Okuması	Kesme Kuvveti (kg)	Düzeltilmiş Alan (Ad) (cm ²)	Kesme Gerilmesi (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	36	0
2,5	0,03175	25	0,25	89	17,8	35,85	0,496513
5	0,0635	50	0,5	96	19,2	35,7	0,537815
8	0,1016	75	0,75	85	17	35,55	0,4782
9,5	0,12065	100	1	77	15,4	35,4	0,435028
10,5	0,13335	125	1,25	70	14	35,25	0,397163
13	0,1651	150	1,5	65	13	35,1	0,37037
12,5	0,15875	175	1,75	62,5	12,5	34,95	0,357654
13	0,1651	200	2	60,5	12,1	34,8	0,347701
13	0,1651	225	2,25	58	11,6	34,65	0,334776
13,2	0,16764	250	2,5	57	11,4	34,5	0,330435
13,4	0,17018	275	2,75	55,5	11,1	34,35	0,323144
13,5	0,17145	300	3	54,5	10,9	34,2	0,318713
13,6	0,17272	325	3,25	53	10,6	34,05	0,311307
13,7	0,17399	350	3,5	52	10,4	33,9	0,306785
14	0,1778	375	3,75	51	10,2	33,75	0,302222
14,2	0,18034	400	4	50,5	10,1	33,6	0,300595
14,4	0,18288	425	4,25	49	9,8	33,45	0,292975
14,6	0,18542	450	4,5	48,5	9,7	33,3	0,291291
14,9	0,18923	475	4,75	47,5	9,5	33,15	0,286576
15,2	0,19304	500	5	47	9,4	33	0,284848
15,4	0,19558	525	5,25	47	9,4	32,85	0,286149
15,6	0,19812	550	5,5	46,5	9,3	32,7	0,284404
15,8	0,20066	575	5,75	46,5	9,3	32,55	0,285714
16,2	0,20574	600	6	46	9,2	32,4	0,283951
16,4	0,20828	625	6,25	45,5	9,1	32,25	0,282171
16,6	0,21082	650	6,5	45,2	9,04	32,1	0,28162



EK-41. Enjeksiyonlu numune 1 kg kesme kutusu deneyi

	T.C. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ JEOLJİ (İNŞAAT) MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI		EK-42
KESME KUTUSU DENEYİ			

Proje adı: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune: Enjeksiyonlu Numune	Numunenin Alındığı Derinlik: 1,5 m	
Numunenin tanımı: CL	Yük Kolu Etkisi: 10	
Deney alet no: 1	Yay (Kuv. Halkası) Faktörü: 0,2 kg/div	Kesme Hızı: 1,0000 mm/dk
Düşey Deplasman Okuması: 1 birim= 0,0005inç = 0,0127 mm	Yatay Deplasman Okuması: 1 birim= 0,01mm	
Deneyi yapan: Jeo. Müh. Nurgül ŞEFLEK		Deney tarihi: 21-22 / 07 /2008
Normal Yük: 2 kg	Deney Ön. Num. Yüzey Alanı: 36,00cm ²	Normal Gerilme: 0,555 kg/cm ²

[A] Numune İle İlgili Bilgiler

- (1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)
 (2) Numune Türü: **T** Örselenmemiş **F** Örselenmiş

Ring ağırlığı: 80,41 gr
 Ring + Yaş Numune ağırlığı: 260,44gr
 Ring Yüksekliği: 2,5 cm
 Kare Ring Boyu: 6 cm

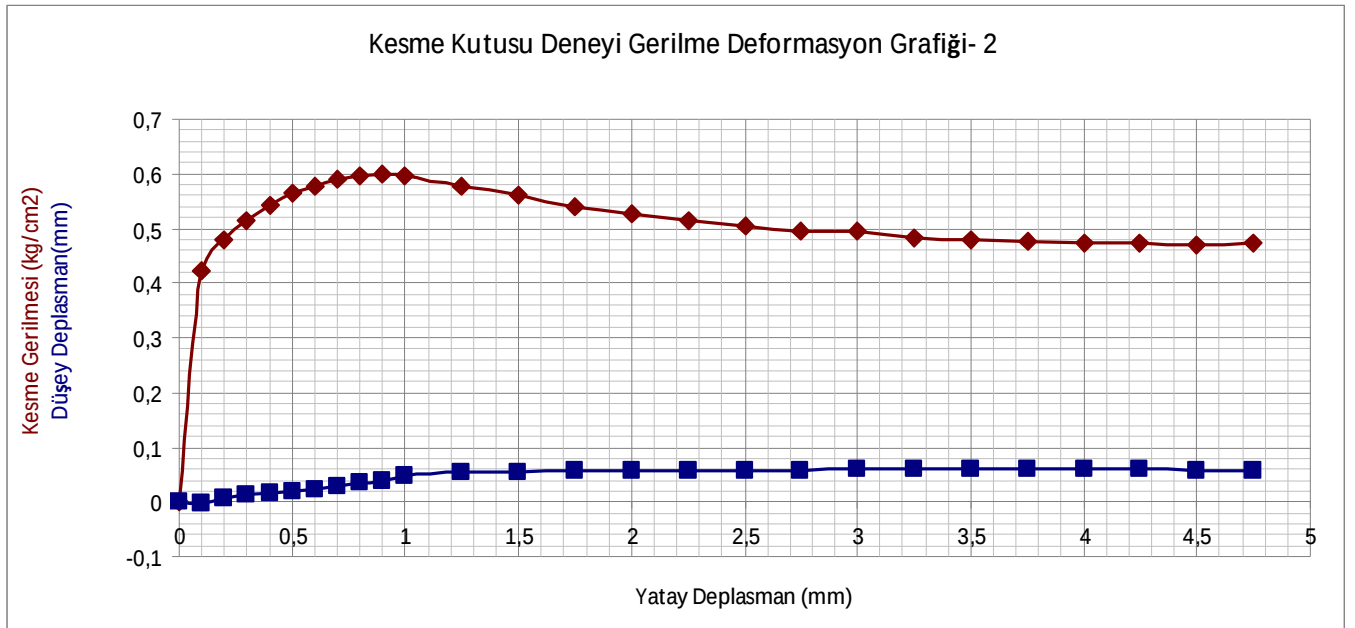
	Deney Başı Su İçeriği İçin	Deney Sonu Su İçeriği İçin
Kap No	007	G28
Kap Ağırlığı (gr)	29,27	27,27
Kap + Yaş Num. ağı. (gr)	57,04	200,08
Kap + Kuru Num. ağı. (gr)	52,48	168,03
Su Ağırlığı (gr)	4,56	32,05
Kuru Ağırlık (gr)	23,21	140,76
Su İçeriği (%)	19,647	22,769

[B] Numune İle İlgili Bilgiler

	Deney Başı	
Ring Ağırlığı	80,41	gr
Ring + Yaş Numune ağırlığı (gr)	260,44	gr
Yaş Num. ağı. (gr)	180,03	gr
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,597	gr/cm ³
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,000	gr/cm ³
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	0,891	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	0,753	gr/cm ³
Porozite (n)	71,019	%
Boşluk Oranı (e)	2,451	birimsiz
Doygunluk Derecesi (S)	19,465	%
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,463	gr/cm ³
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,463	gr/cm ³

	Deney Sonu	
Kap Ağırlığı (gr)	27,27	gr
Kap + Yaş Num. ağı. (gr)	200,08	gr
Yaş Num. ağı. (gr)	172,81	gr
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,597	gr/cm ³
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,00	gr/cm ³
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	0,855	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	0,722	gr/cm ³
Porozite (n)	72,182	%
Boşluk Oranı (e)	2,595	birimsiz
Doygunluk Derecesi (S)	18,383	%
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,444	gr/cm ³
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,444	gr/cm ³

KESME KUTUSU DENEYİ VERİLERİ (2kg)							
Düşey Deformasyon Okuması	Düşey Deformasyon (mm)	Yatay Deformasyon Okuması	Yatay Deformasyon (mm)	Kuvvet (Yük) Halkası Okuması	Kesme Kuvveti (kg)	Düzeltilmiş Alan (Ad) (cm ²)	Kesme Gerilmesi (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	36	0
-0,2	-0,00254	10	0,1	76	15,2	35,94	0,422927
0,5	0,00635	20	0,2	86	17,2	35,88	0,479376
1	0,0127	30	0,3	92	18,4	35,82	0,51368
1,25	0,015875	40	0,4	97	19,4	35,76	0,542506
1,5	0,01905	50	0,5	101	20,2	35,7	0,565826
1,8	0,02286	60	0,6	103	20,6	35,64	0,578002
2,3	0,02921	70	0,7	105	21	35,58	0,590219
2,7	0,03429	80	0,8	106	21,2	35,52	0,596847
3	0,0381	90	0,9	106	21,2	35,46	0,597857
3,8	0,04826	100	1	105,5	21,1	35,4	0,596045
4,2	0,05334	125	1,25	102	20,4	35,25	0,578723
4,4	0,05588	150	1,5	98,5	19,7	35,1	0,561254
4,5	0,05715	175	1,75	94,5	18,9	34,95	0,540773
4,6	0,05842	200	2	91,5	18,3	34,8	0,525862
4,6	0,05842	225	2,25	89	17,8	34,65	0,513709
4,6	0,05842	250	2,5	87	17,4	34,5	0,504348
4,6	0,05842	275	2,75	85	17	34,35	0,494905
4,7	0,05969	300	3	84,5	16,9	34,2	0,494152
4,7	0,05969	325	3,25	82	16,4	34,05	0,481645
4,7	0,05969	350	3,5	81,5	16,3	33,9	0,480826
4,7	0,05969	375	3,75	80,5	16,1	33,75	0,477037
4,7	0,05969	400	4	79,5	15,9	33,6	0,473214
4,7	0,05969	425	4,25	79	15,8	33,45	0,472347
4,6	0,05842	450	4,5	78,5	15,7	33,3	0,471471
4,6	0,05842	475	4,75	78,5	15,7	33,15	0,473605



EK-42. Enjeksiyonlu numune 2 kg kesme kutusu deneyi



T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
JEOLJİ (İNŞAAT) MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI



EK-43

KESME KUTUSU DENEYİ

Proje adı: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune: Enjeksiyonsuz Numune		Numunenin Alındığı Derinlik: 1,5 m
Numunenin tanımı: CL		Yük Kolu Etkisi: 10
Deney alet no: 1	Yay (Kuv. Halkası) Faktörü: 0,2 kg/div	Kesme Hızı: 1,0000 mm/dk
Düşey Deplasman Okuması: 1 birim= 0,0005inç = 0,0127 mm		Yatay Deplasman Okuması: 1 birim= 0,01mm
Deneyi yapan: Jeo. Müh. Nurgül ŞEFLEK		Deney tarihi: 28-29 / 07 /2008
Normal Yük: 1 kg	Deney Ön. Num. Yüzey Alanı: 36,00cm ²	Normal Gerilme: 0,277 kg/cm ²

[A] Numune İle İlgili Bilgiler

- (1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)
(2) Numune Türü: **T** Örselenmemiş **F** Örselenmiş

Ring ağırlığı: 80,41 gr
Ring + Yaş Numune ağırlığı: 262,37gr
Ring Yüksekliği: 2,5 cm
Kare Ring Boyu: 6 cm

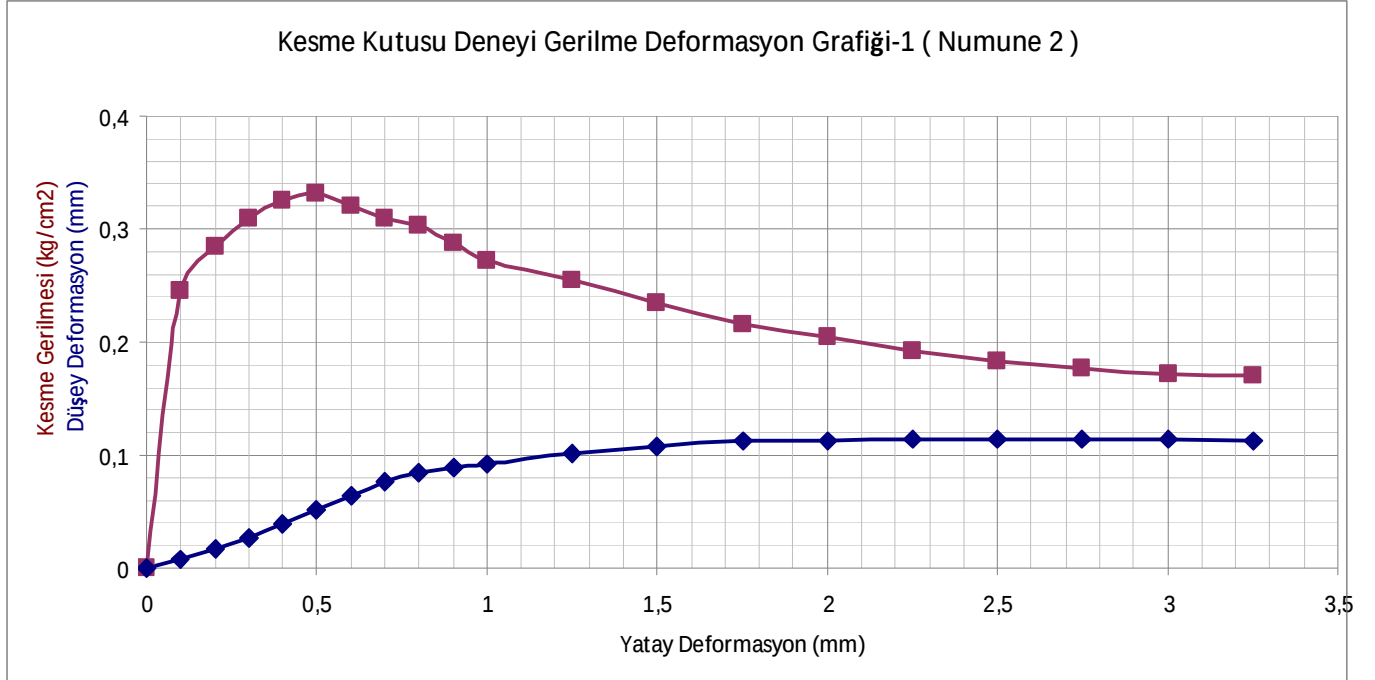
	Deney Başı Su İçeriği İçin	Deney Sonu Su İçeriği İçin
Kap No	G28	007
Kap Ağırlığı (gr)	27,27	29,27
Kap + Yaş Num. ağı. (gr)	58,18	217,27
Kap + Kuru Num. ağı. (gr)	52,85	177,85
Su Ağırlığı (gr)	5,33	39,42
Kuru Ağırlık (gr)	25,58	148,58
Su İçeriği (%)	20,836	26,531

[B] Numune İle İlgili Bilgiler

	Deney Başı	
Ring Ağırlığı	80,41	gr
Ring + Yaş Numune ağırlığı (gr)	262,37	gr
Yaş Num. ağı. (gr)	181,96	gr
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,583	gr/cm ³
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,000	gr/cm ³
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	0,900	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	0,761	gr/cm ³
Porozite (n)	70,550	%
Boşluk Oranı (e)	2,396	birimsiz
Doygunluk Derecesi (S)	19,804	%
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,466	gr/cm ³
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,466	gr/cm ³

	Deney Sonu	
Kap Ağırlığı (gr)	29,27	gr
Kap + Yaş Num. ağı. (gr)	217,27	gr
Yaş Num. ağı. (gr)	188,00	gr
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,583	gr/cm ³
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,00	gr/cm ³
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	0,930	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	0,786	gr/cm ³
Porozite (n)	69,572	%
Boşluk Oranı (e)	2,286	birimsiz
Doygunluk Derecesi (S)	20,749	%
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,482	gr/cm ³
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,482	gr/cm ³

KESME KUTUSU DENEYİ VERİLERİ (1kg)							
Düşey Deformasyon Okuması	Düşey Deformasyon (mm)	Yatay Deformasyon Okuması	Yatay Deformasyon (mm)	Kuvvet (Yük) Halkası Okuması	Kesme Kuvveti (kg)	Düzeltilmiş Alan (Ad) (cm ²)	Kesme Gerilmesi (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	36	0
0,6	0,00762	10	0,1	44	8,8	35,94	0,244853
1,3	0,01651	20	0,2	51	10,2	35,88	0,284281
2,1	0,02667	30	0,3	55,5	11,1	35,82	0,309883
3,1	0,03937	40	0,4	58,2	11,64	35,76	0,325503
4,1	0,05207	50	0,5	59	11,8	35,7	0,330532
5,1	0,06477	60	0,6	57	11,4	35,64	0,319865
6	0,0762	70	0,7	55	11	35,58	0,309162
6,6	0,08382	80	0,8	53,8	10,76	35,52	0,302928
7	0,0889	90	0,9	51	10,2	35,46	0,287648
7,3	0,09271	100	1	48,2	9,64	35,4	0,272316
8	0,1016	125	1,25	44,9	8,98	35,25	0,254752
8,5	0,10795	150	1,5	41	8,2	35,1	0,233618
8,8	0,11176	175	1,75	37,8	7,56	34,95	0,216309
8,9	0,11303	200	2	35,5	7,1	34,8	0,204023
9	0,1143	225	2,25	33,2	6,64	34,65	0,191631
9	0,1143	250	2,5	31,5	6,3	34,5	0,182609
9	0,1143	275	2,75	30,2	6,04	34,35	0,175837
9	0,1143	300	3	29,5	5,9	34,2	0,172515
8,8	0,11176	325	3,25	29	5,8	34,05	0,170338



EK-43. Enjeksiyonsuz numune1 kg kesme kutusu deneyi



T.C.
ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
MÜHENDİSLİK-MİMARLIK FAKÜLTESİ
JEOLJİ (İNŞAAT) MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ
ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUARI



EK-44

KESME KUTUSU DENEYİ

Proje adı: Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune: Enjeksiyonsuz Numune		Numunenin Alındığı Derinlik: 1,5 m
Numunenin tanımı: CL		Yük Kolu Etkisi: 10
Deney alet no: 1	Yay (Kuv. Halkası) Faktörü: 0,2 kg/div	Kesme Hızı: 1,0000 mm/dk
Düşey Deplasman Okuması: 1 birim= 0,0005inç = 0,0127 mm		Yatay Deplasman Okuması: 1 birim= 0,01mm
Deneyi yapan: Jeo. Müh. Nurgül ŞEFLEK		Deney tarihi: 04-05 / 08 /2008
Normal Yük: 2 kg	Deney Ön. Num. Yüzey Alanı: 36,00cm ²	Normal Gerilme: 0,555 kg/cm ²

[A] Numune İle İlgili Bilgiler

- (1) Deney Türü: CU (Konsolidasyonlu Drenajsız)
(2) Numune Türü: **T** Örselenmemiş **F** Örselenmiş

Ring ağırlığı: 80,41 gr
Ring + Yaş Numune ağırlığı: 256,65gr
Ring Yüksekliği: 2,5 cm
Kare Ring Boyu: 6 cm

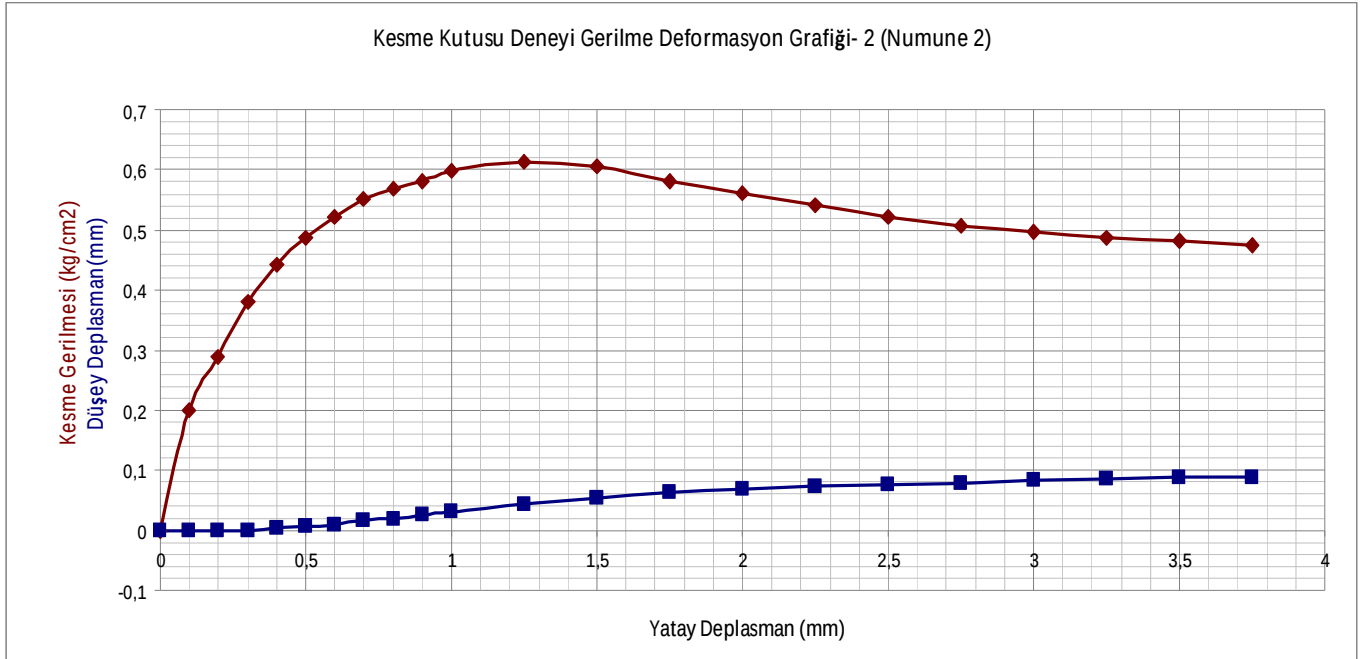
	Deney Başı Su İçeriği İçin	Deney Sonu Su İçeriği İçin
Kap No	31	G28
Kap Ağırlığı (gr)	14,70	27,27
Kap + Yaş Num. ağı. (gr)	44,13	207,38
Kap + Kuru Num. ağı. (gr)	39,49	173,76
Su Ağırlığı (gr)	4,64	33,62
Kuru Ağırlık (gr)	24,79	146,49
Su İçeriği (%)	18,71	22,95

[B] Numune İle İlgili Bilgiler

	Deney Başı	
Ring Ağırlığı	80,41	gr
Ring + Yaş Numune ağırlığı (gr)	256,65	gr
Yaş Num. ağı. (gr)	176,24	gr
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,583	gr/cm ³
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,000	gr/cm ³
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	0,872	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	0,737	gr/cm ³
Porozite (n)	71,476	%
Boşluk Oranı (e)	2,506	birimsiz
Doygunluk Derecesi (S)	18,933	%
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,452	gr/cm ³
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,452	gr/cm ³

	Deney Sonu	
Kap Ağırlığı (gr)	27,28	gr
Kap + Yaş Num. ağı. (gr)	207,38	gr
Yaş Num. ağı. (gr)	180,10	gr
Katı (Tane) Birim Hacim Ağırlık (γ_s)	2,583	gr/cm ³
Suyun Birim Hacim Ağırlığı (γ_w)	1,00	gr/cm ³
Doğal Birim Hacim Ağırlık (γ_n)	0,891	gr/cm ³
Kuru Birim Hacim Ağırlık (γ_k)	0,753	gr/cm ³
Porozite (n)	70,851	%
Boşluk Oranı (e)	2,431	birimsiz
Doygunluk Derecesi (S)	19,519	%
Suya Doygun Birim Hacim Ağırlık (γ_d)	1,461	gr/cm ³
Su Altındaki Birim Hacim Ağırlık (γ_A)	0,461	gr/cm ³

KESME KUTUSU DENEYİ VERİLERİ (2kg)							
Düşey Deformasyon Okuması	Düşey Deformasyon (mm)	Yatay Deformasyon Okuması	Yatay Deformasyon (mm)	Kuvvet (Yük) Halkası Okuması	Kesme Kuvveti (kg)	Düzeltilmiş Alan (Ad) (cm ²)	Kesme Gerilmesi (kg/cm ²)
0	0	0	0	0	0	36	0
0	0	10	0,1	36	7,2	35,94	0,200334
0	0	20	0,2	52	10,4	35,88	0,289855
0	0	30	0,3	68	13,6	35,82	0,379676
0,4	0,00508	40	0,4	79	15,8	35,76	0,441834
0,5	0,00635	50	0,5	87	17,4	35,7	0,487395
0,8	0,01016	60	0,6	93	18,6	35,64	0,521886
1,2	0,01524	70	0,7	98	19,6	35,58	0,550871
1,5	0,01905	80	0,8	101	20,2	35,52	0,568694
2	0,0254	90	0,9	103	20,6	35,46	0,580936
2,5	0,03175	100	1	106	21,2	35,4	0,59887
3,4	0,04318	125	1,25	108,1	21,62	35,25	0,613333
4,2	0,05334	150	1,5	106,5	21,3	35,1	0,606838
4,9	0,06223	175	1,75	101,5	20,3	34,95	0,58083
5,3	0,06731	200	2	97,5	19,5	34,8	0,560345
5,8	0,07366	225	2,25	94	18,8	34,65	0,542569
6	0,0762	250	2,5	90	18	34,5	0,521739
6,1	0,07747	275	2,75	87	17,4	34,35	0,50655
6,5	0,08255	300	3	85	17	34,2	0,497076
6,7	0,08509	325	3,25	83,1	16,62	34,05	0,488106
6,9	0,08763	350	3,5	81,5	16,3	33,9	0,480826
6,9	0,08763	375	3,75	80,2	16,04	33,75	0,475259



EK-44. Enjeksiyonsuz numune 2 kg kesme kutusu deneyi

KONSOLIDASYON DENEYİ-DOLU NUMUNE (JET GROUT)(NUMUNE 1)		EK-45
Proje:Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune No:Dolu Numune (Jet Grout)(Numune 1)	Num Derinliği:	1,5 m
Numune Tanımı: CL		
Konsolidometre No:1	Ring No: 1	
Deneyi Yapan: Jeo.Müh. Nurgül ŞEFLEK		
Başlama Tarihi: 24/07/2008		
[A] Numune Datası		
Deney Başı		
(1) Numune Tipi:	Örselenmemiş	
(2) Numune Çapı, D:	5	cm
(3) Numune Alanı, A:	19,635	cm ²
(4) Deney Başı Numune Yüksekliği, H ₀ :	1,95	cm
(5) Deney Başı Numune Hacmi:	38,288	cm ³
(6) Ring Ağırlığı + Islak Numune Ağ.:	146,53	gr
(7) Ring Ağırlığı:	69,98	gr
(8) Deney Başı Islak Numune Ağırlığı:[formül, (6)-(7)]:	76,55	gr
(9) Islak Birim Hacim Ağırlık:[formül, (8)/(5)]:	1,9993	gr/cm ³
(10) Su İçeriği:		
(a) Kap No:	3	birimsiz
(b) Islak Numune + Kap Ağ.:	73,87	gr
(c) Kuru Numune Ağ. + Kap Ağ.:	66,52	gr
(d) Kap Ağırlığı:	27,44	gr
(e) Su Ağırlığı:[formül, (b) - (c)]:	7,35	gr
(f) Kuru Numune Ağırlığı:[formül, (c) - (d)]:	39,08	gr
(g) Deney Başı Su İçeriği:[formül, ((e)/(f))*100]:	18,81	%
(11) Deney Başı Kuru Numune Ağırlığı:[formül, ((8)/((g)+100))*100]:	64,43	gr
(12) Özgül Ağırlık:	2,597	birimsiz
(13) Deney Başı Numune İçi Katı (Tane) Hacmi:[formül, (11)/(12)]:	24,81	cm ³
(14) Numune İçi Boşluk Hacmi:[formül, (5)-(13)]:	13,48	cm ³
(15) Numune İçi Su Hacmi:[formül, (8)-(11)]:	12,12	cm ³
(16) Deney Başı Doygunluk Derecesi:[formül, ((15)/(14))*100]:	89,91	%
Deney Sonu		
(17) Kap No:	13	birimsiz
(18) Kap + Islak Konsolidasyon Numunesi:	104,32	gr
(19) Kap + Kurutulmuş Konsolidasyon Numunesi:	92,49	gr
(20) Kap Ağırlığı:	27,83	gr
(21) Deney Sonu Numune Su Ağırlığı:[formül, (18)-(19)]:	11,83	gr
(22) Deney Sonu Kuru Numune Ağırlığı:[formül, (19)-(20)]:	64,66	gr
(23) Deney Sonu Su İçeriği:[formül, ((21)/(22))*100]:	18,30	%
(24) Deney Sonu Doygunluk Derecesi:[formül,((21)/(14))*100]	87,77	%
Boşluk Oranı		
(25) Deney Sonu Numune İçi Katı (Tane) Hacmi:[formül, (22)/(12)]:	24,1278	cm ³
(26) Deney Başı Numune Hacmi:[formül, (5)]:	38,288	cm ³
(27) Deney Başı Boşluk Oranı, e ₀ :[formül, (14)/(13)]:	0,543	birimsiz
[B] Zaman Deformasyon		
(1) Katı (Tane) Kısımın Yüksekliği, H _s :[formül, (25)/(3)]	1,268	cm
(2) 1 birim okuma:	0,002	mm
(3) Yük Kolu Etkisi:	10	birimsiz

Okunan Tarih	Geçen zaman (saat)	Birim Okuma	Düzeltilmiş Okuma (mm)	Toplam Deformasyon (cm)	Konulan Yük (kg)	Etkiyen Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Boşluk Oranı (e)
24.07.2008	24	0	0	0	0,25	2,824	0,143832	0,543
25.07.2008	24	4,5	0,009	0,0009	0,5	5,324	0,271162	0,54252
26.07.2008	24	46	0,092	0,0092	1	10,324	0,525823	0,535974
27.07.2008	24	118	0,236	0,0236	2	20,324	1,035143	0,524618
28.07.2008	24	180,3	0,3606	0,03606	3	30,324	1,544464	0,514792
29.07.2008	24	236,9	0,4738	0,04738	4	40,324	2,053784	0,505864
30.07.2008	24	360	0,72	0,072	6	60,324	3,072425	0,486448
31.07.2008	24	458	0,916	0,0916	8	80,324	4,091067	0,47099
01.08.2008	24	625,7	1,2514	0,12514	12	120,324	6,128349	0,444539
02.08.2008	24	763,1	1,5262	0,15262	16	160,324	8,165631	0,422867
03.08.2008	24	865,2	1,7304	0,17304	20	200,324	10,20291	0,406763
04.08.2008	24	786,2	1,5724	0,15724	5	50,324	2,563105	0,419224
05.08.2008	24	658,2	1,3164	0,13164	1	10,324	0,525823	0,439413
06.08.2008	24	515,5	1,031	0,1031	0,5	5,324	0,271162	0,461921

EK-45. Enjeksiyonlu numune konsolidasyon deneyi

KONSOLIDASYON DENEYİ- BOŞ NUMUNE (NUMUNE 2)		EK-46
Proje:Toplu konut sahası zemin iyileştirme projesi		
Lokasyon: Adana/ Ceyhan/Hürriyet Mahallesi		
Numune No:Enjeksiyonsuz Numune	Num Derinliği: 1,5 m	
Numune Tanımı: CL		
Konsolidometre No:1	Ring No: 1	
Deneyi Yapan: Jeo.Müh. Nurgül ŞEFLEK		
Başlama Tarihi: 07/08/2008		
[A] Numune Datası		
Deney Başı		
(1) Numune Tipi:	Örselememiş	
(2) Numune Çapı, D:	5,000 cm	
(3) Numune Alanı, A:	19,635 cm ²	
(4) Deney Başı Numune Yüksekliği, H ₀ :	1,950 cm	
(5) Deney Başı Numune Hacmi:	38,288 cm ³	
(6) Ring Ağırlığı + Islak Numune Ağ.:	143,270 gr	
(7) Ring Ağırlığı:	69,280 gr	
(8) Deney Başı Islak Numune Ağırlığı:[formül, (6)-(7)]:	73,990 gr	
(9) Islak Birim Hacim Ağırlık:[formül, (8)/(5)]:	1,932 gr/cm ³	
(10) Su İçeriği:		
(a) Kap No:	31,000 birimsiz	
(b) Islak Numune + Kap Ağ.:	65,420 gr	
(c) Kuru Numune Ağ. + Kap Ağ.:	57,180 gr	
(d) Kap Ağırlığı:	14,700 gr	
(e) Su Ağırlığı:[formül, (b) - (c)]:	8,240 gr	
(f) Kuru Numune Ağırlığı:[formül, (c) - (d)]:	42,480 gr	
(g) Deney Başı Su İçeriği:[formül, ((e)/(f))*100]:	19,397 %	
(11) Deney Başı Kuru Numune Ağırlığı:[formül, ((8)/((g)+100))*100]:	61,970 gr	
(12) Özgül Ağırlık:	2,580 birimsiz	
(13) Deney Başı Numune İçi Katı (Tane) Hacmi:[formül, (11)/(12)]:	24,019 cm ³	
(14) Numune İçi Boşluk Hacmi:[formül, (5)-(13)]:	14,269 cm ³	
(15) Numune İçi Su Hacmi:[formül, (8)-(11)]:	12,020 cm ³	
(16) Deney Başı Doygunluk Derecesi:[formül, ((15)/(14))*100]:	84,241 %	
Deney Sonu		
(17) Kap No:	7,000 birimsiz	
(18) Kap + Islak Konsolidasyon Numunesi:	102,490 gr	
(19) Kap + Kurutulmuş Konsolidasyon Numunesi:	88,740 gr	
(20) Kap Ağırlığı:	29,260 gr	
(21) Deney Sonu Numune Su Ağırlığı:[formül, (18)-(19)]:	13,750 gr	
(22) Deney Sonu Kuru Numune Ağırlığı:[formül, (19)-(20)]:	59,480 gr	
(23) Deney Sonu Su İçeriği:[formül, ((21)/(22))*100]:	23,117 %	
(24) Deney Sonu Doygunluk Derecesi:[formül,((21)/(14))*100]	96,362 %	
Boşluk Oranı		
(25) Deney Sonu Numune İçi Katı (Tane) Hacmi:[formül, (22)/(12)]:	23,054 cm ³	
(26) Deney Başı Numune Hacmi:[formül, (5)]:	38,288 cm ³	
(27) Deney Başı Boşluk Oranı, e ₀ :[formül, (14)/(13)]:	0,594 birimsiz	
[B] Zaman Deformasyon		
(1) Katı (Tane) Kısımın Yüksekliği, H _s :[formül, (25)/(3)]	1,174 cm	
(2) 1 birim okuma:	0,002 mm	
(3) Yük Kolu Etkisi:	10,000 birimsiz	

Okunan Tarih	Geçen zaman (Saat)	Birim Okuma	Düzeltilmiş Okuma (mm)	Toplam Deformasyon (cm)	Konulan Yük (kg)	Etkiyen Yük (kg)	Gerilme (kg/cm ²)	Boşluk Oranı (e)
07.08.2008	17	0	0	0	0,25	2,63876	0,134397	0,594
08.08.2008	24	0	0	0	0,5	5,13876	0,261728	0,594
09.08.2008	24	2,5	0,025	0,0025	1	10,13876	0,516388	0,591871
10.08.2008	24	15,3	0,153	0,0153	2	20,13876	1,025708	0,580968
11.08.2008	24	29,2	0,292	0,0292	3	30,13876	1,535029	0,569128
12.08.2008	24	41,8	0,418	0,0418	4	40,13876	2,04435	0,558395
13.08.2008	24 sa 40 dk	64,9	0,649	0,0649	6	60,13876	3,062991	0,538719
14.08.2008	23 sa 15 dk	81,1	0,811	0,0811	8	80,13876	4,081632	0,52492
15.08.2008	24	115,5	1,155	0,1155	12	120,1388	6,118914	0,495618
16.08.2008	24	153,1	1,531	0,1531	16	160,1388	8,156196	0,463591
17.08.2008	24	200	2	0,2	20	200,1388	10,19348	0,423642
18.08.2008	24	190	1,9	0,19	5	50,13876	2,55367	0,43216
19.08.2008	24	160,2	1,602	0,1602	1	10,13876	0,516388	0,457543
20.08.2008	24	151,8	1,518	0,1518	0,5	5,13876	0,261728	0,464698

EK-46. Enjeksiyonsuz numune konsolidasyon deneyi

Φ (derece)	N_c	N_q	N_γ
0	5.7	1.0	0.0
1	6.0	1.1	0.1
2	6.3	1.2	0.1
3	6.6	1.3	0.2
4	7.0	1.5	0.3
5	7.3	1.6	0.4
6	7.7	1.8	0.5
7	8.2	2.0	0.6
8	8.6	2.2	0.7
9	9.1	2.4	0.9
10	9.6	2.7	1.0
11	10.2	3.0	1.2
12	10.8	3.3	1.4
13	11.4	3.6	1.6
14	12.1	4.0	1.9
15	12.9	4.4	2.2
16	13.7	4.9	2.5
17	14.6	5.5	2.9
18	15.5	6.0	3.3
19	16.6	6.7	3.8
20	17.7	7.4	4.4
21	18.9	8.3	5.1
22	20.3	9.2	5.9
23	21.7	10.2	6.8
24	23.4	11.4	7.9
25	25.1	12.7	9.2
26	27.1	14.2	10.7
27	29.2	15.9	12.5
28	31.6	17.8	14.6
29	34.2	20.0	17.1
30	37.2	22.5	20.1
31	40.4	25.3	23.7
32	44.0	28.5	28.0
33	48.1	32.2	33.3
34	52.6	36.5	39.6
35	57.8	41.4	47.3
36	63.5	47.2	56.7
37	70.1	53.8	68.1
38	77.5	61.5	82.3
39	86.0	70.6	99.8
40	95.7	81.3	121.5
41	106.8	93.8	148.5

EK-47. Taşıma gücü faktörleri (Terzaghi, 1943)

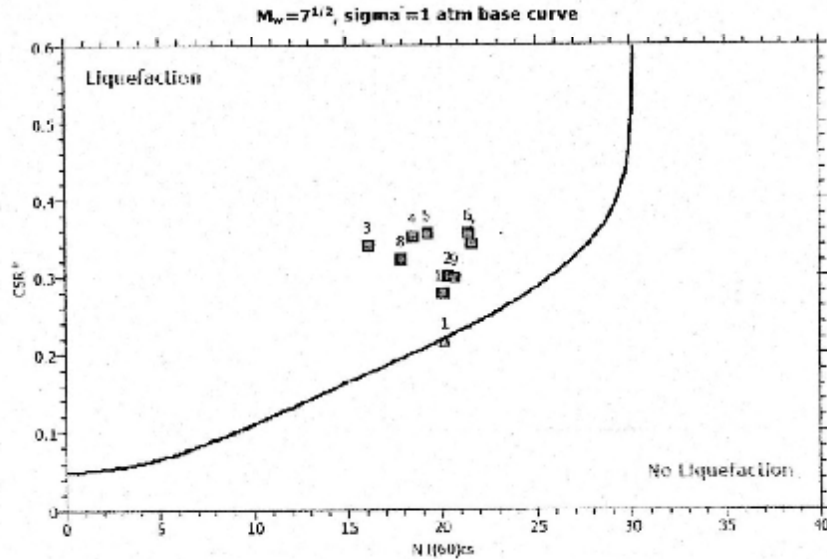
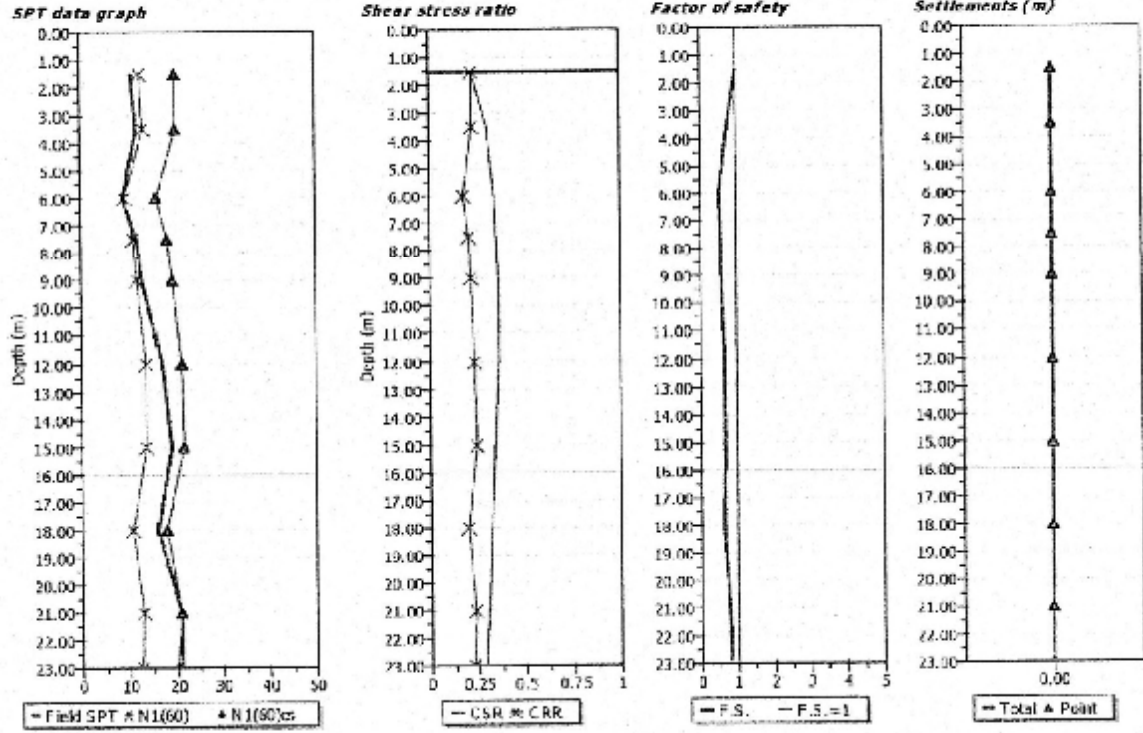
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : CELYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

Project subtitle : SK-1

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	7.00
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.40 g
Finis correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1



EK-48. SK-1 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

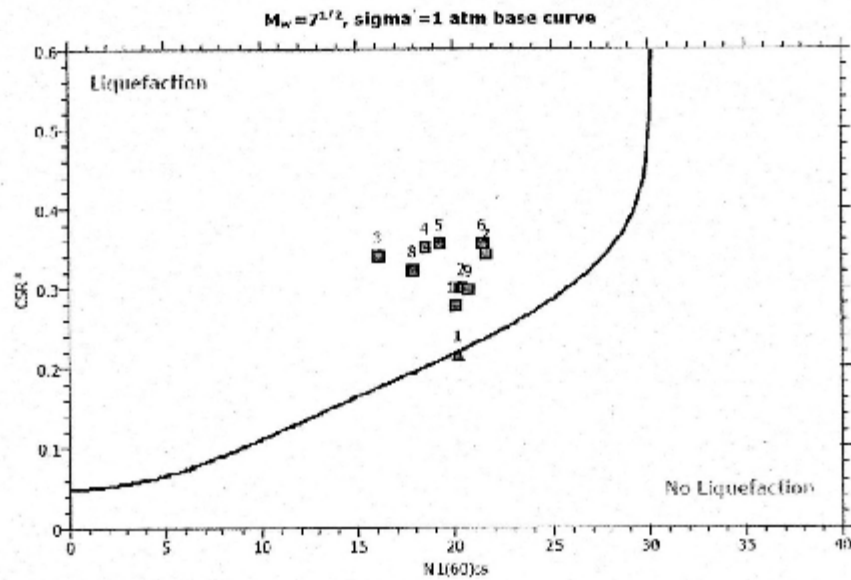
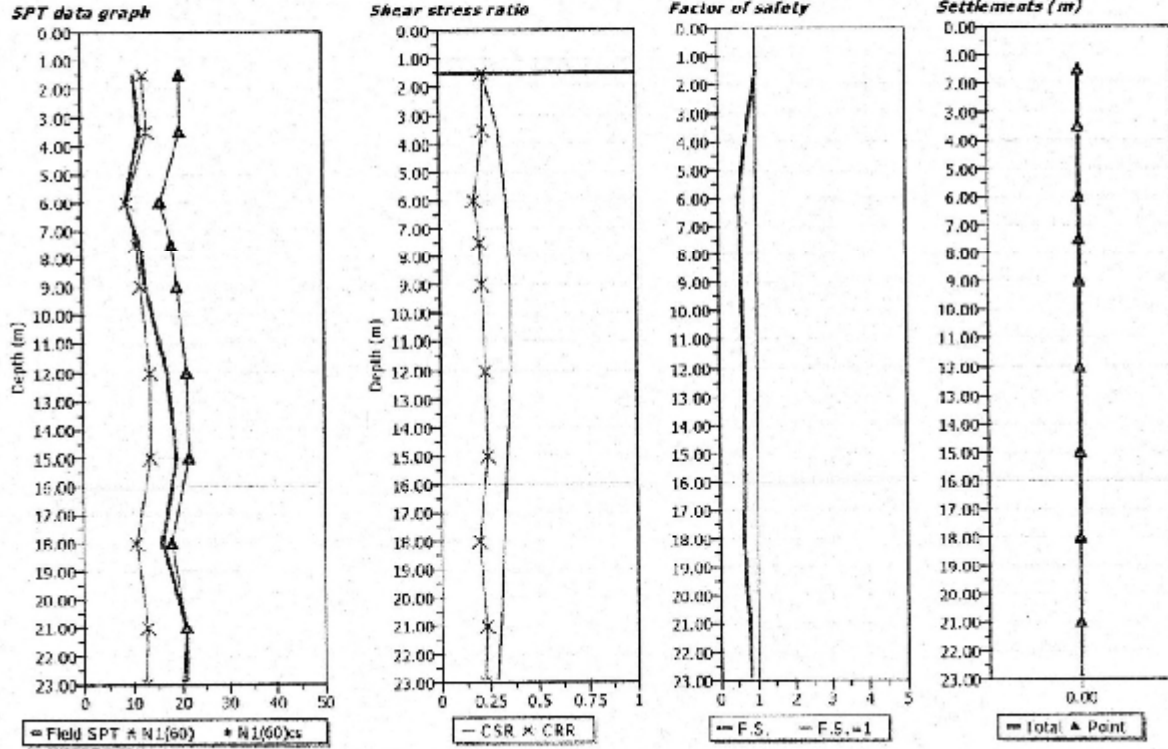
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

Project subtitle : SK-2

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	7.00
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.40 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1



EK-49. SK-2 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

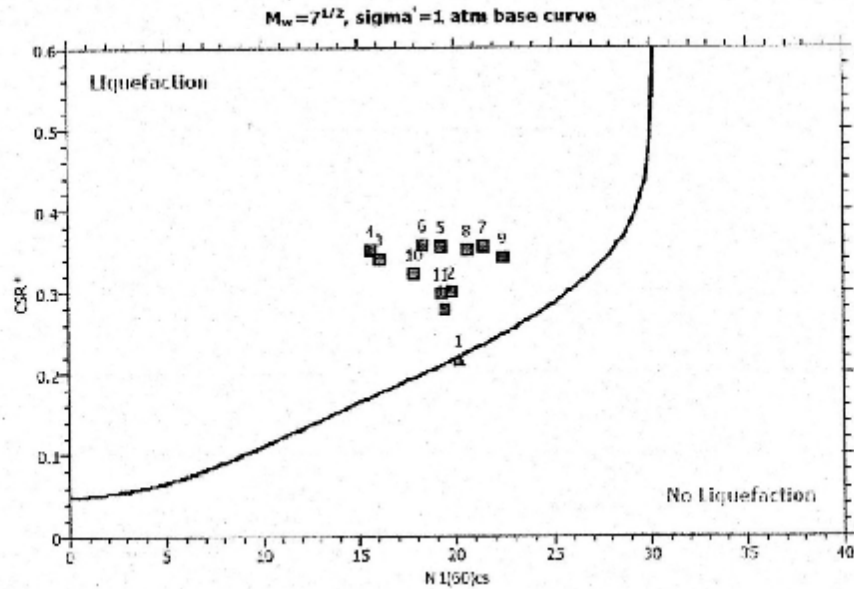
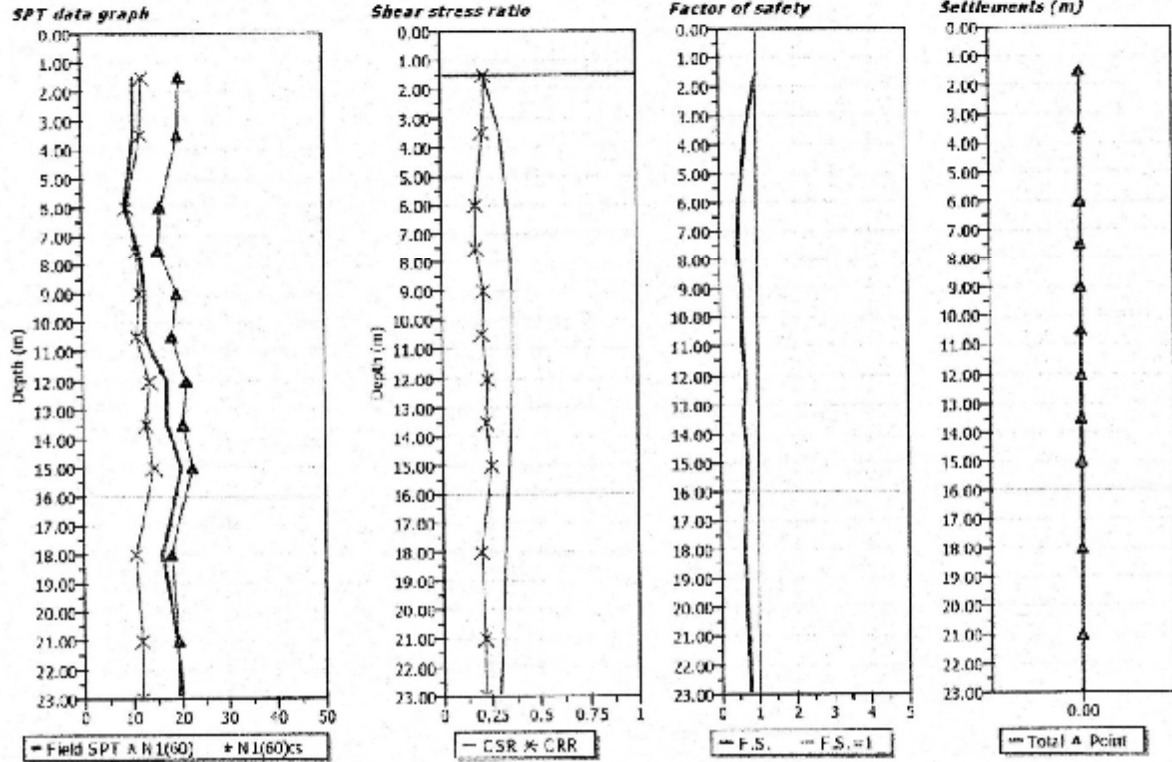
Project title : CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

Project subtitle : SK-3

Input parameters and analysis data

In-situ data type: Standard Penetration Test
 Analysis type: Deterministic
 Analysis method: NCEER 1998
 Fines correction method: Ioriss & Seed

Depth to water table: 1.50 m
 Earthquake magnitude M_w : 7.00
 Peak ground acceleration: 0.40 g
 User defined F.S.: 1.00



EK-50. SK-3 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

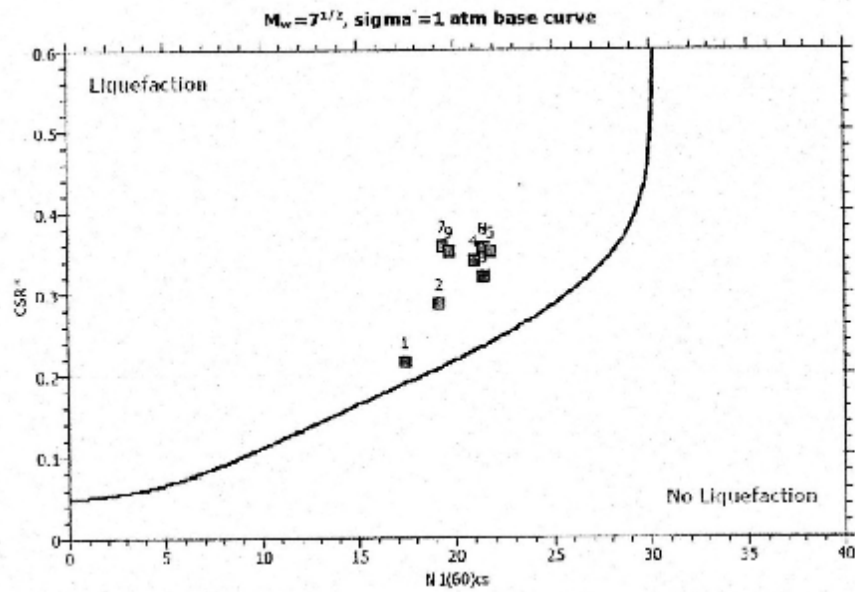
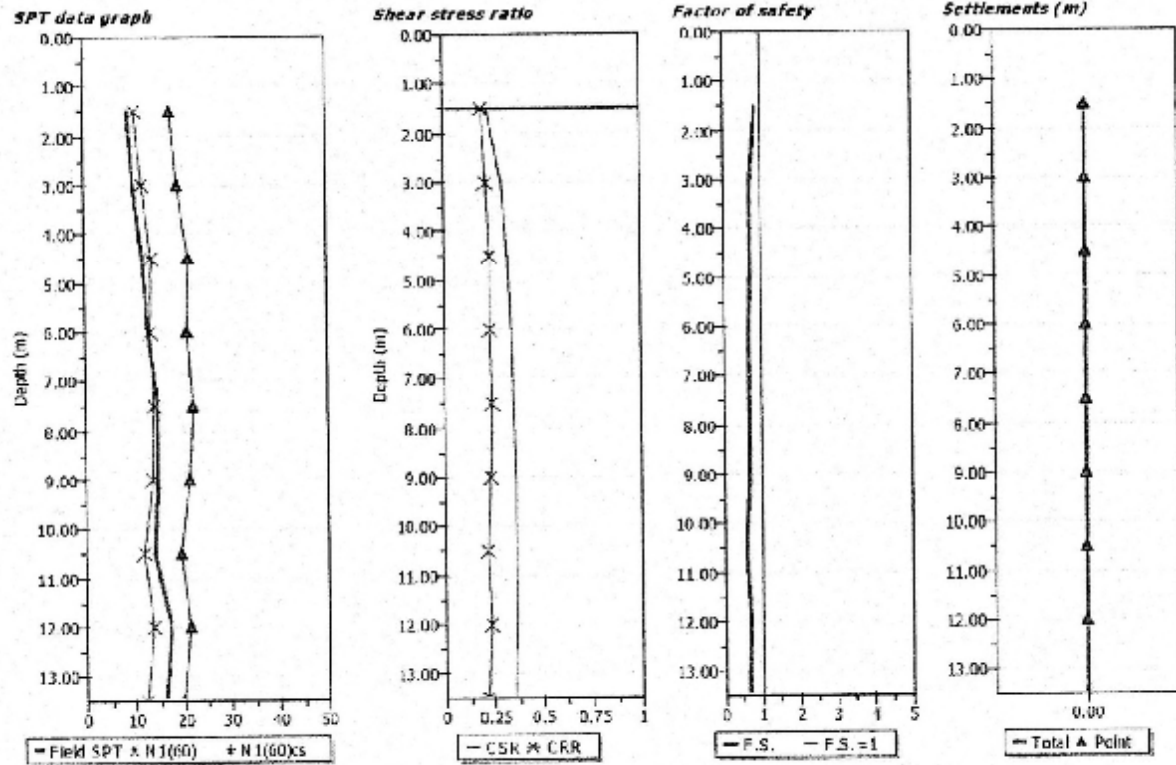
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

Project subtitle : SK-4

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	7.00
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.40 g
Flies correction method:	Larriss & Seed	User defined F.S.:	1.00



EK-51. SK-4 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

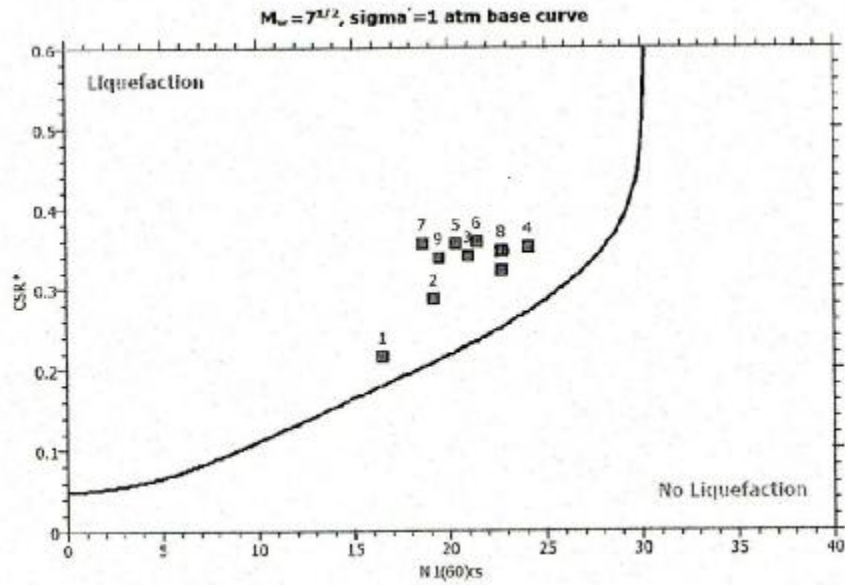
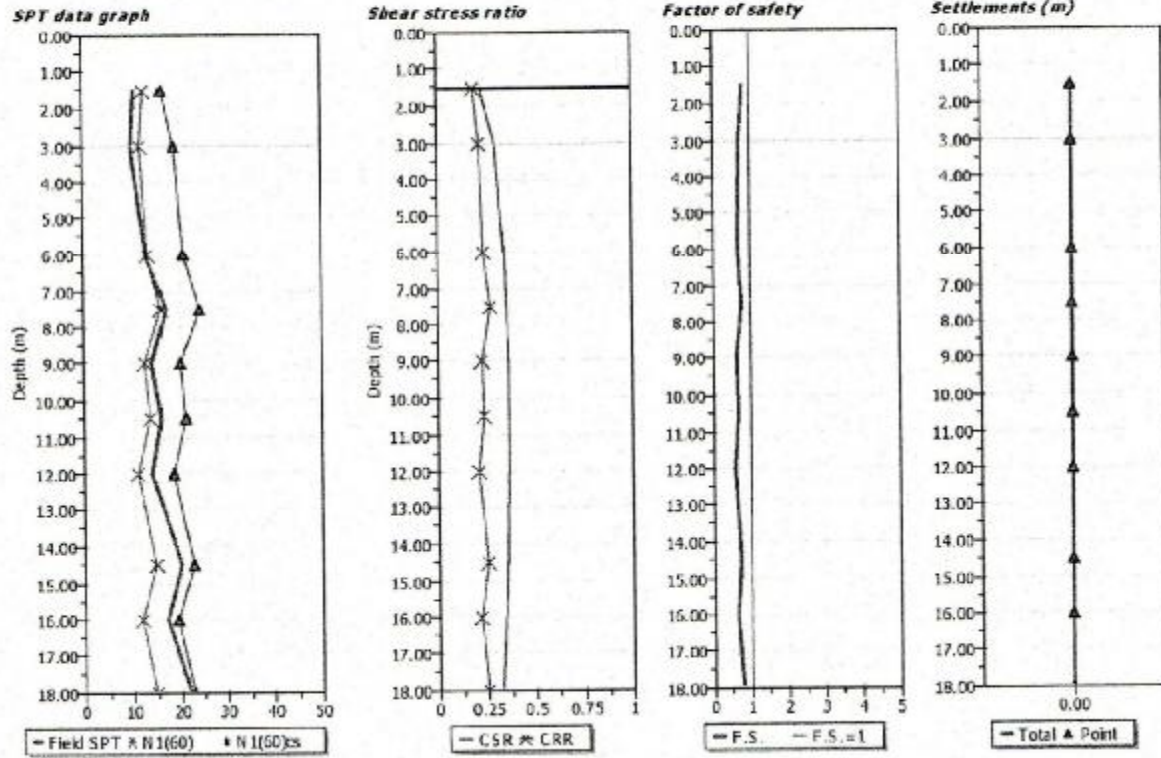
Project title : CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

Project subtitle : SK-5

Input parameters and analysis data

In-situ data type: Standard Penetration Test
 Analysis type: Deterministic
 Analysis method: NCEER 1998
 Fines correction method: Idriss & Seed

Depth to water table: 1.50 m
 Earthquake magnitude M_w : 7.00
 Peak ground acceleration: 0.40 g
 User defined F.S.: 1.00



EK-52. SK-5 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

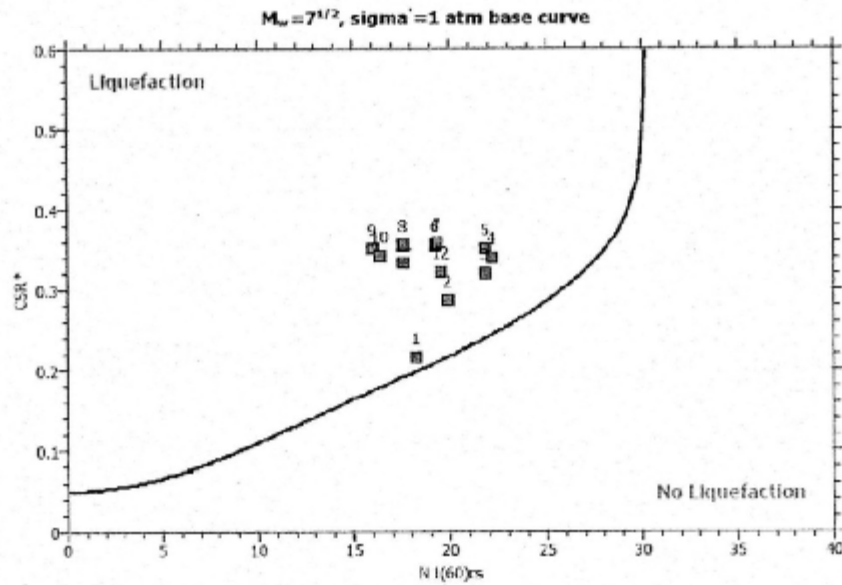
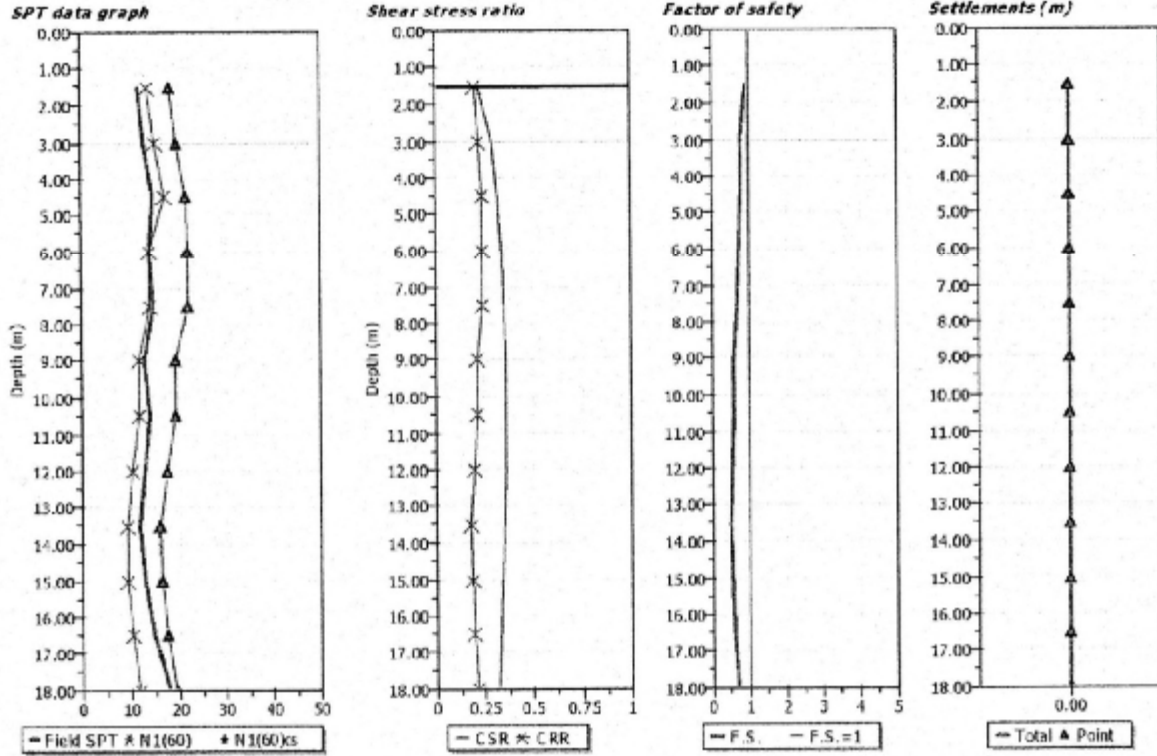
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : ÇEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

Project subtitle : SK-6

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	7.00
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.40 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00



EK-53. SK-6 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

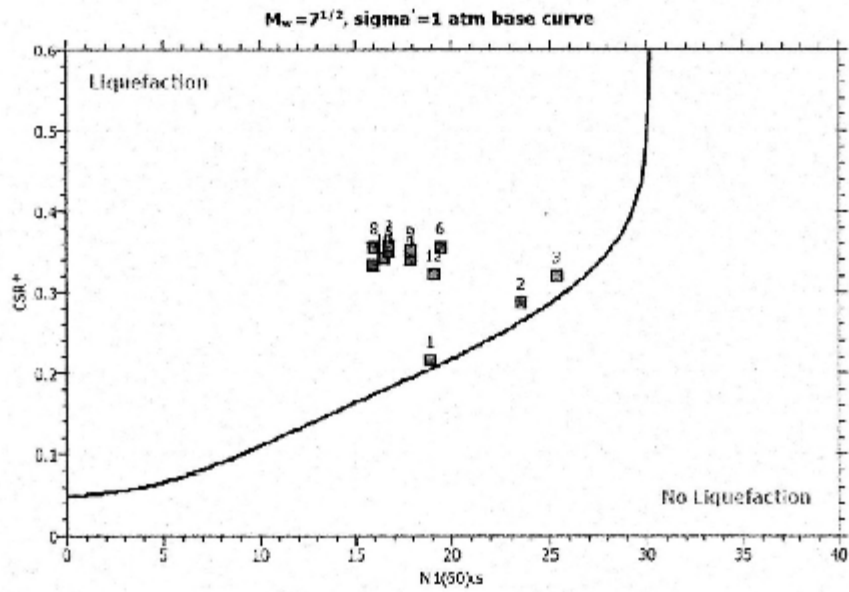
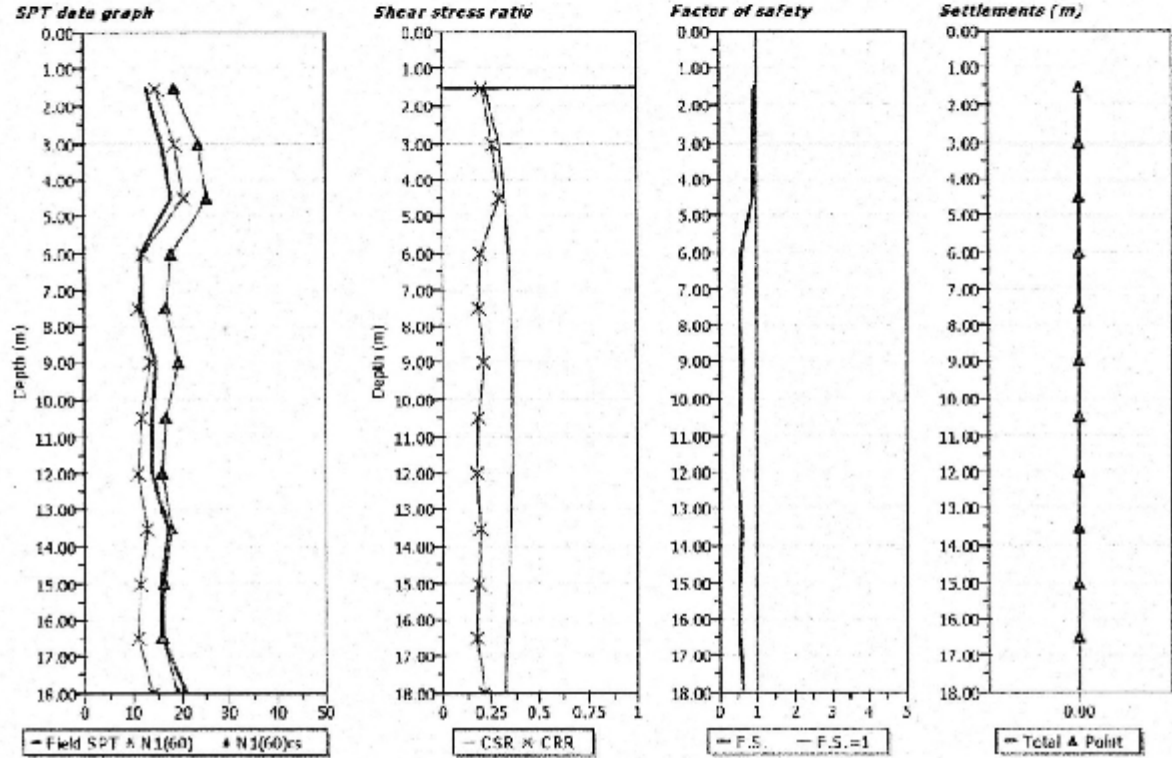
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : ÇEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

Project subtitle : SK-7

Input parameters and analysis data

In situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	7.00
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.40 g
Fines correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00



EK-54. SK-7 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

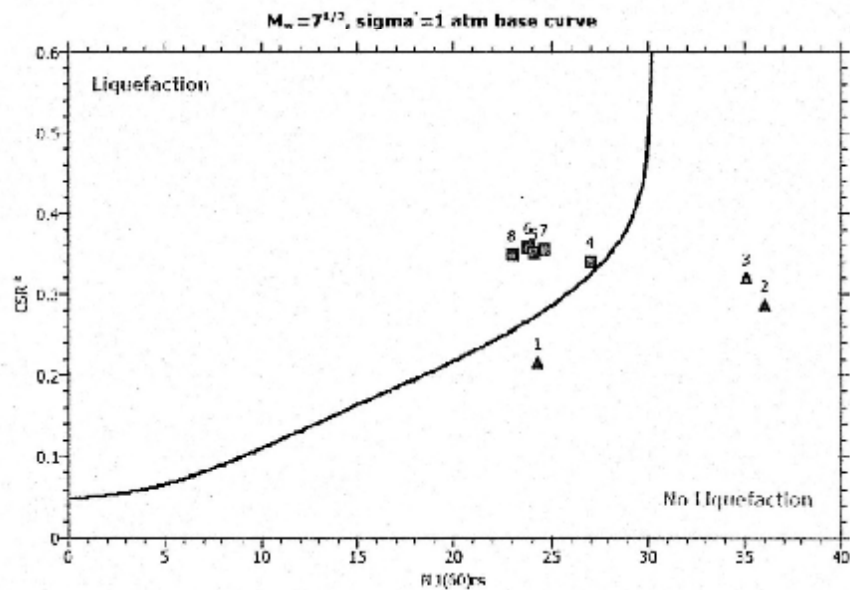
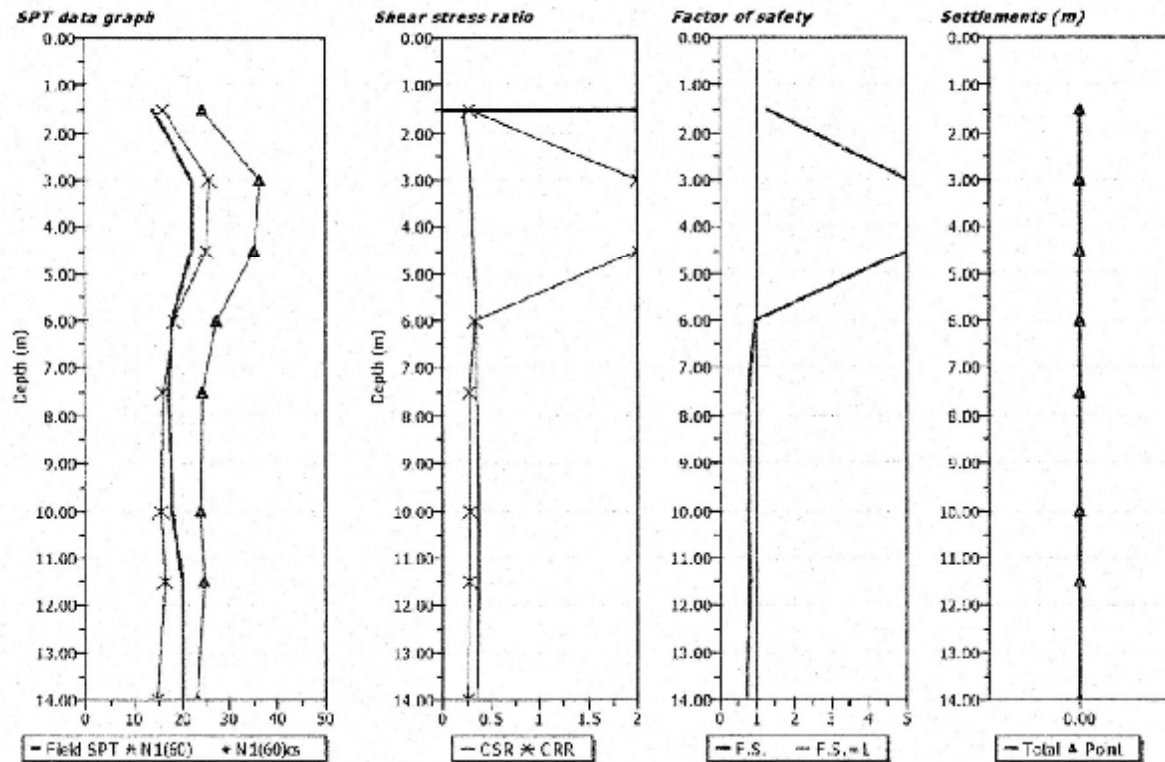
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

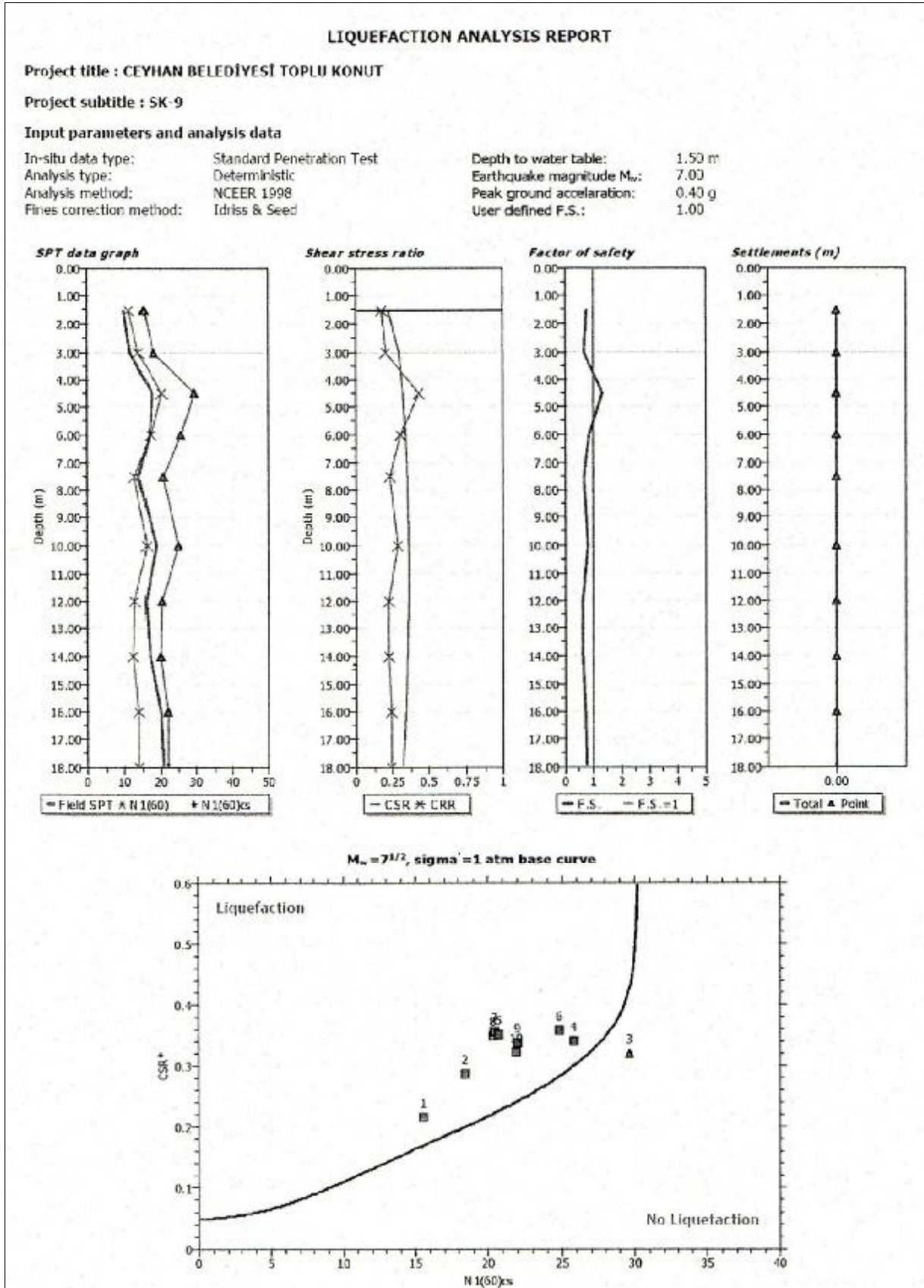
Project subtitle : SK-8

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	7.00
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.40 g
Flies correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00



EK-55. SK-8 kuyusuna ait sıvılaşma analizi



EK-56. SK-9 kuyusuna ait sıvılaşma analizi

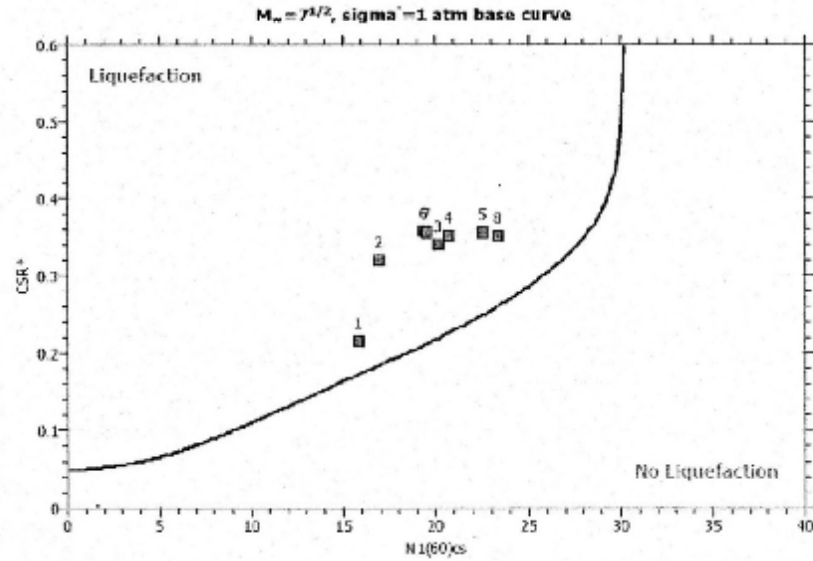
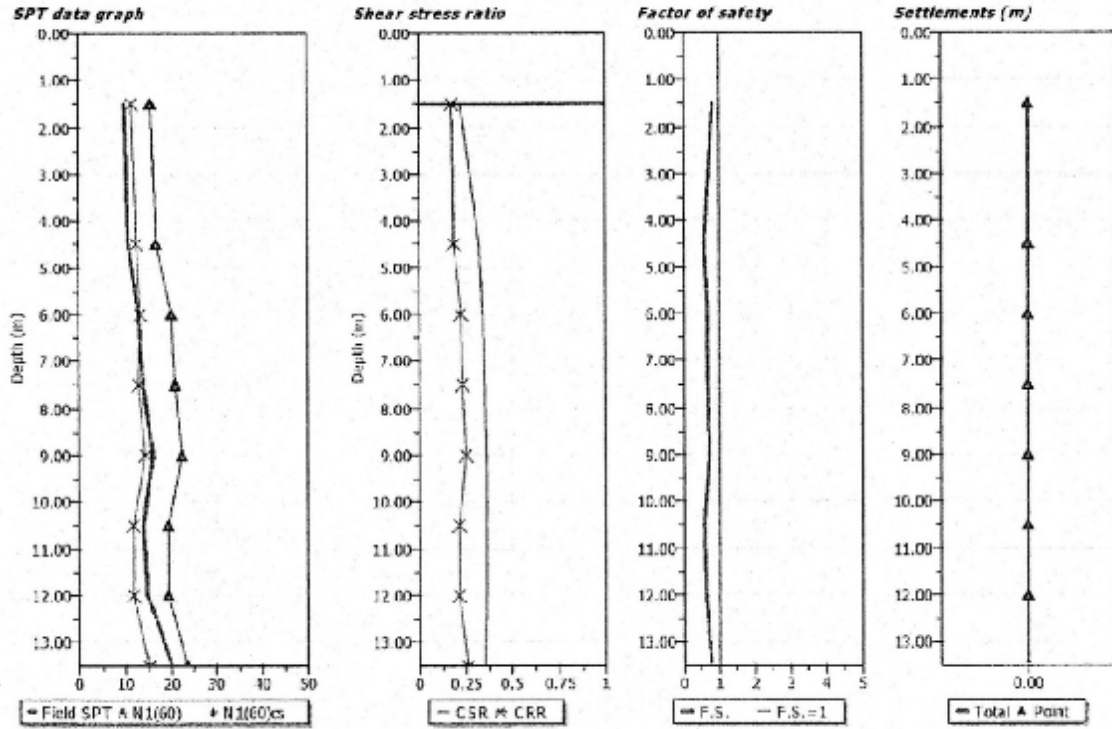
LIQUEFACTION ANALYSIS REPORT

Project title : CEYHAN BELEDİYESİ TOPLU KONUT

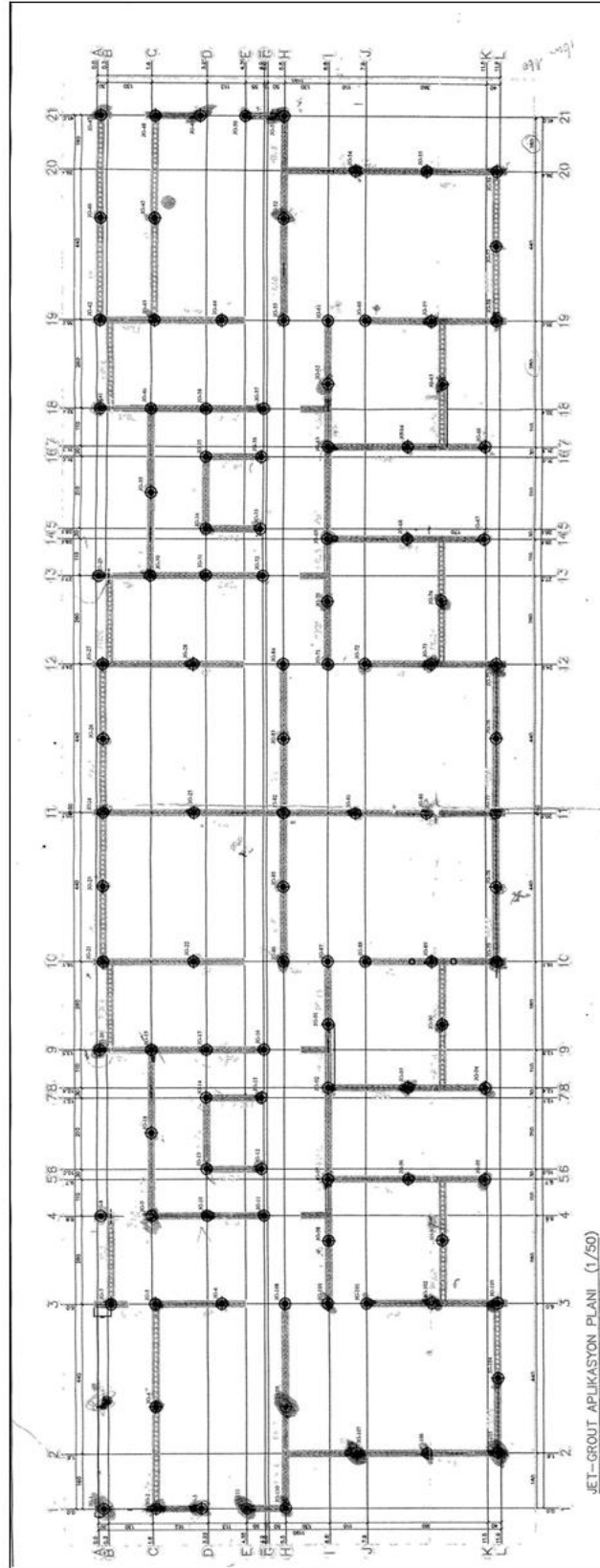
Project subtitle : SK-10

Input parameters and analysis data

In-situ data type:	Standard Penetration Test	Depth to water table:	1.50 m
Analysis type:	Deterministic	Earthquake magnitude M_w :	7.00
Analysis method:	NCEER 1998	Peak ground acceleration:	0.40 g
Flies correction method:	Idriss & Seed	User defined F.S.:	1.00



EK-57. SK-10 kuyusuna ait sıvılaşma analizi



EK-58. 1. örnekjet grout aplikasyon planı

