

**YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DİLATOMETRE İLE ZEMİN DEFORMASYON
ÖZELLİKLERİNİN BELİRLENMESİ ÜZERİNE BİR
ARAZİ ÇALIŞMASI**

72 8620

İnş.Müh.Elbe Zeynep DOĞAN

**TEZ YÜKSEKÖĞRETİM KURULU
DOKÜMANTASYON MERKEZİ**

**F.B.E İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalında Geoteknik Programında
Hazırlanan**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Tez Danışmanı

: Prof.Dr.Sönmez YILDIRIM (YTÜ)

Prof.Dr.Feyza YILKIOĞLU

Prof.Dr.K. Tay ÖZGÜDİN

İSTANBUL, 2002

İÇİNDEKİLER

Sayfa

SİMGE LİSTESİ.....	vi
KISALTMA LİSTESİ	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
ÇİZELGE LİSTESİ	xiv
ÖNSÖZ	xvi
ÖZET	xvii
ABSTRACT.....	xviii
1. GİRİŞ	1
2. DİLATOMETRE DENEYİ	2
2.1 DMT Deneyinin Kapsamı	2
2.1.1 Tanımlamalar	2
2.1.2 DMT İçin Uygun Zeminler	7
2.2 DMT Aygıtı	7
2.2.1 Yassı Dilatometre Bıçağı	7
2.2.2 Tijler.....	9
2.2.3 Hava İle İşleyen Elektrik Kablosu (p-e Kablosu).....	9
2.2.4 Denetim ve Ayarlama Birimi.....	11
2.2.5 Yerleştirme ve İtme ile Çakmanın Karşılaştırılması.....	11
2.2.6 Basınç Kaynağı	14
2.3 Ayarlama ve Hazırlık	14
2.3.1 Ayarlama.....	14
2.3.2 Membranın Denenmesi	15
2.4 Deneyin Yapılışı	15
2.4.1 Deney Adımları.....	16
2.4.2 Deney Sırasında Karşılaşılabilecek Sorunlar	18
2.4.2.1 Membran Hasarı.....	18
2.4.2.2 Kablo Hasarı	20
2.4.2.3 Bıçak Hasarı.....	20
2.4.2.4 Tijlerin Burkulması.....	21
2.4.2.5 Reaksiyon Kuvvetinin Aşılması	21
2.4.3 DMT Sönümlenme Deneyi.....	21
2.5 Verilerin Azaltılması.....	22
2.5.1 Verilerin Düzenlenerek Azaltılması.....	22
2.5.1.1 Düzeltilmiş B-Basıncı p_1	22
2.5.1.2 Düzeltilmiş A-Basıncı p_0	23

2.5.1.3	Düzeltilmiş C-Basıncı, p_2	23
2.5.1.4	Dilatometre Modülü E_D , Malzeme İndeksi I_D , Yatay Gerilme İndeksi K_D , Boşluk Basıncı İndeksi U_D	23
2.5.2	Verilerin Sunulması ve Rapor.....	26
2.5.2.1	Verilerin Sunulması (Çizelge 2.4 ve Şekil 2.11-2.12).....	26
2.5.2.2	Rapor.....	30
2.6	Verilerin Değerlendirilmesi.....	30
2.6.1	Giriş Boşluk Suyu Basıncı.....	30
2.6.2	Yanal İtki Katsayısı, K_0	31
2.6.3	Zemin Sınıflandırması.....	36
2.6.4	Birim Hacim Ağırlık.....	40
2.6.5	Kohezyonsuz Zeminlerde Drenajlı İçsel Sürtünme Açısı.....	40
2.6.6	Drenajlı Sınırlanmış Modül, M	46
2.6.7	Elastisite Modülü.....	49
2.6.8	Maksimum Kayma Modülü G_0	53
2.6.9	Gerilme Tarihçesi.....	57
2.6.10	Drenajsız Kayma Mukavemeti.....	60
2.6.11	Yatay Konsolidasyon Katsayısı.....	65
2.6.12	DMT Deneyi Hesaplarında Kullanılan Temel Bağlıntılar.....	70
2.7	Yanal Yüklü Kazıkların DMT Deneyine Dayalı Tasarımı.....	72
2.7.1	Giriş.....	72
2.7.2	P-y Eğrileri: Çakma Kazıklar için Robertson vd. (1989a) Tarafından Önerilen Yöntem.....	73
2.7.3	LATPILE.UBC Yöntemi Kullanılarak Yanal Yüklü Kazığın Tepkisinin Belirlenmesi: Robertson vd. (1989a) Tarafından Önerilen Yöntem.....	75
2.7.4	Robertson vd. (1989a) Tarafından Önerilen Yöntemin Hassaslığı.....	76
2.7.5	P-y Eğrileri: Gabr ve Borden (1988) Tarafından Kohezyonsuz Zeminler İçin Önerilen Yöntem.....	76
2.7.6	Gabr ve Borden (1988) Tarafından Önerilen P-y Eğrileri Kullanılarak Elde Edilen Kohezyonsuz Zeminlerde Yanal Yüklü Kazıkların Tepkisi.....	78
2.7.7	Gabr ve Borden Yönteminin Doğruluğu.....	78
2.8	Yüzeysel Temellerin DMT Deneyi Yardımı ile Tasarımı.....	79
2.8.1	Yüzeysel Temellerin Oturması.....	79
2.8.1.1	Oturma.....	79
2.8.1.2	Oturma: Schmertmann'ın (1986b) Genel Yöntemi.....	81
2.8.1.3	Oturma: Schmertmann Yönteminin Doğruluğu.....	82
2.8.2	Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü.....	83
2.8.2.1	Kohezyonsuz Zeminler (Drenajlı Davranış: $I_D > 2$).....	83
2.8.2.2	Kohezyonlu Zeminler (Drenajsız Davranış: $I_D < 0,6$).....	83
2.9	Düşey Yüklü Çakma Kazık Tasarımı.....	85
2.9.1	Çakma Kazıkların Son Taşıma Gücü İçin Genel Bilgiler.....	85
2.9.2	Çakma Kazıkların Son Taşıma Gücü İçin Yöntem.....	87
2.9.3	Çakma Kazıklardaki Sürtünmeyi Bulmak için DMT- σ_{hc} Yöntemi.....	89
2.10	Özel Problemler.....	91
2.10.1	Sıvılaşma.....	91
2.10.1.1	Sıvılaşma Olasılığı: Robertson ve Campanella (1986) Yöntemi.....	91
2.10.1.2	Sıvılaşma Olasılığı Değerlendirmesinin Doğruluğu.....	92
2.10.2	Sıkıştırmanın Denetimi.....	92
2.11	DMT Deneyinin Olumlu ve Olumsuz Yanları.....	94
2.11.1	Olumsuz Yanları.....	94
2.11.2	Olumlu Yanları.....	94

3.	DİLATOMETRE DENEYİNİN KULLANILDIĞI ARAZİ ÇALIŞMALARI.....	97
3.1	Edirne Uzunköprü Belediyesi, Yerleşime Uygunluk Amaçlı Geoteknik Araştırma	97
3.1.1	Jeoloji.....	97
3.1.1.1	Bölgesel Jeoloji.....	97
3.1.1.2	İnceleme Alanının Jeolojisi.....	99
3.1.2	Yapılan Çalışmalar.....	100
3.1.2.1	Araştırma Sondajları.....	100
3.1.2.2	Yerinde Deneyler.....	103
3.1.2.2.1	Dilatometre Deneyi.....	103
3.1.2.2.2	Standart Penetrasyon Deneyi (SPT).....	106
3.1.2.2.3	Arazi Veyn Deneyi	107
3.1.2.3	Laboratuar Deneyleri	109
3.2	İstanbul Büyükçekmece Atatürk Mahallesinde Yapılan Zemin Araştırması.....	109
3.2.1	Jeoloji.....	110
3.2.1.1	Bölgesel Jeoloji.....	110
3.2.1.2	İnceleme Alanının Jeolojisi.....	110
3.2.2	Yapılan Çalışmalar.....	110
3.2.2.1	Araştırma Sondajları.....	111
3.2.2.2	Yerinde Deneyler.....	111
3.2.2.2.1	Dilatometre Deneyi.....	111
3.2.2.2.2	Standart Penetrasyon Deneyi.....	113
3.2.2.3	Laboratuar Deneyleri	113
3.3	İstanbul Eyüp’de Yapılan Zemin Araştırması	113
3.3.1	Jeoloji.....	114
3.3.1.1	Bölgesel Jeoloji.....	114
3.3.2	Yapılan Çalışmalar.....	114
3.3.2.1	Araştırma Sondajları.....	115
3.3.2.2	Yerinde Deneyler.....	115
3.3.2.2.1	Dilatometre Deneyi.....	115
3.3.2.2.2	Standart Penetrasyon Deneyi.....	117
3.3.2.3	Laboratuar Deneyleri	117
4.	DMT DENEYİNİN DEFORMASYON PARAMETRELERİ YÖNÜNDEN	
	DEĞERLENDİRİLMESİ	119
4.1	DMT-Laboratuar Sonuçlarının Karşılaştırılması	119
4.1.1	Edirne-Uzunköprü’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları	119
4.1.2	Büyükçekmece’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları.....	127
4.1.3	Eyüp’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları.....	129
4.2	DMT’nin Diğer Arazi Deneyleri ile Karşılaştırılması	130
4.2.1	Edirne Uzunköprü’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları.....	130

4.2.2	Büyükçekmece’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları.....	133
4.2.3	Eyüp’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları.....	135
5.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA	139
KAYNAKLAR		153
EKLER.....		159
Ek 1 Sondaj Logları		160
Ek 2 DMT ve DMTC Deneyi Arazi Okumaları		196
Ek 3 DMT Deneyi Verileri Bilgisayar Çıktıları ve DMTC Sönümlleme Deneyi Hesaplamaları.....		202
Ek 4 Düzeltilmiş SPT N, Drenajsız Kayma Mukavemeti ve Sınırlanmış Modül Değerleri ..		209
Ek 5 Laboratuvar Sonuçları		211
Ek 6 Sondaj Logları		247
Ek 7 DMT Deneyi Arazi Okumaları ve DMT Deneyi Verileri Bilgisayar Çıktısı.....		250
Ek 8 Düzeltilmiş SPT N, Drenajsız Kayma Mukavemeti Ve Sınırlanmış Modül Değerleri..		253
EK 9 Laboratuvar Deney Sonuçları.....		255
Ek 10 Sondaj Logu		257
Ek 11 DMT Deneyi Arazi Arazi Okumaları, DMT Deney Verileri Bilgisayar Çıktıları ve DMTC Sönümlleme Deneyi Hesaplamaları		259
Ek 12 Düzeltilmiş SPT N, Drenajsız Kayma Mukavemeti Ve Sınırlanmış Modül Değerleri.....		278
Ek 13 Laboratuvar Deney Sonuçları.....		280
ÖZGEÇMİŞ		288

SİMGE LİSTESİ

a_{max}	İvme
A	DMT deneyi basınç okuması
A	DMT'nin taşıyıcı alanı
A	Yükleme türüne bağlı olarak değişen katsayı
A_s	Kazık gövde alanı
A_p	Kazık uç taşıma alanı
A'_s	Kazığın iç sınırının içinde kalan gövde alanı
A'_p	Kazık ucu kesit alanı
B	DMT deneyi basınç okuması
B	Kazığın eni
B	Temel genişliği
C	DMT basınç okuması
C_{50}	Dengedeki C basıncının %50'sinin sönümlenmesine karşılık gelen değer
C_{100}	Dengedeki C basıncının %100'nün sönümlenmesine karşılık gelen değer
C_0	Başlangıç C basıncı
C_h	Yatay konsolidasyon katsayısı
$C_{h,00}$	Aşırı konsolide zeminler için yatay konsolidasyon katsayısı
C_N	Efektif gerilme için düzeltme sayısı
C_u	Drenajsız kayma mukavemeti
C_v	Düşey konsolidasyon katsayısı
d	Sürtünme azaltıcının çapı
D	Temelin gömülme derinliği
D	Kazık çapı
D	Veyn kanatlarının çapı
D_R	Göreceli sıklık
E	Boşluk oranı
E	Elastisite modülü
E'	Drenajlı Young Modülü
E_D	DMT modülü
E_i	Başlangıç tanjant modülü
E_p	Kazığın elastisite modülü
E_r	Örnek alıcıya gelen gerçek enerjinin sağlanan enerjiye oranı
E_{rb}	Standart enerji oranı
E_u	Drenajsız Young modülü
E_{25}	Secant Young modülü
f	Ortalama birim çevre sürtünme direnci
f_1	Drenajsız kayma mukavemetini düzeltilmiş SPT sayısı kullanarak elde etmek için gerekli katsayı
f_2	Hacimsel sıkışma katsayısını düzeltilmiş SPT sayısı kullanarak elde etmek için gerekli katsayı
F_c	Kohezyonlu zeminlerde DMT modülü için düzeltme faktörü
F_H	DMT bıçağına dik yatay kuvvet
F_s	Kohezyonsuz zeminlerde DMT modülü için düzeltme faktörü
g	Yerçekimi ivmesi
G_0	Maksimum kayma modülü
h	DMT bıçak kalınlığının yarısı
h_i	i nci tabakanın kalınlığı
H	Veyn kanatlarının boyu
I_D	Malzeme indeksi

I_p	Kazığın eylemsizlik momenti
J	Ampirik katsayı
k	Plastisite indeksine dayanan bir sabit
k	Yatak katsayısı
k_h	Yatay permeabilite katsayısı
k_o	Başlangıç yatak katsayısı
K	Yanal itki katsayısı
K	Kazığın yerdeğiştirme davranışına bağlı olarak değişen katsayı
K_a	Aktif Rankin katsayısı
K_o	Vesic düzeltme faktörü
K_D	Yatay gerilme indeksi
K_o	Sükunetteki yanal itki katsayısı
K_p	Pasif Rankin katsayısı
K_q	Vesic düzeltme faktörü
K_γ	Vesic düzeltme faktörü
L	Temel uzunluğu
m	0,44 ~ 0,64 arasında değişen katsayı
m	DMT derinliğinin bıçak kalınlığına oranı
m'	Bıçak ucu ile göçme yüzeyinin düşey teğet noktası arasındaki uzaklığın bıçak kalınlığına oranı
m_v	Hacimsel sıkışma katsayısı
M	Drenajlı sınırlanmış modül
M_h	Yatay sınırlanmış modül
M_i	i nci tabakanın ortalama sınırlanmış modülü
$M_{marchetti}$	Marchetti'nin 1980 bağıntısı ile hesaplanan sınırlanmış modül
n	Kazık şekline bağlı olarak değişen katsayı
n	Deney yapılan yerin deniz seviyesinden yüksekliğine bağlı katsayı
N	Çekiç vuruş sayısı
N_{70}	Düzeltilmiş SPT sayısı
N_c	Taşıma gücü faktörü
N_p	Son direnç katsayısı
N_q	Taşıma gücü faktörü
$N_{\gamma q}$	Taşıma gücü faktörü
p_o	Düzeltilmiş A basınç okuması
p'_o	DMT efektif basıncı
p_1	Düzeltilmiş B basınç okuması
p_2	Düzeltilmiş C basınç okuması
p'_o	Ön yükleme basıncı
P	Baskı
P	Yanal zemin direnci
P_a	Atmosfer basıncı
P_u	Son zemin direnci
q_o	Koni uç direnci
q_f	Taşıma gücü
q_p	Son uç taşıma gücü
q_u	Son taşıma gücü
Q_c	Koni uç direnci
Q_L	Kazık taşıma gücü
Q_p	Kazık toplam uç direnci
Q_s	Kazık çevre sürtünme direnci
r_d	Gerilme azaltma sayısı

R	Membran çapı
R_M	Düzeltilme katsayısı
S	Membranın merkezinin dışarıya doğru hareketi
S	Toplam oturma
S_{ij}	Boyutsuz rijitlik katsayısı
S_u	Drenajsız kayma mukavemeti
t_{50}	Sönümlleme eğrisinde %50 sönümlenmeye karşılık gelen zaman
t	Kazık et kalınlığı
T	Arazi veyn tork değeri
T_{50}	Zaman faktörü
T_{flex}	Karakteristik zaman
u_e	Giriş süresince bıçak etrafında oluşan artık boşluk basıncı
u_o	Yerleştirme öncesi boşluk suyu basıncı
U_D	DMT boşluk basıncı indeksi
W	Sondaj tiji ağırlığı
X	Derinlik
y	Kazığın yatay yer değiştirmesi
y_e	Kazığın son yanal yer değiştirmesi
z	Deney derinliği
Z	Zemin yüzeyinin altındaki derinlik
Z_m	Basınç ölçerin atmosfer basıncı altındaki okuması
α	DMT taban açısının yarısı
α	Birim çevre sürtünme direncini elde etmek için kullanılan katsayı
β	Göçme yüzeyi düşey tanjant açısı
γ	Düzlem kayma bölgesi açısı
γ	Birim hacim ağırlık
γ'	DMT deneyinden elde edilen efektif birim hacim ağırlık
γ_D	DMT deneyinden elde edilen birim hacim ağırlık
γ'_{ort}	Ortalama efektif birim hacim ağırlığı
γ_w	Suyun birim hacim ağırlığı
δ	DMT-zemin sürtünme açısı
δ	Kazık-zemin sürtünme açısı
ΔA	DMT A basıncı ayarlama değeri
ΔA_{ort}	DMT A basıncı ortalama ayarlama değeri
ΔB	DMT B basıncı ayarlama değeri
ΔB_{ort}	DMT B basıncı ortalama ayarlama değeri
Δp	Normal basınç artışı
$\Delta \sigma_i$	i nci zemin tabakasının ortasındaki gerilmede beklenen değişim
η_1	Tokmak cinsi ve düşme mekanizmasına bağlı olarak elde edilen katsayı
η_2	Tij uzunluğuna bağlı katsayı
η_3	Örnek alıcıda kılıf düzeltmesi
η_4	Sondaj deliği çapı ile ilgili düzeltme
θ_o	Logaritmik göçme yüzeyi açısı
v	Poisson oranı
v'	Drenajlı Poisson oranı
v_u	Drenajsız Poisson oranı
σ'_a	Sismik dalga yayılımı doğrultusunda etkiyen efektif gerilme
σ'_b	Zemin danelerinin yer değiştirmesi doğrultusunda etki eden efektif gerilme
σ'_{ff}	Göçme yüzeyinde oluşan efektif normal gerilme

σ_h	Sükunetteki toplam yatay gerilme
σ_{ho}	Toplam yatay gerilme
σ_o	Toplam düşey gerilme
σ'_v	Düşey efektif gerilme
σ'_{vo}	Yerleştirme öncesi düşey jeolojik efektif gerilme
τ	Kayma gerilmesi
ϕ'	Drenajlı içsel sürtünme açısı
ϕ'_{ax}	Eksenel simetrik içsel sürtünme açısı
ϕ'_{ps}	Drenajlı içsel sürtünme açısı-düzlem şekil değiştirme
ψ	Penetrometre açısı



KISALTMA LİSTESİ

ABD	Amerika Birleşik Devletleri
AKO	Aşırı Konsolidasyon Oranı
CPT	Koni Giriş Deneyi
CPTU	Boşluk Suyu Basıncının Ölçüldüğü Koni Giriş Deneyi
CL	Kil
DMT	Dilatometre
HOC	Yüksek Aşırı Konsolide
LL	Likit limit
LOC	Düşük Aşırı Konsolide
NC	Normal Konsolide
OC	Aşırı Konsolide
PL	Plastik limit
PI	Plastisite indeksi
S	Kum
M	Silt
SPT	Standart Penetrasyon Deneyi



ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa
Şekil 2.1 Yassı dilatometre bıçağı (Briaud ve Miran, 1992)	3
Şekil 2.2 Denetim birimi (Briaud ve Miran, 1992).....	3
Şekil 2.3 Yassı dilatometre bıçağının yerleştirilmesi (Briaud ve Miran, 1992)	4
Şekil 2.4 Bıçak ve membranın boyutları (Briaud ve Miran, 1992)	5
Şekil 2.5 DMT bıçağının birimleri (Briaud ve Miran, 1992)	6
Şekil 2.6 Değişik türdeki havalı elektrik kablolarının birimleri (Briaud ve Miran, 1992)	10
Şekil 2.7 Denetim birimi (Briaud ve Miran, 1992).....	12
Şekil 2.8 DMT aygıtının hazırlanması (Briaud ve Miran, 1992).....	17
Şekil 2.9 DMT aygıtının hazırlanması (Briaud ve Miran, 1992).....	17
Şekil 2.10 Sıfır yerdeğiştirme için p_0 değerini belirlemek üzere yapılan doğrusal enterpolasyon (Marchetti ve Crapps'dan sonra, 1981).....	24
Şekil 2.11 Verilerin sunulması (Teksas A&M Üniversitesi, kumlu arazi) (Briaud ve Miran, 1992)	28
Şekil 2.12 Verilerin sunulması (Teksas A&M Üniversitesi, killi arazi) (Briaud ve Miran, 1992)	29
Şekil 2.13 Piezobıçak $u_{artık}$ ile DMT p_2 arasındaki karşılaştırma (Lutenegger ve Kabir, 1988).....	32
Şekil 2.14 Kumda kapanma basıncı ve statik denge boşluk basıncının karşılaştırılması (Robertson vd., 1988)	33
Şekil 2.15 Dilatometre yatay gerilme indeksi K_D 'den K_0 'ın elde edilmesi (Lacasse ve Lunne, 1988; Lunne vd., 1989).....	35
Şekil 2.16 K_D ve q_c 'den K_0 'ı yorumlamak için çift ölçekli abak: 1. Kalibrasyon hücresi verilerine göre, 2. Po Nehri verilerine göre (Marchetti, 1985).....	35
Şekil 2.17 Zemini tanımlamak ve birim hacim ağırlığı belirlemek için abak (Marchetti ve Crapps, 1981).....	38
Şekil 2.18 Girişten 1 dak sonra I_D 'ye bağlı olarak artık boşluk suyu basıncının sönümlenmesi (Davidson ve Boghrat, 1983a, 1983b).....	39
Şekil 2.19 Arazi katman bilgisini belirlemekte yardımcı U_D değişimi (Lutenegger ve Kabir, 1988)	39
Şekil 2.20 Test edilen zeminler için sınıflandırma abağı . Yüzelsel jeolojik yük, aşırı konsolidasyon oranı ve birim ağırlığın etkisi (Lacasse ve Lunne, 1988)	41
Şekil 2.21 Dilatometre deneyi parametrelerinden arazi birim hacim ağırlığının tahmini (Lacasse ve Lunne, 1988)	41

Şekil 2.22 Taşıma gücü parametrelerinin ilişkisi, kullanılan göstergeler ve varsayılan göçme yüzeyleri (Durgunoğlu ve Mitchell, 1975)	44
Şekil 2.23 ϕ için, K_o 'ın değerlendirilmesini gerektiren ve CPT'ye göre yorumlanan abak (Marchetti, 1985)	47
Şekil 2.24 Sınırlanmış tanjant modülü M 'nin tanımlanması (Braiu ve Miran, 1992)	48
Şekil 2.25 Ticino kumu için dilatometre modülünden elde edilen sınırlanmış tanjant modülü (Baldi vd., 1989)	50
Şekil 2.26 Kumlar için, dilatometre deneyinden elde edilen drenajlı Young modülünün değerlendirilmesi (Bellotti vd., 1989)	52
Şekil 2.27 Kumlar için yayınlanmış verilere göre G_o ve E_D oranları (Sully ve Campanella, 1989)	54
Şekil 2.28 Çimentolanmamış silisli kumlar için DMT deneyi kayma modülünün değerlendirilmesi (Baldi vd., 1989)	54
Şekil 2.29 Gözlenen G_{max} 'a karşılık öngörülen G_{max} (Hryciw, 1990)	56
Şekil 2.30 Dilatometre deneyi için AKO bağıntısının araştırılması (Lunne vd., 1989)	59
Şekil 2.31 Gerilme tarihçesinin K_D değerlerinden elde edilmesi (Briaud ve Miran, 1992)	61
Şekil 2.32 C_u/σ'_{vo} ile K_D arasındaki bağıntı (Marchetti, 1980)	62
Şekil 2.33 DMT S_u (Marchetti'nin 1980'de önerdiği gibi) değerinin I_D 'ye bağlı olarak öngörülmesindeki doğruluk (Lutenegger, 1988)	62
Şekil 2.34 S_u/σ'_{vo} vs K_D (Lacasse ve Lunne, 1988)	64
Şekil 2.35 S_u/σ'_{vo} vs K_D (Lacasse ve Lunne, 1988)	64
Şekil 2.36 S_u/σ'_{vo} vs K_D (Lacasse ve Lunne, 1988)	64
Şekil 2.37 DMT boşluk basıncı sönümleme deneyi ve standart DMT'nin karşılaştırılmasıyla elde edilen yinelenmiş A, B, C okumaları (membran sertliği nedeniyle düzeltilmiş p_o, p_1, p_2) (McDonalds Çiftliği Arazisi, Robertson vd., 1988)	64
Şekil 2.38 t_{50} 'yi elde etmek için kullanılan eğri (Briaud ve Miran, 1992)	67
Şekil 2.39 Log zamana karşılık A basıncı eğrisinde, DMTA deneyinden elde edilen T_{flex} (Briaud ve Miran, 1992)	70
Şekil 2.40 Kazığın en üst noktasındaki yerdeğiştirmenin bulunan değerine karşılık ölçülen değeri: Deney 3 (Robertson vd., 1989 b)	77
Şekil 2.41 Kazığın en üst noktasındaki yerdeğiştirmenin bulunan değerine karşılık ölçülen değeri: Deney 5 (Robertson vd., 1989 b)	77
Şekil 2.42 Kazığın en üst noktasındaki yerdeğiştirmenin bulunan değerine karşılık ölçülen değeri: Deney C (Robertson vd., 1989 b)	

Şekil 2.43 Ölçülen ve hesaplanan kazık en üst nokta yerdeğiştirmesi (Gabr ve Borden, 1988)	80
Şekil 2.44 Drenajsız kil koşulları için Skempton Taşıma Faktörü (Peck vd., 1974)	86
Şekil 2.45 Sıvılaşma potansiyeli tahmini için abak (Reyna ve Chameau, 1991)	93
Şekil 2.46 DMT verileri (Marchetti, 1991)	96
Şekil 3.1 Araştırma sondajları ve DMT deney yerleri	102
Şekil 3.2 Denetim birimi	104
Şekil 3.3 DMT'yi zemin içine itmek için kullanılan araç	105
Şekil 3.4 $f_1=C_v/N$ değerinin plastisite indeksi ile değişimi (Stroud ve Butler, 1975)	108
Şekil 3.5 $f_2=1/(m_v.N)$ değerinin plastisite indeksi ile değişimi (Stroud ve Butler, 1975)	108
Şekil 3.6 Araştırma sondajları ve DMT deney yerleri	112
Şekil 3.7 Araştırma sondajı ve DMT deney yerleri	116
Şekil 3.8 Likit limit ile dūřey konsolidasyon katsayısı arasındaki yaklaşık bağıntıyı gōsteren eęri (Carter ve Bentley, 1991)	118
Şekil 4.1 Killer için K_o ile AKO arasındaki bağıntıyı gōsteren eğri (Craig, 1992)	124
Şekil 5.1 p_o ve p_1' e baęlı zemin tūrü (Marchetti, 1999)	139
Şekil 5.2 K_D değişiminin AKO değişimi ile benzerliği (Jamiolkowski vd., 1988)	141
Şekil 5.3 Killerde K_o ile K_D arasındaki bağıntı (Powell ve Uglow, 1988; Lacasse ve Lunne, 1988; Kulhawy ve Mayne, 1990)	143
Şekil 5.4 DMT deneyinden elde edilen sınırlanmıř modūlūn ōdometre deneyinden elde edilen sınırlanmıř modūl ile karřılařtırılması (Lacasse, 1986)	145
Şekil 5.5 Tokyo alūvyonal kohezyonlu killinde yapılan ōdometre ve DMT deneyleri ile elde edilen sınırlanmıř modūl deęerlerinin karřılařtırılması (Yamamoto vd., 1991)	146
Şekil 5.6 DMT C okumalarının zemin tūrūne baęlı olarak deęiřiminin hidrostatik basınçla karřılařtırılması (Schmertmann, 1987)	148
Şekil 5.7 Yatay gerilmenin koni aygıtı ile algılanması (Marchetti, 1999)	150
Şekil 5.8 Sıkıřtırma ōncesi ve sonrasında ōlçūlen koni uę direnci Q_c ile DMT sınırlanmıř modūlū M_{DMT} deęiřimi (Jendeby, 1992)	151
Şekil 5.9 DMT bıçağı ve silindirik sondaların zemin içerisinde yarattıkları kemerlenme (Marchetti, 1999)	152

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 Dilatometre için uygun olan değişik türdeki zeminler (Schmertmann, 1988a).....	8
Çizelge 2.2. Beklenen ayarlama değerleri (Schmertmann, 1988a).....	15
Çizelge 2.3 DMT veri çizelgesi (Briaud ve Miran, 1992).....	19
Çizelge 2.4 DMT veri azaltma çizelgesi (Briaud ve Miran, 1992).....	27
Çizelge 2.5 I_D 'ye dayanan zemin sınıflandırması (Marchetti, 1980).....	37
Çizelge 2.6 Önerilen düzeltme faktörü F (Lutenegger, 1988).....	52
Çizelge 2.7 Taranto siltli kilinde yapılan laboratuvar ve DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması (Jamiolkowski vd., 1988).....	58
Çizelge 2.8 Augusta kilinde yapılan DMT deney sonuçları ile laboratuvar deney sonuçlarının karşılaştırılması (Jamiolkowski vd., 1988).....	58
Çizelge 2.9 Kilin yapısına göre k_v/k_h oranları (Robertson ve Campanella, 1988)	68
Çizelge 2.10 T_{flex} 'e dayanan konsolidasyon hız oranları (Marchetti ve Totani, 1989)	69
Çizelge 2.11 DMT'den hesaplanan ile ölçülen oturmaların karşılaştırılması (Schmertmann, 1986b).....	84
Çizelge 2.12 Kohezyonsuz silisli zeminler için tasarım parametreleri (Briaud ve Miran, 1992).....	90
Çizelge 3.1 Uzunköprü İlçesi inceleme alanında yapılan araştırma sondajları	100
Çizelge 3.2 Yapılan zemin araştırmasının sondaj bilgileri.....	111
Çizelge 4.1 Uzunköprü Belediyesi yerleşime uygunluk amaçlı jeolojik araştırmanın laboratuvar deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması.....	120
Çizelge 4.2 Birim hacim ağırlık için hesaplanan hata yüzdeleri	121
Çizelge 4.3 Aşırı konsolidasyon oranı için hesaplanan hata yüzdeleri ve oranları	121
Çizelge 4.5 Ön yükleme basıncı için hesaplanan hata oranları	122
Çizelge 4.4 DMT deney sonuçlarının laboratuvar ve arazi deney sonuçları ile karşılaştırılması (Schmertmann, 1988b).....	123
Çizelge 4.6 Sükunetteki yanal itki katsayısı için hesaplanan hata yüzdeleri.....	125
Çizelge 4.7 Sınırlanmış Modül için hesaplanan hata yüzdeleri ve oranları.....	126
Çizelge 4.8 Elastisite modülü için hesaplanan hata yüzdeleri	127
Çizelge 4.9 Büyükçekmece'de yapılan DMT deneyleri ile laboratuvar deney sonuçlarının karşılaştırılması.....	128
Çizelge 4.10 Birim hacim ağırlık için hesaplanan hata yüzdeleri	129
Çizelge 4.11 Eyüp'de yapılan laboratuvar deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması.....	130

Çizelge 4.12 Uzunköprü Belediyesi yerleşime uygunluk amaçlı jeolojik araştırmanın arazi deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması.....	131
Çizelge 4.13 Sınırlanmış modül için hesaplanan hata yüzdeleri	132
Çizelge 4.14 Elastisite modülü için hesaplanan hata yüzdeleri	133
Çizelge 4.15 Büyükçekmece’de yapılan arazi deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması.....	133
Çizelge 4.16 Sınırlanmış modül için hesaplanan hata yüzdeleri	134
Çizelge 4.17 Elastisite modülü için hesaplanan hata yüzdeleri	135
Çizelge 4.18 Eyüp’de yapılan arazi deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması	136
Çizelge 4.19 Sınırlanmış modül için hesaplanan hata yüzdeleri	136
Çizelge 4.20 Elastisite modülü için hesaplanan hata yüzdeleri	137
Çizelge 5.1 Malzeme indeksi I_D (Marchetti, 1999)	139



ÖNSÖZ

Günümüzde zeminlerin fiziksel ve mekanik özelliklerini belirlemek, geoteknik problemlerinin çözümünde kullanılan zemin parametrelerini elde etmek için değişik laboratuvar ve arazi deneylerinden yararlanılmaktadır. Bu yöntemler zemin türüne bağlı olarak çeşitlilik göstermekle birlikte, bir zemin türü için en ekonomik, kolay ve hızlı olan yöntem seçilmektedir. Yumuşak zeminlerde uygulanan bu tür yöntemlerden biri Marchetti (1980) tarafından geliştirilen dilatometre (DMT) deneyidir. DMT deneyinin diğer arazi deneylerine göre daha hızlı, ekonomik ve kolay olması nedeniyle son yıllarda Avrupa ve Amerika'da kullanımı yaygınlaşmıştır.

Bu çalışmada DMT deneyi, seçilen yumuşak zeminlerde uygulanarak elde edilen sonuçlar diğer arazi ve laboratuvar deneyleri ile karşılaştırılmıştır. 2. bölümde DMT deneyinin aygıtı, bu aygıtın kullanımı, deneyin yapılışı ve verilerin değerlendirilmesi anlatılmakta olup; bu veriler yardımıyla bilinen zemin parametrelerinin hesaplanmasında kullanılan amprik eşitlikler sunulmaktadır. DMT deneyinin uygulandığı arazi çalışmaları ve bu çalışmalar kapsamında yapılan diğer arazi ve laboratuvar deneyleri 3. bölümde yer almaktadır. 4. bölümde DMT deneyi, elde edilen zemin parametreleri yönünden değerlendirilmiş ve 5. bölümde yapılan çalışmaların sonuçları, Marchetti ve diğer araştırmacıların bulgularına da yer verilerek sunulmuştur.

Yüksek lisans tez çalışmam sırasında değerli bilgi ve deneyimleri ile bana yol gösteren ve bu çalışmanın her aşamasına katkıda bulunan tez danışmanım Prof.Dr.Sönmez YILDIRIM'a, ortak bir çalışma yürüttüğüm değerli arkadaşım İnş.Müh.Senem ÖZKAYA'ya, karşılaştığım problemlerin çözümünde yardımlarını hiçbir zaman eksik etmeyen ve destekleri ile her zaman yanımda olan Araş.Gör.Şenol ADATEPE, Araş.Gör.Pelin TOHUMCU ve Araş.Gör.Murat TONAROĞLU'na, laboratuvar çalışmalarım sırasındaki yardımlarından dolayı teknisyen Erhan EROL ve Ali YÜKSEL'e teşekkürü bir borç bilirim.

DMT deneyi için gerekli aygıtın ve donanımın sağlanmasında yardımlarını esirgemeyen GEOSAN A.Ş.'nin yetkilisi Jeoloji Y.Müh.Dr.Tahir ÖNGÜR ile şirket çalışanlarına ve deneyin uygulanışı sırasında deneyimlerini esirgemeyen İnş.Y.Müh.Kemal KOYUNLU'ya, Eyüp'te yapılan çalışma sırasında yardımlarını esirgemeyen TEMELTAŞ A.Ş.'ye ve çalışanlarına katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince beni destekleyen aileme ve eşime sabır ve anlayışları için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

ÖZET

Dilatometre (DMT) deneyi, geoteknik mühendisliğinde kullanılan zemin parametrelerinin belirlenebilmesi için Marchetti (1980) tarafından geliştirilen yerinde giriş deneyidir. Bu deneyde kullanılan aygıt ve deney adımları oldukça basittir. DMT deneyi ile tekrarlanabilen ve bir zemin kesiti boyunca neredeyse sürekli veriler elde etme olanağı vardır. Bu veriler ampirik bağıntılar yardımıyla zemin türüne bağlı olarak değerlendirilebilirler. Böylece, mekanik zemin parametreleri olan drenajsız kayma mukavemeti C_u , sükunetteki yanal itki katsayısı K_o , aşırı konsolidasyon oranı AKO, sınırlanmış modül M , yatay konsolidasyon katsayısı C_h ile zemin türü ve birim hacim ağırlık γ yerinde belirlenebilir.

DMT bıçağı paslanmaz çelikten yapılmış, bir yüzünde ince çelik membran bulunan yassı bir bıçaktır. Bıçak zemin içerisine itildikten sonra membran gaz basıncı yardımıyla genişletilir ve A, B basınç okumaları alınır. Daha sonra gaz basıncı düşürülerek C basınç okuması alınır. Bu basınç değerleri kullanılarak Marchetti (1980)'nin tanımladığı malzeme indeksi I_D , yatay gerilme indeksi K_D , dilatometre modülü E_D hesaplanır ve yukarıda sıralanan zemin parametreleri I_D , K_D , E_D yardımıyla belirlenir.

Bu çalışma kapsamında DMT deneyi üç ayrı arazide uygulanmış olup; Marchetti (1980) tarafından önerilen ampirik bağıntılar kullanılarak hesaplanan zemin parametreleri laboratuvar ve diğer arazi deneyleri ile karşılaştırılmıştır. Buna göre; DMT deneyi ile zeminin deformasyon parametreleri olan sınırlanmış modül M ve yatay konsolidasyon katsayısı C_h tahmin edilmeye çalışılmıştır. DMT deneyinin sınırlanmış modül M için iyi sonuçlar verdiği gözlenmekle birlikte, yatay konsolidasyon katsayısı C_h için yeterince güvenilir sonuçlar vermediği gözlenmiştir. Bununla birlikte; Marchetti (1997) tarafından açıklanan bazı fiziksel kanıtlara dayanarak, DMT deneyinin yatay konsolidasyon katsayısının belirlenmesinde ümit verici olduğu belirtilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dilatometre deneyi, zemin parametreleri, yerinde giriş deneyi, geoteknik mühendisliği, paslanmaz çelik bıçak.

ABSTRACT

Dilatometer (DMT) test is a penetration test developed by Marchetti (1980) in order to determine the soil parameters used in geotechnical engineering. The equipment and the steps used in this test are extremely simple. With DMT test there is a possibility of obtaining continuous and repeatable data along a soil section and these data can be evaluated according to the type of soil with the help of empirical correlations. Thus, mechanical soil parameters like undrained shear strength C_u , coefficient of lateral earth pressure K_0 , over consolidation ratio OCR, drained constrained modulus M and coefficient of horizontal consolidation C_h as well as the soil type and the unit weight can be determined at site.

DMT blade is a stainless steel blade and has a thin steel membrane on one of its surfaces. When it is inserted into the soil, its membrane is expanded with the aid of gas pressure, and by reducing this gas pressure the A, B and C pressure readings are obtained. Using these pressure values, the material index I_D , the horizontal stress index K_D and dilatometer modulus E_D defined by Marchetti (1980), are calculated and the above mentioned soil parameters are determined by using these parameters (Marchetti, 1980).

In the scope of this study, DMT test was applied on three different sites and the soil parameters calculated by using the empirical correlations suggested by Marchetti (1980), were compared to laboratory and other insitu tests. Thus, with DMT test, soil deformation parameters the drained constrained modulus M and the coefficient of horizontal consolidation C_h were evaluated. It has been observed that while it is giving good results for the drained constrained modulus M , the DMT test results were not in good agreement with the coefficient of horizontal consolidation C_h . While this is the case, looking at some physical evidences supplied by Marchetti (1997), it has been stated that the DMT test looks promising in determining the coefficient of horizontal consolidation as well.

Key words: Dilatometer test, soil parameters, insitu penetration test, geotechnical engineering, stainless steel blade.

1. GİRİŞ

DMT deneyi 1970'lerde İtalyan Prof.Silvano Marchetti tarafından tasarlanmış olup; 1977'de İtalya'da patenti verilmiştir. Daha sonra deney, Schmertmann & Crapps A.Ş. vasıtasıyla ABD'de tanıtılmış, ardından artan bir şekilde Avrupa ve Amerika'da çeşitli araştırmalar ile pratik uygulamalarda kullanılmıştır. DMT deneyinin tasarım amaçlı uygulamalarından bazıları şöyle sıralanabilir:

- Yatay ve düşey yükler altındaki derin temeller,
- Düşey yük altındaki yüzeysel temeller,
- Sıkıştırma denetimi,
- DMT deneyi ile belirlenebilen zemin parametrelerinin kullanılabileceği geoteknik problemlerinin tümü.

Bu çalışma kapsamında DMT deneyi ile belirlenebilen zemin parametrelerinin laboratuvar ve diğer arazi deneyleri ile belirlenen zemin parametreleriyle karşılaştırılması amacıyla üç farklı arazide çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar sonucunda DMT deneyi ile elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Buna göre; DMT deneyinin uygulaması ve gözlenen sonuçlar sırasıyla sunulmuştur.

2. DİLATOMETRE DENEYİ

2.1 DMT Deneyinin Kapsamı

Bir tij serisinin ucunda yer alan yassı bıçağın, istenilen derinliğe kadar zemin içerisine itilmesi ile yapılan arazi deneyine dilatometre deneyi adı verilir (Şekil 2.1, 2.2, 2.3, 2.4, 2.5). İstenilen derinliğe ulaşıldığında, bıçağın bir yanının üzerinde bulunan dairesel çelik membranın gaz basıncı kullanılarak, zemin içerisinde yatay doğrultuda genişmesi sağlanır ve A, B olmak üzere iki basınç değeri kaydedilir. Membranın zemin içerisinde 1 mm. genişmesi için gereken basınç B iken, genişme öncesinde bıçak üzerindeki basınç A basıncıdır. Membran içerisindeki gaz boşaltıldıktan sonra kaydedilen bir diğer basınç değeri ise C basıncıdır. Deneyin bu sıralaması, yani A, B ve C değerlerinin elde edilmesi 1-2 dk. sürmektedir. Bıçak daha sonra, bir diğer deney derinliğine ilerletilir. Böylece, zemin içinde belli aralıklarla yapılan dilatometre deneylerinin oluşturduğu bir seri elde edilir ve bu dilatometre deney serisi bir DMT sondajı olarak kabul edilebilir.

DMT'nin tasarımıdaki uygulamalarından bazıları şöyle sıralanabilir; yatay ve düşey yükler altındaki derin temeller, düşey yük altındaki yüzeysel temeller, sıkıştırma denetimi. DMT ile elde edilen zemin özelliklerinin kullanılabileceği diğer geoteknik problemlerinin tümü, Bölüm 2.6'da anlatılmaktadır.

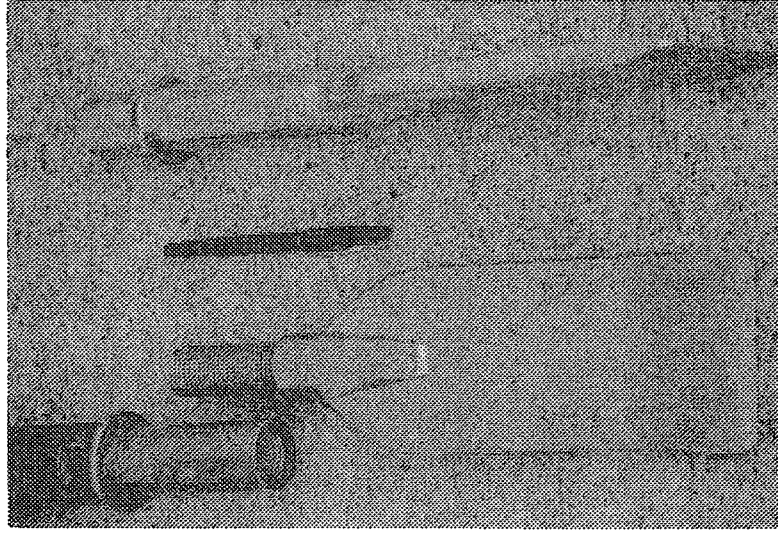
DMT deneyi, son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunun başlıca nedenleri olarak; deney için özel elektriksel düzeneklerin gerekli olmayışı, deney sonuçlarının birden fazla yinleme ile denetlenebilmesi, deney giderlerinin az olması ve DMT bıçağını zemin içine itmek için değişik türde ağıt ve tijlerin kullanılabilmesi sıralanabilir.

ASTM'nin dilatometre deneyinin yapılışı için önerdiği yöntem Schmertmann (1986a) tarafından da önerilmiştir.

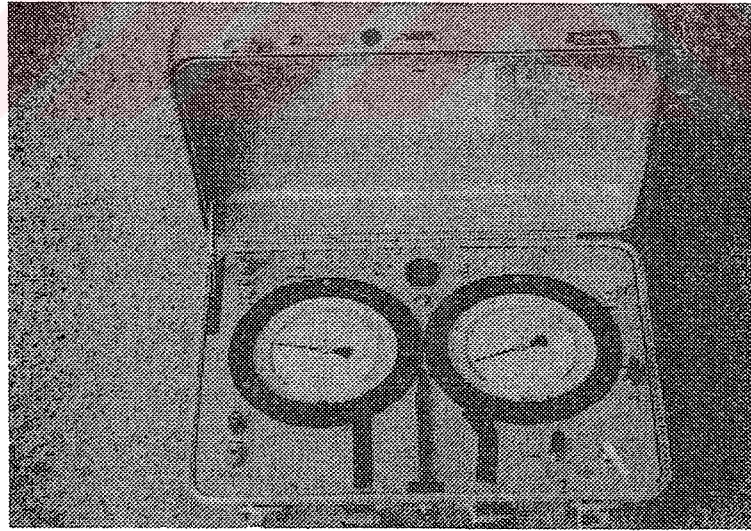
2.1.1 Tanımlamalar

Aşağıdaki tanımlar ASTM tarafından önerilen yöntemden alınmıştır. DMT; DilatoMeTre için kullanılan kısaltmadır.

A Basıncı veya p_a : Bıçak zemin içine yerleştirildikten sonra, membranın merkezinin membran içindeki destek üzerinde yükselerek, zemin içinde yatay doğrultuda 0,05 (+0.02,-0.00) mm hareket ettiği sırada, membran içinde oluşan gaz basıncına A basıncı adı verilir.



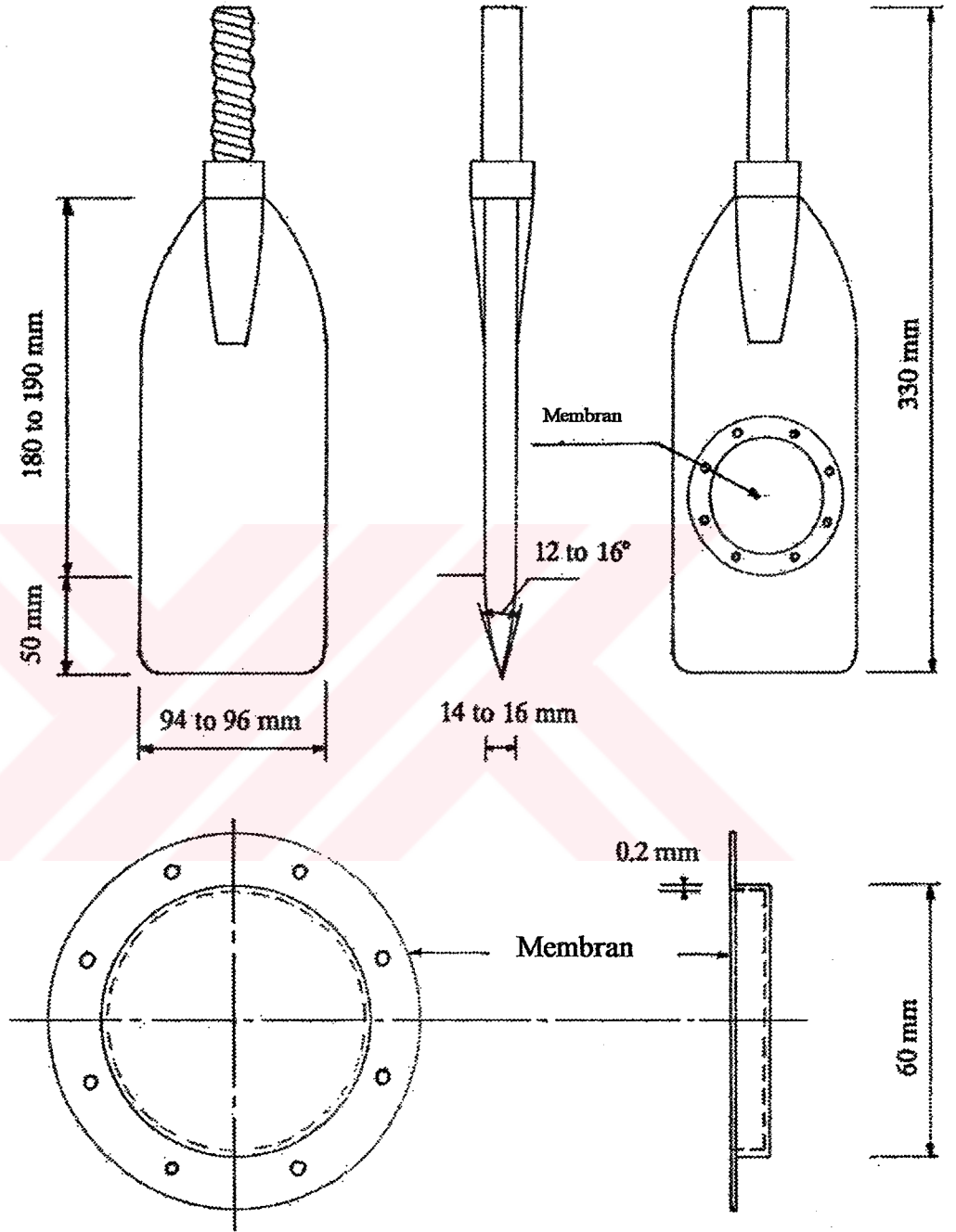
Şekil 2.1 Yassı dilatometre bıçağı (Briaud ve Miran, 1992)



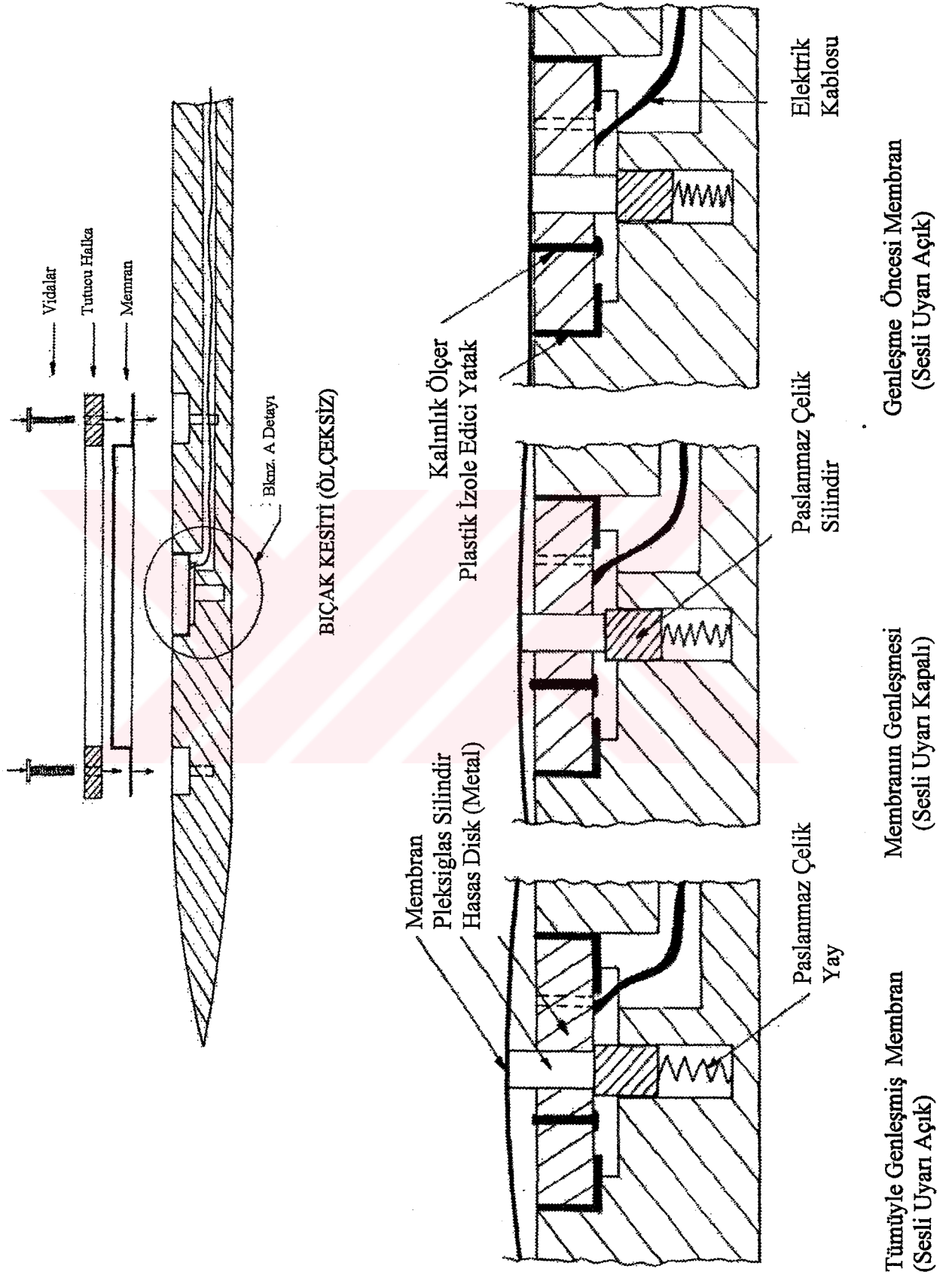
Şekil 2.2 Denetim birimi (Briaud ve Miran, 1992)



Şekil 2.3 Yassı dilatometre bıçağının yerleştirilmesi (Briaud ve Miran, 1992)



Şekil 2.4 Bıçak ve membranın boyutları (Briaud ve Miran, 1992)



Şekil 2.5 DMT bıçağının birimleri (Briaud ve Miran, 1992)

B Basıncı veya p_1 : Yukarıda anlatıldığı şekilde membranın zemin içinde $1,1 \pm 0,03$ mm hareket ettiği sırada membran içinde oluşan gaz basıncına B basıncı adı verilir.

C Basıncı veya p_2 : Membranın içindeki gazın yavaşça boşaltılması ve membranın bıçak yüzeyi ile temas haline geçmesi sonrasında, membranın içinde oluşan gaz basıncına C basıncı adı verilir.

2.1.2 DMT İçin Uygun Zeminler

DMT deneyi en çok çakıllı kumlardan daha ince zeminler için uygundur. Giriş için engel teşkil edecek tabakalar içeren zeminlerde önerilmemektedir. Örneğin; kaya tabakaları, kütle oluşturacak katılıktaki tabakalar, iri çakıllar, çimentolanmış tabakalar, geniş kabuklar (iri çakıllı çökeller, ya da çakıllı birikimler gibi) bu tür engel tabakalardandır. Bu tabakalar penetrasyona engel olurlar ve bıçak ile membrana zarar verebilirler.

Çizelge 2.1 Schmertmann tarafından hazırlanmıştır ve DMT'nin hangi zeminler için uygun olduğunu değerlendirmede kullanılabilir.

2.2 DMT Aygıtı

2.2.1 Yassı Dilatometre Bıçağı

Yassı Dilatometre bıçağı, bir yüzeyine bu yüzeye dokunan genişleşebilir dairesel çelik membran tutturulmuş, paslanmaz çelik bıçaktır. Bu membran, bıçağın yüzeyi ile aynı seviyededir. Ayrıca, bıçağa üç konumlu bir elektrik anahtarı yerleştirilmiştir. Bu üç konum, membranın üç fazına karşılık gelmektedir. Bunlar aşağıdaki gibidir (Şekil 2.5):

- Genleşme öncesi (genleşme $< 0,05$ mm)
- Genleşme ($0,05 \text{ mm} \leq \text{genleşme} < 1,1$ mm)
- Tam olarak genleşme (genleşme $\geq 1,1$ mm)

Bıçağın şekli ve boyutları Şekil 2.4'te gösterilmiştir. ASTM'nin önerdiği yöntemle göre (Schmertmann 1986a), bıçağın gözle görülebilir bir eğriliği olmamalıdır. İzin verilebilir eğrilik için bıçağın eksenine paralel yerleştirilen düz bir kenarın bıçaktan olan açıklığının en fazla 0,5 mm. olması önerilmektedir. Bıçağın batırılan kenarı, bıçağın tutturulduğu tijlerin ekseninden 2 mm. den fazla sapmamalıdır.

Çizelge 2.1 DMT için uygun olan değişik türdeki zeminler (Schmertmann, 1988a)

Uygunluk Derecesi: 0 = DMT uygulanamaz 2 = Uygulama için iyi zemin
1 = Bazen Elverişsiz 3 = Uygulama için en iyi zemin

NOT: Çakma işlemi DMT sonuçlarını değiştirir ve bağıntıların doğruluğunu azaltır.

Zemin Tipi	Değişik Zemin Koşulları için DMT'nin Uygunluğu					
	Yumuşak, Gevşek*		Orta		Katı, Sıkı**	
	N _{SPT} < 5 *** q _c < 15 ****		N _{SPT} = 25 *** q _c = 75 ****		N _{SPT} > 25 *** q _c > 75 ****	
	Dolgular Depolanmış Pompalanmış	Doğal	Az Sıkıştırılmış Dolgular	Doğal	Çok Sıkıştırılmış Dolgular	Doğal
Killer	3	3	2	2	2	2
Siltler	2	2	2	2	1	1
Kumlar	3	3	2	2	1	1
Çakıl, geniş kabuk ve çok katı kütleler	1	1	0	0	0	0
İri Çakıllar	0	0	0	0	0	0
Kayaçlar (Ayrışmış)	0	1	0	0	0	0
CL+M+S*****	3	3	3	2	2	2
CL+M+S+Kabuk	2	2	2	2	0	0
CL+M+S+Kaya	1	1	1**	1**	0	0
Kum+Çakıl	2	2	2**	1**	0	0
Organik CL+S	3	3	2	2	1	1
Yerinde Ayrışmış/ Ayrışmamış (anakaya) Kaya	3	3	2	2	1	1
Yerinde Ayrışmış Kaya	1	1	0	1**	0	0
Daneleri arasında herhangi bir bağlayıcı bulunan Kum	-	1	-	1**	-	0
Kayaç karışık yamaç molozu	-	1	-	1**	-	0
Buzul birikintisi	0	1	0	0	0	0
Tabakalı Killer	3	2	2	2	1	1
Lösler	3	2	2	2	-	-
Turba	3*	2*	2	2	-	-
Balçık ve maden atığı	3*	-	2	-	-	-

- * Çok yumuşak zeminlerde doğrulamaya karşı duyarlılık kontrolü yapılmalıdır
 ** Hasar için yüksek risk nedeniyle yüksek dayanımlı bıçak ve membran kullanılmalıdır
 *** N_{SPT} = Standart Penetrasyon Deneyi darbe sayısı
 **** q_c = Koni Giriş Deneyi Uç Direnci : bar.
 ***** CL: Kil, M: Silt, S: Kum

Dairesel membran, paslanmaz çelikten yapılır ve bıçağa vidalarla sabitlenmiştir. Boyutları Şekil 2.4'te gösterilmiştir. Burada iki tür membran vardır.

S (standart) türü; diğer membran türüne göre daha yumuşaktır ve hasarları önlemek açısından, bıçağın ilerlemesi için gerekli baskı 2 tondan daha az veya çekiç vuruş sayısı girişin her 25 mm'lik kısmı için 5 vuruştan daha az ise kullanılmalıdır. Ters durumda bıçak hasar görecektir.

H (yüksek dayanımlı) türü; daha dayanıklıdır ve her zeminde kullanılabilir. S türüne göre hasarlara karşı çok daha az duyarlıdır.

Elektrik anahtarı duyarlı disk, izole edici yatak, pleksiglass silindir, paslanmaz çelik silindir, kalınlık ölçer ve paslanmaz çelik yaydan oluşur. Bu anahtarın çalışma düzeneyi Şekil 2.5'te görülmektedir.

2.2.2 Tijler

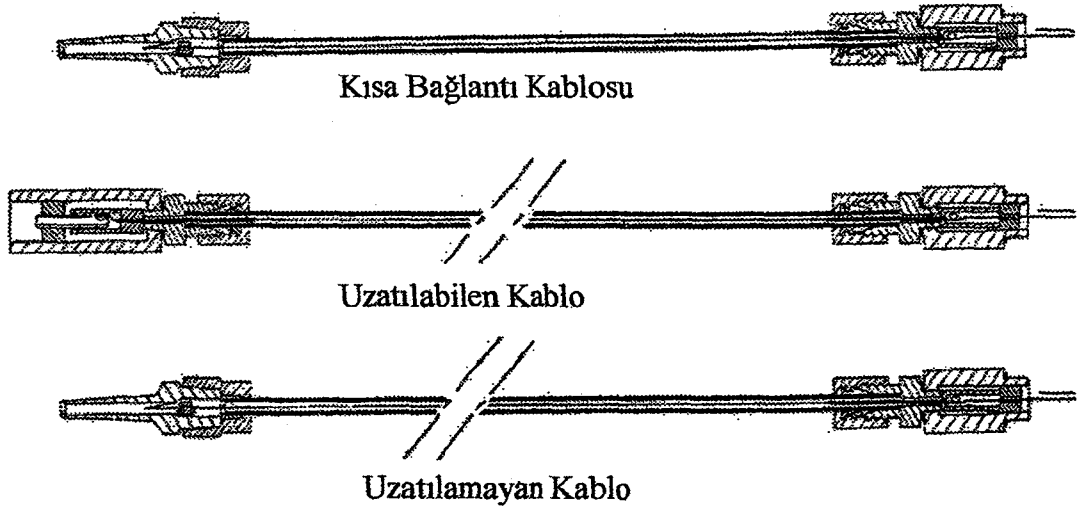
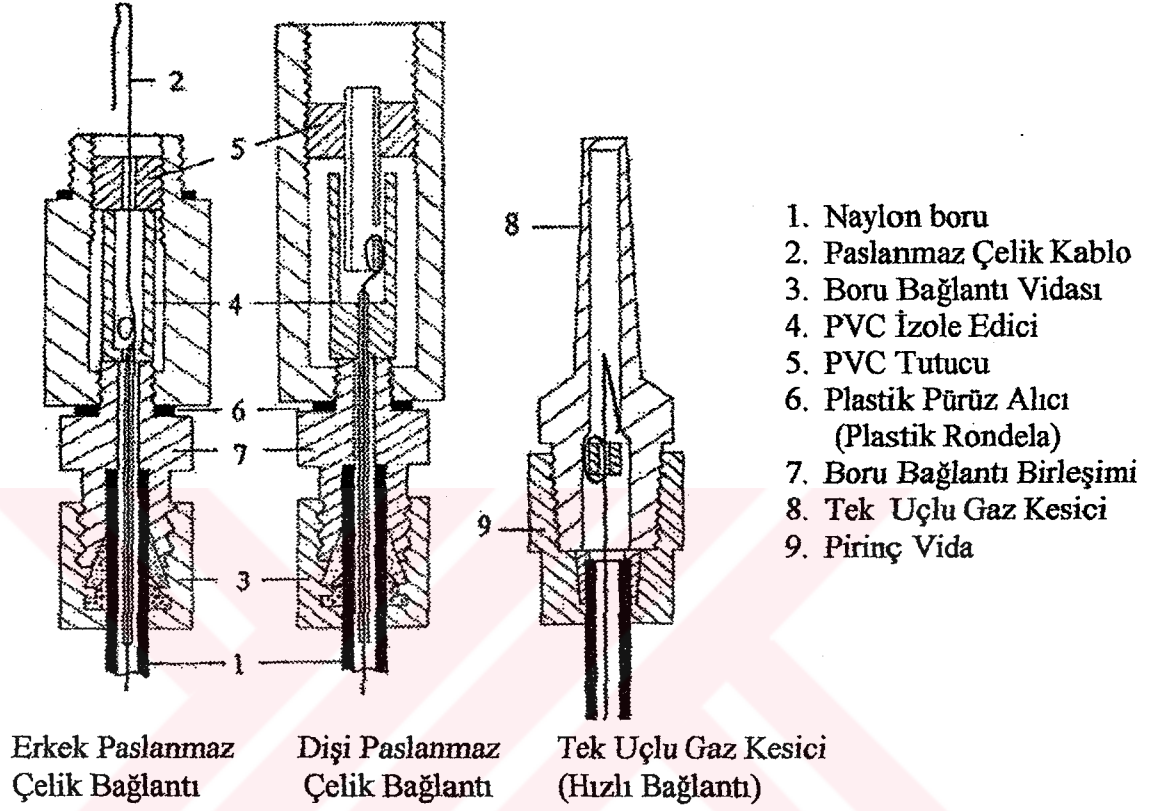
Tijler, baskıyı, onu sağlayan araçtan bıçağa aktarmak için kullanılır. Gerekli bağlantılar ile CPT çubukları veya sondaj çubukları kullanılabilir. CPT çubuklarının kullanılması durumunda aşağıdakiler önerilmektedir:

- En alttan ilk 5 tij için, toplam 1 m. uzunlukta tijin orta noktasındaki sapma 0,5 mm'yi geçmemelidir. Geri kalan diğer tijler için bu değer 1 mm'dir.
- Birbirine eklenmiş tijlerin herhangi bir çifti için, birleşim yerindeki sapmada bu limit değerleri aşmamalıdır.

2.2.3 Hava İle İşleyen Elektrik Kablosu (p-e Kablosu)

p-e kablosu, yay gibi davranan paslanmaz çelik telden yapılmıştır. Bu tel naylon bir boru içinde yer alır ve her iki ucunda da özel bağlayıcılar bulunmaktadır. Bu kablo gaz basıncını iletir ve denetim biriminden bıçağa kadar elektrik akımını aktarır. Üç tür elektrik kablosu vardır (Şekil 2.6):

- Uzatılmayan Tür
- Uzatılabilen Tür
- Kısa Bağlantı Kablosu



Şekil 2.6 Değişik türdeki havalı elektrik kablolarının birimleri (Briaud ve Miran, 1992)

Kablolar oldukça serttir ve kablonun içindeki telin zarar görmesini engellemek için kablonun eğilmemesine özen gösterilmelidir. Bu sorunu en aza indirmek için, her zaman en uygun kısa kablo seçilmelidir.

2.2.4 Denetim ve Ayarlama Birimi

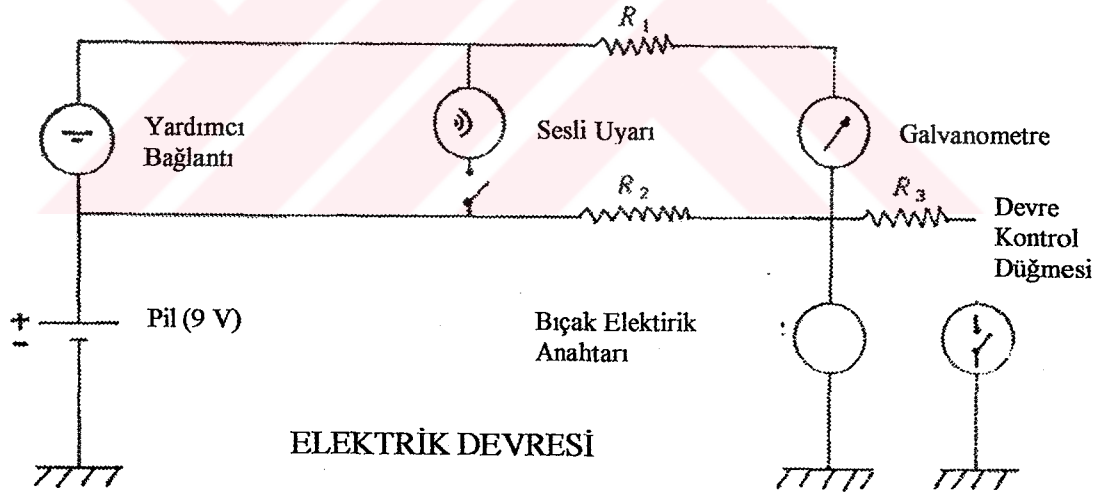
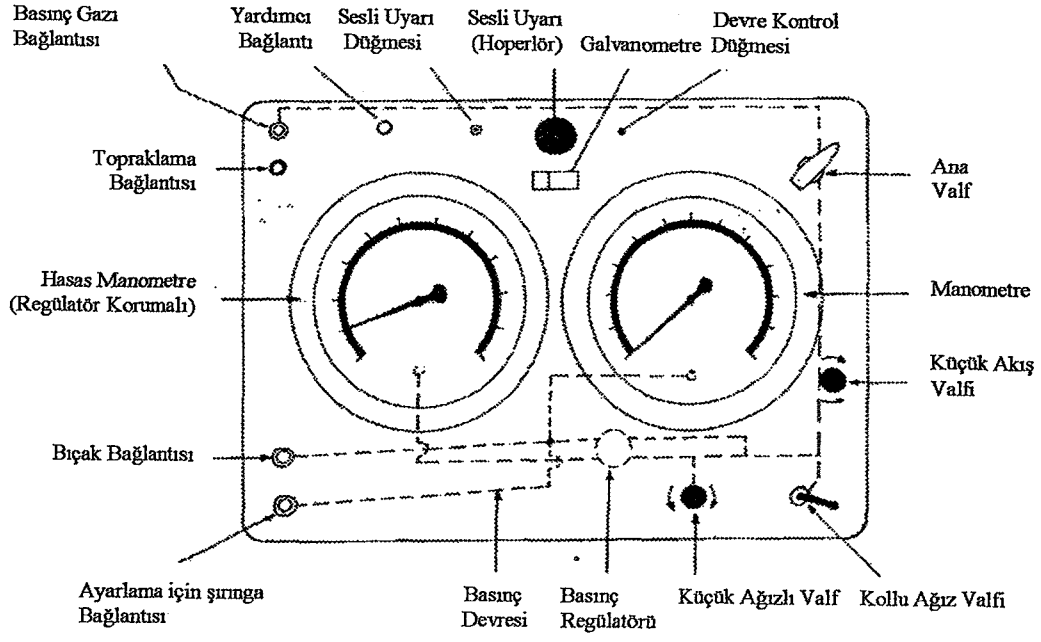
Denetim birimi, her deney derinliği için A, B, C basınç değerlerini izlemekte kullanılır ve birçok türü vardır (bunlardan ikisi Schmertmann tarafından 1988'de ayrıntılı bir şekilde tanımlanmıştır). Bu denetim birimleri tipik olarak bir ya da iki adet manuel okumalı Bourdon ölçeri (manometre), basınç gazı bağlantısı, bıçak bağlantısı, topraklama bağlantısı, A, B, C basınç okumalarının zamanını belirten sesli uyarı aygıtı (hoparlör) ile galvanometre, gaz akışını kontrol etmek ve gazın boşalmasını sağlamak için vanalar içermektedir. Sesli uyarı aygıtı ve galvanometre, bıçağın içinde yer alan elektrik düğmesi ile aşağıdaki gibi çalışırlar.

- Sesli uyarı aygıtı ve galvanometre çalışırken; membran genişmesi $< 0,05$ mm veya membran genişmesi $\geq 1,1$ mm'dir.
- Sesli uyarı aygıtı ve galvanometre çalışmıyorken; $0,05$ mm $\leq$ membran genişmesi $< 1,1$ mm'dir.

Tipik bir denetim birimi Şekil 2.7'de gösterilmiştir. Membran ayarlamasının ölçmek için bir ayarlama birimi gereklidir. Bu ayarlama birimi, dar bir aralıkta hassas olan Bourdon ölçeri ve membranı doğru bir şekilde basınçlandırmak (ya da basıncını boşaltmak) için geniş bir şırınga içerir. Ayarlama birimi, denetim biriminin bünyesinde imal edilebileceği gibi denetim birimine tutturulmuş da olabilir.

2.2.5 Yerleştirme ve İtme ile Çakmanın Karşılaştırılması

Dilatometre bıçağını zemine batırmak için, hidrolik krika ya da çekiç kullanımı gereklidir. DMT'yi çakmak yerine itmek daha iyi bir yöntemdir. Burada anlatılan işlemler, tersi belirtilmediği sürece iterek ilerletilen DMT sonuçlarına dayanmaktadır. Genellikle, itme için gerek duyulan kapasite (veya 25 mm giriş için darbe sayısı), çok sert zeminlerde 15 ton (45 darbe) ile yumuşak zeminlerde 2 ton (5 darbe) arasında değişmektedir. İtme kuvveti zemin parametrelerinin (sürtünme açısı gibi) belirlenmesinde oldukça yararlı olduğu için bu kuvvetin bir yük hücresi ile belirlenmesi gerekir. Yük hücresi, genellikle hidrolik krika sisteminin altına, çubukların en tepesine yerleştirilir. Giriş hızı, koni deneyinde olduğu gibi yaklaşık 2 cm/sn. olmalıdır.



Şekil 2.7 Denetim birimi (Briaud ve Miran, 1992)

En uygun araç, oldukça ağır ve güçlü bir kamyonu tutturulmuş CPT aracıdır. Bu kamyonun baskı gücü 15-20 ton civarında olup, gerekli tepkiyi sağlayabilen 20 tonluk bir ölü ağırlığı vardır. DMT'nin ilerlemesini önleyecek bir engelle karşılaşırsa, DMT'yi yeniden ilerletmeden önce delme işlemi gereklidir ve koni deneyi kamyonu ile delme yapmak olanaksızdır.

Diğer hidrolik kriko sistemleri daha hafif kamyonlara ya da römorklar üzerinde olabilir. Gerekli tepkinin (5 ila 15 tonluk baskıya karşılık) sağlanabilmesi için bu araçlar, zemine vidalanan ankrajlarla donatılmıştır. Sondaj takımları, aynı zamanda bıçağı itmek için ve deney derinliğinin üzerinde yer alan itme yapılamayacak sertlikteki zemin veya kaya tabakalarını oymak için kullanılabilirler. Sondaj takımları genellikle 2 ila 5 ton arasında değişen tepki sağlarlar, fakat 20 tona kadar tepki elde etmek isteniyorsa ankrajla bağlanmalıdırlar.

Bıçağın çakılması, SPT'de kullanıldığı gibi bir çekiç ile başarıyla yapılabilir. Bununla birlikte, Schmertmann kullanılan giriş yönteminin deney sonuçlarını etkileyeceğini ve yarı statik bir itmenin (yani CPT aracının) bu etkiyi en aza indireceğini belirtmektedir. Bu yüzden hidrolik kriko sistemi tercih edilmelidir.

İtme ve çakma arasındaki fark Briaud (1991) tarafından incelenmiştir. Briaud, çakılan presyometredeki başlangıç yatay basıncının (σ_{hi}), itilen presyometredeki yatay basınçtan çok farklı olduğunu deneysel olarak göstermiştir. Katı bir kilde, çakma uygulaması sonucunda elde edilen σ_{hi} değeri, itme uygulaması ile elde edilenden 2,5 kat daha azdır (2 deneyin ortalamasından). Orta sıkı bir kumda bu eğilim tam tersidir ve çakma uygulaması ile elde edilen σ_{hi} değeri, itme ile elde edilenden 4,3 kat daha büyüktür. (2 deneyin ortalamasından).

Basnet (1991), itilerek yapılan DMT'ye karşılık çakılarak yapılan DMT'nin ayrıntılı karşılaştırılmasına (Davidson vd., 1988) dayanan şu yorumları yapmıştır. Bıçağı çakmak, genellikle A ve B basınçlarını orantılı olarak azaltır. Ancak C basıncının serbest drenajlı zeminlerdeki çakmadan etkilenmediği görülmektedir. Çakma etkisi, en çok gevşek ve çok gevşek kum birikintilerinde gözlemlenir. Çekicinin farklı düşüş yükseklikleri için (6 inch, 18 inch ile karşılaştırılmıştır) A ve B basınçlarında farklı bir azalmanın olduğu kesin olarak görülmemektedir. Bu konuda daha fazla araştırmaya gerek duyulmaktadır.

Eğer çakma tekniği kullanılırsa, yanyana (biri itme, biri çakma olmak üzere) en az 2 sondaj yapılması önerilir. Bu uygulama tek bir çalışma sahası yaratır ve sonuçları, o zemine özel olarak birbiri ile ilişkilendirmeyi sağlar. Bu ise, itme uygulamasına dayanan sonuçların birbiri

ile ilişkilendirilmesi ile elde edilen verilerin daha doğru olduğu kanısının güçlenmesini sağlamaktadır. Sonuç olarak, dilatometre bıçağının itilerek yerleştirilmesi tercih edilmelidir.

2.2.6 Basınç Kaynağı

DMT membranını genişletmek için, gaz basıncını sağlayacak bir kaynak gereklidir. Membran ve gaz kaynağı nem içermemelidir, tersi durumda nem bıçak içinde yoğunlaşacaktır. En uygun gaz kuru nitrojendir. Bu gaz, DMT aracını korumak için basınç düzenleyicisi ile donanmış tanklarda kullanılır. Regülatör, 80 barı ya da denetim biriminin manometre aralığını aşmayacak şekilde basınç sağlamak üzere düzenleme yapmalıdır.

2.3 Ayarlama ve Hazırlık

2.3.1 Ayarlama

Membran havada, yani atmosferik basınç altında, 0,05 mm. genişlemeye karşılık gelen A konumu ile 1,10 mm. genişlemeye karşılık gelen B konumu arasında kendi desteği üzerinde doğal olarak yükselmektedir ve bu sırada denetim biriminin sesli uyarı aygıtı Bölüm 2.2.4.'te açıklandığı gibi çalışmaz. Membranın sertliğini yenmek ve onu sırasıyla ΔA ve ΔB olarak adlandırılan değerlere, ki bu değerler gözardı edilemez, A ve B konumlarına karşılık gelen havada hareket ettirmek için gaz basıncı gereklidir. A, B, C okumaları membran sertliği nedeniyle düzeltilmelidir. Ayarlama işlemi bu düzeltmelerin yapılması için gerekli ΔA ve ΔB basınçlarının elde edilmesini içerir. Ayarlama havada yapılırken sesli uyarı aygıtı çalışana kadar membran içindeki hava vakumlanır (hücre genişmesi $< 0,05$ mm). Daha sonra vakum yavaş yavaş gevşetilir ve sesli uyarı aygıtı sustuğu zaman ΔA basıncı okunur. ΔB 'yi elde etmek için membran içinde pozitif bir basınç (genleşmeyi sağlayacak basınç) yaratılır ve sesli uyarı yeniden işitilince ΔB basıncı okunur (genleşme = 1,1 mm). Bu işlemin, tutarlılık sağlaması için birkaç kez yinelenmesi gerekir zarar görmemiş membranın ayarlama değerleri DMT sondajı ve ayarlama boyunca değişmez ve ortalama ΔA ile ortalama ΔB değerleri belirlenmelidir. Ayrıntılı ayarlama işlemleri aygıta özgüdür.

ΔA_{ort} basıncı, pozitif düzeltme olarak A ve C basıncına eklenirken (Bölüm 2.5.1.2 ve 2.5.1.3)

ΔB_{ort} basıncı negatif düzeltme olarak B basıncından çıkartılır (Bölüm 2.5.1.1).

Ayarlama değerleri, membran türüne bağlıdır. Bu değerler H türü için S türüne göre daha yüksektir. Her iki tür için beklenen ayarlama değerleri Çizelge 2.2.'de verilmiştir. Bu

değerlerin aralığı dışındaki ayarlama değerleri, membranın zarar gördüğünü ya da bir denetim deneyine gerek duyulduğunu gösterir (Bölüm 2.3.2). Ayarlama değerleri beklenen aralıklar içerisinde elde edilmezse DMT deneyi her ne olursa olsun uygulanmamalıdır.

Baskıyı ölçmek için yük hücresi kullanılıyorsa, düzenli ve uygun biçimde ayarlaması yapılmalıdır.

2.3.2 Membranın Denenmesi

Yeni membranların genellikle beklenen aralık dışında ayarlama değerleri vardır (Çizelge 2.2). Ayrıca, yeni ve denenmemiş membranların ayarlama değerleri genellikle DMT sondajı ya da ayarlama sırasında çeşitlilik gösterir. Bu sorun membranın denenmesi ile giderilir. Bunun için, membranın basıncı tekrarlı olarak yükseltip düşürülür. Başka bir deyişle; ΔA değeri yükseltip, ΔB değeri düşürülür ve bu değerlerin Çizelge 2.2.'de verilen değerler arasında elde edilmesi sağlanır.

Bu işlemlerin sonucunda, H türü membranların son ΔA değerleri genellikle oldukça yüksektir. Bu durumda, DMT deneyine başlanamaz zira membrana etki eden zemin basıncı ΔA basıncından az olacaktır (sesli uyarı aygıtı etkin duruma geçmez). Bu sorunu gidermek için plastik bir çekiç ile, ΔA 'yı düşürmek üzere membranın kenarına vurulur (membranın ortasına vurulmamalıdır).

Çizelge 2.2. Beklenen ayarlama değerleri (Schmertmann, 1988a)

Membran Türü	ΔA Ayarlaması (bar)			ΔB Ayarlaması (bar)		
	Minimum	Maximum	Ortalama	Minimum	Maximum	Ortalama
"S" (standart)	0.10	0.20	0.13	0.10	0.70	0.35
"H" (yüksek dayanımlı)	0.10	0.25	0.19	0.10	1.50	0.90

2.4 Deneyin Yapılışı

DMT deneyinin yapılışı için ASTM tarafından bir yöntem hazırlanmıştır. Yassı dilatometre deneyinin yapılışı için önerilen yöntem 1986'da yayınlanmıştır ve D18.02 komitesinin çalışmasını anlatmaktadır (Schmertmann, 1986a). Aşağıda sıralanan işlemler bu yöntemin

adım adım özetlenmiş bir uyarlamasıdır.

2.4.1 Deney Adımları

1. Eğer bıçağı itmek için kullanılan aygıt, baskıyı sıkıştırma sistemi aracılığıyla aktaran hidrolik kriko sistemi ise (CPT aracı), p-e kablosunun (pnömatik elektrik kablosu) Şekil 2.8’de gösterildiği gibi tijlerin ortasından geçirilmesi önerilir. Bu işlemler sırasında p-e kablosu bükülmemelidir.

Eğer bıçağı itmek için kullanılan araç, yükü tijlerin tepesindeki bir itme başlığı ile aktarıyorsa ya da bıçağı çakmak için bir çekiç kullanılıyorsa, p-e kablosu, deney sırasında Şekil 2.9’da görüldüğü gibi tijlerin sol dış tarafında bırakılmalı ve her 1 m’de bir tijlere tutturulmalıdır.

2. p-e kablosu bıçağa, bıçakta ilk tije bağlanır. Eğer p-e kablosu tijlere şeritle bağlanmış ise kablo çıkış bağlantısı bıçak ile ilk tijin arasına Şekil 2.9’da görüldüğü gibi yerleştirilir.

3. Denetim birimi ve basınç kaynağı deney için hazırlanır (Bu adım kullanılan araca özgü olduğundan burada anlatılmayacaktır, bkz. Schmertmann 1988a).

4. p-e kablosunun diğer ucu denetim birimine bağlanır.

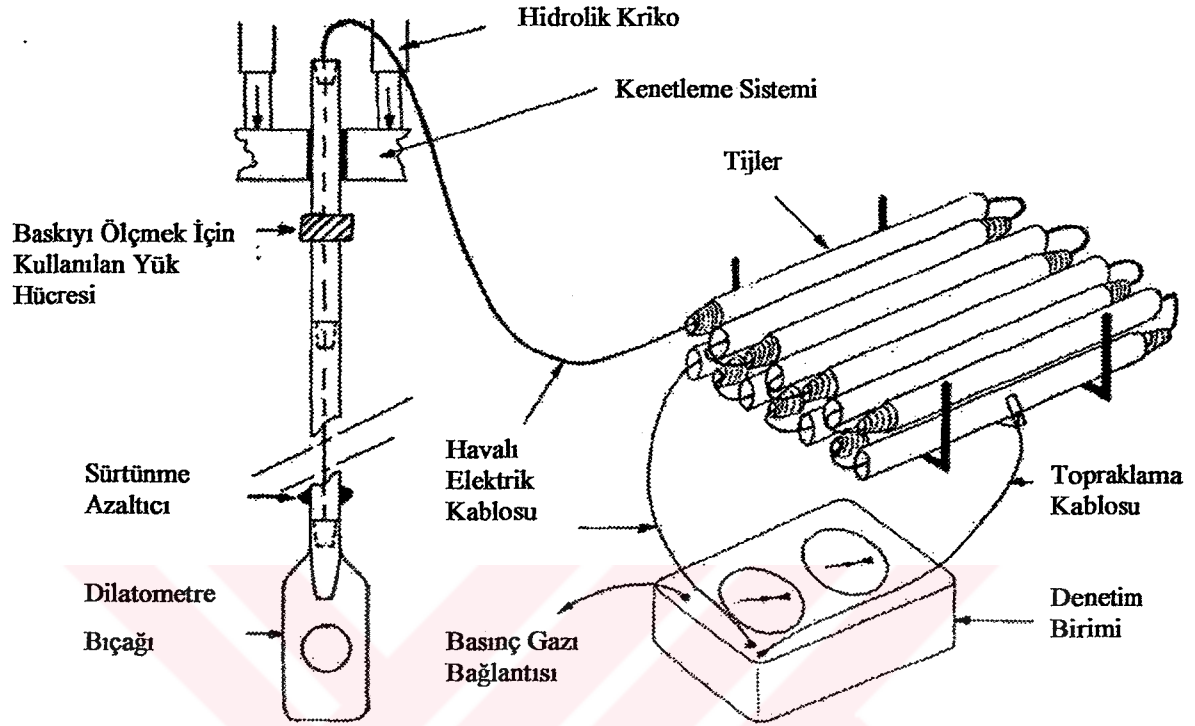
5. Topraklama kablosu, denetim birimindeki topraklamaya bağlanır ve diğer ucu tijlere ya da kamyon şasisine tutturulur.

6. Elektrik akışı, membran üzerine baskı uygulanarak kontrol edilir (Denetim birimindeki sesli uyarı aygıtı işitilmelidir).

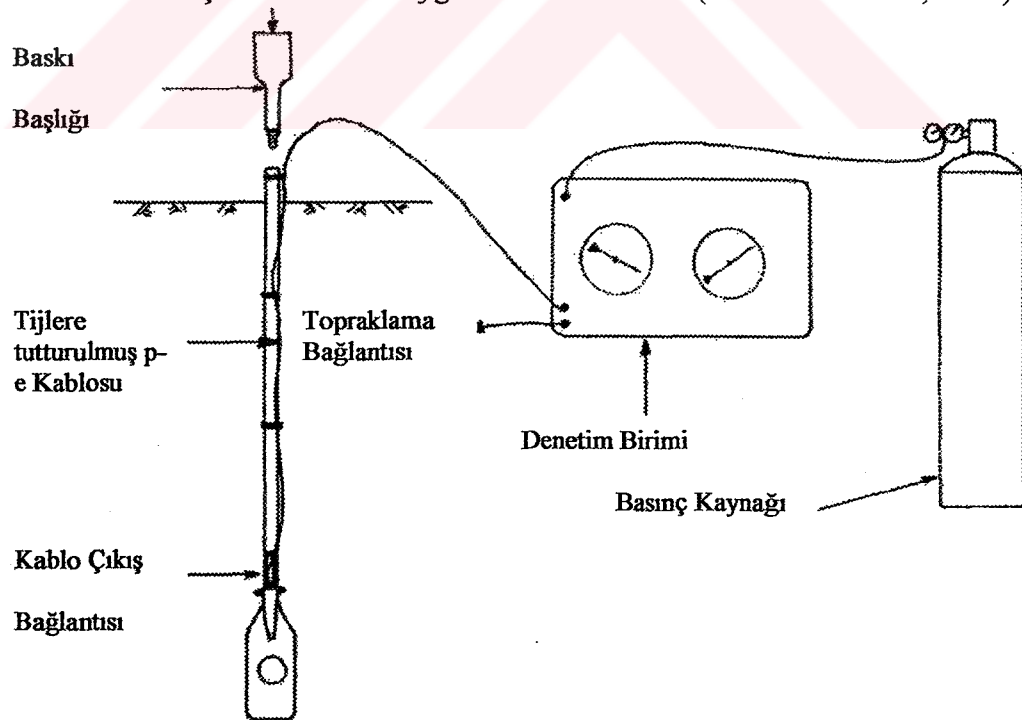
7. Membranın havadaki ayarlaması (Bölüm 2.3) yapılır ve ΔA , ΔB değerleri kaydedilir.

8. Ölçerlerin sıfırlamaları, tij türü, sürtünme azaltıcının türü ve bıçağın seri numarası kaydedilir.

9. Bıçak önceden belirlenen deney derinliğine ilerletilirken, bıçağı ilerletmek için gereken itme ya da çekiç vuruş sayısı kaydedilir (baskının kaydedilmesi gerekli değildir fakat gerek duyulabilir). Eğer bıçağı ilerletmek için gereken baskı 5 tonu ya da çekicinin vuruş sayısı 25 mm giriş için 15 vuruşu geçerse, aygıtın hasar görme olasılığı vardır. Böyle bir durumda, deney derinliğine kadar önceden sondaj yapılması önerilir. Daha sonra bıçak, önceden delinerek açılan kuyunun dibine en az 15 cm. kalıncaya kadar itilebilir.



Şekil 2.8 DMT aygıtının hazırlanması (Briaud ve Miran, 1992)



Şekil 2.9 DMT aygıtının hazırlanması (Briaud ve Miran, 1992)

10. Tijler üzerindeki yük boşaltılır (sesli uyarı aygıtı açık olmalı). Deneye, deney derinliğine ulaşıldıktan sonra 15 dk. içinde başlanır. Membranın içine basınç uygulanır. Basınç arttırılırken, sesli uyarı aygıtı susunca A okuması alınır. Daha sonra basınç arttırmaya devam edilir ve sesli uyarı tekrar işitilince B okuması alınır. Daha sonra basınç, sesli uyarı aygıtı susana kadar hızlıca boşaltılır. Sesli uyarının işitilmesinden hemen sonra basınç boşaltılmasında meydana gelecek herhangi bir aksaklık, membran genişlemesinin devam etmesine neden olacak bu da olası bir hasarla sonuçlanacaktır. Daha sonra kalan basınç yavaşça boşaltılır ve C basıncı sesli uyarı tekrar işitilince okunur (sesli uyarının anlamı Bölüm 2.2.4'te açıklanmıştır). Arazi veri kağıdına A, B ve C basınç değerleri kaydedilir (Çizelge 2.3).10. adım 2 dk'dan daha az bir sürede yapılmalıdır .

NOT: C okumasının her 20 cm'de bir alınması gerekli değildir. En az 2 ile 3 m'de bir alınır. Eğer olabiliyorsa en kohezyonsuz tabakada yapılır(Yüksek malzeme indeksi I_d , bkz. Bölüm 2.5.14).

Kil çökellerde C okuması gaz yavaşça boşaltılırken alınır. B okuması ile C okuması arası yaklaşık 3 dk. kadardır. Bu süre, yeraltı suyunun bıçak ile zemin arasında oluşan boşluğu doldurmasına izin verir.

11. Bıçak, 9.adımda yapıldığı gibi bir sonraki deney derinliğine ilerletilir ve 10. adım yinelenir.

12. Deney bitince, bıçak zaman yitirmeden geri çekilir.

13. Membranın havada ayarlaması yapılır ve ayarlama değerleri kaydedilir. Bunlar 7.adımdaki ilk değerlerle karşılaştırılır. ΔA_{ort} ve ΔB_{ort} değerleri arazi veri kağıdına kaydedilir.

NOT: Basnett'in 1991'de vurguladığı gibi, boşluk suyu basıncı membranın sıkıştırıcı sertliğini yenene kadar C-okuması elde edilmeyebilir. Membranın bu sertliği, membranın türüne bağlı olarak 1,3 ile 1,9 m.lik bir su basıncına karşılık gelmektedir. Bu su basıncı oluşana kadar, C okumasını elde etmek için vakum uygulaması yapılabilir.

2.4.2 Deney Sırasında Karşılaşılabilecek Sorunlar

2.4.2.1 Membran Hasarı

Membran hasarı; başlıca çakıllar, geniş kabuklar, değişik dolgular ve kayalar gibi tabakalarda giriş sırasında oluşur. Deney sırasında membranda oluşabilecek hasar;

Çizelge 2.3 DMT veri çizelgesi (Briaud ve Miran, 1992)

DİLATOMETRE SONDAJ NO:

Bölge:

Hasas Manometre Sıfırı (bar):

Manometre Sıfırı (bar):

Y.A.S. Derinliği (m):

Ön Sondaj Derinliği (m):

TARİH:

Bıçak No:

 ΔA_{ort} (bar): $\Delta B_{\text{ort}} (\text{bar}):$

Deney Derinliği (m):

Membran Tipi:

DENEYİ YAPAN:

DMT Operatörü:

Donanım Operatörü:

Donanım Tipi:

Tij Tipi:

Sürütünme Azaltıcının Çapı(cm):

[illegible][illegible]

Notlar:

- Yüksek basınç uygulamasına karşın A veya B okumalarının yapılmasının olanaksız oluşu,
- Bıçak ilerletildikten sonra, sesli uyarının işitilmemesi,
- Basınç sağlamanın olanaksız oluşu,
- Deney okumalarının düzensiz, değişken, yüksek ya da düşük olması,
- Basıncın ani düşmesi,

durumlarında gözlenebilir.

Böyle bir durumda bıçak zaman yitirmeden geri çekilmeli ve içine su ya da toprak girme olasılığına karşı temizlenmelidir. Arazide hasar gören membranlar değiştirilebilir. Yeni bıçak elde edilebiliyorsa temizleme işlemine gerek yoktur.

2.4.2.2 Kablo Hasarı

Kablo çubuklara şeritle tutturulduğu zaman hasar görebilir. Kablo hasarı, aşağıdaki durumlarda gözlenebilir:

- Sesli uyarı aygıtı ya sürekli çalışmaktadır (kablo boyu su seviyesi altında yeterli değildir) ya da hiç çalışmaz (kablo kopmuş). Basınç düşer.
- Basıncı saklamak olanaksızdır.

Arazide p-e kablosunu onarmak oldukça güçtür. Bu nedenle araziye p-e kablosunun yedeğinin getirilmesi önerilir.

2.4.2.3 Bıçak Hasarı

Olası bıçak hasarları şöyledir:

- Bıçağın yüzeyinde (membransız taraf) çukurlaşma olması (arazide onarılabilir),
- Bıçağın eğilmesi (arazide onarılamaz),
- Tij-bıçak birleşiminin kırılması (bıçağın kullanılamayacak duruma gelmesi).

Schmertmann (1988a), bıçağın hasar görmesinin engellenmesi açısından aşağıdaki değerleri önermiştir.

Baskı	Çekiç Vuruş Sayısı	
P	N	Hasar
(ton)	(vuruş/25 mm)	Olasılığı
$P < 2$	$N < 5$	Çok az
$P = 5$	$N = 15$	Önemli
$P > 10$	$N > 30$	Yüksek

2.4.2.4 Tijlerin Burkulması

Çok gevşek ya da yumuşak zeminlerde (örneğin bataklık ya da su kabarmalarının yarattığı organik tortular), siltli hidrolik dolgular, ya da gevşek kumlarda tijler zemin içine itilirken burkulabilirler. Bundan sakınmanın bir yolu tijlere uygulanan baskının sınırlanmasıdır.

2.4.2.5 Reaksiyon Kuvvetinin Aşılması

Bu problem, katı bir tabakanın varolması nedeniyle deney sırasında oluşabilir. Tijler boyunca oluşan sürtünmenin azaltılması bunu önlemenin bir yoludur. Sürtünme azaltıcı her zaman kullanılmalıdır. Bu genellikle, bıçağa yakın olan tijlerin etrafında genişletilmiş bir halkadan yapılır. Yaklaşık olarak bıçağın uç kenarından 350 mm. yukarıya yerleştirilmiştir (Şekil 2.3).

2.4.3 DMT Sönümlleme Deneyi

Dilatometre sönümlleme deneyi ile arazide yatay konsolidasyon katsayısı belirlenebilir. Sönümlleme deneyi, C okumasının kullanılmasına dayanır ve DMTC sönümlleme deneyi olarak adlandırılır. Robertson vd. (1988) tarafından önerilen yöntem aşağıda açıklanmış olup herhangi bir derinlikte uygulanabilir.

1. Deney derinliğine kadar girdikten sonra A, B, C okumaları normal akışa göre yapılır. Baskının bırakıldığı andan başlayarak zaman tutulur. C basınç okumasının alındığı ana kadar geçen zaman belirlenir ve kaydedilir.
2. Bir sonraki adımda elde edilecek eğri için, deney akışı tekrar edilir ve yeteri kadar veri kaydedilir. C basınç okumalarının bir önceki sürenin 2 katında yapılması yeterlidir (Örneğin; baskının bırakılmasından itibaren 1, 2, 4, 8, 15, 30 dk. sonra C basınç okuması yapılır).
3. C basıncına karşılık, zamanın kare kökünün grafiği çizilir. C_{50} değerini (bu değer,

dengedeki C basıncının % 50'sinin sönümlenmesine karşılık gelen değerdir) ve C_{100} değerini elde etmek için gerekli en az ölçüm yapılır (Bkz. Bölüm 2.6.11, Şekil 2.38).

Bu yöntem, C basıncının boşluk basıncı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bunu kanıtlayacak veriler varken (Lutenegger ve Kabir, 1988; Robertson vd., 1988), bir kısım araştırmacı açık bir ilişki bulamamışlardır (Powell ve Uglow, 1988). Marchetti ve Tottani (1989), C_h değerini elde etmek için başka bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşım A okumasını kullanır ve DMTA sönümleme deneyi olarak adlandırılır. Bu yöntem, sadece A okunmasının alınması dışında DMTC yöntemine benzemektedir.

1. DMT istenilen derinliğe ulaşıncaya kadar tutmaya başlanır. A okuması, 0,5 dk. (t_0) geçtikten sonra alınır. Basınç sıfır değerine boşaltılır, B ve C okumaları için genleşme gözardı edilir.
2. 1.adım t_0 zamanının 1, 2, 4, 8, 15, 30 dk. değerleri için yinelenir.
3. A basıncına karşılık, log t grafiği çizilir (Bkz. Bölüm 2.6.11).

2.5 Verilerin Azaltılması

2.5.1 Verilerin Düzenlenerek Azaltılması

Her bir deney için toplanan veriler A, B ve C basınç değerlerini içermektedir. Bu veriler, derinliğe bağlı olarak oldukça sık aralıklarla kaydedilir. Düzeltilmiş A-basıncı olan p_0 , düzeltilmiş B basıncı olan p_1 ve düzeltilmiş C basıncı olan p_2 değerlerini elde etmek için veriler düzeltilmelidir.

2.5.1.1 Düzeltilmiş B-Basıncı p_1

DMT deneyi sırasında ölçülen B-basıncı, membranın merkezini onu çevreleyen zemine doğru 1,1 mm. itmek için, membranın içinde bulunması gereken gaz basıncıdır. B-basıncı, membran sertliğinin etkisi ve basınç ölçerin atmosfer basıncı altında tutulduğunda sıfırdan sapması nedeniyle düzeltilmelidir. Membranın 1,1 mm.lik genleşmesine karşılık gelen net zemin basıncı p_1 şöyledir:

$$p_1 = B - Z_m - \Delta B \quad (2.1)$$

Z_m = Basınç ölçerin atmosfer basıncı altındaki okuması (Eğer ΔA , ΔB ile A, B okumaları aynı manometre kullanılarak yapılıyorsa Z_m düzeltilmesine gerek yoktur).

ΔB = Membranın sertliğinin yenilerek merkezinin havada 1,1 mm. genişmesi için membran içinde bulunması gereken basınçtır.

2.5.1.2 Düzeltilmiş A-Basıncı p_0

DMT deneyi sırasında ölçülen A basıncı, membranın merkezini onu çevreleyen zemin içinde, yatay doğrultuda 0,05 mm. hareket ettirmek için membran içinde bulunması gereken basınçtır. Membranın zemin içinde genişmesinden hemen önce membrana doğru oluşmuş net zemin basıncı p_0 basıncıdır (0,00 mm. genişleme). p_0 değerini elde etmek için, A basıncını; membran sertliğinin etkisi, membranın 0,05 mm. kendi kendine genişmesi ve atmosferik basınç altında basınç ölçerin sıfırdan sapması nedeniyle düzeltmek gereklidir. Zemin-membran ara yüzeyindeki basınç ile membran yer değiştirmesi arasındaki ilişki doğrusal varsayılırsa (Şekil 2.10) p_0 aşağıdaki gibi bulunabilir;

$$p_0 = 1,05 (A - Z_m + \Delta A) - 0,05 (B - Z_m - \Delta B) \quad (2.2)$$

Burada;

ΔA = Membranı, havada dışarıya doğru 0,05 mm'lik bir merkez genişmesi ile hareket ettirip, membran sertliğini yenmek için gereken ve bu sırada membran içinde ölçülen basınçtır.

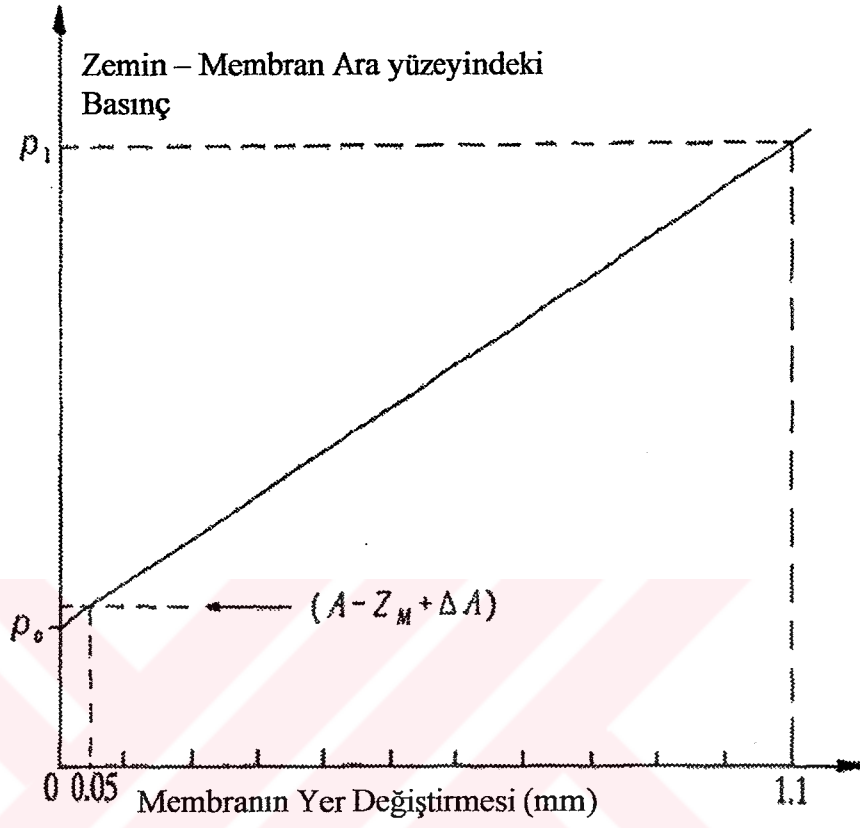
2.5.1.3 Düzeltilmiş C-Basıncı, p_2

Alışlagelmiş, DMT A ve B basınçlarını elde etmek için, normal basınç genişmeleri izlenebilir. Bunlara ek olarak gaz basıncının denetimli boşaltılması sırasında membranın 0,05 mm. genişmeye geri döndüğü andaki basıncı belirlemek için bir okuma (C-basıncı) daha alınabilir. Bu basınç okuması, membran sertliği ve atmosferik basınç altında basınç ölçerin sıfırdan sapması nedeniyle düzeltilir. Bu düzeltilmiş basınç p_2 olarak adlandırılır ve aşağıdaki gibi bulunur:

$$p_2 = C - Z_m + \Delta A \quad (2.3)$$

2.5.1.4 Dilatometre Modülü E_D , Malzeme İndeksi I_D , Yatay Gerilme İndeksi K_D , Boşluk Basıncı İndeksi U_D

Membranın, onu çevreleyen zemin içindeki genişmesi, yarı boş elastik bir yüzeydeki dairesel alanının esnek yüklemesi olarak modellenebilir. Bu elastik yüzeyin elastisite modülü E ve



Şekil 2.10 Sıfır yerdeğiştirme için p_0 değerini belirlemek üzere yapılan doğrusal enterpolasyon (Marchetti ve Crapps'dan sonra 1981)

Poisson oranı μ ise, membranın merkezinin dışarıya doğru hareketi S , Δp kadarlık normal basınç altında Gravesen (1960) tarafından,

$$S = \frac{4 \cdot R \cdot \Delta p}{\pi} \cdot \frac{(1 - \mu^2)}{E} \quad (2.4)$$

olarak verilmektedir.

Burada;

R = Membranın çapı = 30 mm.

Δp = Uygulanan basınçtır.

$E/(1-\mu^2)$ oranı dilatometre modülü E_D 'yi veren terimdir ve $S = 1,1$ mm. ile $\Delta p = p_1 - p_0$ değerlerinin eşitlik 2.4'de yerine konulması ile elde edilir.

$$E_D = 34,7(p_1 - p_0) \quad (2.5)$$

Bıçak üzerindeki normalize edilmiş yanıl gerilme, yatay gerilme indeksi K_D olarak adlandırılır.

$$K_D = \frac{p_o - u_o}{\sigma_{v_o}} \quad (2.6)$$

Burada;

σ_{v_o} = Düşey efektif gerilme

u_o = DMT bıçağının zemine batırılmasından önceki su basıncı

p_o = Düzeltilmiş A-basıncıdır.

Malzeme indeksi I_D (zeminin katman bilgisini ve türünü belirlemek için kullanılır) aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$I_D = \frac{p_1 - p_o}{p_o - u_o} \quad (2.7)$$

Boşluk basıncı indeksi U_D (başlıca zemin türünün sınıflandırılmasına yardımcı parametre olarak kullanılır) Lutenege ve Kabir (1988) tarafından aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$U_D = \frac{p_2 - u_o}{p_o - u_o} \quad (2.8)$$

2.5.2 Verilerin Sunulması ve Rapor

2.5.2.1 Verilerin Sunulması (Çizelge 2.4 ve Şekil 2.11-2.12)

1. Derinliğe karşılık A basıncı
2. Derinliğe karşılık B basıncı
3. Derinliğe karşılık C basıncı
4. Ortalama ayarlama değerleri; ΔA_{ort} , ΔB_{ort}
5. Derinliğe karşılık p_o (düzeltilmiş A basıncı)
6. Derinliğe karşılık p_1 (düzeltilmiş B basıncı)
7. Derinliğe karşılık p_2 (düzeltilmiş C basıncı)
8. Baskı
9. Derinliğe karşılık E_D (dilatometre modülü)
10. Derinliğe karşılık I_D (malzeme indeksi)
11. Derinliğe karşılık K_D (yatay gerilme indeksi)
12. Derinliğe karşılık U_D (boşluk basıncı indeksi)
13. Firmanın adı, deneyin zamanı ve tarihi
14. Deney sayısı ve yeri
15. Deney akışının herhangi anormal bir engelle bölünmesi (Bölüm 2.4.1)
16. Bıçağın tanıtmı numarası

sunulması gereken verilerdir.

Çizelge 2.4 DMT veri azaltma çielgesi (Briaud ve Miran, 1992)

Deney Bölgesi:	Hasas Manometre Sıfırı (bar):	Bıçak No:
Sondaj No:	Manometre Sıfırı (bar):	Tij Tipi:
Tarih:	ΔA_{ort} (bar):	Sürütünme Azaltıcının Çapı(mm):
Müşteri:	ΔB_{ort} (bar):	Donanım Operatörü:

[illegible]

VERİ AZALTMA ÇİZELGESİ

Deney Bölgesi: TAMU, kumlu arazi

Hasas Manometre Sıfırı (bar): 0.025

Bıçak No: TAMU3

Sondaj No: SD2

Manometre Sıfırı (bar): 0.025

Tij Tipi: NW

Tarih: 5 Temmuz 1999

 ΔA_{ort} (bar): 0.15

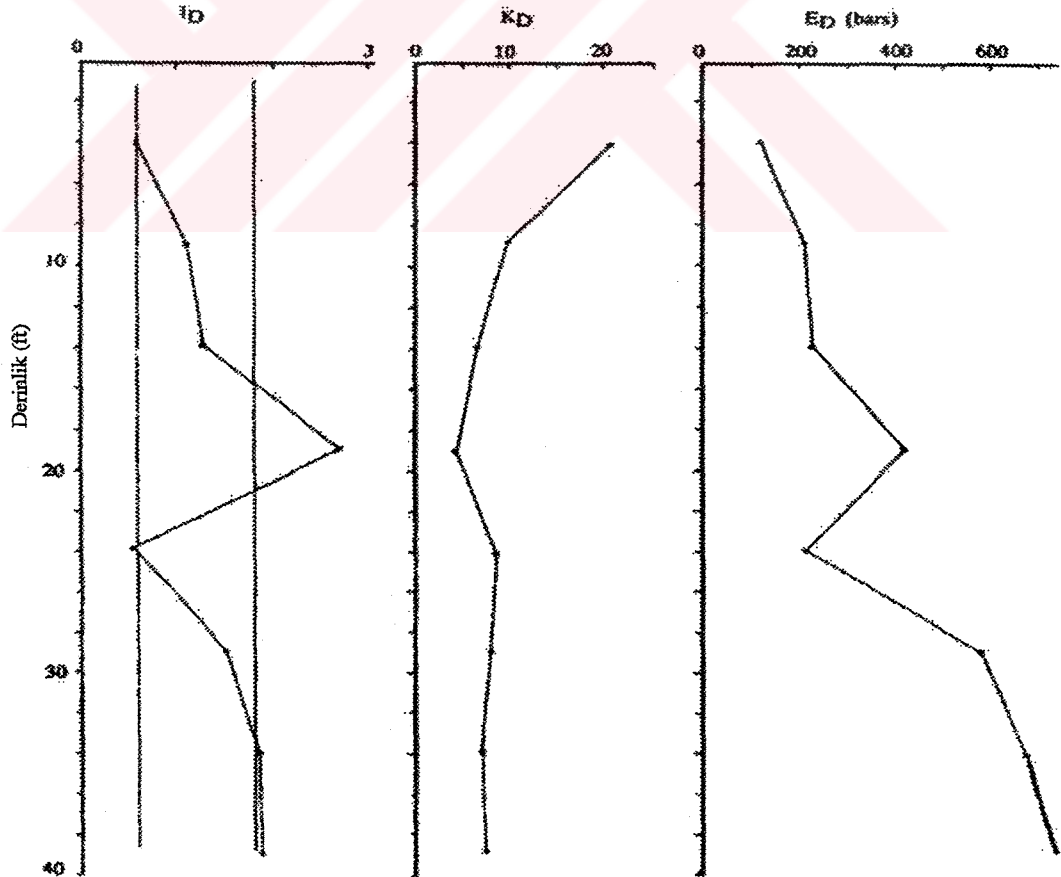
Sürtünme Azaltıcının Çapı(mm): 58.4

Müşteri: Teksas A&M Üniversitesi

 ΔB_{ort} (bar): 1.35

Donanım Operatörü: Mr. Dean

Derinlik		DMT Okumaları			Düzeltilmiş Okumalar			Dilatometre İndeksleri		
(m)	(ft)	A (bars)	B (bars)	C (bars)	p_a (bars)	p_1 (bars)	p_2 (bars)	E_D (bars)	I_D	K_D
	4	5.6	10.6	0	5.6	9	0.15	117.9	0.61	20.7
	9	5.6	13.0	0	5.4	11.4	0.15	208.2	1.11	9.8
	14	5.5	13.4	0	5.3	11.8	0.15	225.5	1.23	6.6
	19	5	18.2	0	4.5	16.6	0.15	419.9	2.68	4.3
	24	10.8	18.2	3.2	10.6	16.6	3.35	208.2	0.56	8.5
	29	12	29.5	0.05	11.3	27.9	0.20	576.1	1.47	8.2
	34	11.2	31.2	0.05	10.4	29.6	0.20	666.2	1.85	7.0
	39	13	35	0.1	12.1	33.4	0.25	739.1	1.84	7.6



Şekil 2.11 Verilerin sunulması (Teksas A&M Üniversitesi kumlu arazi)(Briaud ve Miran, 1992)

VERİ AZALTMA ÇİZELGESİ

Deney Bölgesi: TAMU, killi arazi

Düşük Ölçer Sıfırı (bar): 0.025

Bıçak No: TAMU3

Sondaj No: SD2

Yüksek Ölçer Sıfırı (bar): 0.025

Tij Tipi: NW

Tarih: 5 Temmuz 1999

 ΔA_{on} (bar): 0.15

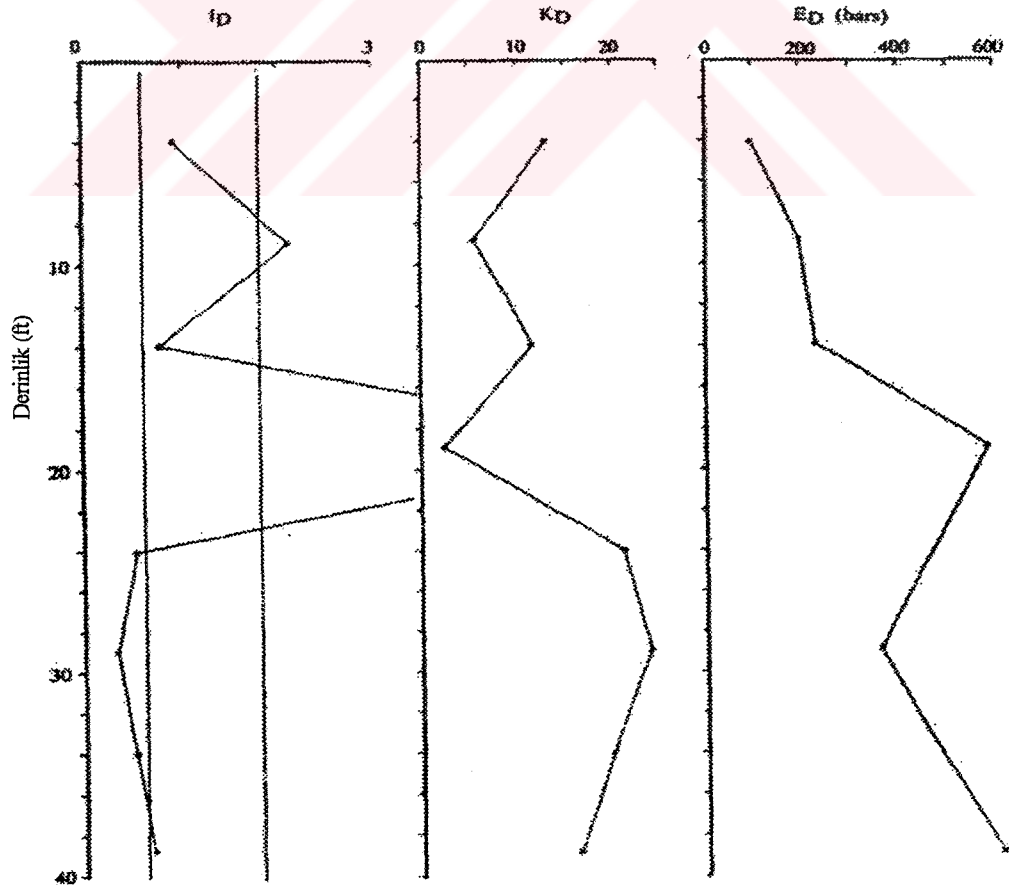
Sürtünme Azaltıcının Çapı(mm): 58.4

Müşteri: Teksas A&M Üniversitesi

 ΔB_{on} (bar): 1.35

Donanım Operatörü: Mr. Dean

Derinlik		DMT Okumaları			Düzeltilmiş Okumalar			Dilatometre İndeksleri		
(m)	(ft)	A (bars)	B (bars)	C (bars)	p_o (bars)	p_1 (bars)	p_2 (bars)	E_D (bars)	I_D	K_D
	4	3	7.2	0.03	2.9	5.6	0.13	93.7	0.93	13.2
	9	2.9	10	0	2.7	8.4	0.1	197.8	2.11	5.7
	14	9	17	2.1	8.7	15.4	2.2	232.5	0.77	11.6
	19	3.4	21	0	2.7	19.4	0.1	579.5	6.18	2.7
	24	26.5	41	9.2	25.9	39.4	9.3	468.5	0.52	21.3
	29	33	44.6	9.6	32.6	43.0	9.7	360.9	0.32	24.2
	34	29	43.8	9.0	28.4	42.2	9.1	478.9	0.49	19.3
	39	27.2	45.6	4.6	26.4	44.0	4.7	610.7	0.68	16.4



Şekil 2.12 Verilerin sunulması (Teksas A&M Üniversitesi killi arazi) (Briaud ve Miran, 1992)

2.5.2.2 Rapor

Rapor, Bölüm 2.5.2.1’de açıklanan tüm bilgileri içermelidir. Buna ek olarak aşağıdaki bilgiler de verilmelidir.

1. Kullanılan baskı aracı
2. Maksimum deney eğimi
3. Deneyi yapan operatörün adı

2.6 Verilerin Değerlendirilmesi

Değişik yöntemler ve bağıntılar kullanılarak DMT deneyi sonuçlarından bazı zemin parametreleri elde edilebilir. Bu yöntemlerin geçerliliği, bunları geliştirmek için kullanılan veri tabanının boyutu, veri tabanı ile özel uygulama arasındaki jeolojinin benzerliği, kullanılan tekniklerdeki zaman aralığı ile doğru orantılıdır. DMT, yeni bir teknik olduğundan, gelecekte bu yöntemlerin bazılarının daha fazla geliştirilmesi beklenmektedir. Bu yöntemler aşağıda belirli bir sırayla sunulmuştur.

2.6.1 Giriş Boşluk Suyu Basıncı

Düzeltilmiş C basıncı p_2 , dilatometre membranındaki (A ve B basıncı okunduktan sonra) gazın, sesli uyarı işitilinceye kadar (membranın bıçağa yeniden dokununca) yavaşça boşaltılmasıyla elde edilir ve genelde deney derinliğine ulaşıldıktan yaklaşık 1 dk. sonra ölçülür. p_2 basıncı, boşluk suyu basıncıyla karşılaştırılır. Bunun nedeni; DMT membranının içindeki gazın boşaltımı sırasında, DMT membranı ve zemin arasında bir boşluk açılmasıdır. Bu boşluğun yeraltı suyu ile dolması sonucu DMT membranı boşluk suyu basıncını algılamaktadır.

Bir piezobıçak, yassı dilatometre bıçağının membranın yerine gözenekli bir taşın, bir başka deyişle geçirgen bir sistemin, yine bıçak yüzeyi ile aynı seviyede olacak şekilde tutturulmuş durumudur. Bu gözenekli taş, boşluk basıncının ölçülmesini sağlar. Lutenege ve Kabir (1988), deney derinliğine ulaşıldıktan 1 dk. sonra ölçülen p_2 değerleriyle, aynı bölgelerde deney derinliğine ulaşıldıktan hemen sonra piezobıçak ile ölçülen $u = u_0 + u_e$ giriş boşluk basınçlarını karşılaştırmışlardır (Burada u_0 denge boşluk basıncı ve u_e giriş süresince bıçak etrafında oluşan artık boşluk basıncıdır).

Bu araştırmacılar, kohezyonlu zeminler için p_2 değerinin özellikle yumuşak killerde giriş boşluk basıncı u 'ya çok yakın olduğunu gözlemişlerdir. 100'den fazla verinin incelenmesi sonucunda (Şekil 2.13) p_2 değerinin kohezyonlu zeminler için boşluk basıncının yaklaşık %5'i olduğu sonucuna varmışlardır.

Kumda, Lutenege (1988) ve Robertson vd. (1988), p_2 basıncının denge boşluk basıncına (u_0) (Şekil 2.14.) eşit olduğunu belirtmektedirler. Bu bulgu kayda değer drenajın, kumda girişten 1 dk. sonra oluşması ve denge boşluk basıncına (u_0), p_2 basıncının ölçüldüğü sırada tekrar ulaşılması gerçeğine dayanmaktadır.

Basnett (1991), derinliğe karşılık p_2 grafiğinin, negatif boşluk basıncı değişimleriyle zemin türündeki (örneğin; aşırı konsolide kil, aşırı konsolide kum) değişikliklere ek olarak, oldukça hassas su tablası ölçümü yapabilmek için de kullanılabileceğini öne sürmüştür.

Marchetti (1991), DMT'den boşluk basıncını elde etmenin hala tartışma konusu olduğunu belirtmektedir.

2.6.2 Yanal İtme Katsayısı, K_0

KİL: Yerleştirme öncesi yanal gerilmeyi yerinde, doğrudan dilatometre ile ölçmek olanağı yoktur; zira bıçağın yerleştirilmesi zemini örselemektedir. Ancak, yanal itme katsayısı K_0 ve dilatometre yatay gerilme indeksi K_d arasında ampirik bağıntılar önerilmiştir.

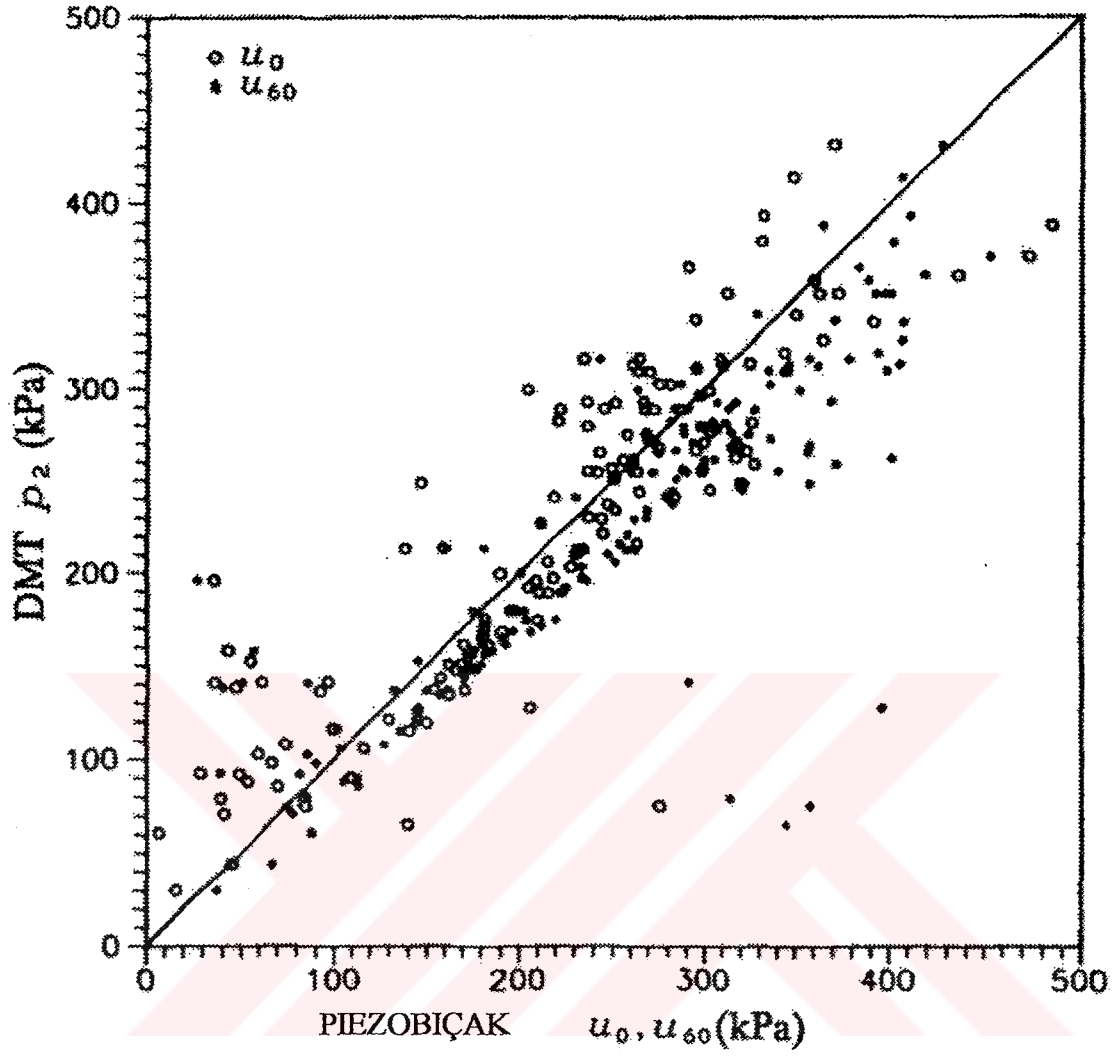
Marchetti (1980), İtalyan killlerinde yapılan deneylere dayanan aşağıdaki bağıntıyı önermiştir;

$$K_0 = \left(\frac{K_D}{1,5} \right)^{0,47} - 0,6 \quad (2.9)$$

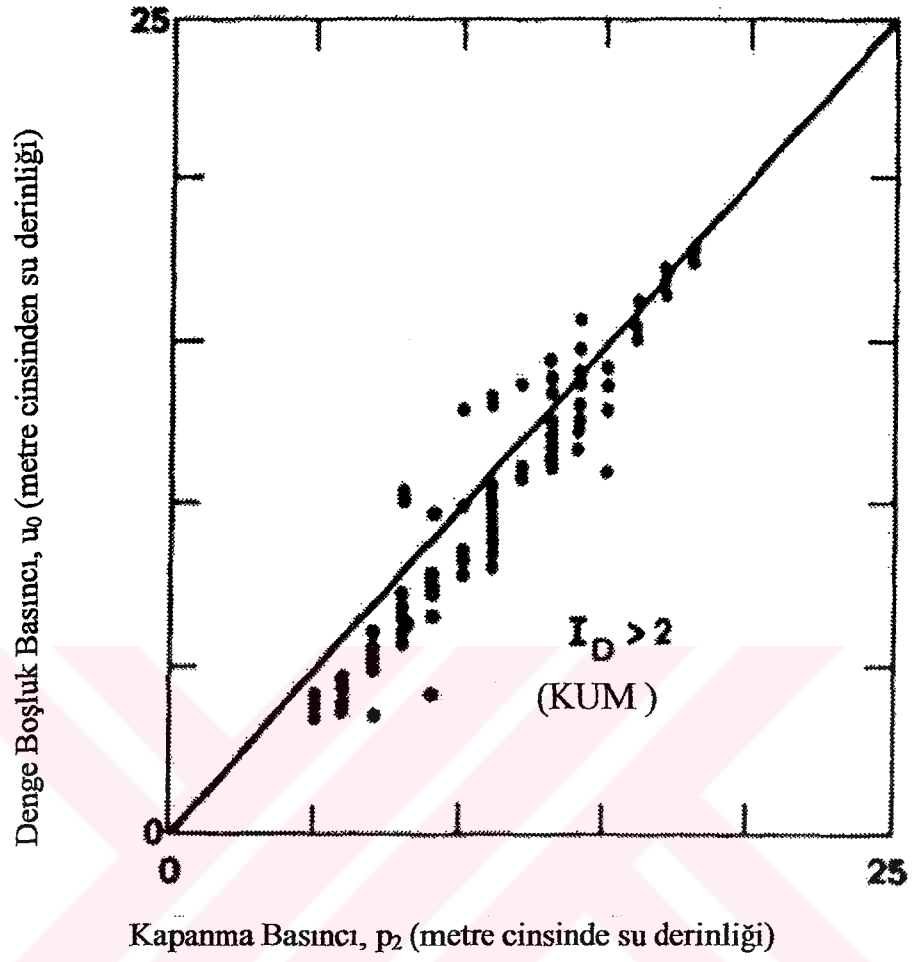
Bu bağıntı, İtalyan kilinde yapılan 21 DMT ve 21 laboratuvar deneyinin karşılaştırılması sonucuna dayanmaktadır ve yalnızca $I_D \leq 1,2$ (Jamolkowski vd., 1988) olan bağlayıcı maddesi az, yumuşak ya da orta katılıktaki killer için önerilmektedir.

Bununla birlikte birçok araştırmacı (Lacasse ve Lunne 1988; Lunne vd., 1989) Marchetti'nin (1980) bağıntısının eldeki son veri tabanına uymasını sağlamak için bazı değişikliklere gerek olduğunu ileri sürmüşlerdir (Şekil 2.15). Ayrıca, Powell ve Uglow (1988) ve Lunne vd. (1990), K_D ve K_0 arasındaki bağıntının genç (<60,000 yıl) ve yaşlı (>70 milyon yıl) killer için farklı olduğunu göstermişlerdir.

Önceki yorumları denemek için, Lunne vd. (1990), aşağıdaki eşitliği önermişlerdir:



Şekil 2.13 Piezobiçak $u_{artık}$ ile DMT p_2 arasındaki karşılaştırma (Lutenegger ve Kabir, 1988)



Şekil 2.14 Kumda kapanma basıncı ve statik denge boşluk basıncının karşılaştırılması (Robertson vd., 1988)

$$\text{Genç killerde; } K_o = 0,34 \cdot K_D^{0,54} \cdot (Su/\sigma'_{vo} \leq 0,5) \quad (2.10)$$

$$\text{Yaşlı killerde; } K_o = 0,68 \cdot K_D^{0,54} \cdot (Su/\sigma'_{vo} > 0,8) \quad (2.11)$$

Lunne vd.(1990)'nin genç killer için önerdiği bağıntı, Norveç'te 10 deney sahasından alınan sonuçlara dayanan, Lacasse ve Lunne (1988) tarafından önerilen bağıntıyla benzerlik göstermektedir.

$$K_o = 0,34 \cdot K_D^m \quad K_D < 4 \text{ için} \quad (2.12)$$

Burada;

$m = 0,44$ (yüksek plastisiteli kil) ve $0,64$ (düşük plastisiteli kil) arasında değişen bir katsayıdır.

Bu nedenle, $I_D \leq 1,2$ ve $K_D < 4$ olan, yumuşak, orta katlıktaki bağlayıcı maddesi az killer için Lunne vd.(1990)'nin yöntemi (2.10 ve 2.11 eşitlikleri) önerilmektedir.

KUM:

Schmertmann (1983), bağlayıcı maddesi az kumların öngörülen K_o değeri için aşağıdaki eşitliği önermektedir:

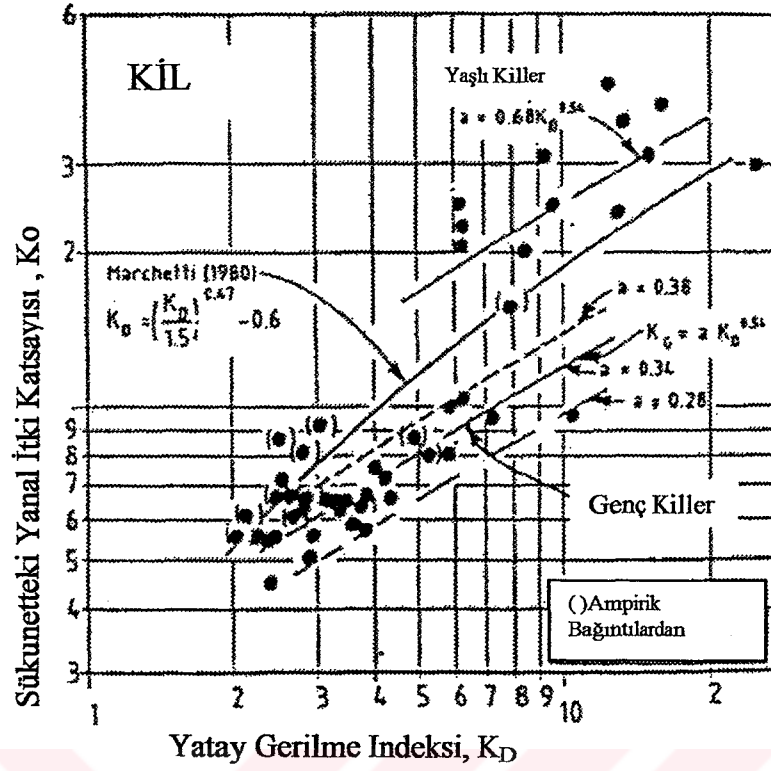
$$K_o = \frac{40 + 23 \cdot K_D - 86 \cdot K_D (1 - \sin \phi'_{ax}) + 152 (1 - \sin \phi'_{ax}) - 717 (1 - \sin \phi'_{ax})^2}{192 - 717 (1 - \sin \phi'_{ax})} \quad (2.13)$$

K_D = dilatometre yatay gerilme indeksi

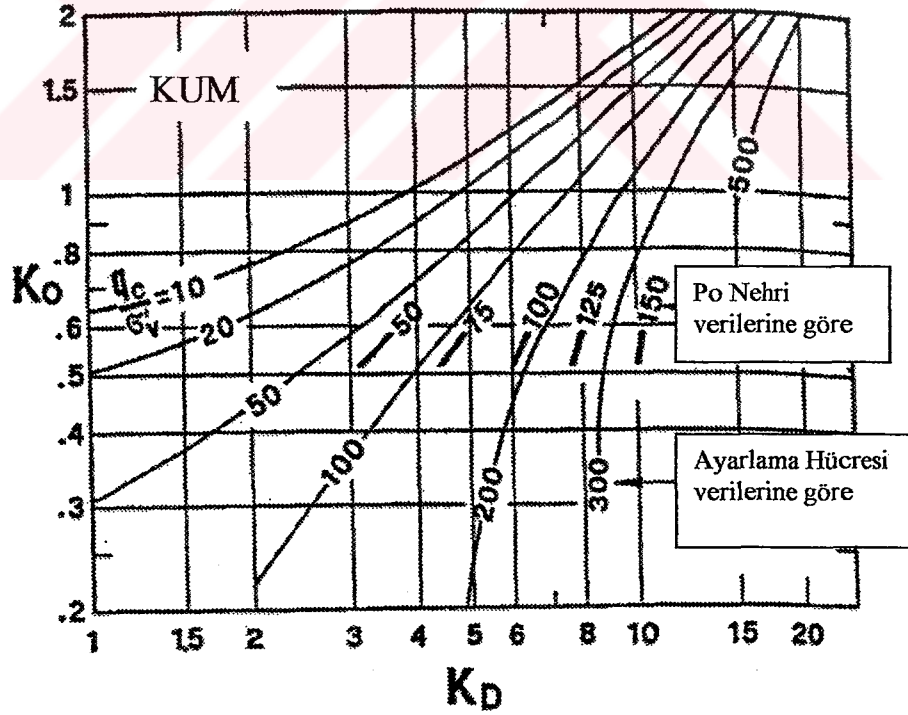
ϕ'_{ax} = dilatometre deneyinde (Bölüm 2.6.5) elde edilen, düzlem-şekil değiştirme açısından bulunan eksenel-simetrik içsel sürtünme açısı

Schmertmann'ın yöntemi karmaşık olduğundan, Lacasse ve Lunne (1988) yatay gerilmenin ilk tahmini için Marchetti'nin grafiğinin (Şekil 2.16) kullanılmasını önermektedirler. Marchetti'nin yönteminde, aynı bölgedeki koni deneyinden q_c değerlerinin elde edilmesine gerek duyulmaktadır. Bu yöntem, Po Nehir'i kumunda yapılan 25 adet deney sonucuna ek olarak Ayarlama Hücresi Deneylerine de dayanmaktadır.

TC İÇİŞİLER BAKANLIĞI
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI
MİLLÎ EĞİTİM GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
MİLLÎ EĞİTİM AKADEMİK BAŞKANLIĞI
MİLLÎ EĞİTİM AKADEMİK BAŞKANLIĞI
MİLLÎ EĞİTİM AKADEMİK BAŞKANLIĞI



Şekil 2.15 Dilatometre yatay gerilme indeksi K_D 'den K_0 'ın elde edilmesi (Lacasse ve Lunne, 1988; Lunne vd., 1989)



Şekil 2.16 K_D ve ϕ_c 'den K_0 'ı yorumlamak için çift ölçekli abak: 1. Kalibrasyon hücresi verilerine göre, 2. Po Nehri verilen göre (Marchetti, 1985)

2.6.3 Zemin Sınıflandırması

Farklı zemin türlerinde yapılan deney sonuçlarına dayanarak, malzeme indeksi I_D 'nin zeminin baskın dane boyutuna bağlı (Marchetti, 1980), aşırı konsolidasyon oranından göreceli olarak bağımsız (Marchetti, 1980) ve zeminin doygunluk derecesinden bağımsız (Schmertmann 1982, Lacasse ve Lunne 1986, Lutenegegger 1988) olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, Marchetti (1980) tarafından ortaya konulan I_D ile zemin cinsi arasındaki bağıntının, zemin cinsi hakkında sağlıklı bilgi vermesi beklenebilir (Çizelge 2.5)

Marchetti ve Crapps (1981), zemin türünün belirlenmesinde kullanılabilecek Çizelge 2.5'in genişletilmiş bir şeklini önermişlerdir (Şekil 2.17). Lutenegegger (1991) ise, derinliğe karşılık oluşturulan p_0 ve p_1 dağılımının zemin sınıflandırması ve katman bilgisi için oldukça yararlı olabileceğini işaret etmektedir.

Davidson ve Boghrat (1983a, 1983b) tarafından sunulan Şekil 2.18 bıçağın girişi sırasında oluşan artık boşluk suyu basıncının sönümlenme derecesinin zemin türüne bağlı olduğunu ve killerde girişten 1 dk. sonra çok az bir drenaj oluşurken, kumlarda oldukça önemli derecede drenaj oluştuğunu göstermektedir. Kapanma basıncından p_2 değerinin (p_2 basıncı genellikle girişten 1 dk. sonra ölçülür), başlangıç basıncı u_0 ve DMT membranı üzerinde oluşan artık boşluk suyu basıncı toplamına (artık boşluk suyu basıncı, girişten 1 dk. sonra ölçülür), benzerliği nedeniyle, Lutenegegger ve Kabir (1988) katman bilgisinin belirlenmesinde p_2 ile DMT'den elde edilen p_0 okumasının (p_0 , girişten hemen sonra ölçülür) karşılaştırılmasını önermektedir.

Bu araştırmacılar, DMT boşluk basıncı indeksi U_D 'yi aşağıdaki gibi tanımlamışlardır:

$$U_D = \frac{p_2 - u_0}{p_0 - u_0} \quad (2.14)$$

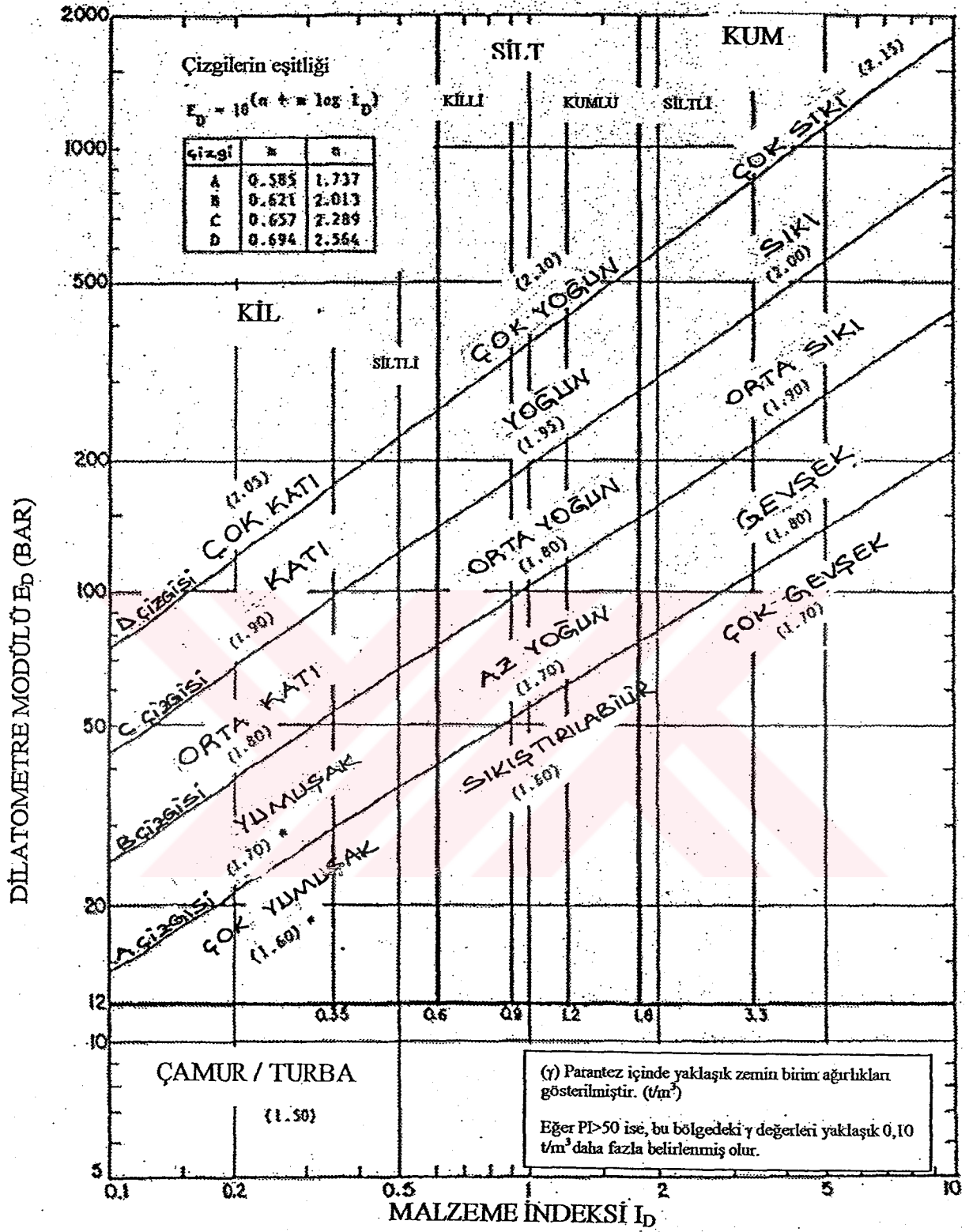
Burada; u_0 = hidrostatik basınçtır.

Kumlarda, artık boşluk basıncının çok çabuk sönümlenmesi nedeniyle, U_D oldukça düşük bir değerdir ($0 < U_D < 0,2$); zira p_2 , u_0 ile hemen hemen aynıdır. Buna karşılık, killerde U_D değeri daha yüksek olmalıdır.

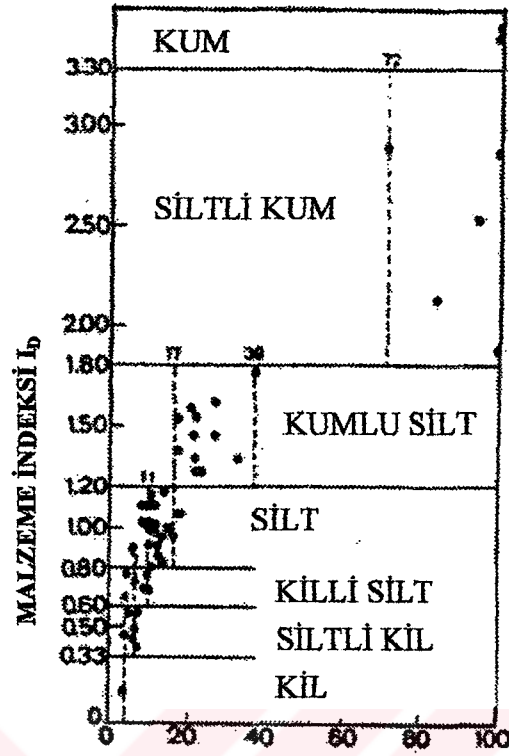
Lutenegegger ve Kabir (1988) Şekil 2.19'da gösterildiği gibi U_D oranının katman bilgisindeki değişiklikleri tanımlamada yararlı olabileceğini göstermişlerdir. Ancak, U_D ile zemin türü arasında henüz bir bağıntı önerilmemiştir.

Çizelge 2.5 I_D 'ye dayanan zemin sınıflandırması (Marchetti, 1980)

Zemin Tipi	Malzeme İndeksi
Turba / Duyarlı Killer	< 0.10
Kil	$0.10 - 0.35$
Siltli Kil	$0.35 - 0.60$
Killi Silt	$0.60 - 0.90$
Silt	$0.90 - 1.20$
Kumlu Silt	$1.20 - 1.80$
Siltli Kum	$1.80 - 3.30$
Kum	> 3.30

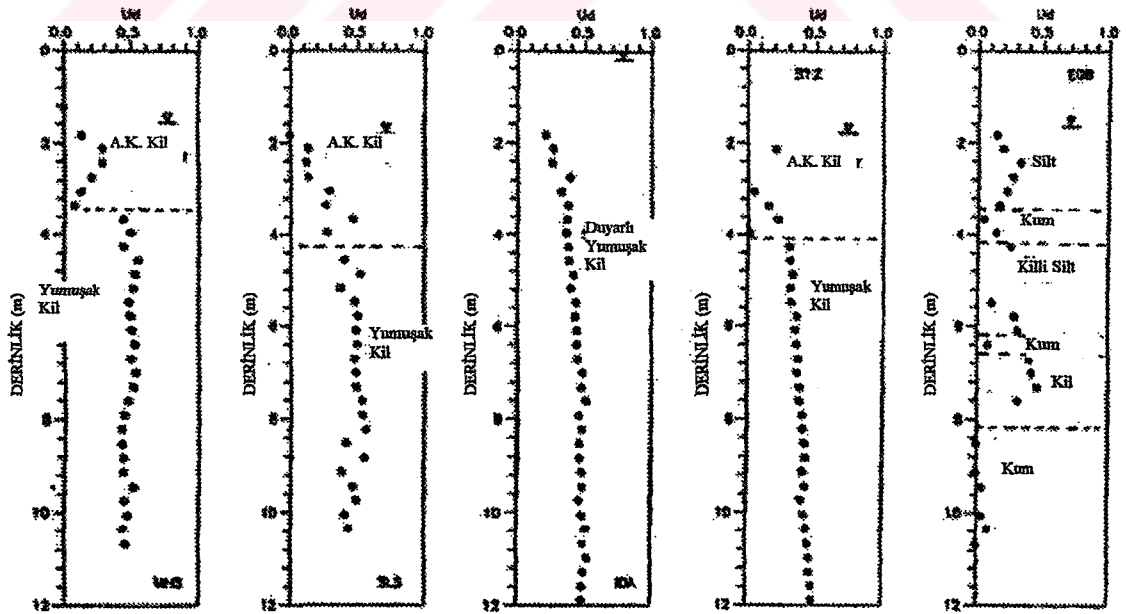


Şekil 2.17 Zemin tanımlamak ve birim ağırlığı belirlemek için abak (Marchetti ve Crapps, 1981)



ARTIK BOŞLUK BASINCININ SÖNÜMLENME YÜZDESİ (GİRİŞ DURDUKTAN 1 DAK SONRA)

Şekil 2.18 Girişten 1 dak sonra I_D 'ye bağlı olarak artık boşluk suyu basıncının sönümlenmesi (Davidson ve Boghrat, 1983)



Şekil 2.19 Arazi katman bilgisini belirlemekte yardımcı U_D değişimi (Lutenegger ve Kabir, 1988)

2.6.4 Birim Hacim Ağırlık

Marchetti ve Crapps (1981), zeminin birim hacim ağırlığını öngörmek için malzeme indeksi I_D ve E_D 'yi (Şekil 2.17) kullanan bir abak sunmuşlardır. Bu abak daha sonra Lacasse ve Lunne (1988) tarafından, aşırı konsolidasyon oranının I_D ve E_D üzerindeki etkisinin nedenini açıklamak için değiştirilmiştir (Şekil 2.20). Marchetti ve Crapps (1981)'ın abağından öngörülen birim hacim ağırlıkları ile laboratuvarında ölçülen referans birim ağırlıkları karşılaştırılmıştır (Şekil 2.21). Lacasse ve Lunne (1988) Şekil 2.17 ve Şekil 2.20'nin yumuşak killerin birim hacim ağırlığını olduğundan daha az tahmin etme eğiliminde olduğunu belirtmişlerdir.

2.6.5 Kohezyonsuz Zeminlerde Drenajlı İçsel Sürtünme Açısı

DMT bıçağının kumlardaki girişi, göçmenin düzlemsel şekil değiştirme durumuna yaklaştığı drenajlı taşıma gücünün ortaya çıkması anlamına gelmektedir. Sonuç olarak, DMT sonuçlarından elde edilen drenajlı içsel sürtünme açısı, bir düzlem-şekil değiştirme parametresidir (ϕ'_{ps}).

Schmertmann (1982), ϕ'_{ps} yi belirlemek için, giriş sırasında DMT'nin ve tijlerin düşey dengesi ile Durgunoğlu ve Mitchell (1975) tarafından geliştirilen kama giriş teorisine dayanan bir yöntem sunmuştur. Bu eşitlikte, bıçak ve zemin arasındaki sürtünme katsayısının $\tan(\phi'_{ps}/2)$ 'ye eşit olduğu varsayılmıştır.

Schmertmann'ın yöntemi, dilatometre bıçağını ve tijleri ilerletmek için gerekli baskının ölçülmesini gerektirmektedir. $I_D \geq 1,2$ olan drenajlı zeminler için Schmertmann aşağıdaki bağıntıyı önermektedir;

$$\tan(\phi'_{ps}/2) = [BASKI - (\pi/4) \cdot \text{çap}^2 \cdot u_0 \cdot 1,019 - (A + (\pi/4) \cdot d^2 - B \cdot d) \cdot q_f + W \cdot (z + 2)] / F_H \quad (2.15)$$

Burada;

ϕ'_{ps} = Zeminin drenajlı içsel sürtünme açısı-düzlem şekil değiştirme

BASKI = İtme Baskısı (kg.)

çap = Sondaj tij çapı (cm.)

u_0 = Dilatometreyi zemine batırmadan önceki boşluk suyu basıncı (bar)

A = Dilatometrenin taşıyıcı alanı (12,9 veya 14,4 cm²)

d = Sürtünme azaltıcının çapı (cm.)

B =Dilatometrenin kalınlığı (1,37 veya 1,5 cm.)

q_f= Aşağıdaki paragrafta açıklandığı gibi bulunan, Durgunoğlu ve Mitchell tarafından önerilen taşıma gücü(kg/cm²)

W =Birim uzunluk başına sondaj tiji ağırlığı (kg/m)

z = Deney derinliği (m)

F_H=Dilatometre bıçağına dik yatay kuvvet

=(p_o - u_o) x a x 1,019, burada a bıçağın sürtünme yüzeyidir. (355 cm²)

p_o=Düzeltilmiş dilatometre "A" okuması (bar)

Durgunoğlu ve Mitchell (1975), q_f'i aşağıdaki gibi önermişlerdir;

$$q_f = \gamma'_{ort} \cdot B \cdot N_{\gamma q} / 10 \quad (2.16)$$

$$N_{\gamma q} = \frac{\cos(\psi - \delta)}{\cos \delta} \cdot \frac{(1 + \sin \phi'_{ps} \cdot \sin(2\gamma - \phi'_{ps}))}{\cos \phi'_{ps} \cdot \cos(\gamma - \phi'_{ps})} \cdot \left\{ \frac{\cos^2(\gamma - \phi'_{ps})}{4 \cdot \cos^2 \psi \cdot \cos^2 \theta} \cdot I_0 + \right. \\ \left. \frac{3 \cdot \cos(\gamma - \phi'_{ps}) \cdot \cos^2 \beta}{4 \cdot \cos \psi \cdot \cos \phi'_{ps}} \cdot e^{2\theta_o \cdot \tan \phi'_{ps}} \cdot \left(m - \frac{2}{3} m' \right) - \frac{K \cdot \cos \psi \cdot \cos \phi'_{ps}}{\cos(\gamma - \phi'_{ps})} \cdot \right. \\ \left. \left(m - m' \right)^2 \cdot (m + 2m') + K \cdot \frac{\cos \psi \cdot \cos \phi'_{ps}}{\cos(\gamma - \phi'_{ps})} \cdot m^3 \right\} - \frac{\tan \psi}{4} \quad (2.17)$$

$$m = D / B \quad (2.18)$$

$$m' = \frac{\sin \beta \cdot \cos(\gamma - \phi'_{ps})}{2 \cos \psi \cdot \cos \phi'_{ps}} \cdot e^{\theta_o \cdot \tan \phi'_{ps}} \quad (2.19)$$

$$\tan \gamma = (\sin \phi'_{ps} + \sqrt{1 + 2 \cos \phi'_{ps}}) / (2 + \cos \phi'_{ps}) \quad (2.20)$$

$$\psi = 90^\circ - \alpha \quad (2.21)$$

$$\theta_o = 180^\circ - (\psi + \gamma) + \beta \quad (2.22)$$

$$I_{\theta} = \frac{1}{1 + 9 \tan^2 \phi'_{ps}} \cdot \left\{ \tan \phi'_{ps} \cdot \left\{ e^{3\theta_o \cdot \tan \phi'_{ps}} \cdot \cos \beta - \cos(\theta_o - \beta) \right\} + \dots \right. \\ \left. + \left\{ e^{3\theta_o \cdot \tan \phi'_{ps}} \cdot \sin \beta + \sin(\theta_o - \beta) \right\} \right\} \quad (2.23)$$

Burada;

γ'_{ot} = Dilatometre bıçağının batırıldığı derinliğin üzerinde yer alan zeminin ortalama efektif birim hacim ağırlığı

$N_{\gamma q}$ = Taşıma gücü faktörü

ψ = Penetrometre açısı (Şekil 2.22)

α = Dilatometre taban açısının yarısı (yaklaşık 8 derece) (Şekil 2.22)

β = Göçme yüzeyinin düşey tanjant açısı (ϕ'_{ps} 'ye eşit olduğu varsayılır) (Şekil 2.22) (derece)

γ = Düzlem kayma bölgesi açısı, normalde tatonmanla elde edilen bir çözümdür. Fakat δ için yapılan varsayımla basitleştirilmiştir. (Şekil 2.22)

δ = Dilatometre-zemin sürtünme açısı = $\phi'_{ps}/2$ (derece) (Şekil 2.22)

m = Dilatometre derinliğinin, bıçak kalınlığına oranı.

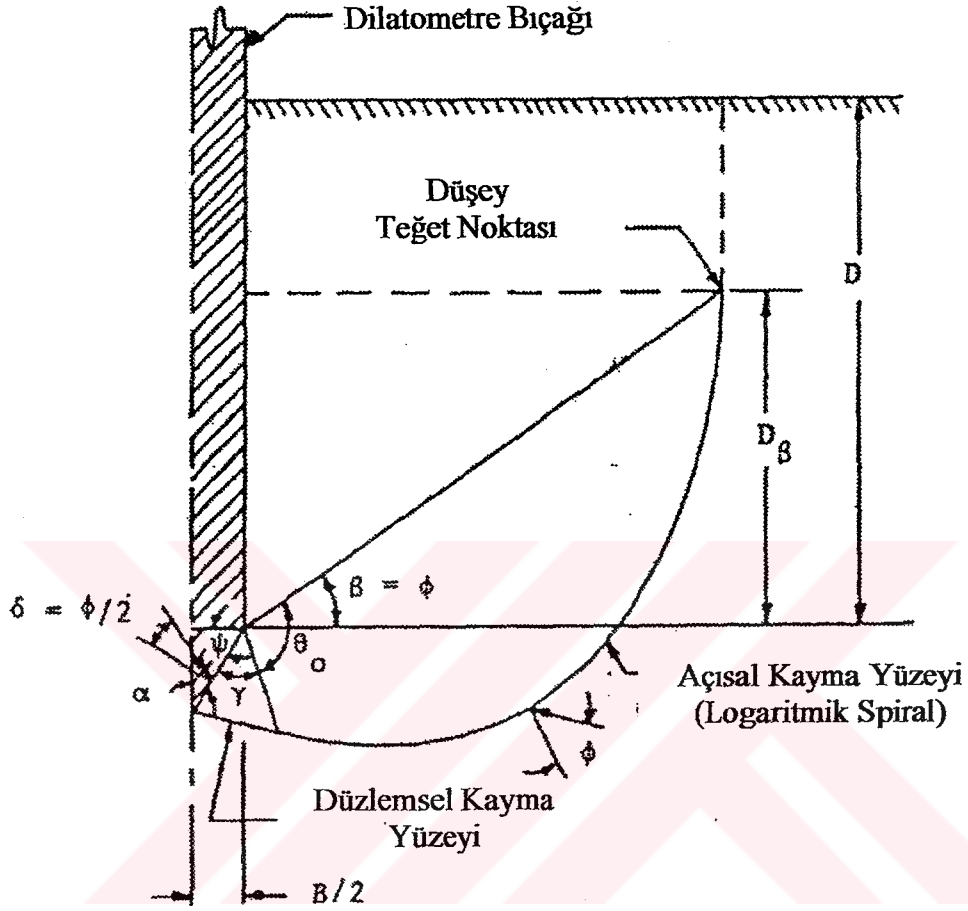
m' = Bıçak ucu ile göçme yüzeyinin düşey teğet noktası arasındaki uzaklığın (kritik derinlik) bıçak kalınlığına oranı.

θ_o = Logaritmik göçme yüzeyi açısını tanımlar (derece) (Şekil 2.22)

K = Yanal itki katsayısıdır (K_o 'a eşit varsayılır).

Eşitlik 2.15'in çözümü Schmertmann (1988a) tarafından önerilen aşağıdaki tatonman işlemleri ile yapılır:

1. ϕ'_{ps} için bir başlangıç değeri varsayılır.
2. 2.18 ile 2.23 arasındaki eşitlikler, ilgili parametreleri elde etmek için çözülür.
3. Bölüm 2.6.2'de gösterildiği gibi K_o hesaplanır.



Şekil 2.22 Taşıma gücü parametrelerinin ilişkisi, kullanılan göstergeler ve varsayılan göçme yüzeyleri (Durgunoğlu ve Mitchell, 1975)

4. Taşıma gücü faktörü N_{yq} 'yu bulmak için adım 2 ve 3'te elde edilen parametreler, eşitlik 2.17'de yerine konulur.
5. Dilatometre üzerindeki zemin için ortalama bir birim ağırlık bulunur ve eşitlik 2.16 taşıma gücü için çözülür.
6. Eşitlik 2.15'den ϕ'_{ps} hesaplanır.
7. Aradaki fark (hesaplanan açı - varsayılan açı) sıfırdan az ise, varsayılan değer çok küçüktür. Eğer fark sıfırdan büyükse, o zaman varsayılan değer çok fazladır.
8. Varsayılan açı değiştirilir ve varsayılan ile hesaplanan açılar arasındaki fark 1 dereceden küçük olana kadar 1'den 7'ye kadar olan adımlar yinelenir. Son değer, adım 7'de bulunan hataya dayanan enterpolasyonla bulunabilir.

Yukarıdaki yöntem, birçok araştırmacı tarafından değerlendirilmiştir. Clough ve Goeke (1986), Schmertmann (1982)'ın tekniğini kullanarak çakıllı kumlar için, laboratuvar üç eksenli basınç deneyi ile elde edilen içsel sürtünme açısı değerlerini %15 farklılık sınırı içinde elde etmişlerdir. Jamolkowski vd. (1988), Durgunoğlu ve Mitchell (1975)'in teorisinin dilatometre kama direnci ile birlikte kullanılması durumunda, silisli kumlar için ϕ'_{ps} değerinin biraz az öngörüldüğünü ortaya koymuştur. (Üç eksenli basınç deneyi ile belirlenen pik içsel sürtünme açısından 1~2 derece daha az). Farklılığın $[\phi'_{ps(LAB)} - \phi'_{ps(DMT)}]$ kum yoğunluğunun artmasıyla, arttığını belirtmişlerdir.

Schmertmann (1988a) bu yöntemin çimentolanmış ve fazla genleşen kumlarda kullanılması durumunda, genellikle asıl değerden daha yüksek bir içsel sürtünme açısı verdiğini eklemektedir.

Göçme zarfının doğrusal olmaması nedeniyle, ϕ'_{ps} açısı bağımsız tanımlanamaz ve göçme sırasında göçme yüzeyinde oluşan efektif normal gerilmenin (σ'_{ff}) büyüklüğüne bağlıdır. Bu yüzden, DMT sonuçlarına dayanarak tahmin edilen ϕ'_{ps} değeri, giriş aygıtı etrafındaki göçme yüzeyinde ortaya çıkan σ'_{ff} efektif normal gerilmenin ortalama değeri ile kontrol edilen bir büyüklük olan sürtünme açısının sekantına karşılık gelmektedir. DMT deneyi sırasında ortaya çıkan σ'_{ff} 'nin bilinmesi, DMT'ye dayanarak belirlenen ϕ'_{ps} değeri ile göçme yüzeyinde var olan σ'_{ff} 'nin yarattığı özel tasarım probleminin ϕ'_{ps} değeri arasında, ilişki kurmak için gereklidir.

Schmertmann (1982) bu durumda;

$$\sigma'_{ff_1} = (1 + \sin \phi'_{ps_1}) \cdot \sigma'_{v_0} \quad (2.24)$$

eşitliğini önermiştir.

Burada;

σ'_{v_0} = deney derinliğindeki düşey efektif gerilmedir.

Daha sonra, düşünülen problem için σ'_{ff_2} değeri öngörülür ve sürtünme açısı ϕ'_{ps_2} , Baligh'in (1976) basit bir varsayımıyla elde edilebilir:

$$\tan \phi'_{ps_2} - \tan \phi'_{ps_1} = 0,105 \cdot \log \left(\frac{\sigma'_{ff_1}}{\sigma'_{ff_2}} \right) \quad (2.25)$$

Schmertmann'ın yöntemi, eksenel simetrik drenajlı bir açı olan ϕ'_{ax} 'e dönüştürülebilen, drenajlı düzlem şekil değiştirme sürtünme açısını vermektedir (Schmertmann, 1988).

$\phi'_{ps} \leq 32$ için $\phi'_{ax} = \phi'_{ps}$

$\phi'_{ps} > 32$ için $\phi'_{ax} = \phi'_{ps} - [(\phi'_{ps} - 32)/3]$ (2.26)

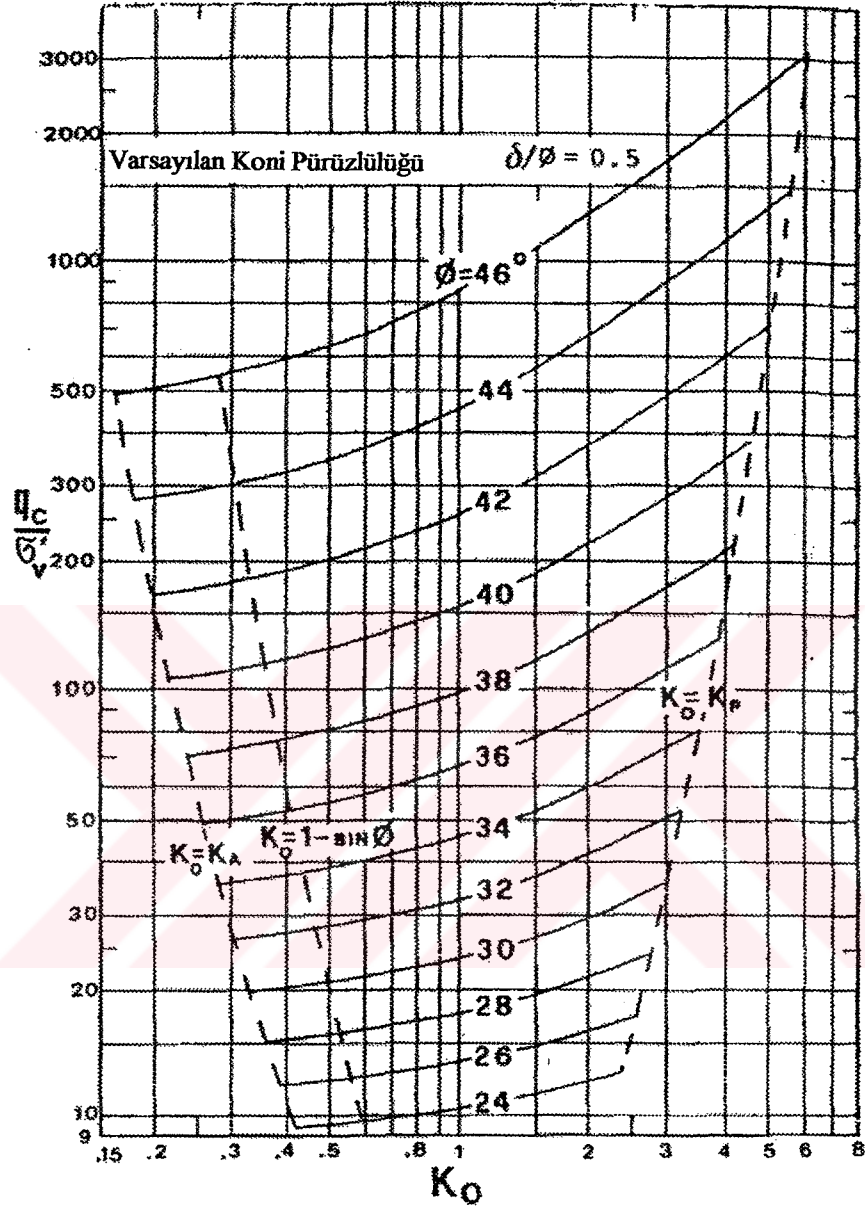
Marchetti (1985) ϕ'_{ps} 'yi elde etmek için, aynı bölgede yapılan koni giriş deneyi ile ölçülen q_c koni uç direncinin ve Bölüm 2.6.2 (Şekil 2.23)'de açıklandığı gibi elde edilen K_0 'ın kullanıldığı bir yöntem sunmuştur. Lacasse ve Lunne (1988), Marchetti (1985)'nin yöntemini denemişler ve drenajlı üç eksenli deney ile oldukça uyumlu içsel sürtünme açısı elde etmişlerdir. Kumların içsel sürtünme açılarını elde etmek için Şekil 2.23'ün kullanılmasını önermektedirler.

2.6.6 Drenajlı Sınırlanmış Modül, M

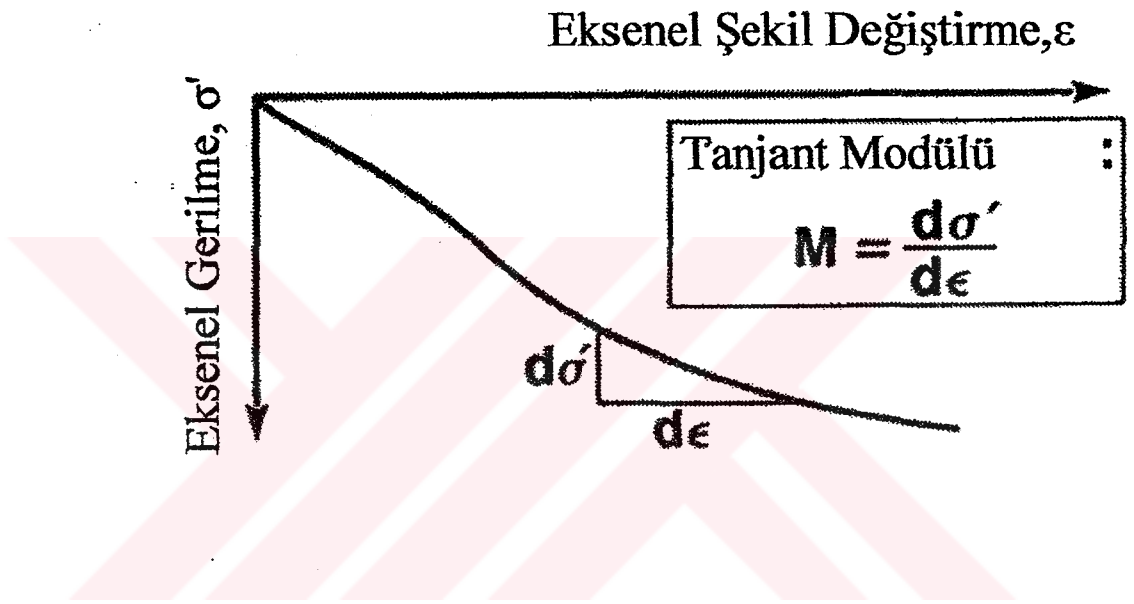
Drenajlı sınırlanmış modül M, yüksek nitelikteki örnekler üzerinde yapılan tek boyutlu laboratuvar ödometre deneyinden elde edilen düşey şekil değiştirmeye karşılık düşey efektif gerilme eğrisinden bulunan tanjant modülüne karşılık gelmektedir. Sınırlanmış modül M, Şekil 2.24'te tanımlanmıştır.

KUM:

Marchetti (1980), M ile dilatometre modülü E_D arasında şu eşitliği önermiştir:



Şekil 2.23 ϕ için, K_0 'ın değerlendirilmesini gerektiren ve CPT'ye göre yorumlanan abak (Marchetti, 1985)



Şekil 2.24 Sınırlanmış tanjant modülü M 'nin tanımlanması (Sandven,1990)

$$M = R_M \cdot E_D \quad (2.27)$$

Burada;

R_M = bir katsayıdır ve yatay gerilme indeksi K_D 'ye bağlıdır.

$$I_D \leq 0,6 \text{ ise } R_M = 0,14 + 2,36 \cdot \log K_D$$

$$I_D \geq 3,0 \text{ ise } R_M = 0,5 + 2 \cdot \log K_D$$

$$0,6 < I_D < 3,0 \text{ ise } R_M = R_{M0} + (2,5 - R_{M0}) \cdot \log K_D \text{ ile}$$

$$R_{M0} = 0,14 + 0,15 (I_D - 0,6)$$

$$K_D > 10 \text{ ise } R_M = 0,32 + 2,18 \cdot \log K_D$$

$$R_M \text{ her zaman } \geq 0,85' \text{ dir.} \quad (2.28)$$

Baldi vd. (1986, 1989), Marchetti'nin (1980) bağıntısının M değerini özellikle aşırı konsolide kumlar (Şekil 2.25) için daha az tahmin ettiğini bulmuşlardır. Bunun sonucunda Leonard ve Frost (1988) normal konsolide kumlar için $M = 1,3 \cdot M_{\text{marchetti}}$ ve aşırı konsolide kumlar için $M = 2,4 \cdot M_{\text{marchetti}}$ kullanılmasını önermişlerdir.

Marchetti ve Crapps (1981), iki nedenden dolayı, $M_{\text{marchetti}}$ değerinin artırılmasının gerekli olmadığını ileri sürmüştür:

Schmertmann'ın yüzeysel temellerin oturmasını hesaplarken kullandığı $M_{\text{marchetti}}$, 1.18'e eşit olan fazla ölçülmüş oturma öngörüsü oranını vermektedir (Bölüm 2.8.1.3). Dolayısıyla, yukarıdaki artırma ortalama öngörüü güvensiz yapmaktadır.

Yukarıdaki artırma, ayarlama hücre deneyine dayanmaktadır ve buradaki kum doğal kumları örneklemektedir.

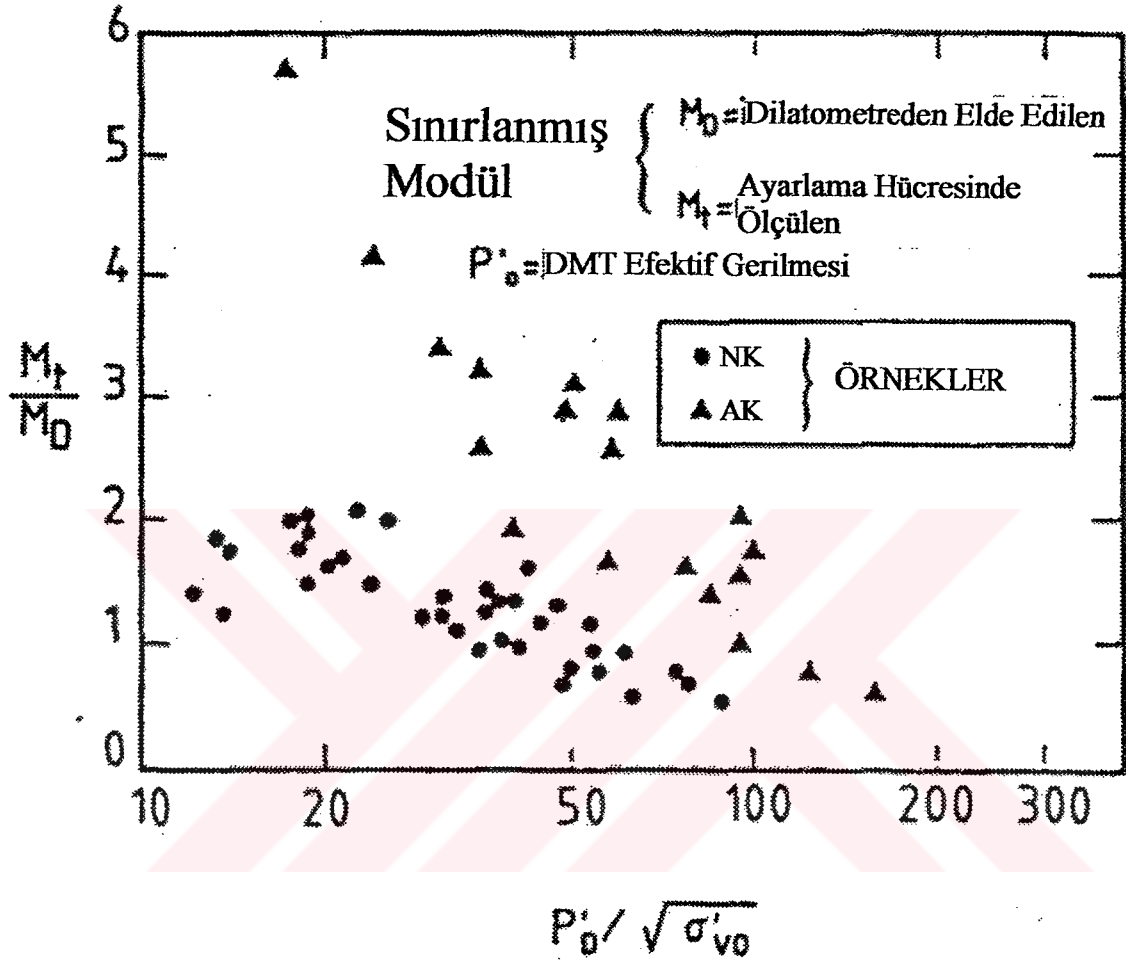
KİL:

Lunne vd. (1989), Marchetti'nin (1980) bağıntısının kullanılmasını önermektedirler.

2.6.7 Elastisite Modülü

Uygulamada, elastisite modülü E 'nin iki farklı değeri göz önüne alınmaktadır;

1. Secant Young modülü (mukavemet uyanışının %25'indeki değer, E_{25})



Şekil 2.25 Ticino Kumu için dilatometre modülünden elde edilen sınırlanmış tanjant Modülü (Baldi vd., 1989)

2. Başlangıç tanjant modülü E_i

Referans E değerleri, DMT'den hesaplanan toplam yatay gerilmelere eşit sınırlayıcı basınçlarda yapılan UU üç eksenli basınç deneylerinden elde edilir. Değişik kaynaklardan (Campanella vd., 1985; Baldi vd., 1986; Bellotti vd., 1989; Robertson vd., 1989a) elde edilen birikim, E ile dilatometre modülü E_D arasında aşağıdaki basit ilişkiyi göstermektedir.

$$E = F \cdot E_D \quad (2.29)$$

Çizelge 2.6 ve Şekil 2.26, F değerlerinin genel eğilimini göstermektedir. E 'nin bir ilk değerini elde etmek için 2.29 eşitliğinde bu değerler kullanılabilir.

Sınırlanmış Modülün Young Modülüne dönüştürülmesi:

Sınırlanmış modül M belirlendikten sonra Young Modülü E , elastik teori kullanılarak aşağıdaki gibi bulunabilir (Schmertmann, 1988b):

$$E' = M \frac{(1 + \nu') (1 - 2\nu')}{(1 - \nu')} \quad (2.30)$$

$$E_u = M \frac{(1 + \nu_u) (1 - 2\nu')}{(1 - \nu')} \quad (2.31)$$

Burada;

E' : Drenajlı Young Modülü

E_u : Drenajsız Young Modülü

ν' : Drenajlı Poisson Oranı

ν_u : Drenajsız Poisson Oranı

M : Sınırlanmış Modül

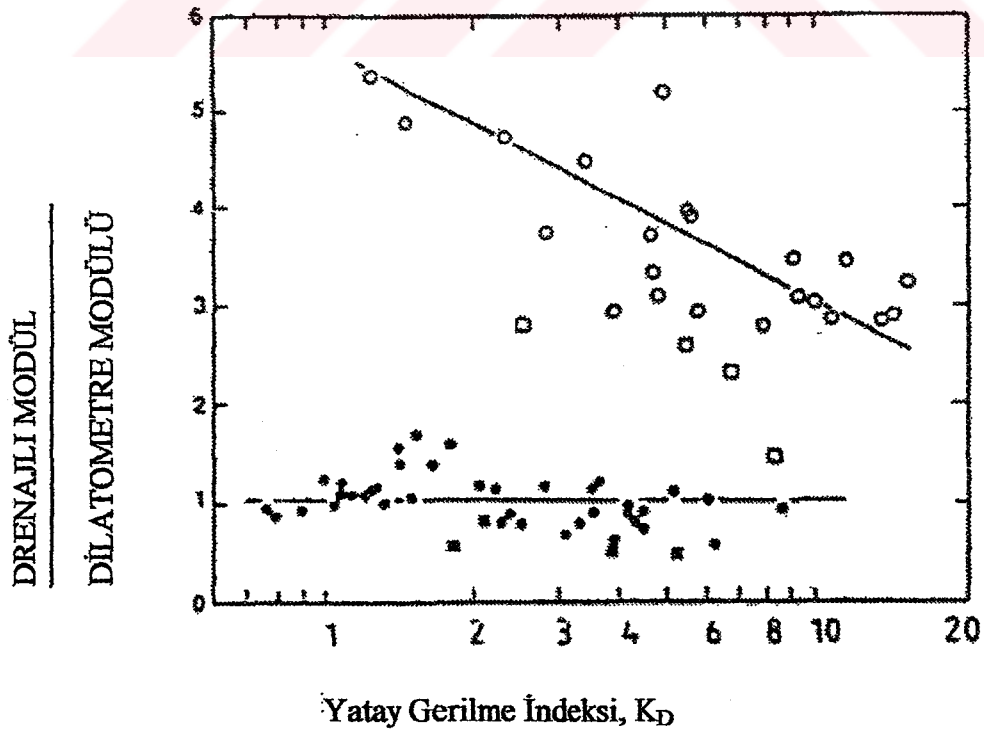
Genel olarak drenajlı Poisson Oranı kumlarda 0,2-0,3 ve killerde 0,3-0,4 arasında değişmektedir. Normalde drenajsız Poisson Oranı 0,5 alınabilir (Schmertmann, 1988b). Buna göre; DMT hesaplamalarında E_u değeri aşağıdaki gibidir:

$$E_u = 0,8 M \quad (2.32)$$

Çizelge 2.6 Önerilen düzeltme faktörü F (Lutenegger, 1988)

Zemin Türü	Modül	F	Kaynak
Kohezyonlu Zemin	E_1	10	Robertson vd. (1989)
Kum	E_1	2	Robertson vd. (1989)
Kum	E_{25}	1	Companelle vd. (1985)
NK Kum	E_{25}	0.85	Baldi vd. (1986)
AK Kum	E_{25}	3.5	Baldi vd. (1986)

KUM	AKO	SMB
TICINO	1	*
	1.5 to 8.5	o
HOKKSUND	1	*
	3.0 to 8.3	o



Şekil 2.26 Kumlar için, dilatometre deneyinden elde edilen drenajlı Young Modülünün değerlendirilmesi (Bellotti vd., 1989)

2.6.8 Maksimum Kayma Modülü G_o

KUM:

Lee ve Stokoe (1986), kohezyonsuz zeminlerde maksimum kayma modülünün (G_o), aşağıdaki değişkenlerin bir fonksiyonu olduğunu ileri sürmüşlerdir.

$$G_o = f(D_R, \sigma_a', \sigma_b') \quad (2.33)$$

Burada;

D_R = Göreceli sıklık

σ_a' = Sismik dalga yayılımı doğrultusunda etki eden efektif gerilme

σ_b' = Zemin danelerinin yer değiştirme doğrultusunda etki eden efektif gerilme.

Sully ve Campanella (1989) bu gerçeği kabul edip, G_o/E_D ile göreceli sıklık (D_R) arasında bir bağıntı kurmayı önermişlerdir. Kumlar ile ilgili yayınlanmış birçok veriyi biraraya toplayan Şekil 2.27'yi ortaya koymuşlardır. Şekil 2.27'de gösterilen veriler, Karşıt Delik Deneyi ile Rezonanslı Kolon Deneylerinden elde edilen G_o ile Ayarlama Hücresinde ve yerinde gerçekleştirilen DMT'lerin sonuçlarının karşılaştırılması ile elde edilmişlerdir. Bu, sunulan verilerdeki dağılımı açıklamaktadır.

Bu yöntem, (G_o)'ın bir ilk değerini önermekte kullanılabilir. Sully ve Campanella (1989), yukarıda anlatılanları doğrulamak için ek arazi verilerinin gerekli olduğunu vurgulamışlardır.

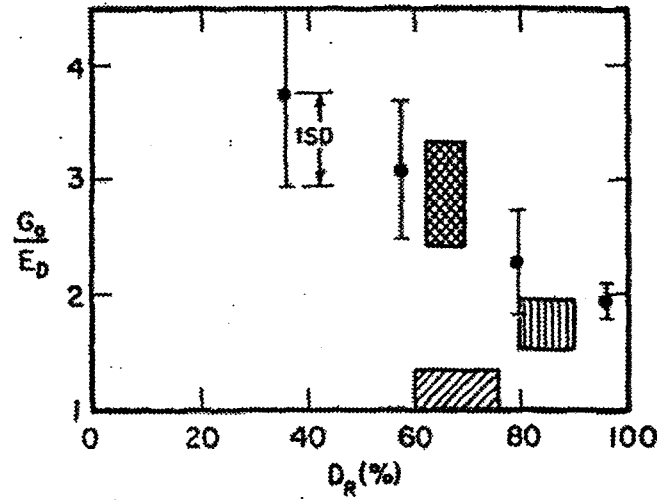
Bir önceki yöntem seçeneği olarak ya da onun denenmesi olarak, Baldi vd. (1989) tarafından önerilen ve dilatometreden elde edilen $p_o' = (p_o - u_o)$ efektif basıncı ile dilatometre modülü E_D 'nin kullanıldığı Şekil 2.28'den yararlanılabilir.

KİL:

Lunne vd. (1989), kesin olmayan birkaç dilatometre deney sonuçlarına dayanarak önerdikleri bir bağıntıya karşın, bugüne kadar dilatometre deneyi verilerinden killerin G_o değerlerini elde etmek için güvenilir bir ilişki bulunamamıştır.

KUM VE KİL:

Son olarak, Hryciw (1990) yeni ve kanıtlanmış bir yöntemi, G_o değerini elde etmek için hem kumlarda hem de killerde kullanılmak üzere önermektedir. Bu yöntem, Hardin ve Blandford



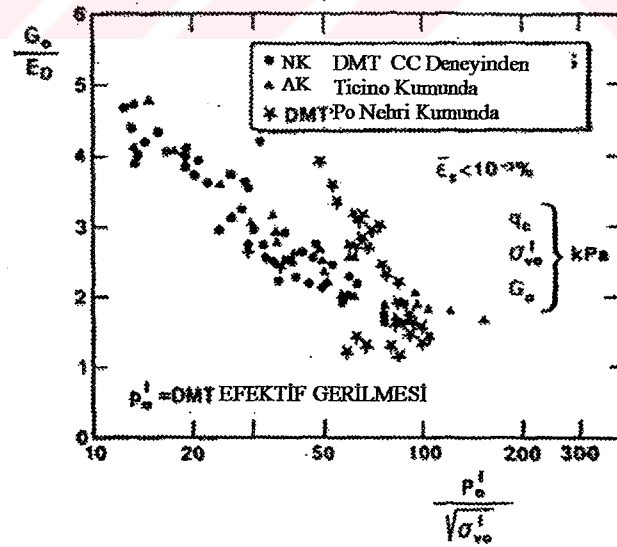
• Ticino Kum ile Kalibrasyon Hücresinde(CC) yapılan DMT'nin Ortalaması ve Standart Sapması(SD)
 G_0 RCT(Resonanslı Kolon Deneyi)'den elde edilmiştir. (Bellotti vd.,1989)

• DMT Po Nehri Kumunda yapılmıştır.
 G_0 V_S -CH'den elde edilmiştir. (Bellotti vd.,1989)

• DMT UOM Siltli Kumunda yapılmıştır.
 G_0 V_S -CH'den elde edilmiştir. (Hryciw & Woods, 1988)

• DMT LBS Kumunda yapılmıştır.
 G_0 SCPT(standart CPT)'den elde edilmiştir.

Şekil 2.27 Kumlar için yayınlanmış verilere göre G_0 - E_d oranları (Sully ve Campanella, 1989)



Şekil 2.28 Çimentolanmamış silisli kumlar için DMT deneyi kayma modülünün değerlendirilmesi (Baldi vd., 1989)

(1989) tarafından önerilen eşitlik 2.33'ün yenilenmiş bir biçimidir.

$$G_o = \frac{AKO^k}{0,3 + 0,7 \cdot e^2} \cdot \frac{S_{ij} \cdot P_a^{(1-n)}}{2(1+v)} \cdot (\sigma_a' \cdot \sigma_b')^{n/2} \quad (2.34)$$

Burada;

AKO = aşırı konsolidasyon oranı

k = plastisite indeksine dayanan bir sabit (kumlar için, k = 0)

e = boşluk oranı

S_{ij} = boyutsuz rijitlik katsayısı

P_a = atmosfer basıncı

n = deney yapılan yerin deniz seviyesinden yüksekliğine bağlı katsayı

v = Poisson oranı'dır.

Hryciw (1990) tarafından önerilen eşitlik ise şöyledir:

$$G_o = \frac{530}{\left(\frac{\sigma_v'}{P_a}\right)^{0,25}} \cdot \frac{\frac{\gamma_D}{\gamma_w} - 1}{2,7 - \frac{\gamma_D}{\gamma_w}} \cdot K_o^{0,25} \cdot (\sigma_v' \cdot P_a)^{0,5} \quad (2.35)$$

σ_v' =düşey efektif gerilme

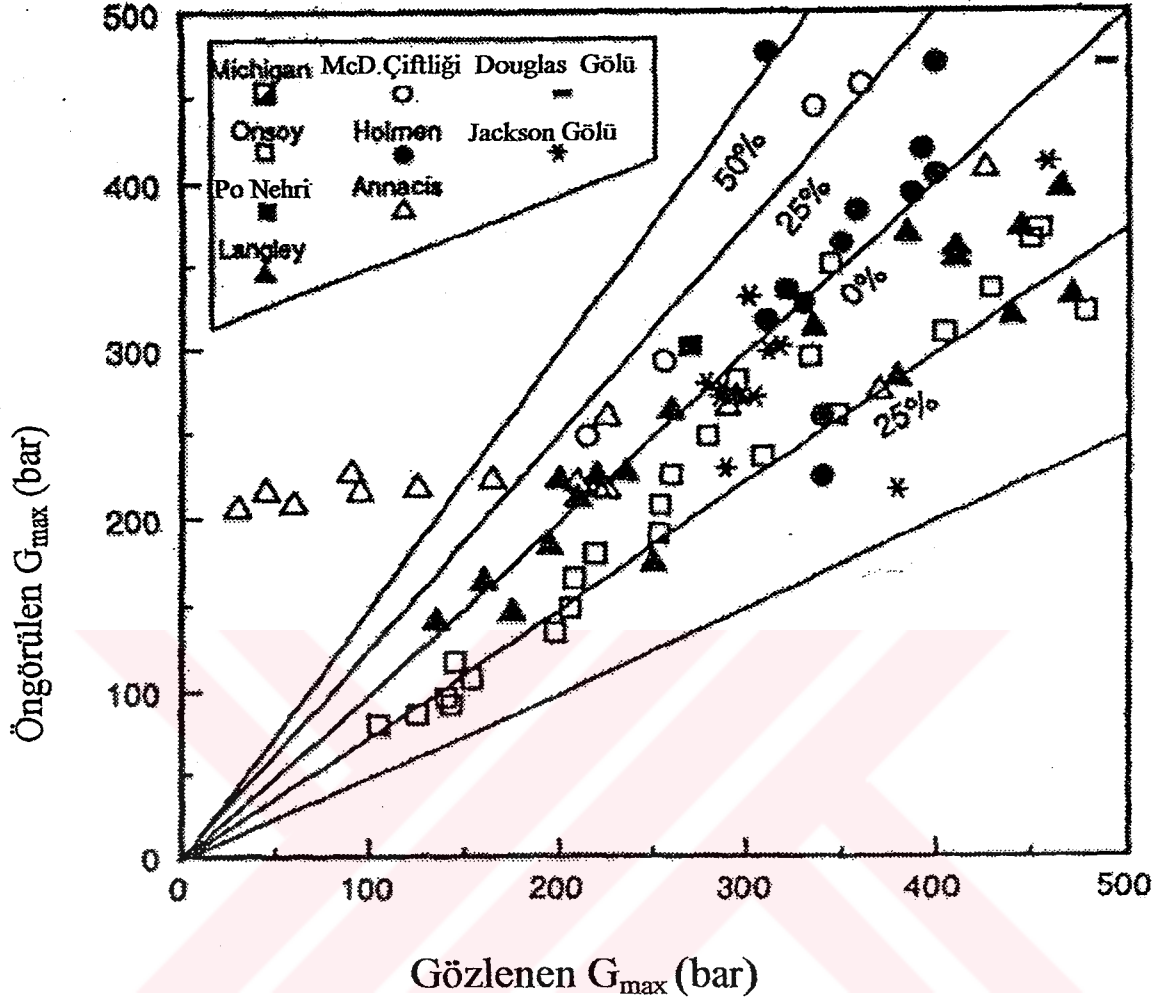
γ_D =DMT'den (Şekil 2.17) elde edilen toplam birim hacim ağırlığı

γ_w =suyun birim hacim ağırlığı

K_o = kohezyonlu zeminler için eşitlik 2.9'dan, kohezyonsuz zeminler için eşitlik 2.13'ten elde edilen sükunetteki yanıl itki katsayısıdır.

Bu yöntem İtalya, Norveç, Kanada ve ABD'de yapılan 9 adet arazi çalışmasına dayanmaktadır. Veriler değişik zeminlerden alınmıştır (çakıl, kum, kil ve silt gibi).

Şekil 2.29, eşitlik 2.35'nin dayandığı veri tabanı kullanılarak ortaya konulmuş, gözlemlenen ile öngörülen G_{max} arasındaki ilişkiyi göstermektedir.



Şekil 2.29 Gözlener $G_{\max}$ 'a karşılık öngörülen $G_{\max}$ (Hryciw, 1990)

2.6.9 Gerilme Tarihçesi

KİL:

Marchetti (1980), ödometre deneyinden elde edilen aşırı konsolidasyon oranı (AKO) ile dilatometre yatay gerilme indeksi arasındaki şu ilişkiyi önermiştir.

$$AKO = 0,5 \cdot K_D^{1,56} \quad (2.36)$$

Marchetti yukarıdaki bağıntıyı, çimentolanmamış, az kohezyonlu, geçmiş jeolojik yükü bazı nedenlerle azalan zeminler ile $I_D \leq 1,2$ 'yi sağlayan zeminlerde kullanmayı önermektedir.

Jamiolkowski vd. (1988), Çizelge 2.7 ve 2.8'de sunulan ve iki ayrı katı kil üzerinde yapılan dilatometre deney sonuçlarına dayanarak Marchetti'nin yöntemini değerlendirmişlerdir. Yöntemin, yumuşak ve orta katıdan katı çimentolanmamış killere kadar uygun olabileceğini, ancak diğer killere için daha fazla deneysel çalışmaya gerek duyulduğunu söylemişlerdir.

Lacasse ve Lunne (1988), Marchetti bağıntısındaki katsayının Norveç'te farklı arazilerde yapılan deneylerle toplanan verilere uyacak şekilde değiştirilmesi gerektiğini ileri sürmektedirler.

Bugüne kadar, Marchetti'nin eşitliğini değerlendirmek için en kapsamlı çalışma Lunne vd. (1989) tarafından yapılmıştır. Veri tabanı Şekil 2.30'da verilmiştir. Aşırı konsolidasyon oranını elde etmek için Lunne vd. (1989) önerdiği işlemlerin kullanılması önerilmektedir. Bu işlemler şu şekildedir:

Kilin genç mi yaşlı mı olduğunu belirlemek için S_u/σ_{v0}' oranı veya geotekniksel kanıt kullanılır. Lunne vd. (1990) göre:

Genç killerde; $S_u/\sigma_{v0}' \leq 0,8$

Yaşlı killerde; $S_u/\sigma_{v0}' > 0,8$ 'dir.

Genç killer için $AKO = 0,3 \cdot K_D^{1,17}$

Yaşlı killer için $AKO = 2,7 \cdot K_D^{1,17}$ kullanılır.

Bu yolla AKO saptanmasındaki belirsizlik, yaklaşık $\pm \% 30$ 'dur.

Çizelge 2.7 Taranto siltli kilinde yapılan laboratuvar ve DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması (Jamiolkowski vd., 1988)

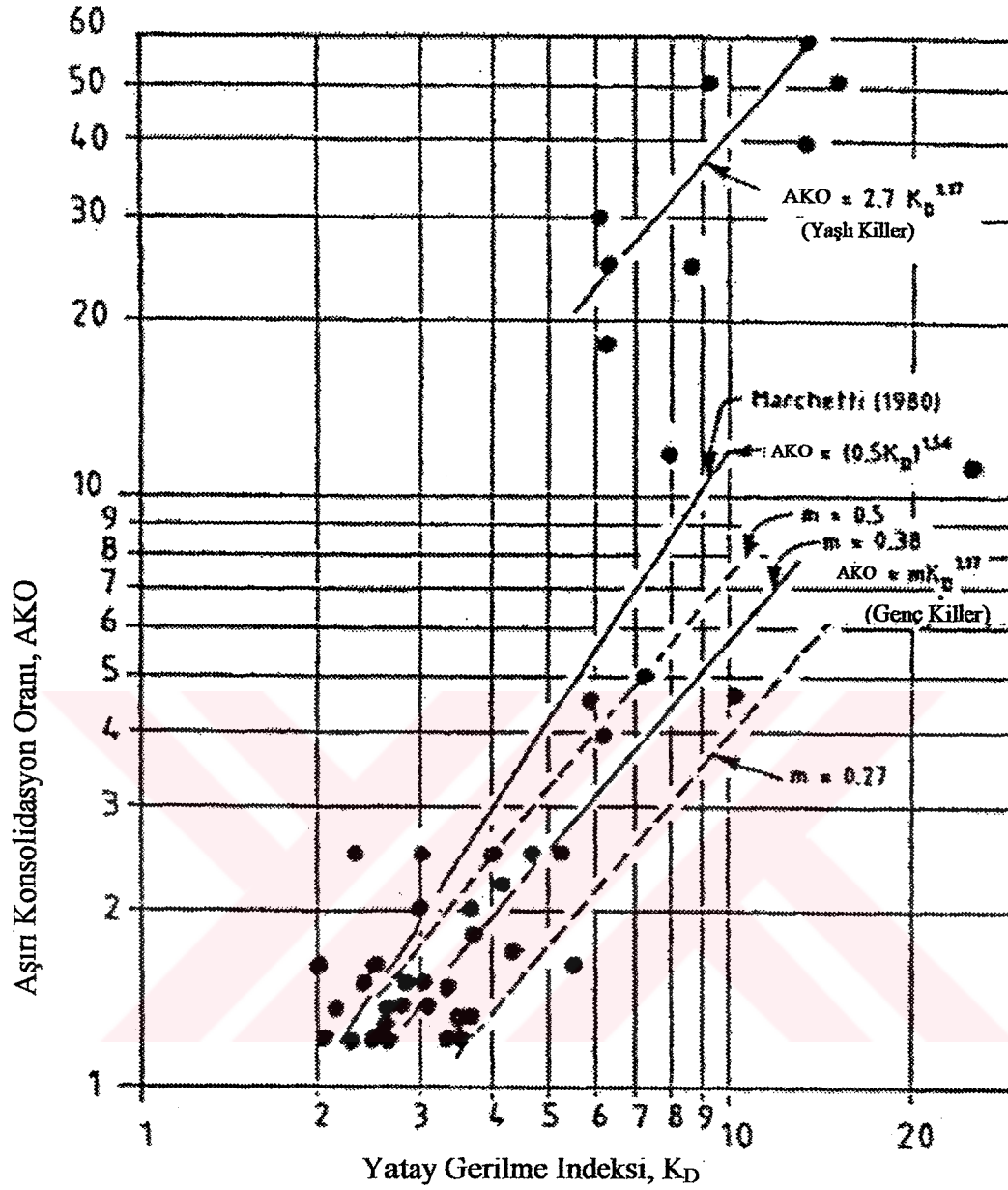
BB/S	Depth		σ'_{vo}	γ	PI	C_u	σ'_p	OCR	M	CaCO ₃	CF	P_o	P_1	K_D	I_D	$\frac{C_{DMT}}{C_u}$	$\frac{OCR}{OCR}$	$\frac{DMT}{M}$
No.	from	to	kPa	kN/m ³	%	kPa	MPa	-	MPa	%	%	MPa	MPa	-	-	-	-	-
1/1	2.5	3.1	54.9	19.8	39.9	783	-	-	-	29.8	44	1.14	2.77	20.8	1.43	N.A.	-	-
1/2	5.5	6.1	113.8	19.9	29.7	823	-	-	-	26.5	33	1.21	2.93	10.6	1.42	N.A.	-	-
1/3	7.9	8.5	158.9	19.6	42.7	886	-	-	-	26.0	38	2.49	3.91	15.7	0.57	0.52	-	-
1/4	10.9	11.5	188.4	18.7	29.7	747	-	-	-	25.5	34	2.49	4.26	13.1	0.72	0.58	-	-
3/2	5.5	6.1	106.9	20.1	30.7	305.1	1.77	16.5	35.3	29.5	34	1.01	1.53	9.4	0.62	0.53	0.68	1.48
3/3	7.0	7.6	121.6	19.4	28.7	252.1	1.49	12.3	29.5	26.5	34	1.21	1.91	9.8	0.59	0.77	0.97	2.04
3/4	8.5	9.1	136.4	20.0	30.8	302.1	2.28	16.7	39.2	27.0	32	1.45	2.24	10.3	0.56	0.77	0.77	1.77
3/5	10.0	10.6	151.1	21.0	27.1	483.0	3.13	20.7	59.8	27.5	37	1.75	2.79	11.2	0.61	0.59	0.71	1.49
3/6	11.5	12.1	165.8	20.8	22.3	485.0	3.27	19.7	88.3	27.0	39	2.21	3.44	12.9	0.57	0.77	0.93	1.33
3/11	22.0	22.6	268.8	20.4	25.2	676.4	3.12	13.6	54.0	24.0	30	2.92	4.17	10.2	0.45	0.67	1.10	2.03
3/11*	22.0	22.6	268.8	20.3	25.2	676.4	2.75	10.2	48.6	24.0	30	2.92	4.17	10.2	0.45	0.67	1.25	2.25
3/12*	26.5	27.1	312.9	20.5	-	-	4.44	15.8	108.9	-	-	3.25	4.67	9.7	0.47	-	0.72	1.13
3/14	35.5	36.1	401.2	20.6	26.4	845.6	4.91	12.3	81.4	49.5	35	4.09	5.62	9.4	0.41	0.72	0.91	1.60
5/4	9.0	9.6	113.8	19.9	27.0	200.0	1.62	14.2	27.7	25.0	35	0.37	1.51	3.2	3.78	N.A.	0.30	2.16
5/6	13.6	14.2	158.9	20.0	25.2	475.8	2.35	14.7	38.5	26.5	36	0.69	1.69	3.6	1.74	N.A.	0.28	1.38
5/8	17.5	18.1	197.2	20.3	26.6	-	2.97	15.0	59.8	28.5	32	1.60	2.54	7.3	0.65	-	0.50	1.21

NOTLAR: Y.A.S.S=0.00, SK-1,SK-3 ve SK-5'e göre T.Z.K.(Tabi Zemin Kotu)≈+8.0, +5.1, 2.3
 $M = 0.9 \cdot \sigma'_p$ 'de ki SINIRLANMIŞ TANJANT MODÜLÜ
 * = Sabit Şekil Değiştirme Hızlı Deney(CRS)- Odometre Deneyi, diğerleri Artıtmalı Yükleme Deneyi (IL)

Çizelge 2.8 Augusta Kilinde yapılan DMT deney sonuçları ile laboratuvar deney sonuçlarının karşılaştırılması (Jamiolkowski vd., 1988)

BB/S	Depth		σ'_{vo}	γ	PI	C_u	C_u	σ'_p	OCR	M	CaCO ₃	CF	P_o	P_1	K_D	I_D	$\frac{C_{DMT}}{C_u}$	$\frac{OCR}{OCR}$	$\frac{DMT}{M}$
No.	from	to	kPa	kN/m ³	%	kPa	kPa	kPa	-	MPa	%	%	kPa	kPa	-	-	-	-	-
1/1	5.3	5.9	81.4	18.2	51.1	130.5	126.1	784.8	9.6	11.3	14.0	51	777.4	1191.0	9.3	0.55	0.95	1.15	2.55
1/1*	5.3	5.9	81.4	18.2	51.1	130.5	126.1	833.8	10.2	13.7	21.0	51	777.4	1191.9	9.3	0.55	-	1.08	2.10
1/2	7.0	7.6	97.1	18.0	51.9	142.2	-	932.8	9.6	19.6	21.0	54	1044.8	1554.9	10.4	0.51	1.18	1.36	2.29
1/4	12.0	12.6	141.3	18.5	48.3	234.5	-	1275.3	9.0	21.6	16.5	51	1648.1	2261.2	11.1	0.39	1.13	1.61	2.57
1/4**	12.0	12.6	141.3	18.5	48.3	234.5	-	1422.5	10.0	24.0	16.5	51	1648.1	2261.2	11.1	0.39	-	1.45	2.31
1/6	17.0	17.6	185.4	18.3	50.5	181.5	-	1471.5	7.9	20.6	21.0	58	1819.8	2469.7	9.1	0.39	1.49	1.35	2.63
1/6*	17.0	17.6	185.4	18.3	50.5	181.5	-	1589.6	8.5	21.8	21.0	58	1819.8	2469.7	9.1	0.39	-	1.25	2.51
1/8	25.0	25.6	256.0	19.1	49.7	-	197.7	1569.6	6.1	21.1	16.5	60	2138.6	2952.8	7.5	0.40	1.49	1.29	2.95

NOTLAR: Y.A.S.S T.Z.K.'NUN 3.6 MAŞAĞISINDA; $M = 0.9 \cdot \sigma'_p$ 'de ki SINIRLANMIŞ TANJANT MODÜLÜ;
 * CRS-ODOMETRE DENEYLERİ; ** RADYAL GERİMLERİN ÖLÇÜLMESİNE OLANAK VEREN DONANIMLI ODOMETRE DENEYLERİ, DİĞERLERİ İL DENEYLERİ



Şekil 2.30 Dilatometre deneyi için AKO bağıntısının araştırılması (Lunne vd., 1989)

KUM:

Schmertmann (1988a), yanal itki katsayısı K_o ve drenajlı eksenel simetrik içsel sürtünme açısı ϕ'_{ax} ile AKO'nu elde etmek için Mayne ve Kulhawy (1982)'in önerdikleri eşitliği kullanmıştır. Schmertmann $I_D \geq 1,2$ olan kumlar için;

$$AKO = \left(\frac{K_o}{1 - \sin \phi'_{ax}} \right)^{(1/(0,8 \cdot \sin \phi'_{ax}))} \quad (2.37)$$

önermiştir. Burada;

ϕ'_{ax} = Dilatometre deneyinden elde edilen (Bölüm 2.6.5), düzlem şekil değiştirme açısından hesaplanan, drenajlı eksenel simetrik içsel sürtünme açısı.

K_o = Dilatometreden elde edilen yanal itki katsayısıdır (Bölüm 2.6.2).

Schmertmann (1988a), yöntemini yaşlı ve çimentolanmış kumlar için önermemektedir. Diğer tür kumlar için, yöntemin AKO'nu ortalama % 16 daha fazla değer öngörmeye yol açtığını ileri sürmektedir.

 K_D Değişimi:

Marchetti (1991) tarafından belirtildiği gibi, çökeltinin gerilme tarihçesini tanımlamakta, K_D değişimi çok yararlıdır. Gerçekte de, K_D değerlerinin incelenmesi (Şekil 2.31) ve bu değerlerin $AKO = 1$ 'e karşılık gelen $K_D = 1,5$ ve 2 için kesik çizgilerle karşılaştırılması çökeltinin gerilme tarihçesi hakkında bilgi vermektedir.

2.6.10 Drenajsız Kayma Mukavemeti

Marchetti (1980), drenajsız kayma mukavemeti (S_u) ile yatay gerilme indeksi K_D arasında aşağıdaki bağıntıyı önermiştir;

$$S_u = 0,22 \cdot \sigma_{vo}' \cdot (0,5 \cdot K_D)^{1,25} \quad (2.38)$$

Yukarıdaki bağıntı, Arazi Veyn Deney sonuçları, UU üç eksenli deneyi ve serbest basınç deneyi kullanılarak geliştirilmiştir. S_u/σ_{vo}' ve K_D 'nin mevcut değer çiftleri için çizilen log-log ölçekli grafik, Şekil 2.32'de görülmektedir.

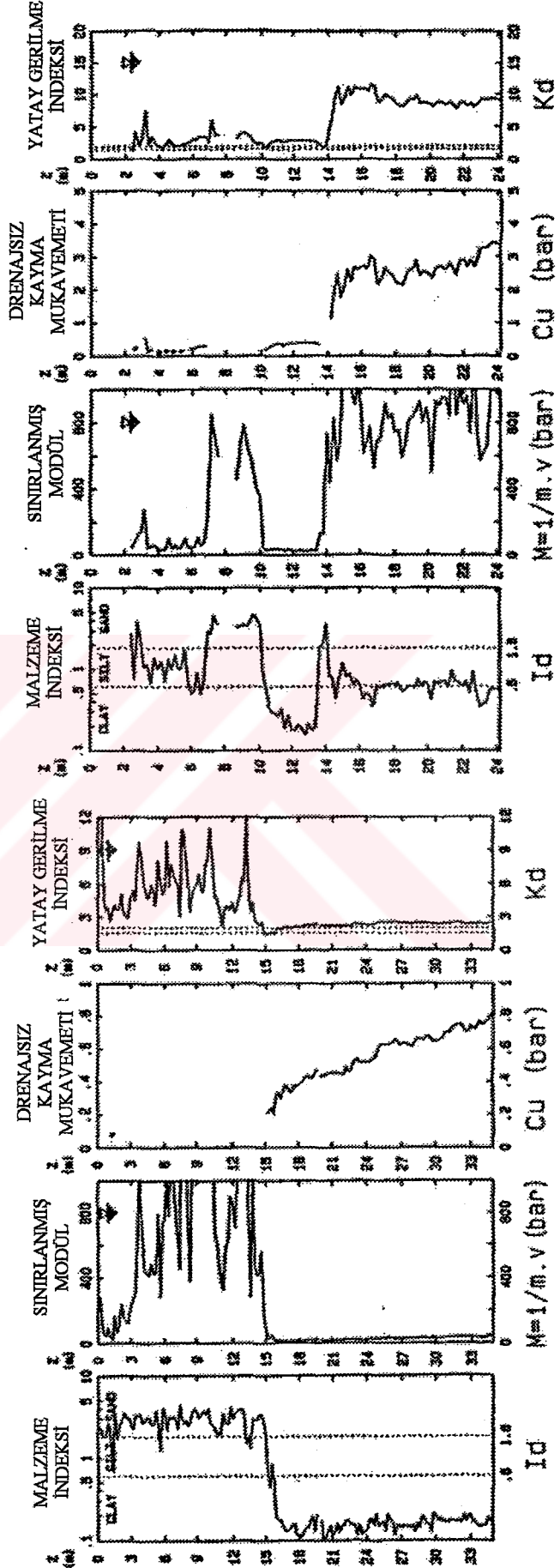
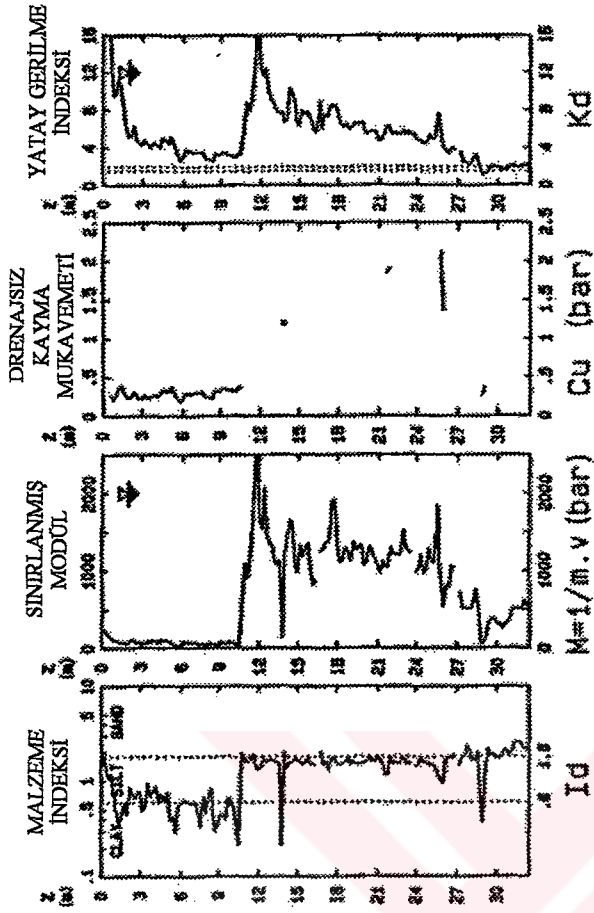
DMT SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

I_d : Malzeme türü hakkında bilgi verir.
(Kum, Silt, Kil)

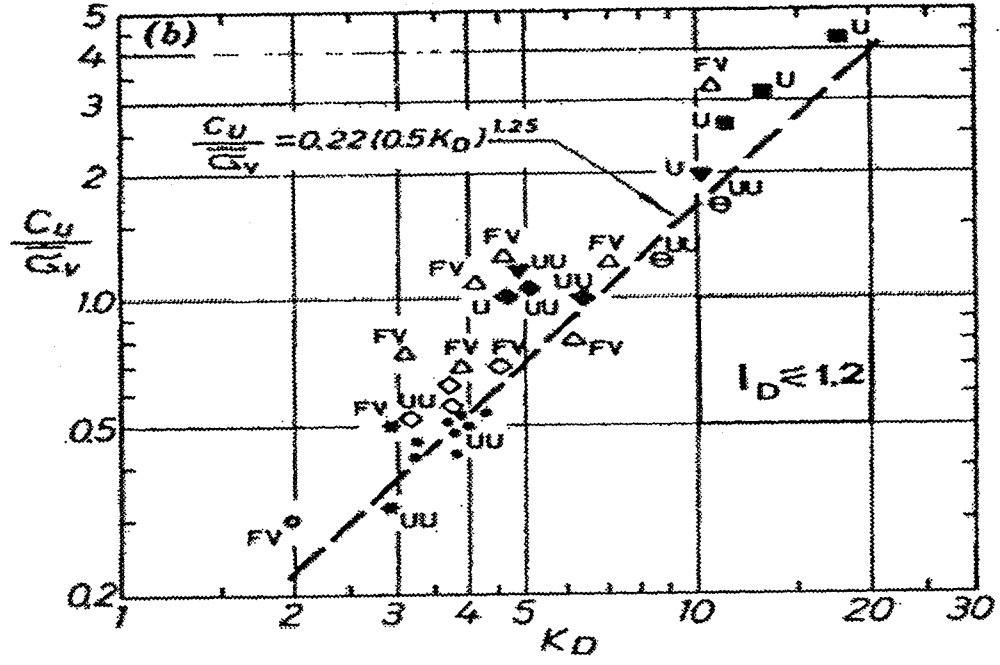
M : Geostatik Gerilme
durumunda tek
boyutlu Modül
değerlendirilir.

C_u : Drenajsız Kayma
Mukavemeti

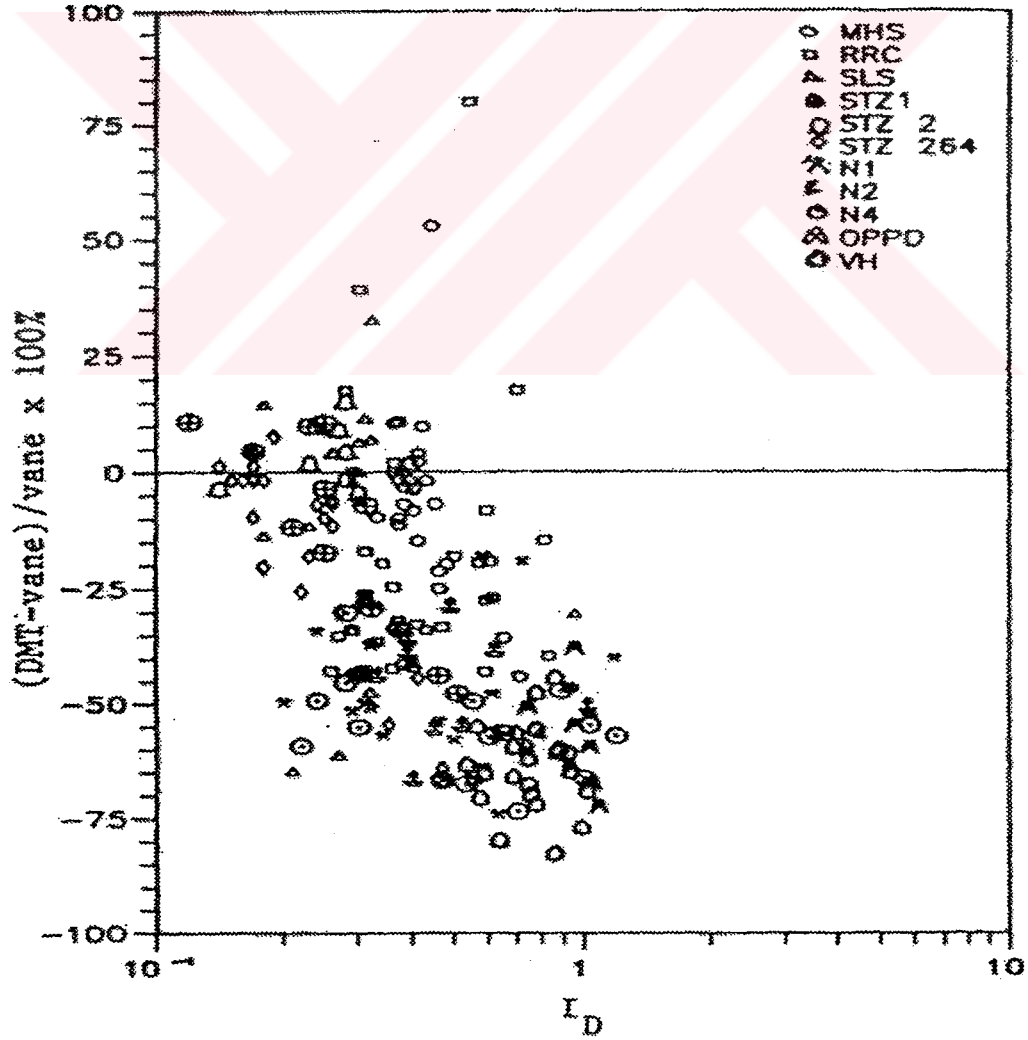
K_d : K_d değişimi ile AKO değişimi benzerlik gösterir.
 $K_d \approx 2$ olması AKO ≈ 1 olduğunu gösterir.
 K_d üst kabuk ve alt kabuklar hakkında bilgi verir.



Şekil 2.31 Gerilme tarihçesinin K_d değerlerinden elde edilmesi



Şekil 2.32 C_u/σ'_{v0} ile K_D arasındaki bağıntı (Marchetti, 1980)



Şekil 2.33 DMT S_u (Marchetti'nin 1980'de önerdiği gibi) değerinin I_D 'ye bağlı olarak öngörülmesindeki doğruluk (Lutenegger, 1988)

Birçok araştırmacı (Lacasse ve Lunne, 1983; Fabius, 1985; Greig vd. 1986; Lutenege ve Timian, 1986; Ming-Fang, 1986) 2.38 eşitliğini kullanarak yapılan, yumuşak çimentolanmamış suya doygun killerde drenajsız kayma mukavemetinin DMT yoluyla öngörülmesinin, düzeltilmiş Arazi Veyn sonuçlarıyla oldukça yakın olduğunu göstermişlerdir.

Lutenege (1988), birkaç killi arazide yapılan DMT ve Arazi Veyn Deneyi ile ölçülen S_u değerini (Şekil 2.33) karşılaştırmıştır. Bu karşılaştırma, S_u bulunuşundaki doğruluğun malzeme indeksi I_D ile oldukça bağıntılı olduğunu ve yalnız önemli olabileceğini göstermektedir. Lutenege (1988), 2.38 eşitliğinin en iyi $I_D \leq 0,33$ olan killerde kullanılabileceğini belirtmektedir.

2.38 eşitliği aşırı konsolide, çimentolanmış ve fisürlü killer için önerilmemektedir. Gerçekten de, Jamiolkowski vd. (1988) tarafından sunulan deneysel veriler (Çizelge 2.7 ve 2.8) bu tür killer için DMT bağıntılarının düzeltilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Powell vd. (1988), İngiltere'deki arazi çalışmalarında, Marchetti'nin (1980) bağıntısının, fazla aşırı konsolide killerin drenajsız kayma mukavemetinin önemli ölçüde fazla, buzul kalıntılarda ise az öngörülmesine neden olduğunu bulmuşlardır.

S_u 'nun ölçülen değeri, S_u 'nun belirlenmeye çalışıldığı zeminde yapılan deneye bağlı olarak değişir. Lacasse ve Lunne (1988) bu gerçeği kabul ederek, düzeltilmemiş Arazi Veyn mukavemeti, basit kayma mukavemeti ve üç eksenli basınç mukavemeti için, K_D ve S_u arasında Marchetti (1980)'nin eşitliğinden uyarlanan üç bağıntı sunmuşlardır. (Şekil 2.34, 2.35, 2.36)

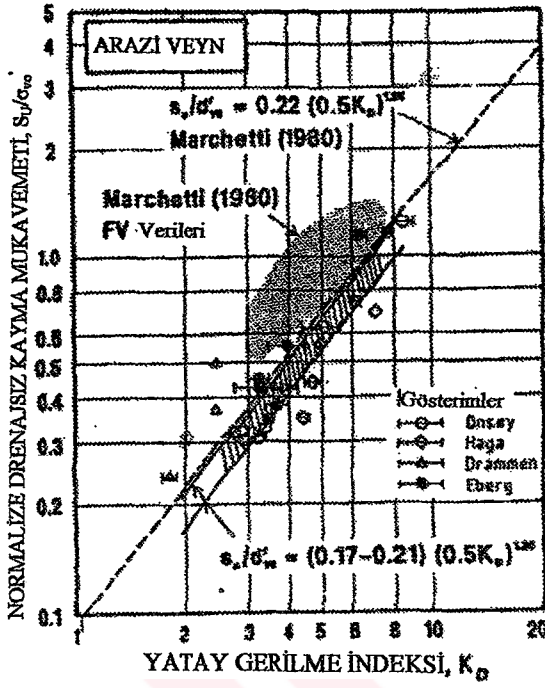
Lacasse ve Lunne (1988), tasarım için gerekli mukavemete uygun diyagramın seçilmesini önermişlerdir. Bu üç bağıntı sadece yumuşak çimentolanmamış killer için verilmektedir.

Roque vd. (1988), dilatometre girişinin göçme için yatay yükleme olarak düşünülebileceğini tartışmışlardır. Sonuç olarak, zeminin drenajsız kayma mukavemetini belirlemek için alışılmış taşıma gücü eşitliklerinin kullanılmasını önermişlerdir.

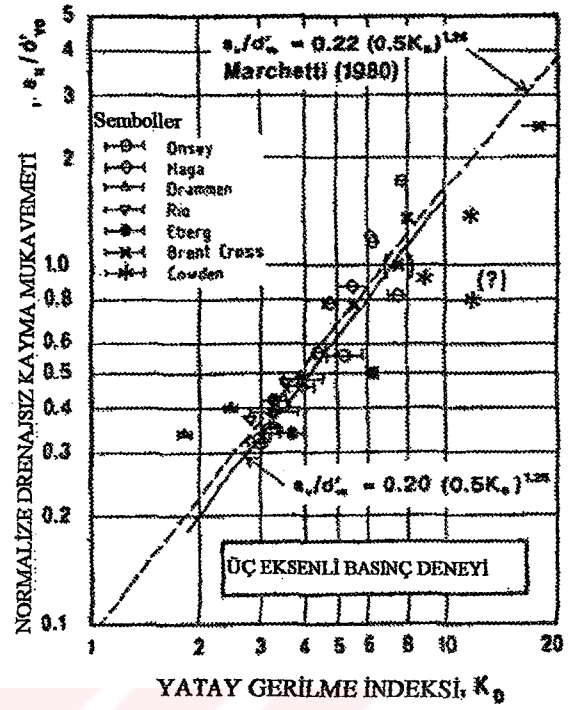
$$S_u = \frac{p_1 - \sigma_{ho}}{N_c} \quad (2.39)$$

Burada;

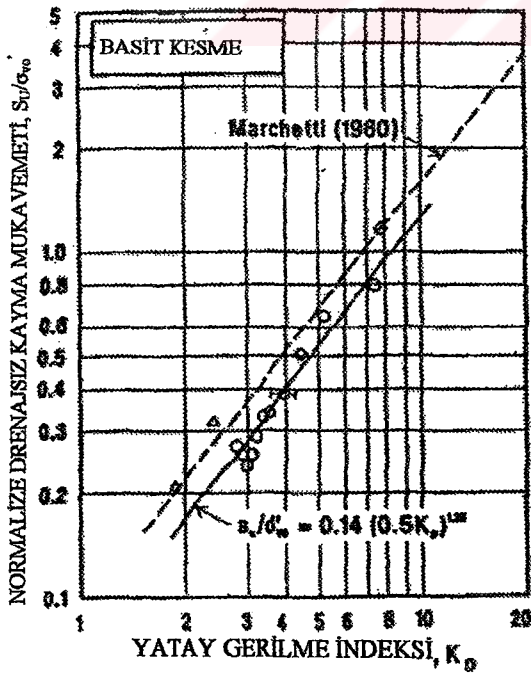
p_1 = başlangıç (maksimum) DMT genleşme basıncı



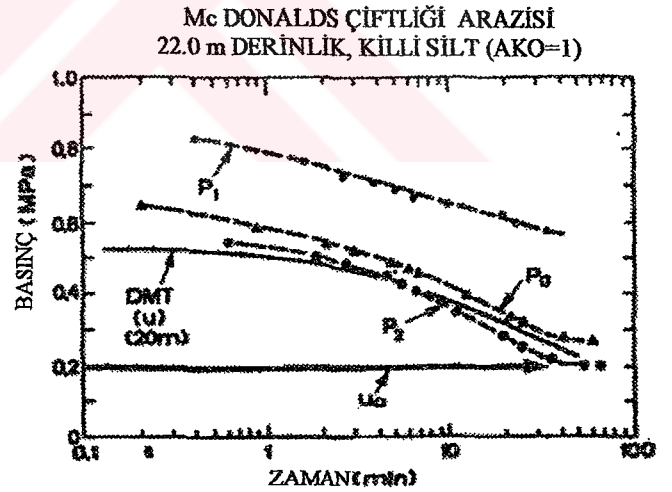
Şekil 2.34 S_u/σ'_{vo} vs K_D
(Lacasse ve Lunne, 1988)



Şekil 2.35 S_u/σ'_{vo} vs K_D
(Lacasse ve Lunne, 1988)



Şekil 2.36 S_u/σ'_{vo} vs K_D (Lacasse ve Lunne, 1988)



Şekil 2.37 DMT boşluk basıncı sönümlenme deneyi ve standart DMT'nin karşılaştırılmasıyla elde edilen yinelenmiş A, B, C okumaları (membran sertliği nedeniyle düzeltilmiş p_0 , p_1 , p_2) (Mc Donalds Çiftliği Arazisi, Robertson vd., 1988)

$\sigma_{ho} = (\sigma_{ho} = K_o \cdot \sigma'_{vo} + u_o)$ eşitliği ile belirlenen, toplam yatay gerilme

σ'_{vo} = düşey efektif gerilme

u_o = boşluk basıncı

K_o = sükunetteki yanal itki katsayısı (Bkz. Bölüm 2.6.2)

Roque vd. (1988), aşağıdaki N_c değerlerini önermişlerdir;

Zemin Türü	N_c
Katı kil ve silt	5
Orta katı kil	7
Duyarlı olmayan plastik kil	9

Norveç'teki Glava kili üzerinde yapılan dilatometre deneyleri ile Roque vd. (1988) bu tür killeri için, bu son anlatılan yöntemle belirlenen drenajsız kayma mukavemetinin, üç eksenli basınç deneyinden elde edilen mukavemet değerleri ile oldukça uyumlu olduğunu göstermiştir.

Sonuçta, yöntemlerden birini seçmek gerekirse Roque vd. (1988) yöntemi önerilebilir.

2.6.11 Yatay Konsolidasyon Katsayısı

Yatay konsolidasyon katsayısını elde etmek için Bölüm 2.4.3'te DMTC ve DMTA olmak üzere iki deney yöntemi sunulmuştur. Bu bölümde, bu iki yöntemle ilgili işlemler anlatılmaktadır.

Birçok araştırmacı, DMT kapanma basıncı p_2 'nin (ya da C-basıncı) başlangıç boşluk basıncı ile DMT membranı üzerinde oluşan artık boşluk suyu basıncı toplamına çok yakın olduğunu göstermişlerdir (dilatometreler boşluk basıncı araçları ile donatılmış olmalıdır). Ayrıca, Robertson vd. (1988), p_2 okumasının asıl DMT boşluk basıncı (Şekil 2.37) ile çok benzer bir sönümleme eğrisini izlediğini bulmuşlardır. p_2 sönümleme eğrisinden C_h değerini elde etmek için CPTU ile karşılaştırılabilen bir yöntem ortaya koymuşlardır.

Schmertmann (1988a); Baligh ve Levadoux (1986)'un, Robertson vd. (1988)'nin, Gupta (1988)'nin, Lutenege (1988)'in çalışmalarını birleştirmiş ve yatay konsolidasyon katsayısı

C_h 'ın elde edilmesi için aşağıdaki işlemleri önermiştir:

1. DMTC sönümleme deneyi (Bölüm 2.4.3) yapılır.
2. Zamanın kareköküne karşılık (Şekil 2.38) C-basıncı çizilir. En az C_{50} değerini, yani denge durumundaki C-basıncının % 50'sinin sönümlenmesinden sonra ölçülen C-basıncı ve C_{100} değerini ölçecek kadar ölçüm yapılır.

Sönümleme eğrisinde C_{50} değerine ulaşmak için gerekli zaman olan t_{50} belirlenir. C_{50} 'yi elde etmek için aşağıdaki yöntem kullanılır (Eğer u_0 doğru olarak biliniyorsa, zamandan kazanmak için %30 dağılım zamanı kullanılabilir).

i) $t = 0$ 'ı kesecek şekilde sönümleme eğrisinin başlangıcı uzatılır. Bu kesişim C_0 'dır. Matematiksel ya da grafiksel olarak yapılabilir ve düz bir çizgi daha önceki veri noktalarına doğru kullanılabilir.

ii) Sönümleme eğrisinin sonu, asimtot C-basıncı olan C_{100} 'ü elde etmek için uzatılır. Ya da diğer bir seçenek olarak, arazi boşluk suyu basıncı deney derinliği için hesaplanıp, bundan A değeri çıkartılır ve böylece C_{100} belirlenebilir.

iii) 50% sönümlemedeki C_{50} 'yi bulmak için C_0 ve C_{100} 'ün ortalaması alınır.

3. E/S_u oranı belirlendikten sonra, DMT C_h değeri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanır;

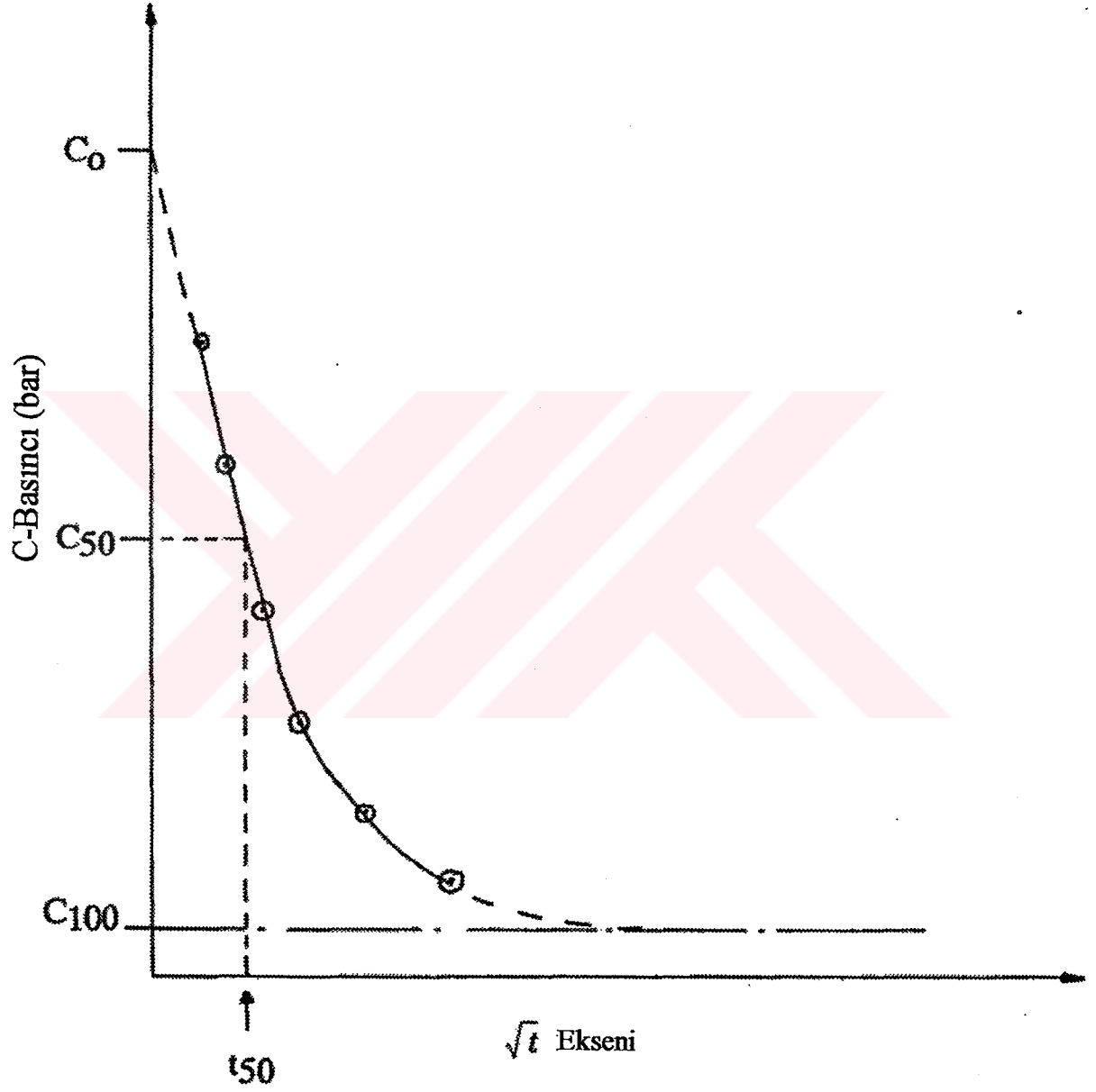
$$C_h = 600 \cdot \left(\frac{T_{50}}{t_{50}} \right) \cdot \left(\frac{\text{mm}^2}{\text{min}} \right) \quad (2.40)$$

Burada;

t_{50} = Sönümleme eğrisinde C_{50} değerine ulaşmak için gerekli zamandır.

T_{50} = Gupta'nın (1988) çalışmasından uyarlanan, aşağıdaki değerler kullanılarak bulunan zaman faktörüdür.

E/S_u	100	200	300	400
T_{50} (min)	1,1	1,5	2,0	2,7
T_{30} (min)	0,47	0,59	0,72	0,89



Şekil 2.38 t_{50} 'yi elde etmek için kullanılan eğri (Biraud ve Miran, 1992)

Arazi C_h değerinin belirlenmesi, DMT sırasında yeniden sıkışma gibi arazideki olağan tüm doğal davranışların etkisini yansıtmak için bir başka düzeltme daha gerektirir. Schmertmann (1988a), aşağıdaki düzeltme faktörlerini önermiştir. Bu faktörler, beklenen arazi davranışının tümüyle ilk sıkışma (NC), yeniden sıkışma ile ilk sıkışmanın bir birleşimi (NC-OC), ön konsolidasyon gerilmelerine yakın yeniden sıkışma (LOC), ya da fazla aşırı konsolide (HOC) bir zeminde yeniden sıkışma olup olmamasına bağlıdır.

Arazi Davranışı	NC	NC-OC	LOC	HOC
$\frac{C_{hDMT}}{C_{harazi}}$	7	5	3	1

C_{harazi} değeri kullanılarak yatay geçirgenlik katsayısı k_h aşağıdaki gibi bulunabilir (Schmertmann,1988b):

$$k_h = \frac{C_{harazi} \times \gamma_w}{M_h} \quad (2.41)$$

Burada;

M_h = Yatay Sınırlanmış Modüldür(DMT sonucunda elde edilen Düşey Sınırlanmış Modül M_{DMT} 'nin Yanal İtki Katsayısı K_o ile çarpılmasıyla bulunur. $M_h = K_o \cdot M_{DMT}$).

Genellikle, mühendislik hesaplamalarında düşey konsolidasyon katsayısı (C_v) ve düşey geçirgenlik katsayısı (k_v) kullanıldığı için yatay değerlerin düşey değerlere dönüştürülmesi gereklidir. Robertson ve Campanella (1988) tarafından önerilen ve aşağıdaki çizelgede görülen k_v/k_h oranları bu dönüştürme için kullanılabilir.

Çizelge 2.9 Kilin yapısına göre k_v/k_h oranları (Robertson ve Campanella,1988)

Kilin Yapısı	k_h/k_v
1. Kil tabakalarına ait hiçbir bilgi yoksa	1,2±0,2
2. Hafif tabakalanma (yer yer ince silt tabakaları ya da rastgele dağılmış merccekler içeren tortul killer)	2-5
3. Kuzeydoğu Amerika'da bulunan çeşitli killer	10± 5

Schmertmann (1988b) k_v/k_h oranı kullanılarak, C_v/C_h oranının aşağıdaki gibi elde edilebileceğini önermiştir:

$$\frac{C_v}{C_h} = \frac{k_v}{k_h} \times K_o \quad (2.42)$$

Marchetti ve Totani (1989), DMTA sönümlenme deneyi işlemlerine dayanan işlemleri C_h 'ı hesaplamak için tanımlamıştır. Bu yöntemde bir karakteristik zaman T_{flex} tanımlanmıştır; T_{flex} , Bölüm 2.4.3'te tartışılan A basıncına karşılık log zaman eğrisinin üzerindeki ters eğrilik noktasına karşılık gelen zamandır. Şekil 2.39'da örnek bir eğri görülmektedir. Bu işlemlerde T_{flex} 'in seçilme nedenleri ve olumlu yanları, Marchetti ve Totani (1989)'nin çalışmasında bulunabilir. Araştırmacılar, konsolidasyon hızını T_{flex} değerine bağlı olarak sınıflandırmakta (Çizelge 2.10) ve basit bir eşitlik önermektedirler;

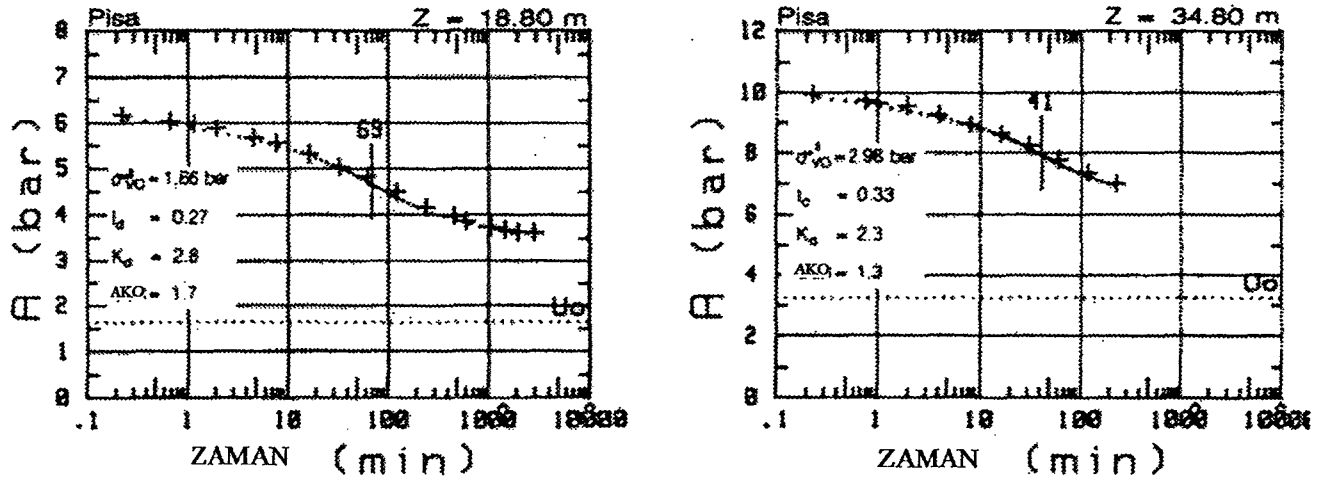
$$C_{h,oc} \times T_{flex} = 5 \sim 10 \text{ cm}^2 \quad (2.43)$$

Araştırmacılar tarafından belirtildiği gibi özenli bir şekilde kullanılması gerekli bu eşitlik elde daha çok veri olduğunda geliştirilebilecek bir eşitliktir. $C_{h,oc}$ aşırı konsolide bir zemin için yatay konsolidasyon katsayısıdır ve bu işlemlerle ölçülen bir değerdir; çünkü DMT zeminin özelliklerinin belirlenmesinden önce zemine gerilme uygulayan yatay yükleme deneyidir. Marchetti ve Totani (1989), normal konsolide zeminin düşey konsolidasyon katsayısının, $C_{h,oc}$ 'den çok daha küçük olduğunu vurgulamışlardır. Sıradan bir değer olarak 35 kattan sözedilebilir.

Kabir ve Lutenege (1990), piezokon ile piezobıçak arasındaki karşılaştırmaya ilişkin yararlı verilere ek olarak, dilatometreden yerinde C_h değerini elde etmek için üç yaklaşım ortaya koymuşlardır.

Çizelge 2.10 T_{flex} 'e dayanan konsolidasyon hız oranları (Marchetti ve Totani, 1989)

T_{flex} (dakikalar)	Konsolidasyon Oranı
< 10	çok hızlı
10 – 30	Hızlı
30 – 80	Orta
80 – 200	Yavaş
> 200	çok yavaş



Şekil 2.39 Log zamana karşılık A basıncı eğrisinde, DMTA deneyinden elde edilen T_{flex} (Briaud ve Miran, 1992)

2.6.12 DMT Deneyi Hesaplarında Kullanılan Temel Bağlıntılar

Marchetti (1999) DMT deneyi hesaplarında kullanılan temel bağıntıları aşağıdaki gibi özetlemektedir:

p_o : Düzeltilmiş A okuması $p_o = 1,05(A - Z_M + \Delta A) - 0,05(B - Z_M - \Delta B)$

p_1 : Düzeltilmiş B okuması $p_1 = B - Z_M - \Delta B$

I_D : Malzeme İndeksi $I_D = (p_1 - p_o) / (p_o - u_o)$

K_D : Yatay Gerilme İndeksi $K_D = (p_o - u_o) / \sigma'_{vo}$

E_D : Dilatometre Modülü $E_D = 34,7(p_1 - p_o)$

Eğer ΔA , ΔB ile A, B okumaları aynı manometre kullanılarak yapılıyorsa Z_M düzeltmesi sıfır olarak alınabilir.

u_o = Yerleştirme öncesi boşluk basıncı

σ'_{vo} = Yerleştirme öncesi düşey jeolojik efektif gerilme

E_D , Young Modülü E değildir. Bu nedenle K_D ile ilişkilendirilerek kullanılır. Öncelikle $M_{DMT} = R_M \cdot E_D$ elde edilmelidir. Böylece

$E=0,8M_{DMT}$ alınabilir.

K_o :	Sükunetteki Yanal İtki Katsayısı	$K_{oDMT}=(K_D/1,5)^{0,47}-0,6$	$I_D<1,2$ için
AKO :	Aşırı Konsolidasyon Oranı	$AKO_{DMT}=(0,5K_D)^{1,56}$	$I_D<1,2$ için
C_u :	Drenajsız Kayma Mukavemeti	$C_{uDMT}=0,22 \sigma'_{vo}(0,5K_D)^{1,25}$	$I_D<1,2$ için
ϕ :	İçsel Sürtünme Açısı	$\phi_{DMT}=28+14,6\log K_D-2,1\log^2 K_D$	$I_D>1,8$ için
C_h :	Konsolidasyon Katsayısı	$C_h=600(T_{50}/t_{50})$	E/S_u oranından T_{50} , DMTC sönümleme eğrisinden t_{50} değerleri elde edilir.
k_h :	Permeabilite Katsayısı	$K_h=C_h\gamma_w/M_h$ ($M_h=K_oM_{DMT}$)	
γ :	Birim Hacim Ağırlık	Şekil 2.17 yardımıyla belirlenir.	
M :	Sınırlanmış Modül	$M_{DMT}=R_M \cdot E_D$ $I_D \leq 0,6$ için $R_M=0,14+2,36\log K_D$ $I_D \geq 3$ için $R_M=0,5+2\log K_D$ $0,6 < I_D < 3$ için $R_M=R_{M.O}+(2,5-R_{M.O})\log K_D$ $R_{M.O}=0,14+0,15(I_D-0,8)$ $K_D > 10$ için	

$$R_M = 0,32 + 2,18 \log K_D$$

$$R_M < 0,85 \text{ için } R_M = 0,85$$

$$U_o : \quad \text{Denge Boşluk Basıncı} \quad U_o = p_2 = C - Z_M + \Delta A \quad \text{Serbest drenajlı zeminler için}$$

2.7 Yanal Yüklü Kazıkların DMT Deneyine Dayalı Tasarımı

2.7.1 Giriş

Bu bölümde, yanal yüklü kazıkların taşıma gücünü belirlemek için bir yöntem anlatılmaktadır. Burada kullanılan teorik yaklaşım, doğrusal olmayan yatak katsayısı yöntemidir. Bu yöntemde, kazık eğilme rijitliği EI olan elastik bir kolon-kiriş olarak düşünülmekte ve kayma şekil değiştirmeleri gözardı edilmektedir. Zemin, kazık boyunca dağıtılmış ve birbiriyle ilişkisiz yaylarla modellenmiştir. Gerçek zeminlerin tepkisi doğrusal olmadığından, zemin-kazık mekanizmasının yük-deformasyon tepkisini idealize eden bu yaylar da doğrusal değildir. Yük-kazık ötelenme eğrileri genellikle P-y eğrileri biçiminde tanımlanırlar. Burada, P birim boyda zemin tepkisi ve y ise yatay yer değiştirmedir. Bu eğriler, yatak katsayısı k ile tanımlanır.

Yanal yüklenmiş kazıkların (eksenel yükleme yok), davranışı aşağıdaki eşitlikle belirtilir:

$$E_p \cdot I_p \cdot \frac{d^4 y}{dz^4} + kBy = 0 \quad (2.44)$$

Burada;

E_p = kazığın elastisite modülü

I_p = kazığın eğilme eksenini etrafındaki eylemsizlik momenti

y = kazığın yatay yer değiştirmesi

B = kazığın eni

Z = zemin yüzeyinin altındaki derinlik

k = kuvvet/uzunluk³ cinsinden yatak katsayısıdır (basınç/yerdeğiştirme).

Yukarıdaki eşitliğin çözümü, analitik veya sayısal olarak elde edilebilir. Analitik çözümler

sadece kazık boyunca sabit bir k değeri durumu için uygun olmaktadır. Genellikle P - y eğrileri doğrusal değildir ve derinlikle değişirler. Bu doğrusal olmayan problemi ele almanın standart yolu, sayısal sonlu türev yöntemini kullanarak yukarıdaki eşitliği çözmektir. Bunu yapmak için ise kazığın gömülü kısmı sonlu parçalara bölünmekte, her parçadaki zemin direnci doğrusal olmayan bir davranış olan yatay yay ile modellenmektedir. Sonuçta, yapılması gereken ilk işlem, DMT sonuçlarını kullanarak her bir yaya karşılık gelen P - y eğrilerini elde etmektir.

2.7.2 P - y Eğrileri: Çakma Kazıklar için Robertson vd. (1989a) Tarafından Önerilen Yöntem

İlk olarak Robertson vd. (1989a), Matlock (1970)'un orijinal yöntemi ve DMT'den elde edilen verileri kullanarak P - y eğrilerini değerlendirmek için yarı-ampirik bir yöntem sunmuşlardır.

Matlock (1970), aşağıdaki eşitliği önermektedir;

$$\frac{P}{P_u} = 0,5 \cdot (y / y_c)^{0,33} \quad (2.45)$$

Burada;

P = birim boyda yanal zemin direnci

P_u = birim kazık boyu için son zemin direnci

$y_c = P = 0,5 \cdot P_u$ 'ya karşılık gelen kazığın son yanal yerdeğiştirmesi (cm)

y = kazığın yanal yerdeğiştirmesidir.

P_u ve y_c aşağıdaki gibi bulunur:

Kohezyonlu Zeminler (Drenajsız Koşullar):

Robertson vd. (1989a) y_c için aşağıdaki eşitliği önermektedir:

$$y_c = \frac{23,67 \cdot S_u \cdot D^{0,5}}{F_c \cdot E_D} \quad (2.46)$$

Burada;

S_u = DMT ile elde edilen drenajsız kayma mukavemeti

D = kazık çapı (cm)

E_D = dilatometre modülü

$F_C = E_i/E_D$ ilk öngörü için 10'a eşit olarak alınmıştır.

E_i = başlangıç tanjant modülüdür.

P_u için önerilen eşitlik ise aşağıdaki gibidir:

$$P_u = N_p \cdot S_u \cdot D \quad (2.47)$$

Burada;

N_p = boyutsuz son direnç katsayısı

Matlock (1970), N_p 'yi aşağıdaki eşitlikten bulmayı önermiştir.

$$N_p = 3 + \frac{\sigma_{vo}'}{S_u} + \left(J \cdot \frac{X}{D} \right) \quad (2.48)$$

ve $N_p \leq 9$

Burada;

X = derinlik

σ_{vo}' = x değerindeki düşey efektif gerilme

J = aşağıdaki değerler yardımıyla belirlenen ampirik katsayıdır.

J Değeri	Zemin Türü	Deneyi Yapılan Zemin
0,5	Yumuşak Kil	Sabin Kili
0,25	Katı Kil	Austin Gölü Kili

Lutenegger ve Blanchard (1990), DMT ve yanal yüklü kazıklar problemini tartışmışlar, daha sonra da öngörüler için kullanılacak DMT deneyinin, kazık çevresindeki koşulları yansıtması açısından, DMT etrafındaki boşluk basıncının sönmelenmesinden sonra yapılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Kohezyonsuz Zeminler:

Robertson vd. (1989a), aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir:

$$y_c = \frac{4,17 \cdot \sin \phi' \cdot \sigma_{vo}'}{E_D \cdot F_s \cdot (1 - \sin \phi')} \cdot D \quad (2.49)$$

Burada;

$\phi' =$ içsel sürtünme açısı (Bölüm 2.6.5)

$F_s = E_i/E_D$ oranı ilk tahmin olarak 2 alınır.

Robertson vd.(1989a); Reese vd. (1974)'nin, Murchison ve O'Neill (1984)'in çalışmalarından yararlanarak P_u değerini belirlemek için aşağıdaki eşitliklerde verilen daha küçük değerleri kullanmışlardır:

$$P_u = \sigma_{vo}' \cdot [D \cdot (K_p - K_a) + X \cdot K_p \cdot \tan \phi' \cdot \tan \beta] \quad (2.50)$$

$$P_u = \sigma_{vo}' \cdot D [K_p^3 + 2 \cdot K_o \cdot K_p^2 \cdot \tan \phi' + \tan \phi' - K_a] \quad (2.51)$$

Burada;

$K_a =$ Aktif Rankine katsayısı $= (1 - \sin \phi') / (1 + \sin \phi')$

$K_p =$ Pasif Rankine katsayısı $= 1/K_a$

$K_o =$ Sükunetteki yanal itki katsayısı

$\beta = 45^\circ + \phi'/2$ dir.

2.7.3 LATPILE.UBC Yöntemi Kullanılarak Yanal Yüklü Kazığın Tepkisinin Belirlenmesi: Robertson vd. (1989a) Tarafından Önerilen Yöntem

Aşağıda adımlar halinde sıralanan yöntem, zemin yüzeyinde yanal yüklemeye ve/veya moment yükün altında bir kazığın yanal davranışını öngörmek için kullanılabilir (Robertson vd. 1989a).

1. DMT arazi verileri elde edilir.
2. Bilgisayar programı DMT.UBC ya da Bölüm 2.6'daki yöntemler kullanılarak veriler yorumlanır.
3. Bilgisayar programı PU-YC.UBC kullanılarak ya da Bölüm 2.7.2'de anlatıldığı gibi P_u ve y_c hesaplanır.
4. Setler halindeki (P_u , y_c) değerlerinin maksimum 20 set olacak şekilde ortalamaları alınır.

5. PY.UBC bilgisayar programı ya da eşitlik 2.45 kullanılarak P-y eğrileri çizilir.
6. LATPILE.UBC programı ya da diğer uygun programlar kullanılarak kazık tepkisi elde edilir.

2.7.4 Robertson vd. (1989a) Tarafından Önerilen Yöntemin Hassaslığı

Bu yöntem sadece tek yönlü olarak statik yüklenmiş kazıklar için uygundur. Robertson vd. yöntemlerini, 3 adet boru şeklindeki çakma kazık üzerinde yapılmış 3 adet yanal yükleme deney sonuçlarını kullanarak değerlendirmişlerdir. Deney alanındaki zemin yaklaşık 15 m. derinlikteki organik siltli kil tabakası üzerinde yer alan yüzey dolgu tabakasını içermektedir. Bu üst tabakanın altında, yaklaşık 30 m. derinliğe kadar orta sıkı ve bölgesel siltli kum birikimi vardır.

Ölçülen ve hesaplanan yük-kazık ötelenme eğrilerine ek olarak kazık geometrileri Şekil 2.40, 2.41, 2.42’de sunulmuştur. Bu yöntem, kazığın tepkisinin oldukça başarılı öngörülmesini sağlamıştır. Robertson vd. (1989a)’nin kullandığı yöntem, yanal yüklü kazıkların tepkisinin bir ilk değerlendirmesi için önerilmekte olup ve daha fazla arazi doğrulaması gerektirmektedir.

2.7.5 P-y Eğrileri: Gabr ve Borden (1988) Tarafından Kohezyonsuz Zeminler İçin Önerilen Yöntem

Murchion ve O’Neill (1984) kohezyonsuz zeminlerde P-y eğrilerini belirlemek için aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir:

$$P = n \cdot A \cdot P_u \cdot \tanh \left[\left(\frac{k_o \cdot Z}{A \cdot n \cdot P_u} \right) \cdot y \right] \quad (2.52)$$

Burada;

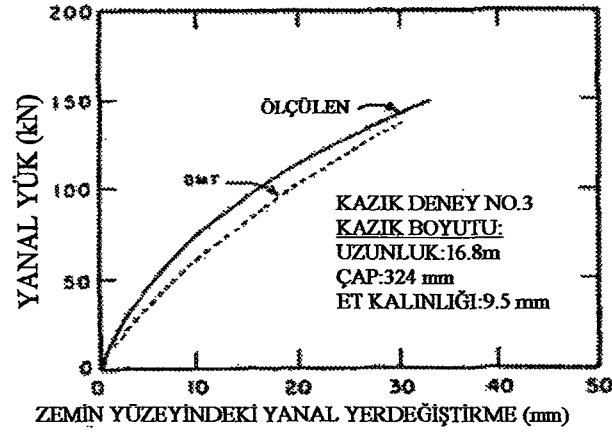
n = düzgün şekilde pahlanmış (örneğin ahşap ve H kazıklar gibi) kazıklar için 1,5’dir.

n = prizmatik ve dairesel kazıklar için 1,0’dir.

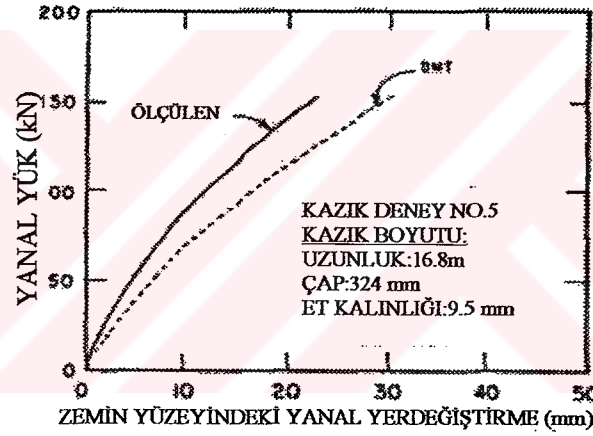
A = çevrimli yükleme için 0,9

A = statik yükleme için $3 - 0,8 \left(\frac{Z}{D} \right) \geq 0,9$

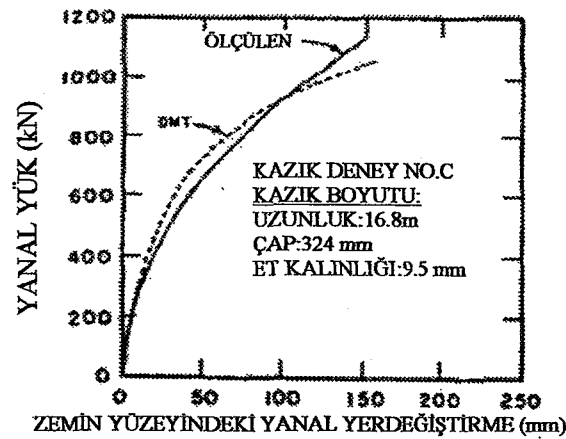
D = kazığın eni



Şekil 2.40 Kazığın en üst noktasındaki yer değiştirmenin bulunandğerine karşılık ölçülen değeri:Deney 3 (Robertson vd., 1989b)



Şekil 2.41 Kazığın en üst noktasındaki yer değiştirmenin bulunan değeri karşılık ölçülen değeri:Deney 5 (Robertson vd., 1989b)



Şekil 2.42 Kazığın en üst noktasındaki yer değiştirmenin bulunan değeri karşılık ölçülen değeri:Deney C (Robertson vd., 1989b)

k_o = birimi kuvvet/uzunluk³ olan başlangıçtaki yatak katsayısı

z = derinlik

P_u = son zemin direncidir (2.50 ve 2.51 eşitliklerinden küçük değeri veren eşitlik kullanılır).

k_o eşitliğinin değerlendirilmesi:

Gabr ve Borden (1988) aşağıdaki bağıntıyı önermişlerdir:

$$k_o = \frac{P_o - \sigma_h}{h} \quad (2.53)$$

Burada;

P_o = düzeltilmiş dilatometre okuması, A

σ_h = yerinde sükunetteki toplam yatay gerilme

h = bıçak kalınlığının yarısı = 0,27 inç (eğer P_o ve σ_h , psi cinsinden ise)'dir.

σ_h , sükunetteki yanıl itki katsayısı K_o biliniyorsa bulunabilir. Gabr ve Borden (1988) tarafından, σ_h için deneyime dayalı değerinin yeterli olacağının belirtilmesine karşın, K_o 'ı elde etmek için Bölüm 2.6.2'de verilen yöntem kullanılabilir.

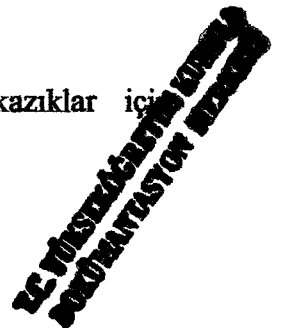
2.7.6 Gabr ve Borden (1988) Tarafından Önerilen P-y Eğrileri Kullanılarak Elde Edilen Kohezyonsuz Zeminlerde Yanal Yüklü Kazıkların Tepkisi

Zemin yüzeyinde yanıl yük ve/veya moment uygulanmış kazığın yanıl davranışı aşağıdaki gibi belirlenebilir:

1. Kazık çevresindeki zemin, yaklaşık olarak aynı davranışları gösteren tabakalara bölünür.
2. Bölüm 2.7.5'te anlatılan yöntem kullanılarak, her bir tabaka için P-y eğrileri elde edilir.
3. Kazığın tepkisini elde etmek için sonlu elemanlar yöntemi kullanılır ve bunun için uygun bilgisayar programlarından örneğin; LATPILE.UBC, LTBASE veya BMCOL 76'dan yararlanılabilir.

2.7.7 Gabr ve Borden Yönteminin Doğruluğu

Bu yöntem, sadece tek yönlü statik yükler altında yanıl yüklenen kazıklar için



kullanılmaktadır. Murchison ve O'Neill'in yöntemi, çakma kazıklar için önerilmiştir. Bununla birlikte, Gabr ve Borden (1988) 3.5:1 eğimdeki otoyol dolgusunda inşa edilen 0,762 m çap ve 2,13 m uzunluğundaki 3 adet delgi kazık üzerinde yapılan 3 adet yanal yük deneyinden elde edilen sonuçları kullanarak yöntemlerini değerlendirmişlerdir. 1 ve 2 numaralı deney kazıkları, otoyol doğrultusu boyunca zemin yüzeyine yatay yüklenmişlerdir. 3 numaralı kazık ise dolgunun kenar eğimine uygun olarak aşağı yönde yüklenmiştir. Kazıklar yanal bir yüke ve devrilme momenti altında bırakılmışlardır. Deney yapılan kazık ile desteklenen 10 m'lik kolonun tepesine yanal bir yük uygulanmıştır. 3 kazık için, yük-yerdeğiştirme tepkisi Şekil 2.43'te gösterilmektedir. Kazıkların öngörülen yük-yerdeğiştirme davranışı LTBASE bilgisayar programı ile elde edilmiş ve Şekil 2.43'te gösterilmiştir. Bu yöntem, delgi kazıkların tepkisi için oldukça başarılı öngörüler yapılmasını sağlamıştır. Gabr ve Borden (1988), yöntemleri için delgi kazıklarda oldukça iyi sonuçlar vermesinin beklenebileceğini ileri sürmektedirler. Bununla birlikte, model uygulamalarının daha fazla değerlendirilmesi için geniş bir veri tabanı gereklidir.

Son olarak Borden ve Lawter (1989), 2 adet jetlenmiş ve sonradan çakılmış 155 cm²'lik öngermeli beton kazıklar üzerinde yöntemi denemişlerdir. Sonuçlar, özellikle küçük yerdeğiştirmelerde cesaret verici olma özelliklerini korumaktadır.

2.8 Yüzeysel Temellerin DMT Deneyi Yardımı ile Tasarımı

2.8.1 Yüzeysel Temellerin Oturması

2.8.1.1 Oturma

Zeminin konsolidasyonu sonucu oluşan yüzeysel temel oturması, aşağıdaki bağıntı kullanılarak bulunabilir.

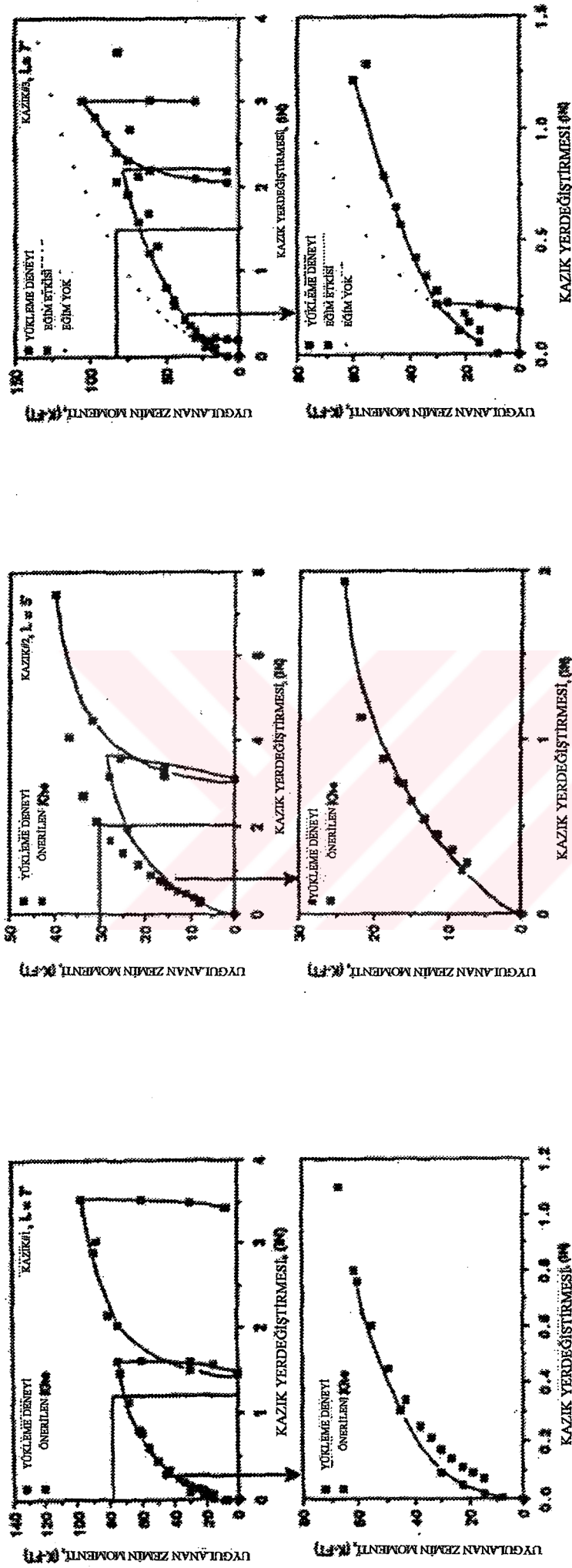
$$S = \sum \frac{\Delta\sigma_i}{M_i} \cdot h_i \quad (2.54)$$

Burada;

S = toplam oturma

h_i = i nci tabakanın kalınlığı

$\Delta\sigma_i$ = i nci zemin tabakasının ortasındaki gerilmede beklenen değişim



Şekil 2.43 Ölçülen ve hesaplanan kazık en üst nokta yerdeğiştirmesi (Gabr vd., 1988)

M_i = i nci tabakanın ortalama sınırlandırılmış modülüdür.

M_i sınırlandırılmış modülünün değeri, belli bir zemin için tek değildir. Gerçekte, M_i değişik zemin türlerinde efektif gerilme ile farklı şekillerde değişir. DMT, deney süresince ve $M_i - \sigma'_v$ eğrisinin bir noktasında zeminin yerinde özelliğini belirler. Temel yüklemesi sırasındaki efektif düşey gerilme yoğunlukla DMT deneyi sırasındaki σ'_v 'den farklıdır. Bu nedenle, DMT'den elde edilen M_i değerini, yüzeysel temel yüklemesi sırasındaki ortalama düşey efektif gerilmeye göre düzeltmek gerekebilir.

Schmertmann (1986b), bu gerçeği doğrulamış ve yüzeysel temellerin oturmasını öngörebilmek için iki yöntem sunmuştur:

- DMT verilerinde, hiçbir düzeltme yapılmaksızın elde edilen, M_i değerlerini kullanan genel yöntem.
- M_i değerlerinin, araştırılan problem için geçerli olan efektif gerilmeye göre düzeltilmesini sağlayacak adımları içeren özel yöntem. Bu yöntemin gelişmiş bir biçimi, DILLYSET (Dumas, 1991) adlı bir bilgisayar programıyla uygulanabilmektedir.

Burada ise, sadece genel yönteme yer verilmiştir. Schmertmann (1986b) genel yöntemin, oturmayı genellikle iyi bir tutarlılıkla öngörebilmekte yeterli olduğunu (Bölüm 2.8.1.3) ve özel yöntemle hesaplanmış oturmaların genel yöntemle hesaplanan oturmadan en fazla % 20 daha az olacağını belirtmiştir.

Ölçülmüş M değerlerine karşılık DMT'den öngörülen M değerleri çizilecek olursa buradaki dağılım $\pm \%20$ 'yi geçmediği (Şekil 2.25) unutulmamalıdır.

Leonards ve Frost (1988), özellikle aşırı konsolidasyon oranının etkisi üzerinde yoğunlaşan ve granüler zeminler için geçerli olan ayrıntılı bir yöntem sunmaktadır.

2.8.1.2 Oturma: Schmertmann'ın (1986b) Genel Yöntemi

Schmertmann aşağıdaki yöntemi önermiştir:

1. Aşağıdaki başlıklarla bir çizelge hazırlanmalıdır.

Tabaka #	h_i	M_i	$\Delta\sigma_i$	$\frac{\Delta\sigma_i}{M_i} \cdot h_i$

$$S = \sum \frac{\Delta\sigma_i}{M_i} \cdot h_i$$

2. Oturma analizinin yapılacağı her bölge için bir DMT sondajı yapılır ve Marchetti'nin (1980), Bölüm 2.6.6'da anlatılan yöntemi kullanılarak, söz konusu zemin tabakaları boyunca M değişimi belirlenir.

3. Zemin yaklaşık olarak sabit $\Delta\sigma$ değerlerinin bulunacağı tabakalara bölünür. $\Delta\sigma$ derinlikle birlikte doğrusal olarak değişmediği için, tabaka kalınlığı h_i , temellerin hemen altında az olacak ve derinlikle artacaktır.

4. 3 ncü adımdaki her bir tabaka için, DMT sonuçlarından elde edilen ortalama M_i değerleri belirlenir.

5. Her tabakanın merkezinde $\Delta\sigma_i$ gerilmesinde beklenen değişim öngörülür, temel merkezinin altındaki gerilme artışı hesaplanır.

2.8.1.3 Oturma: Schmertmann Yönteminin Doğruluğu

Bölüm 2.8.1.2'de yer alan oturma hesap yöntemi, yalnızca 1-D sıkışma altında tam bir esneklikte yüklü bir alan altında oluşan konsolidasyon oturmasının hesabına uygulanmalıdır. Bu durumla seyrek karşılaşılır. Bununla birlikte, Schmertmann yöntemi kullanılırsa göreceli olarak iyi sonuçlar elde edilebilir. Schmertmann (1986b) yönteminin tutarlılığı, 11 ayrı bölgede yer alan 16 ayrı yapı için DMT ile hesaplanan oturmalar ile ölçülmüş oturmaları karşılaştırarak değerlendirmiştir. Ölçülen oturmaların öngörülen oturmalarla oranı, zemin türleri ve yapının boyutları Çizelge 2.11'de sunulmuştur. Tümüne bakıldığında, öngörülen oturmanın, ölçülen oturmayla oranının (yalnızca genel yöntem) ortalaması 1,22 ve standart sapması 0,39'dur. Böylece bu yöntemin, oturmayı bu veri tabanı için ortalamaya bakılacak olursa, fazla öngördüğü söylenebilir. Leonard ve Forst'un (1988) çalışmalarından, oturmalar için genel yöntemin, aşırı konsolide granüler zeminlerdeki normal konsolide granüler zeminlere göre daha güvenli tarafta kaldığı sonucu çıkarılabilir.

2.8.2 Yüzeysel Temellerin Taşıma Gücü

2.8.2.1 Kohezyonsuz Zeminler (Drenajlı Davranış: $I_D > 2$)

Kohezyonsuz zeminler için Terzaghi'nin taşıma gücü eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$q_u = K_q \cdot \gamma' \cdot D \cdot N_q + \frac{1}{2} \cdot K_\gamma \cdot \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma \quad (2.55)$$

Burada;

q_u =son taşıma gücü

γ' =DMT verilerinden elde edilen zeminin efektif birim hacim ağırlığı (bkz. Bölüm 2.6.4)

D =temel derinliği

B =temel genişliği

$$N_q = \left(\text{Exp} \left[\pi \cdot \tan \phi' \right] \right) \cdot \left(\tan^2 \left(45^\circ + \phi' / 2 \right) \right)$$

$$N_\gamma = 2 (N_q + 1) \cdot \tan \phi'$$

$\phi' =$ efektif sürtünme açısı. Bu efektif sürtünme açısı, temelin altında oluşan (Bölüm 2.6.3) gerilme seviyesi σ_{ff} için düzeltilmeli ve DMT verilerinden elde edilmiş olan düzlem deformasyon sürtünme açısı olmalıdır. Ortalama gerilme σ_{ff} , taşıma gücü değeri q_u 'nın 1/3'ü ile 1/2'si olarak alınabilir.

K_q, K_γ = yükleme açısı, temel şekli, temel derinliği, taban eğimi ve yüzey eğimi için iki düzeltme faktörüdür. Bu faktörler Vesic (1975) tarafından ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Güvenli taşıma gücü için kullanılan uygun güvenlik sayısı genellikle “3” olmalıdır.

2.8.2.2 Kohezyonlu Zeminler (Drenajsız Davranış: $I_D < 0,6$)

Drenajsız koşullar altında kohezyonlu zeminlerde, son taşıma gücü şöyledir:

$$q_u = S_u \cdot N_c \cdot K_c + \gamma \cdot D \quad (2.56)$$

Burada;

Çizelge 2.11 DMT'den hesaplanan ile ölçülen oturmaların karşılaştırılması (Schmertmann, 1986b)

No	Bölge	Yapı	Sıkışan Zemin	Oturma (mm)			Oran DMT Ölçülen
				DMT	**	ÖLÇÜLEN	
1	Tampa	Köprü Ayacı	Yüksek AK Kil	*25	b,d	15	1.67
2	Jacksonvil.	Elektrik Santrali	Sıkıştırılmış Kum	*15	b,o	14	1.07 (ort. 3)
3	Lynn Heaven	Fabrika	Turbalı kum	188	a	185	1.02
4	British Columbia	Test Dolgu	Turba Organik kum	2030	a	2850	0.71
5a	Fredricton	3 inç'lik	Kum	*11	a	15	0.73
b	"	Sürsürj Plakası	Kum	*22	a	28	0.79
c	"	İnşaa Edilmesi	Hızlı Konsolide Silt	*78	a	35	2.23
6a	Ontario	Yol Dolgu	Turba	*300	a, o	275	1.09
b	"	Yapısı	Turba	*262	a, o	270	0.97
7	Miami	4 inç'lik Plaka	Turba	93	b	71	1.31
8a	Peter-borough	Çok katlı Yapı	Kum & silt	*58	a, o	48	1.21
b	"	Fabrika	"	*20	a, o	17	1.18
9	"	Su Deposu	Siltli kil	*30	b, o	31	0.97
10a	Linkoping	2x3 m Plaka	Siltli kum	*9	a, o	6.7	1.34
b	"	1.1x1.3 m Plaka	Siltli kum	*4	a, o	3	1.33
11	Sunne	Konut	Silt & Kum	*10	b, o	8	1.25

* Bilinen M yönteminin kullanıldığını gösterir.

** b İnşaatın önce hesaplanan oturmaları gösterir.

a İnşaatın sonra hesaplanan oturmaları gösterir.

o Schmertmann dışındakiler tarafından hesaplanan oturmaları gösterir.

d SPT çekici ile çakılan dilatometreyi gösterir.

N_c = temel şekli ve derinliğine bağlı (Şekil 2.44), Skempton'un taşıma gücü faktörü

S_u =DMT verilerinden elde edilen drenajsız kayma mukavemeti (Bkz. Bölüm 2.6.10)

K_e = yükleme eğimi, taban eğimi ve yüzey eğimi için düzeltme faktörüdür. Bu faktör, Vesic (1975) tarafından ayrıntılı olarak açıklanmıştır.

Güvenli taşıma gücü için kullanılan, uygun güvenlik sayısı genellikle "3" olmalıdır.

2.9 Düşey Yüklü Çakma Kazık Tasarımı

Kazık taşıma gücünü hesaplamak için kanıtlanmış iyi bir DMT yöntemi yoktur. Bu konudaki yaklaşım, taşıma gücünü başka bir yöntemle hesaplamayı ve DMT verileri yardımıyla gerekli parametreleri öngörmeyi içermektedir.

2.9.1 Çakma Kazıkların Son Taşıma Gücü İçin Genel Bilgiler

Basınç yükü altındaki bir kazığın taşıma gücü aşağıdaki gibidir:

$$Q_L = Q_p + Q_s \quad (2.57)$$

veya

$$Q_L = q_p \cdot A_p + \sum f \cdot A_s \quad (2.58)$$

Burada;

Q_p = toplam uç direnci, (kN)

Q_s = çevre sürtünme direnci, (kN)

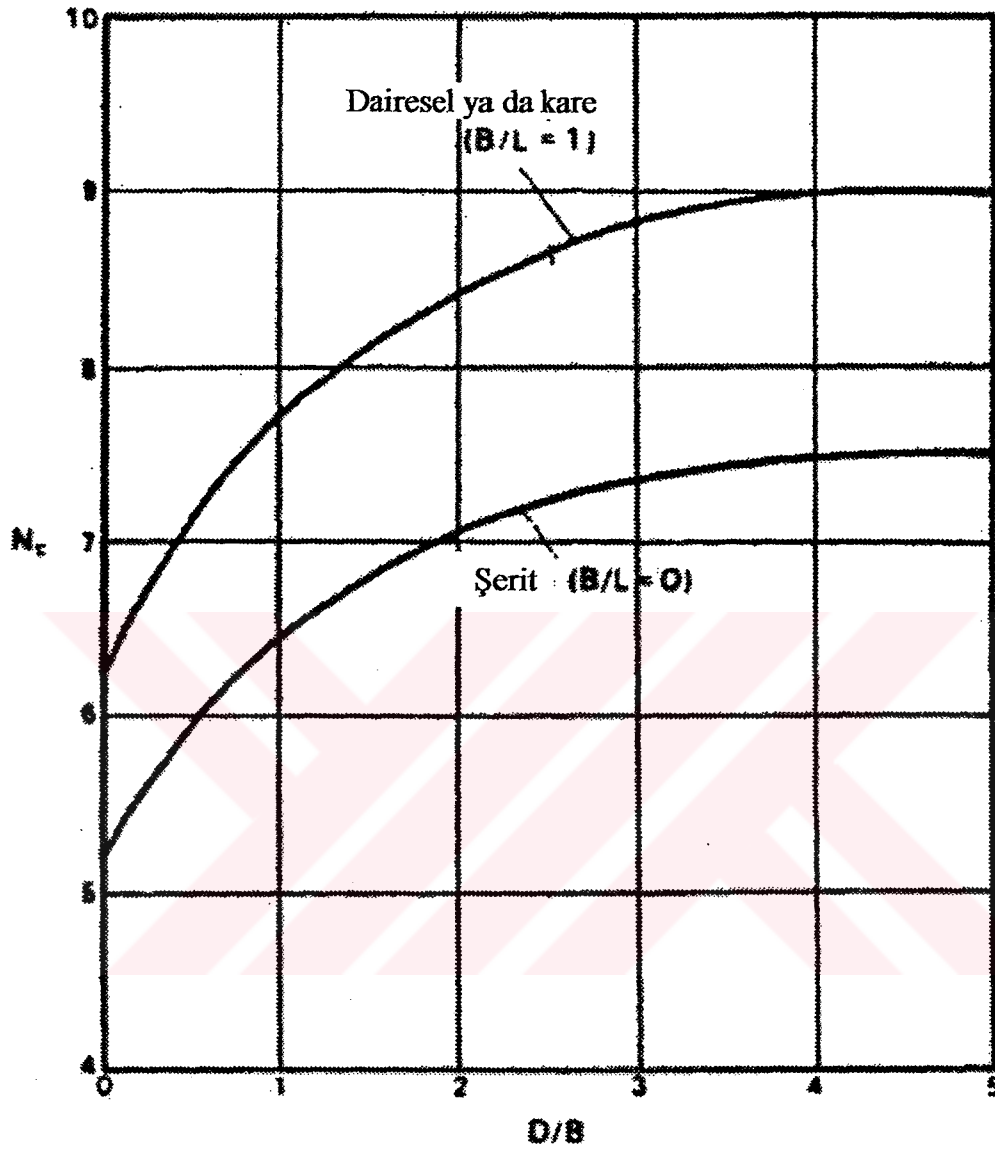
f = seçilen bir tabakada ortalama birim çevre sürtünme direnci, (kPa)

A_s = seçilen bir tabakada kazık gövde alanı, (m²)

q_p = son uç taşıma gücü (kPa)

A_p = kazığın uç alanı (m²)'dir.

Ucu açık boru kazık gibi özel bir durumda, basınç altında son taşıma gücü, $Q_{L(\text{ucu açık})}$ ve $Q_{L(\text{ucu kapalı})}$ hesaplamalarını gerektirir. $Q_{L(\text{ucu kapalı})}$ değeri 2.58 eşitliğinden elde edilir. $Q_{L(\text{ucu açık})}$ değeri ise aşağıdaki gibi elde edilir;



Şekil 2.44 Drenajsız kil koşulları için Skempton Taşıma Faktörü (Peck vd., 1974)

$$Q_{L(\text{ucu açık})} = Q_p + Q_s \quad (2.59)$$

veya

$$Q_{L(\text{ucu açık})} = q_p \cdot A_p' + (\sum f \cdot A_s + \sum f \cdot A_s') \quad (2.60)$$

Burada;

Q_p = toplam uç direnci, (kN)

Q_s = çevre sürtünme direnci, (kN)

f = seçilen bir tabakada ortalama birim çevre sürtünme direnci, (kN/m²)

A_s = seçilen bir tabakada, kazığın dış sınırının içinde kalan gövde alanı, (m²)

A_s' = seçilen bir tabakada, kazığın iç sınırının içinde kalan gövde alanı, (m²)

q_p = son uç taşıma gücü, (kPa)

$A_p' = \text{kazık ucu kesit alanı} = \pi \cdot t \cdot (d_o - t)$, (m²)

t = kazık et kalınlığı, (m)'dir.

Kazık taşıma gücü, $Q_{L(\text{ucu açık})}$ ya da $Q_{L(\text{ucu kapalı})}$ değerlerinden küçük olanıdır.

H kazıklar için, basınç altında son taşıma gücü, kazığın yarı ucu kapalı olduğu düşünülerek hesaplanmalıdır (Tucker ve Briaud, 1988). Çekme altında kapalı, dış çevre kullanılmalıdır.

2.9.2 Çakma Kazıkların Son Taşıma Gücü İçin Yöntem

Aşağıdaki işlemlerde yer alan zeminle ilgili parametreler, DMT'den elde edilmiş olup; bu işlemler dizisi API RPZA'nın 18.baskısında (1989), anlatılan ve önerilen, kazık tasarım yöntemidir.

Kohezyonlu Zeminler:

1. DMT verilerinden yararlanarak Bölüm 2.6.10'da anlatılan yöntemlerden biriyle derinliğe karşılık S_u değişimi elde edilir.
2. S_u değişimi tabakalara bölünür. Sonra, her tabaka için ortalama S_u hesaplanır.
3. Her tabaka için, birim çevre sürtünmesi " f " hesaplanır.

$$f = \alpha \cdot S_u \quad (2.61)$$

Burada;

S_u = DMT verilerinden alınmış drenajsız kayma mukavemeti

eğer $(S_u/\sigma_{vo}') \leq 1,0$ ise $\alpha = 0,5 (S_u/\sigma_{vo}')^{-0,5}$

eğer $(S_u/\sigma_{vo}') > 1,0$ ise $\alpha = 0,5 (S_u/\sigma_{vo}')^{-0,25}$

$$\alpha \leq 1,0$$

σ_{vo}' = ilgilenilen nokta için düşey efektif gerilmedir.

4. Uç taşıma gücü hesaplanır (q_p);

$$q_p = 9 \cdot S_u \quad (2.62)$$

Burada;

S_u = DMT verilerinden elde edilen kazık ucundaki drenajsız kayma mukavemeti (Bkz. Bölüm 2.6.10)

5. Bölüm 2.9.1'de anlatıldığı gibi son taşıma gücü hesaplanır.

Kohezyonsuz Zeminler

1. Zemin yüzeyinden kazığın ucuna kadar dilatometre modülü E_D ve malzeme indeksi I_D değişimleri elde edilir.

2. Zemin yaklaşık olarak sabit E_D ve I_D değerleri olacak şekilde tabakalara bölünür. Daha sonra, her bir tabaka için I_D ve E_D değerlerinin ortalama değerleri hesaplanır.

3. Şekil 2.17 kullanılarak Çizelge 2.12'de olduğu gibi her ortalama değer grubu için bir zemin türü belirlenir.

4. Her tabaka için birim çevre sürtünmesi hesaplanır.

$$f = K \cdot \sigma_{vo}' \cdot \tan \delta \quad (2.63)$$

Burada;

K = az yerdeğiştirmeli kazık için 0,8

K = fazla yerdeğiştirmeli kazık için 1,0

σ_{vo}' = ilgilenilen nokta için düşey efektif gerilme

δ = Çizelge 2.12 kullanılarak öngörülen zeminle kazık arasındaki sürtünme açısıdır.

“ f ” Çizelge 2.12’de verilen limit sürtünme değerlerini aşmamalıdır.

5. Kazık uç taşıma gücü hesaplanır;

$$q_p = \sigma_{vo}' \cdot N_q \quad (2.64)$$

Burada;

σ_{vo}' = kazık ucundaki düşey efektif gerilme

N_q = Çizelge 2.12’den alınan boyutsuz taşıma gücü faktörü

q_p , Çizelge 2.12’de verilen limit taşıma gücü değerlerini aşmamalıdır.

6. 2.59 ve 2.60 eşitlikleri kullanılarak son taşıma gücü hesaplanır.

2.9.3 Çakma Kazıklardaki Sürtünmeyi Bulmak için DMT- σ_{hc} Yöntemi

Bu yöntem yalnızca DMT verilerine dayanmaktadır. (Marchetti vd., 1986). Yukarıdaki 2.63 eşitliği tekrar yazılabilir:

$$f = \sigma_h' \cdot \tan \delta \quad (2.65)$$

DMT, A okumasının bu okuma dengeleninceye kadar zamana bağılı değişken olarak alınmasıyla σ_h' değerinin elde edilmesine olanak vermektedir. $\tan \delta$ katsayısı 0,2’den 0,4’e değişen değerler almaktadır. Bu durumda kazık çakılmasını yansıtmak için aynı yerde DMT çakılmalıdır. Lutenegeer (1991), A okumasının sönümlenmesi tamamlandıktan sonra $\tan \delta$ ’yı yeniden hesaplayabilmek için baskının ölçümüne devam eder. Bu yöntem, deney karşılaştırmaları ve genellemeler üzerine kurulmuş olup; ümit vericidir. Ancak, deneyler ile karşılaştırılarak doğrulanmalıdır.

Çizelge 2.12 Kohezyonsuz silisli zeminler için tasarım parametreleri (Biraud ve Miran, 1992)

Sıklık	Zemin Tanımlaması	Zemin-Kazık		Limit Çevre Sürtünme Değerleri (kPa)	Nq	Limit Uç Taşıma Birim Değerleri (Mpa)
		Sürtünme Açısı, δ (Derece)	Sürtünme			
Çok Gevşek	Kum	15		47.8	8	1.9
Gevşek	Kum-Silt**					
Orta	Silt					
Gevşek	Kum	20		67.0	12	2.9
Orta	Kum-Silt**					
Yoğun	Silt					
Orta	Kum	25		81.3)	20	4.8
Sıkı, Yoğun	Kum-Silt**					
Sıkı	Kum	30		95.7)	40	9.6
Çok sıkı, Çok Yoğun	Kum-Silt**					
Sıkı	Çakıl	35		114.8)	50	12.0
Çok sıkı	Kum					

* Bu tabloda listelenen parametreler yalnızca fikir verici olarak değerlendirilmelidir. Yerinde koni giriş deneyleri, yüksek kalitede örnekler üzerinde yapılan mukavemet deneyleri, modelleme deneyleri ya da kazık çakma davranışı gibi ayrıntılı bilgilerin var olması durumunda değerler ayarlanabilir.

** Kum-Silt, önemli oranlarda kum ve siltten oluşan zeminler içermektedir. Mukavemet değerleri genelde artan kum oranıyla artarken artan silt oranıyla azalır.

2.10 Özel Problemler

2.10.1 Sıvılaşma

2.10.1.1 Sıvılaşma Olasılığı: Robertson ve Campanella (1986) Yöntemi

Dinamik şok altında kaldığı zaman sıvılaşabilen zemin türleri tipik olarak suya doygün gevşek çimentolanmamış kum ve siltler olup; genelde yaşları gençtir ve düşük yatay gerilme ortamında yer alırlar.

Marchetti (1982), DMT'den elde edilen K_D yatay gerilme indeksinin aşağıdaki etkenlerden etkilendiğini ortaya sürmüştür:

- Göreceli sıklık, D_r
- Yerinde gerilme, K_o
- Gerilme geçmişi ve gerilme öncesi
- Yaş

Sonuç olarak, bir zeminin sıvılaşma olasılığını belirlemek için çevrimli gerilme oranı (τ_p/σ_{vo}') ile yatay gerilme indeksi K_D arasında bir bağıntı kurmayı önermiştir (Şekil 2.45).

Robertson ve Campanella (1986), 4 adet Ayarlama Hücresi Deneyi ve 2 adet Arazi Deneyi sonuçlarına dayanan, normal konsolide çimentolanmamış kumların zemin seviyesinin altındaki koşulları için bir bağıntı önermiştir. Bunun için aşağıdaki işlemler kullanılmalıdır:

1. Tasarımda ele alınan depremin yaratacağı çevrimli gerilme oranının ortalaması hesaplanır.

$$\frac{\tau}{\sigma_{vo}} = 0,65 \cdot \frac{a_{\max}}{g} \cdot \frac{\sigma_o}{\sigma_{vo}} \cdot r_d \quad (2.66)$$

Burada;

$a_{\max}$ =ilgilenilen kum tabakası içindeki ivme

g =yerçekimi ivmesi

σ'_{vo} =ilgilenilen kum tabakasında gözönüne alınan başlangıç düşey efektif gerilme

σ_o =ilgilenilen kum tabakasında gözönüne alınan toplam düşey gerilme

r_d = Zemin yüzeyinde 1'den 10 m derinlikte 0,9'a kadar değişen gerilme azaltma sayısıdır.

2. Zemin sıvılaşmasına neden olan çevrimli gerilme oranını belirlemek için Şekil 2.45 kullanılır.

3. Eğer, $\tau_e/\sigma'_{vo} > \tau/\sigma'_{vo}$ ise zemin sıvılaşma olasılığı yoktur. Eğer, $\tau_e/\sigma'_{vo} < \tau/\sigma'_{vo}$ ise zeminin sıvılaşma olasılığı vardır.

Reyna ve Chameau (1991), Kaliforniya'daki 3 adet arazi sonuçlarına dayanarak yukarıdaki iki önermeyi düzeltmişlerdir. Robertson-Campanella (1986) önermesinin düşük çevrimli gerilme oranları için, Marchetti (1982)'nin önermesinin yüksek çevrimli gerilme oranları için geçerli olduğunu göstermişlerdir.

2.10.1.2 Sıvılaşma Olasılığı Değerlendirmesinin Doğruluğu

Önerilen bağıntılar sınırlı verilere dayanmaktadır ve arazde kanıtlanmasını gerektirmektedirler. Bununla birlikte en azından kumun sıvılaşma duyarlılığı için bir bilgi verebilirler.

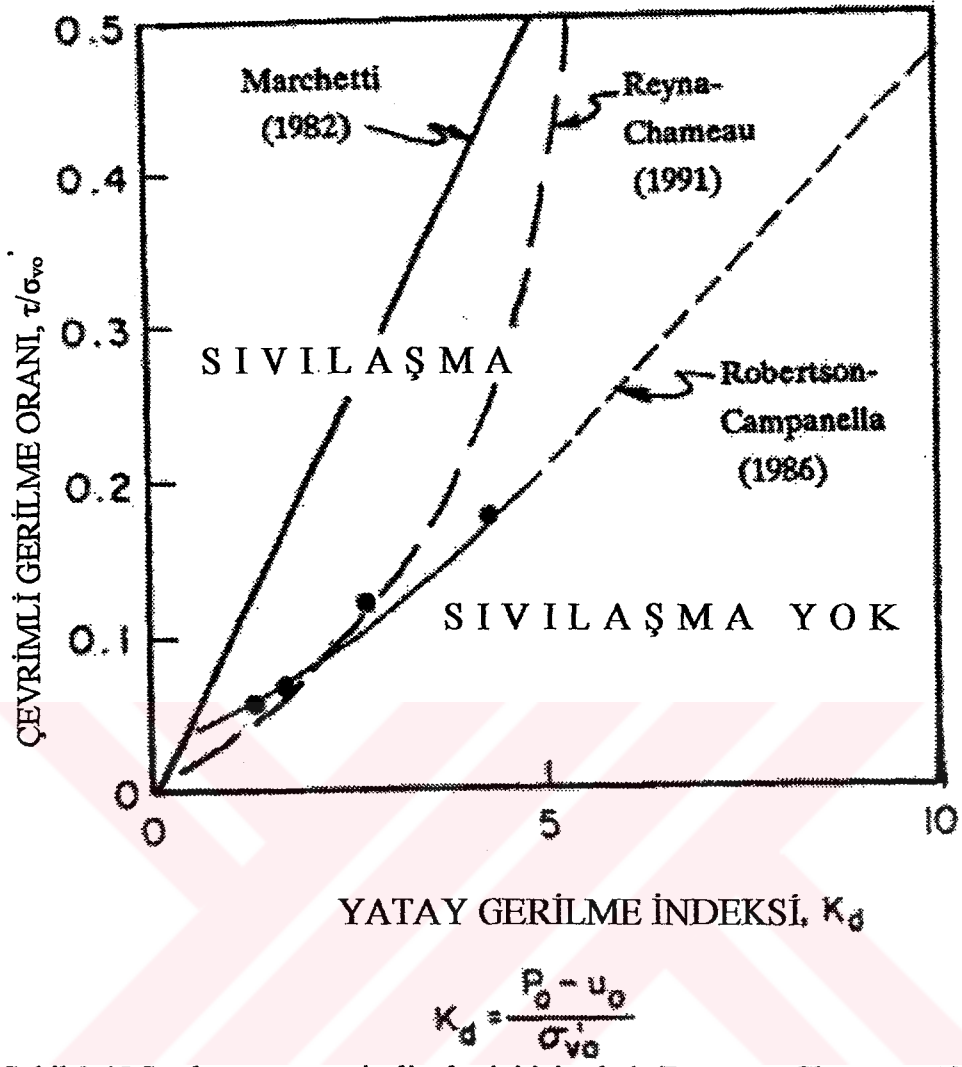
2.10.2 Sıkıştırmanın Denetimi

Dinamik sıkıştırma, sıkıştırma enjeksiyonu, titreşimli sıkıştırma vb. yöntemler granüler zeminler ile yumuşak kohezyonlu zeminlerin özelliklerini iyileştirmek için kullanılan yaygın yöntemlerdir.

Dilatometre, oturma olasılığı üzerinde sıkıştırmanın etkisini belirlemek için kullanışlı bir ayardır. Sınırlandırılmış tanjant modülünün elde edileceği E_D modülü bu amaçla kullanılabilir.

Lacasse ve Lunne (1986), Lutenegeger (1986) ve Schmertmann vd. (1986)'nın sunduğu zemini sıkıştırmadan önce ve sonra yapılan yaklaşık 50 adet DMT deney sonucu aşağıdaki genel eğilimi göstermiştir.

- Malzeme indeksi I_D , sıkıştırmadan önce ve sonra değişmemektedir.
- Yatay gerilme indeksi K_D ve dilatometre modülü E_D , sıkıştırma nedeniyle artmaktadır.
- DMT verilerinden elde edilen sınırlandırılmış tanjant modülü M , sıkıştırma nedeniyle artmaktadır.



Şekil 2.45 Sıvılaşma potansiyeli tahmini için abak (Reyna ve Chameau, 1991)

Sıkıştırma gereksinimi, bir derinlik aralığındaki en küçük M değerini elde etmek için ise, dilatometre sıkıştırma verimini ölçmek için çok kullanışlı bir araç olabilir. Bununla birlikte, eğer mühendis göreceli sıklığın en küçük değerini elde etmek istiyorsa, yalnızca DMT verilerinden D_r değerini elde etmek olasılığı olmadığı için DMT kullanılamaz.

2.11 DMT Deneyinin Olumlu ve Olumsuz Yanları

Aşağıda ayrıntılı olmasa da açıklanmış konular, DMT'nin olumlu ve olumsuz yanları için bir rehber olarak kabul edilebilir.

2.11.1 Olumsuz Yanları

Deneyisel açıdan bakılacak olursa, başlıca olumsuzluklardan biri bıçağın giriş sırasında zemini örselemesidir.

DMT iri çakıllar, taş ve kayalarda kullanılamaz. Giriş, bıçağın ve membranın zarar görebileceği en sert zemin tabakasıyla sınırlıdır. Herhangi bir hidrolik kriko sistemi, bıçağı zemine sokmak için kullanılabilir. Ek olarak, SPT çekici, dilatometre bıçağını zemine itmek için kullanılabilir, fakat dinamik girişin DMT sonuçlarını etkilediği gözlenmiştir.

Tasarım açısından ise, dilatometre deneyi oldukça yeni bir deney tekniğidir ve günümüzde fazla yaygın kullanılmamakta olup tasarım kuralları iyi belgelenmemiş ve daha fazla veri ile kanıtlanması gerekmektedir. Zemin parametrelerini elde etmek için kullanılan yöntemlerin teori yerine bağıntılar üzerine kurulmuş olması da olumsuz yanını oluşturmaktadır. Bu yüzden DMT'nin ilk kez kullanılacağı jeolojik ortamlarda yerel bağıntılar kurulmalı ve burada verilen verilerle karşılaştırılmalıdır.

2.11.2 Olumlu Yanları

Deneyisel açıdan bakılacak olursa DMT, hızlı, ekonomik ve kolay bir deney tekniğidir. Deney sırasında elde edilen veriler yinelenabilir ve diğer arazi deneylerine göre deney sonuçları operatöre daha az bağlıdır.

Yerinde ölçülen parametreler gecikmeleri engellemekte ve laboratuvar giderlerini azaltmaktadır(Şekil 2.46).

DMT aygıtı mekanik olarak basit (elektronik karmaşık değildir), onarımı kolay ve kolaylıkla taşınabilen bir aygıttır.

ASTM'nin, deneyin yapılışı için önerdiği bir yöntem vardır. DMT verileri kişisel bir bilgisayarla rahatça düzeltilebilir. Aygıt oldukça ucuz olup herhangi bir delgi aygıtı ya da CPT aleti ile uygun tij bağlantısı sağlandıktan sonra rahatça kullanılabilir.

Tasarım açısından bakılacak olursa, en iyi uygulamalar, yanal yüklü kazık tasarımı ile yüzeysel temellerin oturmasıdır. Gerçekte, yanal yüklü kazıklar durumunda zemin yüklemesinin çok yakın bir benzeşmesi DMT deneyinde sağlanmaktadır.

En yaygın zemin koşullarında, 10 m. derinlikte sondaj yapmak ve 20 cm'de bir okumalar almak için yaklaşık 1,5 ile 2 saat zaman gerekmektedir.



DMT SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

I_d : Malzeme türü hakkında bilgi verir.

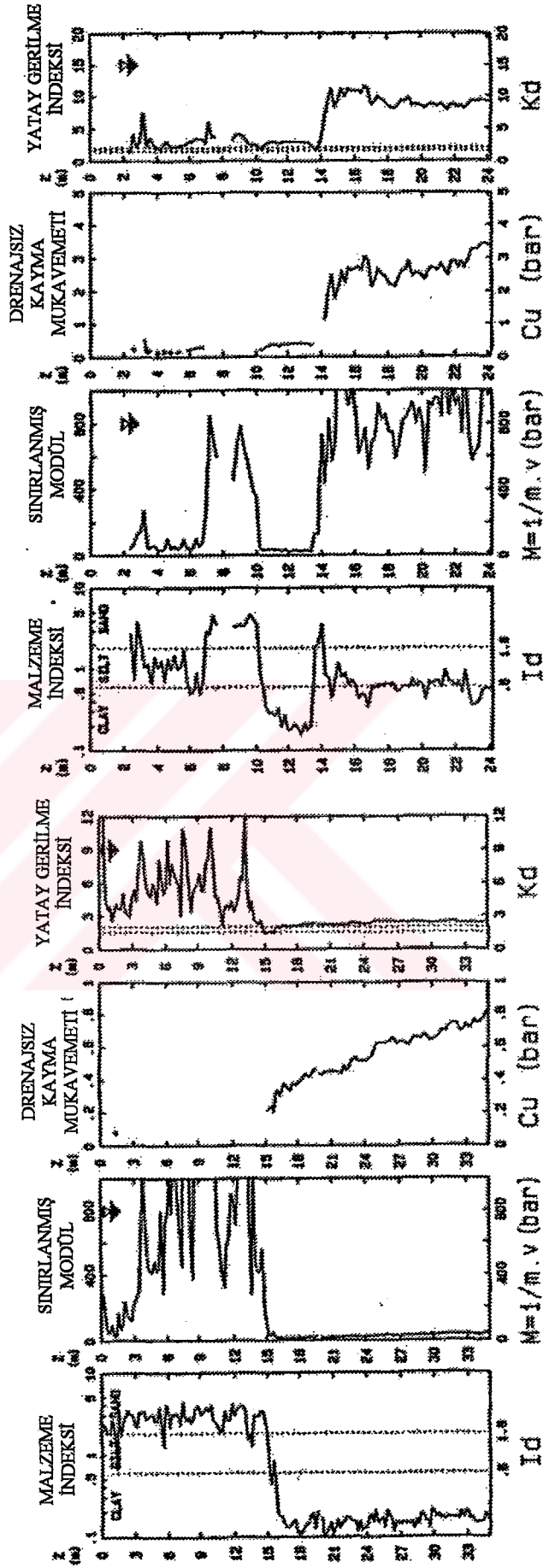
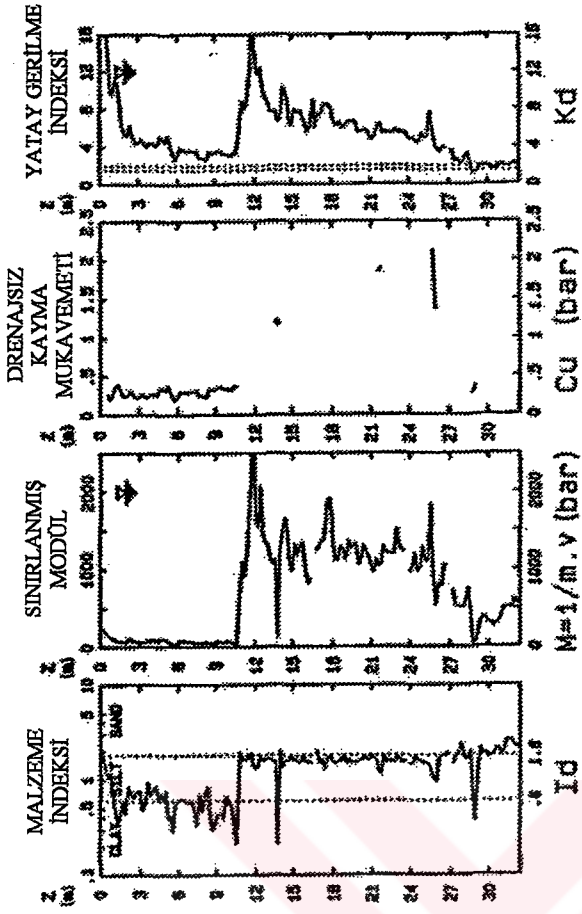
(Kum, Silt, Kil)

M : Geostatik Gerilme
durumunda tek
boyutlu Modül
 Cu : Drenajsız Kayma
Mukavemeti

Bilinen yöntemlerle
değerlendirilirler.

K_d : K_d değişimi ile AKO değişimi benzerlik gösterir.
 $K_d \approx 2$ olması AKO ≈ 1 olduğunu gösterir.

K_d üst kabuk ve alt kabuklar hakkında bilgi verir.



Şekil 2.46 DMT verileri (Marchetti, 1991)

3. DİLATOMETRE DENEYİNİN KULLANILDIĞI ARAZİ ÇALIŞMALARI

3.1 Edirne Uzunköprü Belediyesi, Yerleşime Uygunluk Amaçlı Geoteknik Araştırma

Edirne İli Uzunköprü İlçesi Uzunköprü Belediyesi için artan konut gereksinimini karşılamak, yeni yerleşim alanları kazanmak amacı ile imar planı değişikliği ve ek imar planı çalışmalarına esas olacak bir “Jeolojik Etüt” ve “Yerleşime Uygunluk Araştırması” yapılmıştır.

Çalışma alanı Uzunköprü İlçesi’nin kuzeyinden geçen Ergene Nehri’nin kuzey kıyısında dar bir kuşakla, güney de Ergene Nehri’ne boşalan Kırkavak Vadisi’nin doğu ve batı kısmını kapsamaktadır.

Uzunköprü Belediyesi tarafından Geoteknik Araştırma gerektiren alanlarda sondajlı bir araştırma yapılması istenmiştir.

3.1.1 Jeoloji

3.1.1.1 Bölgesel Jeoloji

Trakya Havzası başlıca Tersiyer ve Kuvarterner yaşlı çökeller ile yer yer görülen püskürük kayalardan meydana gelmiştir. Kuzeydoğu’sunda Istranca masifinin kristalin kayaları, Batı’sında Rodop masifi ve Güney’inde de Menderes masifleri yer almaktadır.

Havzada Kretase’den Orta Eosen’e kadar herhangi bir çökelin bulunmaması bu zaman aralığında bölgenin bir yükselim alanı oluşturduğunu ve bir çökmezlik devresinin varlığını belirtmektedir.

Orta Eosen’den başlayarak havzaya sediman çökmesi başlamıştır. Oligosen sonu Miyosen başına dek (Yaklaşık 33 milyon yıl) çökelen toplam çökel kalınlığına (yaklaşık 6100 metre) bakılarak çökme-depolanma hızlarının karşılıklı olarak yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Bu karşılıklı yüksek hızlardan çökme depolanma hızının, çökme hızına göre daha da yüksek olması nedeni ile belli bir zaman sonra (Eosen sonu-Oligosen başı) havza yeterli sığlığa ulaşmış ve delta ortamının gelişimi başlamıştır. Havzada çökel oluşumu Oligosen sonuna dek kesintisiz sürmüştür. Değişim sadece çökme ve ortam özelliklerinde olmuştur.

Trakya’da en yaşlı birim Yıldız Dağları (Istranca Masifi) birimleridir. Bu birim altta gnaysik kayalar, bunların üzerinde yeşil şist fasiyesinde metamorfize olmuş Paleozoyik, Mesozoyik

yaşı çökel kayalarla örneklenir. Çökel kayalar üst Kretase yaşı Granodiyoritik kayalar tarafından etkilenmiş ve yer yer yine Üst Kretase yaşı Volkano-Sedimanter bir birim tarafından örtülmüşlerdir. Istranca masifinin güney yamacında granitik kayalar yüzlek verir.

Bu Metamorfik temel üzerinde ayırtlanan birimler:

- Orta-Üst Eosen Birimleri
- Oligosen-Alt Miyosen Birimleri
- Pliyosen Birimleri

olarak Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı jeologları tarafından belirlenmiştir.

A) Orta -- Üst Eosen Birimleri

- Keşan Grubu
- Koyunbaba Formasyonu
- Soğucak Formasyonu

B) Oligosen -- Alt Miyosen Birimleri

- Yeni Muhacir Grubu
- Pınarhisar Formasyonu
- Mezardere Şeyli
- Osmancık Kumtaşı
- Danişmen Formasyonu

C) Poliyosen Birimleri

- Ergene Grubu
 - Çöpköy Formasyonu
 - Çelebi Formasyonu
 - Kırçasalılı Formasyonu

3.1.1.2 İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanını oluşturan Uzunköprü yerleşim alanı, Pliyosen yaşlı Ergene Grubu içerisinde Kırcasali Formasyonu ve bunlar üzerine çöktürülmüş olan Kuvaterner Alüvyon'dan oluşmaktadır. Jeoloji ortamını oluşturan ve oldukça yalın olan siltli, killi, yer yer kumlu ve az çakıllı birim, Ergene nehrinin ve nehre bağlanan akarsu kollarının taşkın ovalarında çökelmiştir.

Kırcasali Formasyonu:

Formasyon, inceleme alanında kumlarla ve killi örneklenmektedir. Sarımsı renkli, çapraz tabakalı, kil ve çakıl mercekli, gevşek tutturulmuş kumlardan oluşmaktadır. İnceleme alanında yapılan sondajlarda Ergene Nehri ve Kırkavak Dere Vadisi boyunca 10-20 m. kalınlıklı Alüvyon tabakası altında, yamaçlarda ise 2,5-3,0 m. derinliklerde başlayarak devam etmektedir.

Alüvyon:

Kuvaterner yaşlı çökeller, Uzunköprü Belediyesi sınırları içerisinde Ergene Nehri'nin ve bu nehrin kollarının çevresinde dar bir kuşakta birikmiş alüvyonlarla örneklenmektedir. Bu alüvyon, birikme dönemindeki suyun akış enerjisine bağlı olarak killi, siltli, kumlu ve çakıllı gereçten oluşmaktadır. Alüvyon kalınlığı dere yatakları boyunca doğal zemin kotuna kadar ulaşmıştır. Dere yatağı talveğinde ise kalınlığın 20 m.'ye ulaştığı düşünülmektedir.

Alüvyondan alınmış olan örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinde bölgeye, derinliğe ve örneğin rengine bağlı olarak belirgin bir özellik çıkartılamamıştır. Birbirine çok yakın aralıklardan bile alınmış olan örneklerde yapılan dene boyu dağılım yüzdeleri, Atterberg Limitleri değişik değerler vermektedir.

Kil örneklerle yapılan Kıvam Limitleri deneylerine bağlı olarak sonuçlar Plastisite Kart'ına yerleştirilmiştir. Ancak bu tanımlamada herhangi bir koşula uygun olarak zemin kesin bir sınıflamaya katılamamaktadır. Bunun nedenin alüvyonun birikme süreci içerisinde çok farklı akış enerjileri ile taşınmış olmasına bağlanabilir. Aynı birim içinde günlenme zonlarında okside olabilen kesimler sarımsı kahverengi, bu olanağı bulamayanlar ise gri renkli olarak kalmıştır.

3.1.2 Yapılan Çalışmalar

Edirne Uzunköprü İlçesinde yerleşime uygunluk amaçlı Jeolojik Araştırmanın arazi çalışmalarına katılarak, DMT sondajları gözlemlenmiş ve 3 adet DMT sondajı uygulanmıştır. Daha sonra alınan örselenmemiş zemin örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile DMT sondajı sonucunda elde edilen fiziksel, mekanik ve elastik zemin özellikleri araştırılmıştır. Arazide DMT sondajının yanı sıra SPT ve Arazi Veyn Deneyleri de yapılmış olup; bunlara ait verilere de yer verilmektedir.

Araştırmanın yürütüldüğü saha yamaç ve alüvyon olmak üzere iki kuşağa ayrılmıştır. DMT sondajları sahanın alüvyon kısmında uygulanmış olup; bu bölge Şekil 3.1’de görülen harita üzerinde işaretlenmiştir.

3.1.2.1 Araştırma Sondajları

İnceleme çalışmaları kapsamında 35 yerde, toplam 540,75 m. araştırma sondajı yapılmıştır. Sondajlar yapıldıkları sıraya göre “S1, S2, ...” gibi birer sıra numarası ile tanımlanmış olup; sondaj yerleri Şekil 3.1’de görülmektedir.

Sondajlar dönel sondaj tekniği ile yapıp, zemin kesitinin bütünü ile incelenebilmesi ve tanımlanabilmesi için deney ve örnekleme aralıklarında sürekli karot örneği alınarak ilerlenilmiştir.

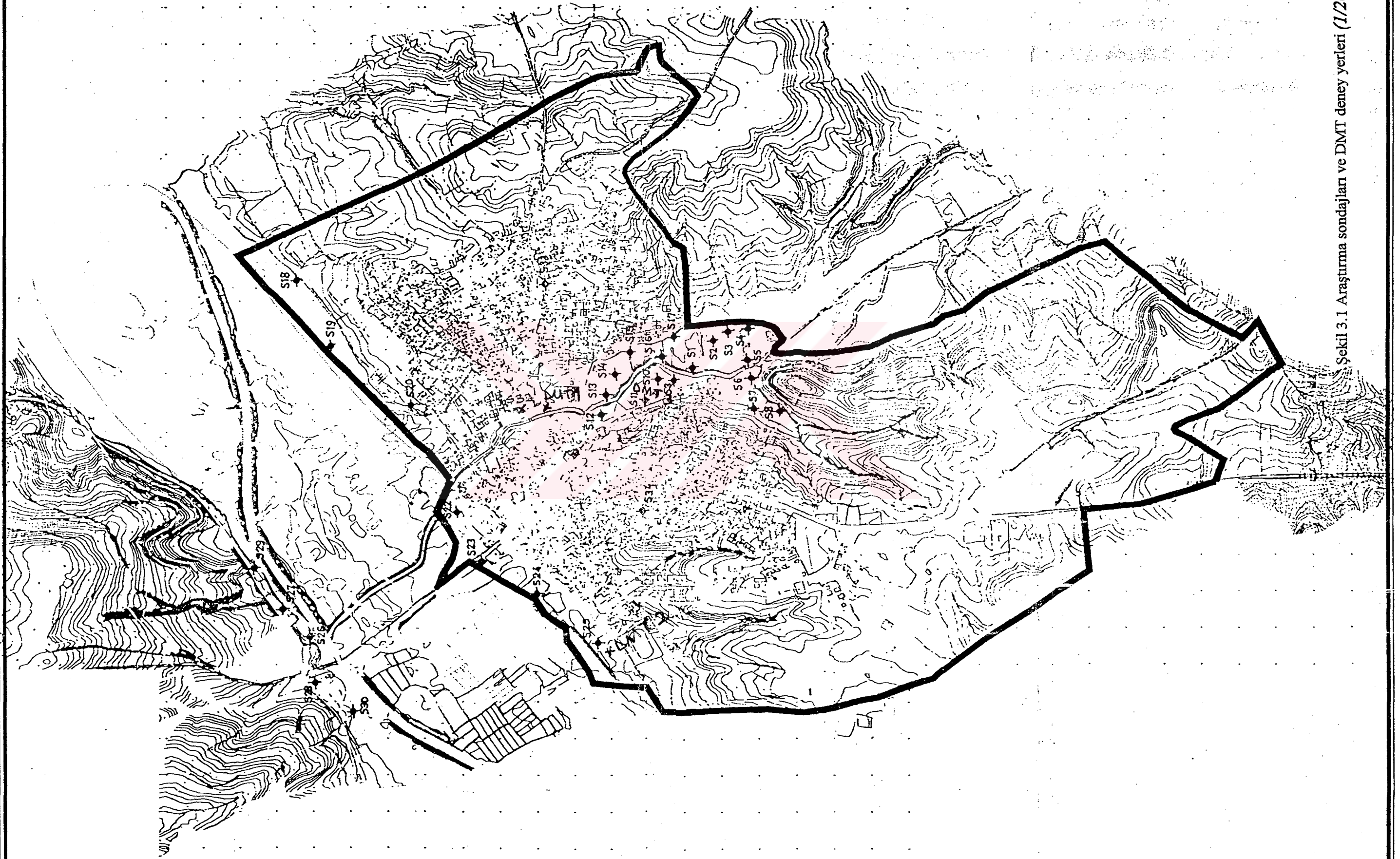
Sondajlar sırasında SPT deneyleri yapılmış; örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri alınmış; sondaj deliği içinde yeraltı su seviyesi belirlenmiştir.

Bu şekilde elde edilen veriler kullanılarak hazırlanan sondaj logları Ek-1’de sunulmaktadır. Çizelge 3.1’de yapılan araştırma sondajlarının derinlikleri ve yeraltı su seviyeleri listelenmiştir.

Çizelge 3.1 Uzunköprü İlçesi inceleme alanında yapılan araştırma sondajları

Sondaj No	Derinlik (m)	YASS (m)
S1	15,45	3,40
S2	15,45	3,40
S3	15,45	2,85
S4	15,45	2,60
S5	15,45	2,90

S6	15,45	2,20
S7	15,45	2,10
S8	15,45	2,05
S9	15,45	1,95
S10	15,45	1,80
DMT3	6,35	1,65
S11	15,45	1,65
S12	15,45	2,10
S13	15,45	2,60
SDMT	6,75	2,00
DMT1	6,75	2,00
S14	15,45	2,70
S15	15,45	2,80
S16	15,45	2,90
S17	15,45	2,95
S18	15,45	3,05
S19	15,45	2,90
S20	15,45	3,40
S21	15,45	2,10
S22	15,45	2,10
S23	15,45	1,80
S24	15,45	2,40
S25	15,45	2,60
SDMT2	8,35	2,60
S26	15,45	2,45
S27	15,45	4,40
S28	15,45	3,80
S29	15,45	2,70
S30	15,45	2,70
S31	15,45	2,20
S32	15,45	1,40
S33	15,45	6,10
S34	15,45	8,45
S35	15,45	9,70



Şekil 3.1 Araştırma sondajları ve DMT deney yerleri (1/20000)

3.1.2.2 Yerinde Deneyler

Farklı zemin tabakalarının yerinde özelliklerini belirleyebilmek üzere DMT sondajları ile sondajlar sırasında SPT ve Veyn deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler sırasıyla sunulmuştur.

3.1.2.2.1 Dilatometre Deneyi

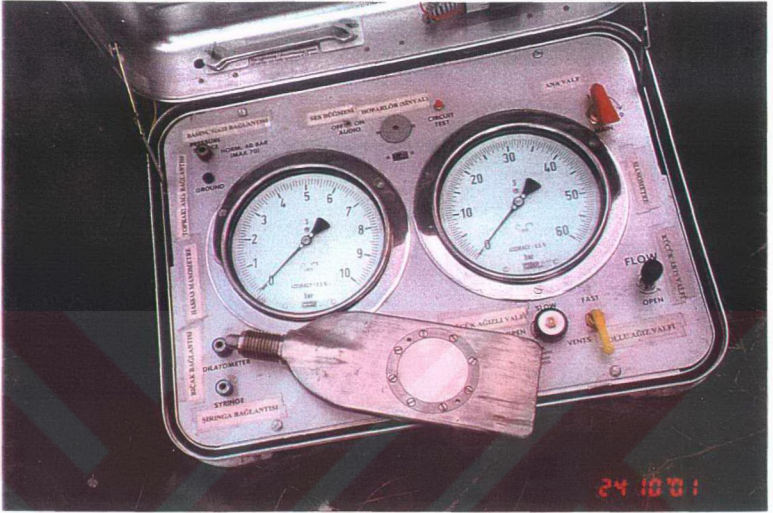
Yapılan çalışmalar sırasında, Bölüm 2.2’de anlatıldığı gibi DMT bıçağı ve deney işlemlerinin kontrol edildiği denetim birimi kullanılarak 6,75 m; 8,35 m; 6,35 m. derinliklerinde DMT sondajı yapılmıştır. Şekil 3.2, 3.3’de denetim birimi ile DMT’yi zemin içine itmek için kullanılan araç görülmektedir.

Deneye başlamadan önce DMT bıçağının ayarlaması Bölüm 2.3’de anlatıldığı gibi yapılmış olup; ΔA_{ort} ve ΔB_{ort} değerleri belirlenmiştir. Deney sırasında DMT bıçağı zemine itilerek 15-25 cm aralıklarla Bölüm 2.4’de yer alan aşamalara uyularak A, B okumaları alınmış ve bunlar Ek-2’de görülen DMT veri kağıdına kaydedilmiştir. DMT sondajları sırasında C okuması yapılmamış olup; DMT1 sondajı sırasında 3,00 m. ve 6,75 m. derinliklerde DMTC sönümlleme deneyi yapılmıştır. Bu deney Bölüm 2.4.3’de anlatıldığı gibi uygulanmış olup zamana bağlı A, B, C okumaları Ek-2’de yer alan DMTC sönümlleme veri kağıdına kaydedilmiştir.

DMT sondajları sonunda elde edilen veriler doğrultusunda Bölüm 2.5.1’de sunulan bağıntılar kullanılarak düzeltilmiş A-Basıncı p_0 (eşitlik 2.2) ve düzeltilmiş B-Basıncı p_1 (eşitlik 2.1) hesaplanmıştır. Bu değerlere bağlı olarak, Bölüm 2.5.1.4’de açıklanan malzeme indeksi I_D (eşitlik 2.7), dilatometre modülü E_D (eşitlik 2.5), yatay gerilme indeksi K_D (eşitlik 2.6) elde edilmiştir.

Daha sonra ise veriler Bölüm 2.6’da anlatıldığı gibi değerlendirilmiş olup; yanal itki katsayısı K_0 (eşitlik 2.9), aşırı konsolidasyon oranı AKO (eşitlik 2.33), drenajlı sınırlanmış modül M (eşitlik 2.27), drenajsız kayma mukavemeti C_u (eşitlik 2.35) hesaplanmıştır. Bu hesaplamalar için belirtilen eşitliklerden yararlanılabileceği gibi, yine aynı eşitliklere dayanan bir bilgisayar programı da kullanılabilir. Yapılan DMT sondajına ait veriler “D144” adlı bilgisayar programı ile değerlendirilmiş olup; Ek-3’de bilgisayar çıktısı halinde sunulmuştur.

Yatay konsolidasyon katsayısı C_h ve düşey konsolidasyon katsayısı C_v ’yi belirleyebilmek için DMTC sönümlleme deneyi verileri Bölüm 2.6.11’de anlatıldığı gibi değerlendirilmiş olup; Schmertmann (1988b) ile Robertson ve Campanella (1988)’nin



Şekil 3.2 Denetim birimi



Şekil 3.3 DMT'yi zemin içine itmek için kullanılan araç

çalışmalarından yararlanılmıştır. DMTC sönümleme deneyine ait hesaplamalar Ek-3'de gösterildiği gibi yapılmıştır.

3.1.2.2.2 Standart Penetrasyon Deneyi (SPT)

Sondajlar sırasında zemin tabakalarının dayanımlarını belirleyebilmek üzere açılan sondaj kuyularında Standart Penetrasyon Deneyi yapılmıştır. Deney sonuçları Ek-1'deki sondaj loglarına işlenmiştir.

Sondaj loglarına işlenen SPT N değerleri düzeltilmiş değerler değildir. Bu değerlerin, yarıklı örnek alıcının zemine itilmesinde kullanılan enerjinin, olması gerekenin %70-100'ü arasında değişmesi, efektif düşey jeolojik gerilmenin standart gerilmeden (95,76 kPa) farklı olması nedeniyle düzeltilmesi gerekir. Düzeltilmiş SPT N sayısı (N'_{70}) aşağıdaki gibi hesaplanabilir (Bowles, 1988).

$$N'_{70} = C_N \times N \times \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times \eta_4 \quad (3.1)$$

Burada;

$N'_{70} = E_r = 70$ enerji oranına göre düzeltilmiş SPT N_{30} değeri

C_N = Efektif düşey jeolojik gerilmenin standart gerilmeden farklı olması durumunda düzeltme

$$\text{sayısı} \left(C_N = \left(\frac{95,76}{\sigma'_{vo}} \right)^{1/2} \right)$$

σ'_{vo} = Deney yapılan yerde düşey jeolojik efektif gerilme

N = Deneyde belirlenen vuruş sayısı

η_1 = tokmak cinsi ve düşme düzeneyine bağlı olarak verilen E_r oranlarının $E_{rb} = \%70$ oranına bölünmesiyle elde edilecek katsayı ($\eta_1 = E_r/E_{rb}$)

η_2 = T_{ij} uzunluğuna bağlı katsayı

η_3 = Örnek alıcıda kılıf düzeltmesi

η_4 = Sondaj deliği çapı ile ilgili düzeltmedir.

Sondaj aygıtı ve donanımının tür ve durumuna bağlı olarak her deney sisteminde bir girme enerjisi oranı (E_r) değeri bulunduğu görülerek bunun standartlaştırılabilmesi için E_r değerine göre genel kabul gören bir düzeltmenin (E_{rb}) yerinde olacağı benimsenmiştir. En yaygın

kullanılan oran $E_{rb} = \%70$ 'dir. Bazı ülkelerde kullanılan tokmak ve düşme mekanizmalarına göre E_r değerleri önerilmektedir. Yapılan SPTler için $E_r = 60$ olarak seçilmiştir. Buna göre; η_1 aşağıdaki gibidir:

$$\eta_1 = \frac{E_r}{E_{rb}} = \frac{60}{70} = 0,86 \quad (3.2)$$

Bu araştırma çalışmasında kullanılmış olan donanım için η_{2-4} değerleri pratik olarak 1,0 alınmıştır. Bu durumda bu çalışmada SPT düzeltme eşitliği aşağıdaki gibidir:

$$N'_{70} = \left(\frac{95.76}{\sigma'_{v0}} \right)^{1/2} \times N \times 0,86 \quad (3.3)$$

Yapılan 3 adet DMT sondajına en yakın sondaj kuyularında belirlenen SPT N değerleri temel alınarak ve yukarıdaki eşitlik kullanılarak N'_{70} değerleri hesaplanmıştır. Bu değerlere bağlı olarak Şekil 3.4 ve 3.5 ile belirlenen drenajsız kayma mukavemeti ve hacimsel sıkışma katsayıları Ek-4'te sunulmaktadır.

3.1.2.2.3 Arazi Veyn Deneyi

Bu deney, yumuşak-orta katı ince daneli zeminlerin drenajsız kayma mukavemetini belirlemek için yapılır. Dört kanatlı düz ya da konik uçlu bıçak, zemine uygun bir derinliğe kadar batırılır. Daha sonra bıçağı çevirebilecek maksimum tork ölçülür. Bıçağın boyutlarına ve ölçülen maksimum torka bağlı olarak arazi S_u değeri hesaplanır. Üniform, izotropik koşullarda düşey ve yatay yöndeki drenajsız kayma mukavemeti eşit kabul edilir. Buna göre;

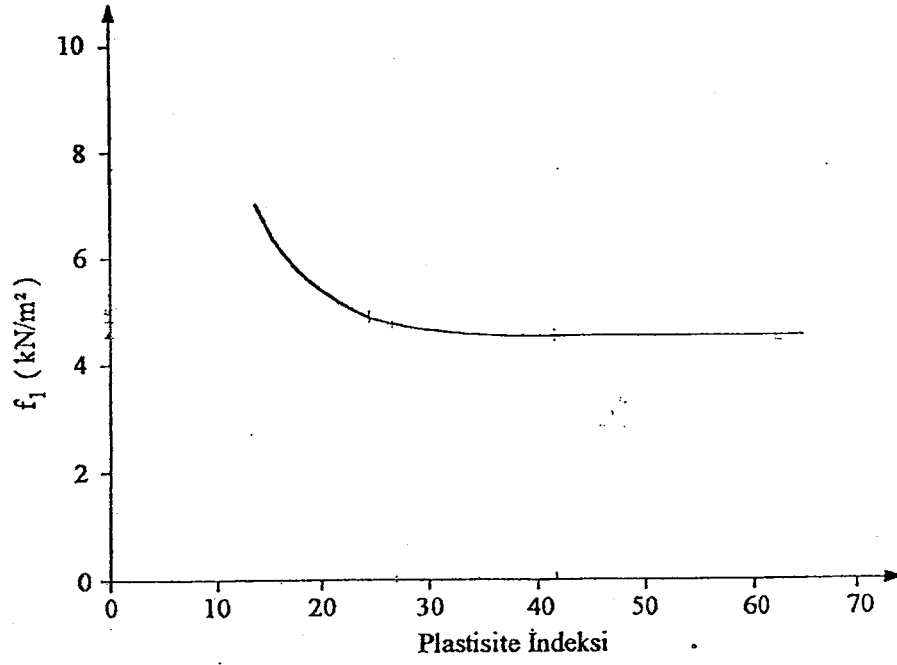
$$T = S_u \cdot \pi \cdot D^2 \left(\frac{H}{2} + \frac{D}{6} \right) \quad (3.4)$$

Burada;

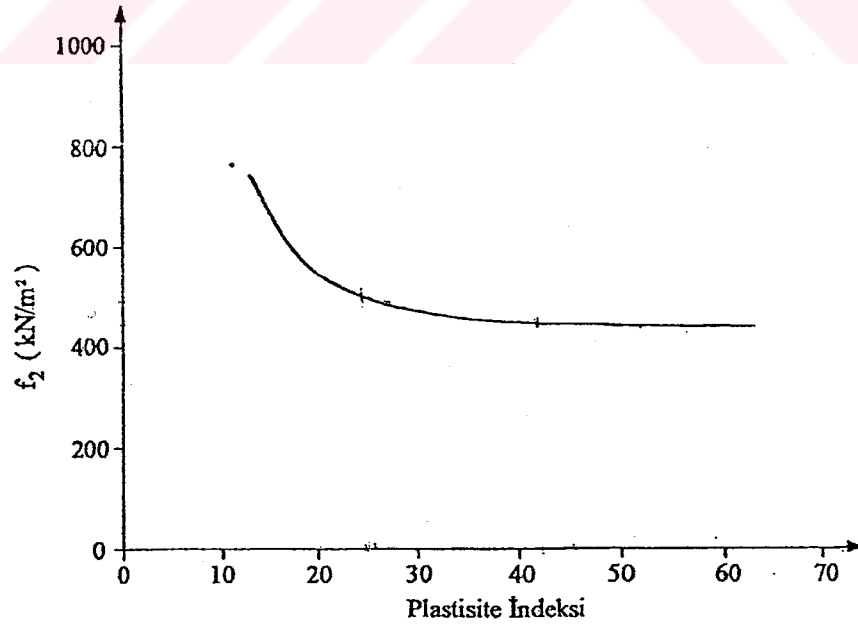
T = Arazi Veyn Tork değeri (kNm)

S_u = Drenajsız Kayma Mukavemeti (kN/m²)

D, H = Veyn kanatlarının çap ve boyudur (m).



Şekil 3.4 $f_1=C_v/N$ değerinin plastisite indeksi ile değişimi (Stroud ve Butler, 1975)



Şekil 3.5 $f_2=1/(m_v.N)$ değerinin plastisite indeksi ile değişimi (Stroud ve Butler, 1975)

Arazi veyn deneyleri dilatometre deneyinin yapıldığı yerlerde yapılmıştır. Eşitlik 3.4 kullanılarak ($D = 0,07$ m ve $H = 0,14$ m. için), arazi veyn deneyi ile elde edilen S_u değerleri DMT1, DMT2 ve DMT3 için aşağıdaki gibidir:

<u>Deney No</u>	<u>Derinlik (m)</u>	<u>T (kNm)</u>	<u>S_u (kN/m²)</u>
DMT 1	2,25	36	29
DMT 2	2,15	60	48
DMT 3	1,20	85	68

3.1.2.3 Laboratuvar Deneyleri

Sondajlar sırasında örselenmemiş zemin örnekleri alınmış olup; bu örnekler üzerinde aşağıda sıralanan laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Laboratuvar deney sonuçları Ek-5'te sunulmuştur. Bu çalışma kapsamında yapılan laboratuvar deneyleri aşağıdaki gibi sıralanmıştır.

- Hidrometre Analizi
- Doğal Su Kapsamı
- Dane Birim Hacim Ağırlığı
- Serbest Basınç Deneyi
- Üç Eksenli Basınç Deneyi (UU)
- Konsolidasyon Deneyi

3.2 İstanbul Büyükçekmece Atatürk Mahallesi Yapılan Zemin Araştırması

İstanbul, Büyükçekmece Atatürk Mahallesi Hasan Şevket Caddesi No: 60 adresinde bulunan Pafta 10-Parsel 2701 arazisinde bir "Geoteknik Araştırma" yapılmıştır. Bunun için öncelikle sahadaki zemin koşullarının belirlenmesi, temellerin tasarımında kullanılacak güvenli taşıma gücü ve oturmaların hesaplanması, yamaç duraylılığı sorununun olup olmadığının incelenmesi, yapının tasarımı hazırlanırken kullanılacak olan zemin, deprem yükleri ve zemin dinamiği parametrelerinin belirlenmesi için bir araştırma yapılması istenmiştir.

İnceleme alanının yer aldığı kesimde yoğun yapılaşma bulunması ve yataya yakın bir yerbiçiminin egemen olduğu doğal zemin tabakalarının yeterince gözlemlenebilecek şekilde yüzeylememekte oluşu; bu zemin biriminin üzerinde yörede daha önce yapılmış olan araştırmalardan edinilen izlenimlere göre yer yer heterojen zemin koşullarının bulunduğu bilinmesi; ve yapılacak yapının 1 yarım bodrum ve 3 normal katlı bir iş yeri yapısı oluşu nedenleri ile çalışma “Sondajlı ve dilatometreli bir Jeoloji ve Geoteknik İncelemesi” niteliğinde yapılmıştır.

Bu amaçla, arsada 2 adet zemin araştırma sondajı ve 1 dilatometre sondası yapılmış ve zemin özellikleri incelenmiştir.

3.2.1 Jeoloji

3.2.1.1 Bölgesel Jeoloji

İnceleme Alanı, İstanbul’un batı yakasında Tersiyer yaşlı tortullardan oluşan, yalın bir jeoloji ortamında yer almaktadır. Bu yörede altta Oligomiyosen yaşlı kalın Gürpınar (Kestanbol) Formasyonu istifli, üzerinde de başlıca üç birimden kurulu Üst Miyosen yaşlı Çekmece Formasyonu tortul tabakaları yer almaktadır.

3.2.1.2 İnceleme Alanının Jeolojisi

İnceleme alanı ve çevresini de kapsayan kıyı kuşağında, genç Kuvaterner ve güncel yaşlı kıyı alüvyonları yer almaktadır. Bu kıyı alüvyonları örtüsünün doğuda yaygın olarak görülen kumtaşı aratabakaları kapsayan Gürpınar Formasyonu tabakalarını örttüğü ve bütün kıyı kesiminde yayıldığı görülmektedir. Bu alüvyon kıyı kuşağı boyunca yaygın olarak görülebilmekte ve çoğunlukla üst kısımda kaba kumlardan derinleştikçe siltli ince kumlara dönüştüğü ve yer yer sık, yer yer seyrek dağılımlı kavkı kırıntılarını da kapsamaktadır. Yapılan araştırma sondajlarından her üçünde de sondaj sonu olarak belirlenen 20 m’lik kesitte bu alüvyon tabakasından çıkılamamıştır.

3.2.2 Yapılan Çalışmalar

İstanbul Büyükçekmece Atatürk Mahallesinde, zemin koşulları ve alınması gereken önlemlerin belirlenebilmesi için sondajlı bir araştırma yapılmıştır. Bu sondajlarda zemin kesiti tanımlanmış olup, örselenmiş zemin örnekleri üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile fiziksel ve mekanik zemin özellikleri bulunmuştur. Arazide bir adet DMT sondajı ve SPT

deneyleri yapılmış olup, bunlara ait verilere de yer verilmektedir.

3.2.2.1 Araştırma Sondajları

İnceleme çalışmaları kapsamında 3 noktaya araştırma sondajı yapılmıştır (Şekil 3.6). Sondajlar yapıldıkları sıraya göre “S1, S2, S3” olarak birer sıra no.su ile tanımlanmıştır.

Bunlardan ikisi, S1 ve S3 sondajları 20’şer m. derinlikli olarak yapılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2 Yapılan zemin araştırmasının sondaj bilgileri

Sondaj No	YASS Derinliği	Sondaj Derinliği
S1	0,50	20 m
S2	0,50	20 m
S3	0,50	20 m

S2 sondajı, başlangıçta 10 m. derinliğe kadar aynı teknikle delinmiş ve aynı çalışmalar yapılmış olup, 10-20 m. derinlikleri arasında da DMT sondalaması yapılarak ilerlenmiştir. Bu şekilde derlenen veriler kullanılarak hazırlanan sondaj logları Ek-6’da sunulmaktadır.

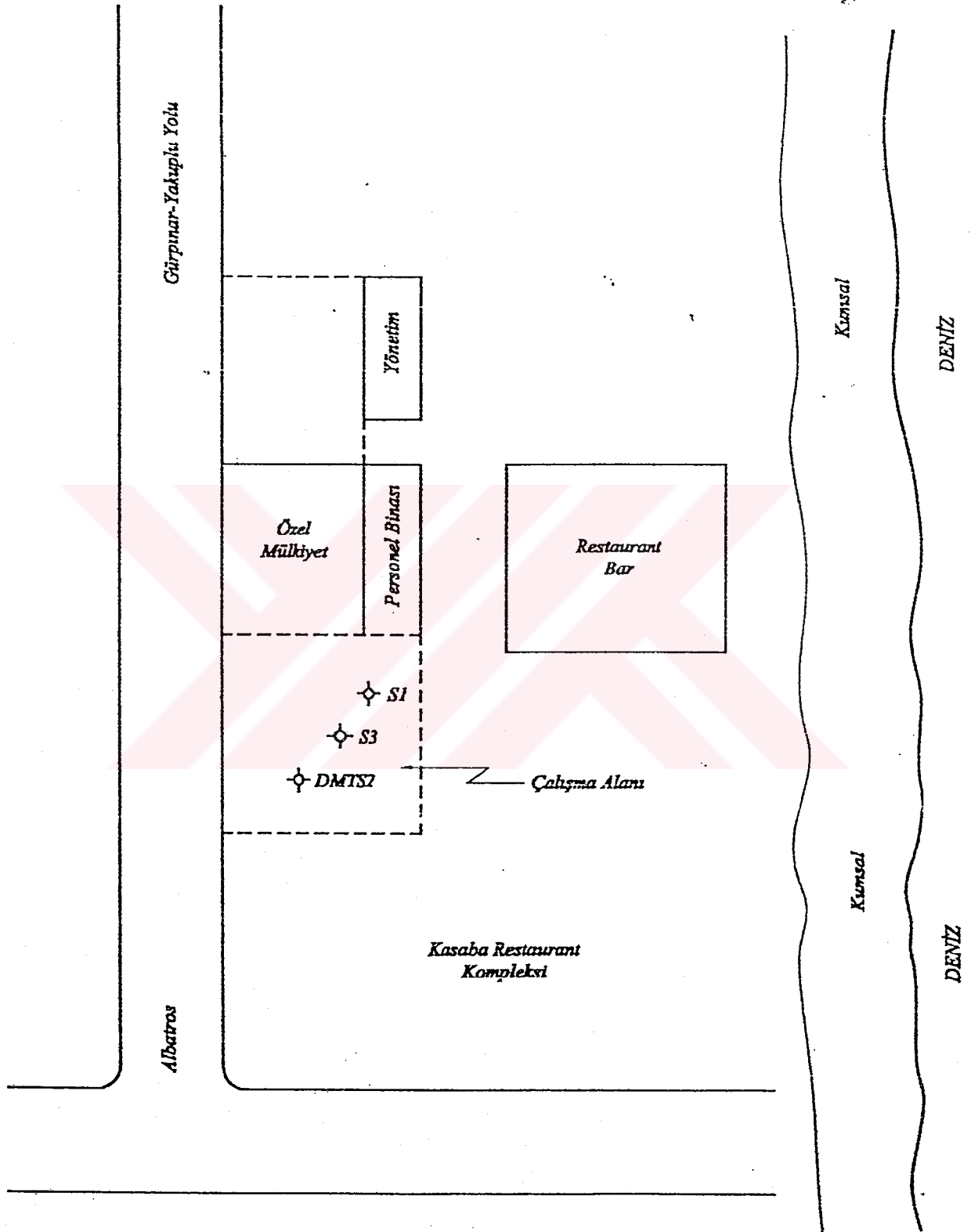
3.2.2.2 Yerinde Deneyler

Farklılık gösteren zemin tabakalarının yerinde özelliklerini belirleyebilmek için DMT sondajı ile sondajlar sırasında SPT deneyleri yapılmıştır. Bu deneyler aşağıda sırasıyla sunulmaktadır.

3.2.2.2.1 Dilatometre Deneyi

Bu çalışmalar kapsamında S2 sondajının yarısında Dilatometre sondalaması yapılmıştır. Bölüm 2.2’de anlatıldığı gibi DMT bacağı ve deney işlemlerinin kontrol edildiği denetim birimi kullanılarak 18.00 m. derinliğe kadar DMT bacağı ilerletilmiş ve gerekli okumalar alınmıştır.

Deneye başlamadan önce DMT bacağının ayarlaması Bölüm 2.3’de anlatıldığı gibi yapılmış olup, ΔA_{ort} ve ΔB_{ort} değerleri belirlenmiştir. Deney sırasında dilatometre plakası 25’er cm.lik derinlik aralıklarıyla örselenmemiş zeminin içine itilmiş ve Bölüm 2.4’de yer alan işleme uyularak A, B okumaları alınmış ve bu okumalar kullanılarak yapılan DMT hesaplamaları Ek-7’de sunulmuştur.



Şekil 3.6 Araştırma sondajları ve DMT deney yerleri

DMT sondajı sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda Bölüm 3.1.2.2.1’de anlatılan eşitlikler kullanılarak, düzeltilmiş A-Basıncı p_0 , düzeltilmiş B-Basıncı p_1 , malzeme indeksi I_D , dilatometre modülü E_D , yatay gerilme indeksi K_D , yanal itki katsayısı K_0 , aşırı konsolidasyon oranı AKO, drenajlı sınırlanmış modül M , drenajsız kayma mukavemeti C_u hesaplanmıştır. Bölüm 3.1.2.2.1’de de belirtildiği üzere, bu hesaplamalar için verilen eşitliklerden yararlanılabileceği gibi yine aynı eşitliklere dayanan D144 adlı bilgisayar programı da kullanılabilir. Yapılan DMT sondajına ait veriler D144 programı ile değerlendirilmiş olup, Ek-7’de bilgisayar çıktısı şeklinde sunulmuştur.

3.2.2.2.2 Standart Penetrasyon Deneyi

Sondajlar sırasında zemin tabakalarının dayanımlarını belirleyebilmek üzere, açılan sondaj kuyularından genellikle 1,5 m’de bir standart penetrasyon deneyleri yapılmış olup, SPT N değerleri Ek-6’daki sondaj loglarında görülmektedir. SPT N değerleri Bölüm 3.1.2.2.2 de anlatıldığı gibi düzeltilerek, Şekil 3.2 ve 3.3 ile belirlenen drenajsız kayma mukavemeti değerleri Ek-8’de sunulmuştur.

3.2.2.3 Laboratuvar Deneyleri

Bu çalışma kapsamında yapılan sondajlar sırasında alınan 13 adet örselenmiş zemin örneği üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır. Bu çalışma kapsamında aşağıda sıralanan laboratuvar deneyleri yapılmış olup; deney sonuçları Ek-9’da sunulmaktadır.

- Dane Boyutu Dağılımı
- Hidrometre Analizi
- Doğal Su Kapsamı
- Özgül Ağırlık

3.3 İstanbul Eyüp’de Yapılan Zemin Araştırması

İstanbul Eyüp’de, Eyüp Camii yakınında ve Haliç kıyısındaki bir alanda yapılması tasarlanan katlı otopark ve kurban kesimhanesi için jeoloji ve zemin yapısına ilişkin bilgilerin derlenmesi amacı ile bir çalışma yapılmıştır.

Çalışma kapsamında, bu tasarım için ayrılan arazide 1 adet sondaj yapılarak zemin kesiti tanımlanmış; alınan örnekler üzerinde laboratuvar deneyleri yapılmıştır.

3.3.1 Jeoloji

3.3.1.1 Bölgesel Jeoloji

İnceleme alanı İstanbul'un Batı Avrupa yakasında, Haliç'in Güneybatı kıyısında, Eyüp'te yer almaktadır. İstanbul'un bu kesimi Birinci Zaman, Karbonifer'de çökelmiş kırıntılı kayalardan oluşan bir temel ile, yakın zamanda Haliç'te çökelmiş genç-güncel tortullardan oluşmaktadır.

Karbonifer Trakya Formasyonu'ndan oluşan temel, matriksinde kil oranı yüksek olan grovak niteliğindeki kumtaşları ile, yer yer bunlarla ardalanan şeyllerden oluşmaktadır. Genellikle çok ayrışmış, çok çatlaklı, çatlak yüzeyleri killi kaya niteliğinde görülmektedir. Eyüp merkezi ve inceleme alanında ise Haliç Vadisi'ni dolduran alüvyonlardan oluşan genç çökeller yer almaktadır. Yüzeyde bu istifin özelliklerinin incelenebileceği bir kesit bulunmamaktadır. Bu alüvyon keşidine ilişkin bilgiler yapılan sondajlarla derlenmeye çalışılmıştır.

İstanbul'un birçok yan vadisinde olduğu gibi Haliç içinde de Halosen'den bugüne geçen dönemde çökelen istif özgün bir nitelik göstermektedir. Son buzul döneminde, günümüzden 17.000 yıl kadar önce deniz düzeyi bugünkünden 100 m. kadar alçaldığında bu vadiler hızla ve derince oyulmuş; ancak, daha sonra 5000 yıl kadar önceden başlayarak kısa sürede yükselen deniz bu vadileri basarak birer halice dönüştürmüş, bu süreç içinde yumuşak, organik gereç yönünden zengin killer çökelmiştir. Haliç'te de bu nitelikte ve oldukça kalın çökellerin biriktiği bilinmektedir.

Meriç ve Sakıncı (1991) bildirilerinde Haliç ve Tüp geçişinde yapılan sondajlarda kesilen ve yaşları 7400 ± 1300 yıl olarak belirlenen çökellerin, temel'in üzerinde akarsu tortulları ile başlayan, denizel çökellerle süren, tuzlu su ortamında çökelmiş çamurlarla ve en sonunda da kömür kırıntılı gri-siyah çamurlarla tamamlanan bir istifinin olduğunu belirtmektedirler.

Haliç'in kıyı kesiminde yer alan inceleme alanında ilk 6.00m derinlik boyunca heterojen dolgu tabakası bulunmakta olup, bu tabakanın altında alüvyon gözlenmektedir. Bu alüvyon az siltli, ince kumlu, kavkılı siyahımsı gri renkli yumuşak zayıf kil ve yoğun olarak kavkı yığılımları içermektedir.

3.3.2 Yapılan Çalışmalar

İstanbul Eyüp'de Kurban Kesimhanesi ve Katlı Otopark İnşaatı için belirlenen arazide 2 adet DMT sondajı ile araştırma sondajları yapılmıştır. DMT1 sondajı 6,50-13,50 m, DMT2 sondajı 7,60-13,80 m derinlikleri arasında olup, iki DMT sondajı arası 1 m uzaklıktadır. Bu bölgedeki

zemin kesitinin belirlenebilmesi için DMT sondajlarının yakınında araştırma sondajları yapılarak örselenmiş ve örselenmemiş zemin örnekleri alınmıştır. Bu örnekler üzerinde yapılan laboratuvar deneyleri ile fiziksel ve mekanik zemin özellikleri belirlenmiştir.

Zemin değerlendirmesinde en önemli tabaka olan alüvyonun kıvamının yumuşaklığı nedeni ile istenildiği gibi örselenmemiş örnek almada başarılı olunamamış, alınan örselenmemiş örnek sayısı oldukça sınırlı kalmıştır. Arazide DMT sondajlarının yanı sıra SPT deneyleri de yapılmış olup; bunlara ait verilere ileride değinilecektir.

3.3.2.1 Araştırma Sondajları

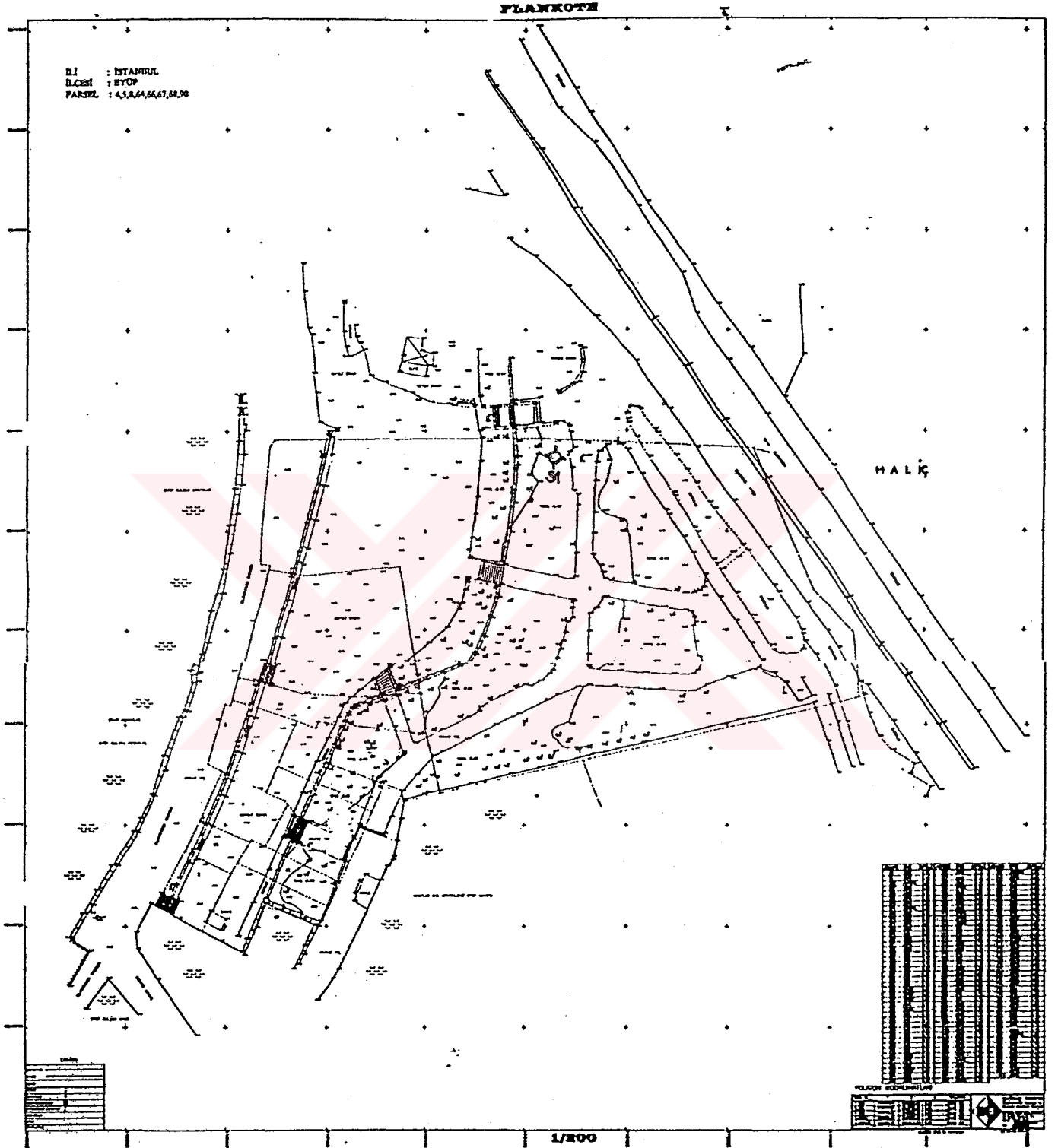
İnceleme çalışmaları kapsamında 1 adet araştırma sondajı (S1) yapılmıştır. Sondaj yerleri Şekil 3.7’de görülmektedir. Sondajlar dönmeli sondaj tekniği ile yapılmıştır. Bu sondajlarda zemin kesiti tanımlanmış; SPT deneyleri yapılmış; örselenmiş ve az sayıda örselenmemiş zemin örnekleri alınmış; sondaj deliği içinde yer altı su seviyesi belirlenmiştir. Bu şekilde elde edilen veriler kullanılarak hazırlanan sondaj logları Ek-10’da sunulmaktadır.

3.3.2.2 Yerinde Deneyler

3.3.2.2.1 Dilatometre Deneyi

Bu çalışmalar kapsamında S1 sondajının yakınında 2 adet Dilatometre sondalaması yapılmıştır. Bölüm 2.2’de anlatıldığı gibi DMT bıçağı ve deney işlemlerinin kontrol edildiği denetim birimi kullanılarak 6.50-13.50 m ve 7.60-13.80 m. derinlikleri arasında DMT bıçağı ilerletilerek gerekli okumalar alınmıştır.

Deneye başlamadan önce DMT bıçağının ayarlaması Bölüm 2.3’de anlatıldığı gibi yapılmış olup, ΔA_{ort} ve ΔB_{ort} değerleri belirlenmiştir. Deney sırasında dilatometre plakası 20’er cm’lik aralıklarla örselenmemiş zeminin içine itilmiş ve Bölüm 2.4’de yer alan işleme uyularak A, B okumaları alınmış ve bu okumalar kullanılarak yapılan DMT hesaplamaları Ek-11’de sunulmuştur. DMT deneyleri sırasında C okuması yapılmamış olup; DMT1 deneyi sırasında 7,90 m ve 8,50 m; DMT2 deneyi sırasında 7,80 m; 8,20 m; 9,00 m; 10,60 m; 12,40 m. derinliklerde DMTC sönümlleme deneyi yapılmıştır. Bu deney Bölüm 2.4.3’de anlatıldığı gibi uygulanmış olup zamana bağlı okumaları Ek-11’de yer alan DMTC sönümlleme veri kağıdına kaydedilmiştir.



Şekil 3.7 Araştırma sondajı ve DMT deney yerleri

DMT deneyi sonucunda elde edilen veriler doğrultusunda Bölüm 3.1.2.2.1’de anlatıldığı gibi, düzeltilmiş A-Basıncı p_0 , düzeltilmiş B-Basıncı p_1 , malzeme indeksi I_D , dilatometre modülü E_D , yatay gerilme indeksi K_D , yanal itki katsayısı K_0 , aşırı konsolidasyon oranı AKO, drenajlı sınırlanmış modül M , drenajsız kayma mukavemeti C_u hesaplanmıştır. Bölüm 3.1.2.2.1’de de belirtildiği üzere, bu hesaplamalar için verilen eşitliklerden yararlanılabileceği gibi yine aynı eşitliklere dayanan D144 adlı bilgisayar programı da kullanılabilir. Yapılan DMT sondajına ait veriler D144 programı ile değerlendirilmiş olup, Ek-11’de bilgisayar çıktısı şeklinde sunulmuştur.

3.3.2.2 Standart Penetrasyon Deneyi

Sondajlar sırasında zemin tabakalarının sıklık ve kıvamını belirleyebilmek üzere, açılan sondaj kuyularında 2,00 m’de bir standart penetrasyon deneyleri yapılmış olup, SPT N değerleri Ek-10’daki sondaj loglarında görülmektedir.

SPT N değerleri Bölüm 3.1.2.2.2 de anlatıldığı gibi düzeltilerek, drenajsız kayma mukavemeti C_u ve sınırlanmış modül M değerleri Ek-12’de sunulmuştur.

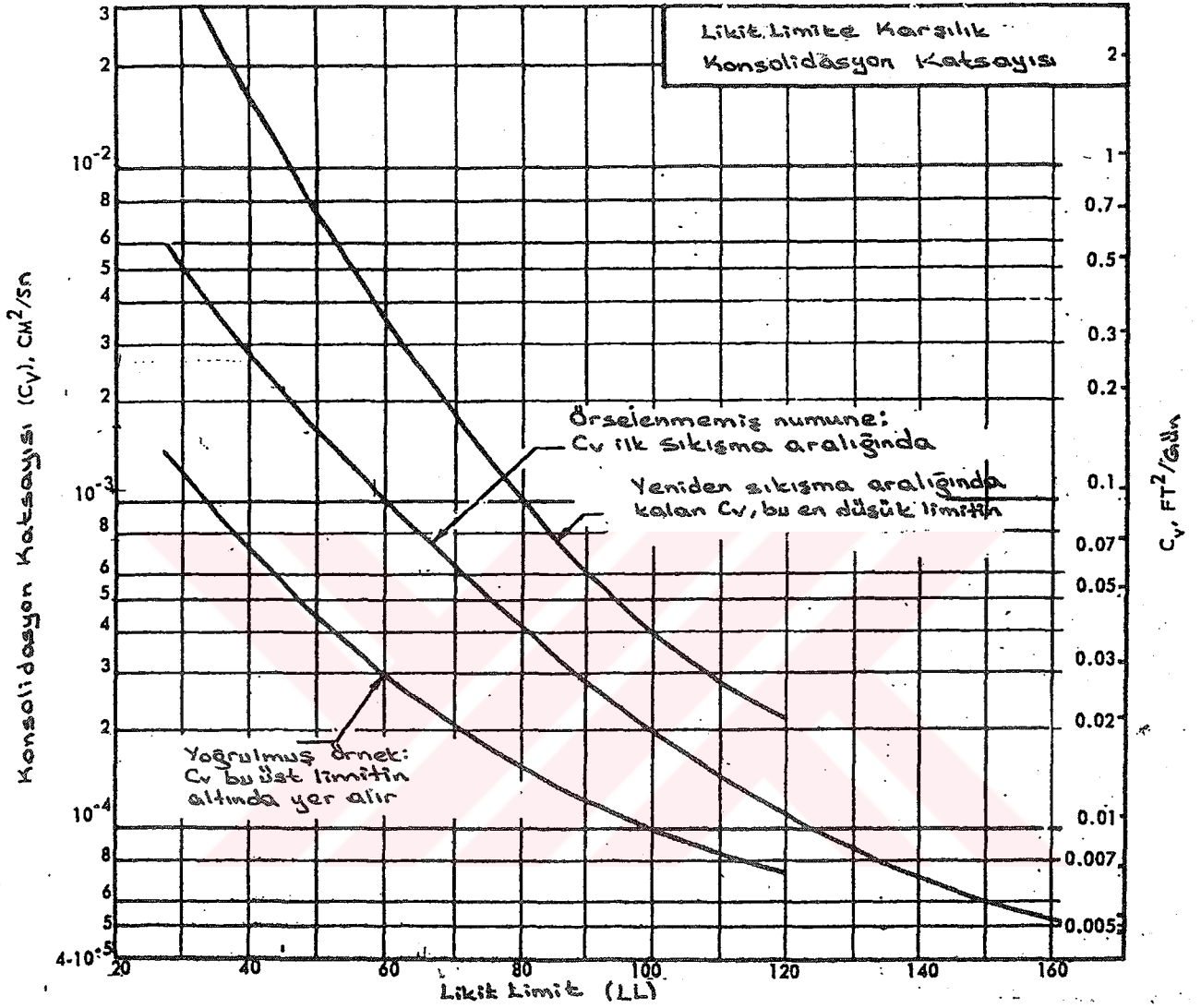
3.3.2.3 Laboratuvar Deneyleri

Bu çalışma kapsamında yapılan sondajlar sırasında alınan örselenmiş ve az sayıdaki örselenmemiş zemin örnekleri laboratuara getirilmiş ancak örselenmemiş örnekler çok su içerdiğinden element deneyi için zemin örneği hazırlama olanağı bulunamamıştır. Yapılabilen laboratuvar deney sonuçları Ek-13’de sunulmaktadır.

- Elek Analizi
- Kıvam Limitleri
- Doğal Su Kapsamı

Alınan zemin örneklerinin uygun olmaması sebebiyle konsolidasyon deneyi yapılamamış olup; konsolidasyon katsayısı aşağıda sunulan Şekil 3.8 yardımıyla hesaplanmıştır (Carter ve Bentley, 1991). Zemin geçirgenliği çok geniş bir aralıkta farklılık göstermektedir. Bunun gibi konsolidasyon katsayısı da geçirgenliği düşük killerde $1\text{m}^2/\text{yıl}$ ’dan, geçirgenliği yüksek olan fisürlü killer, kumlu killer ve ayrılmış kayalarda $1000\text{m}^2/\text{yıl}$ ’a kadar farklılık göstermektedir. Şekil 3.8’de killer için likit limite bağlı olarak bulunabilen düşey konsolidasyon katsayısı değerleri görülmektedir. Likit limit ile düşey konsolidasyon katsayısı arasında önerilen

yaklaşık bağıntıyı gösteren Şekil 3.8 kullanılarak düşey konsolidasyon katsayısı C_v değerleri belirlenmiş olup; bu değerler Ek-13'de sunulmuştur.



Şekil 3.8 Likit limit ile düşey konsolidasyon katsayısı arasındaki yaklaşık bağıntıyı gösteren eğri (Carter ve Bentley, 1991)

4. DMT DENEYİNİN DEFORMASYON PARAMETRELERİ YÖNÜNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu çalışma kapsamında üç farklı zemin üzerinde DMT deneyleri yapılarak; bu zeminlerin fiziksel ve mekanik özellikleri belirlenmiştir. DMT deneyi verilerinin kullanıldığı değişik araştırmacılar tarafından önerilen ampirik bağıntılar yardımıyla, sükunetteki yanıl itki katsayısı, aşırı konsolidasyon oranı, sınırlanmış modül (hacimsel sıkışma katsayısı), yatay konsolidasyon katsayısı, elastisite modülü gibi deformasyon parametreleri hesaplanmış olup; arazi ve laboratuvar deneyleri yapılarak DMT deneyi sonucunda elde edilen bu parametreler değerlendirilmiştir.

DMT deneyi deformasyon parametreleri yönünden, sırasıyla laboratuvar ve bu çalışma kapsamında uygulanan arazi deneyleriyle karşılaştırılmış olup; Marchetti ve diğer araştırmacıların bu konudaki çalışmalarından bazılarına da yer verilmiştir.

4.1 DMT-Laboratuvar Sonuçlarının Karşılaştırılması

4.1.1 Edirne-Uzunköprü’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları

Bölüm 3.1’de anlatıldığı gibi Uzunköprü ilçesinde yapılan yerleşime uygunluk amaçlı jeolojik araştırma sırasında DMT deneyleri uygulanmıştır. Alüvyon tabakada yapılan DMT deneylerinin sonuçları ile laboratuvar deney sonuçlarının karşılaştırıldığı Çizelge 4.1 aşağıda verilmektedir. Çizelge 4.1’de yer alan zemin parametreleri ile ilgili değerlendirmeler sırasıyla şöyledir:

Zemin Sınıflaması ve Birim Hacim Ağırlık

Edirne Uzunköprü’de yapılan çalışma sırasında alınan zemin örnekleri üzerinde kıvam limitleri, elek analizi, hidrometre, doğal birim hacim ağırlık ve dane birim hacim ağırlığı deneyleri yapılmış olup; zemin sınıflandırılmış ve birim hacim ağırlıkları belirlenmiştir. Yapılan üç adet DMT deneyleri sonucunda Bölüm 2.6.3’de anlatıldığı gibi Şekil 2.17 kullanılarak malzeme indeksi I_D ve dilatometre modülü E_D ’ye bağlı olarak zemin sınıflaması yapılmış ve birim hacim ağırlık elde edilmiştir. Bu değerler Çizelge 4.1’de görüldüğü gibidir.

Çizelge 4.1 Uzunköprü Belediyesi yerleşime uygunluk amaçlı jeolojik araştırmanın laboratuvar deneyleri ile DMT deneyi sonuçlarının karşılaştırılması

Yapılan Deney	Derinlik (m)	Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması	Birim Hacim Ağırlık γ (g/cm ³)	Drenajsız Kayma Mukavemeti C_u (kPa)	Sınırlanmış Modül M (kPa)	Elastisite Modülü E (kPa)	Ön Yükleme Basıncı P_o (kPa)	AKO	K_o	c_v (cm ² /dak)
Laboratuvar Deneyleri*	0,60-6,00	Düşük Plastisiteli Siltli Kil	1,95	54	5163,10	6728,00	130,00	2,50	1,00	0,03
DMT1	1,50-6,75	Silt, Killi Silt ve Kumlu Silt	1,76	52	22219,00	17774,00	363	7,35	1,48	0,67
Laboratuvar Deneyleri*	1,80-3,50	Yüksek Plastisiteli Siltli Kil	1,81	75	7705,91	-	300	5,84	1,25	-
	3,50-6,00	Düşük Plastisiteli Siltli Kil	1,92	56	6613,11	-	213	2,66	1,10	-
DMT2	2,35-3,55	Silt ve Killi Silt	1,73	42	17900,00	14320,00	266	5,60	1,20	-
	3,55-4,45	Kumlu Silt ve Silt	1,70	38	17500,00	14000,00	229	4,00	1,16	-
Laboratuvar Deneyleri*	0,60-2,90	Düşük Plastisiteli Siltli Kil	1,95	55	5982,73	-	140	5,64	1,30	-
	4,00-6,00	Düşük Plastisiteli Siltli Kil	1,95	55	5967,80	-	140	2,00	0,90	-
DMT3	1,35-2,85	Kil, Killi Silt ve Silt	1,70	44	15530,00	12424,00	314	10,66	1,70	-
	4,35-6,35	Silt ve Killi Silt	1,80	60	26522,00	21217,00	403	7,29	1,47	-

* DMT1, S13; DMT2, S25; DMT3, S10 yakınında yapılmıştır.

Birim hacim ağırlık için hesaplanan hata yüzdeleri şöyledir:

Çizelge 4.2 Birim hacim ağırlık için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata = $\frac{\gamma_{DMT} - \gamma_{ölçülen}}{\gamma_{ölçülen}}$ (%)
DMT 1	0.60-6.00	-11
DMT 2	1.80-3.50	-4
	3.50-6.00	-11
DMT 3	0.60-2.90	-13
	4.00-6.00	-8

Yukarıdaki değerler Çizelge 4.4’de verilen ve PennDot Manual (Schmertmann,1988b)’da yer alan hata yüzdeleri ile karşılaştırılacak olursa kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı söylenebilir. Laboratuvar element deneyleri sonucunda yapılan zemin sınıflaması, DMT deneyi sonucunda I_D ’ye bağlı olarak yapılan zemin sınıflaması ile karşılaştırıldığında; her iki zemin sınıflamasının birbiriyle uyumlu olduğu görülmektedir (Çizelge 4.1)

Yanal İtke Katsayısı, Ön Yükleme Basıncı, Aşırı Konsolidasyon Oranı

Bölüm 2.6.9’da anlatıldığı gibi DMT deneyi verileri kullanılarak aşırı konsolidasyon oranları belirlenmiş olup; bu değerler ile ödometre deneyi sonucunda elde edilen aşırı konsolidasyon oranları Çizelge 4.1’de sunulmuştur. Edirne Uzunköprü siltli kili için hesaplanan AKO hata yüzdeleri ve AKO_{DMT}/AKO oranları aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.3 Aşırı konsolidasyon oranı için hesaplanan hata yüzdeleri ve oranları

Deney No	Derinlik	Hata = $\frac{AKO_{DMT} - AKO_{Ödo}}{AKO_{Ödo}}$ (%)	$\frac{AKO_{DMT}}{AKO}$
DMT1	0.60-6.00	194	2.94
DMT2	1.80-3.50	-4	0.96

DMT2	3.50-6.00	50	1.50
DMT3	0.60-2.90	89	1.89
	4.00-6.00	264	3.64

Çizelge 4.4 ve Çizelge 2.7, 2.8’de görülen hata yüzdeleri ve oranları ile yukarıdaki değerler karşılaştırıldığında genel olarak uyumlu oldukları söylenebilir.

DMT verileri kullanılarak aşırı konsolidasyon oranının yanı sıra ön yükleme basınçları da hesaplanmıştır. Bu değerler ödometre ile elde edilen ön yükleme basınçları ile birlikte Çizelge 4.1’de sunulmuştur. DMT’den elde edilen ön yükleme basınçlarının ödometreden elde edilen ön yükleme basınçlarına oranı aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.5 Ön yükleme basıncı için hesaplanan hata oranları

Deney No	Derinlik	$\frac{P'_{C \text{ DMT}}}{P'_{C \text{ Odo}}}$
DMT1	0.60-6.00	2.79
DMT2	1.80-3.50	0.89
	3.50-6.00	1.08
DMT3	0.60-2.90	2.42
	4.00-6.00	2.88

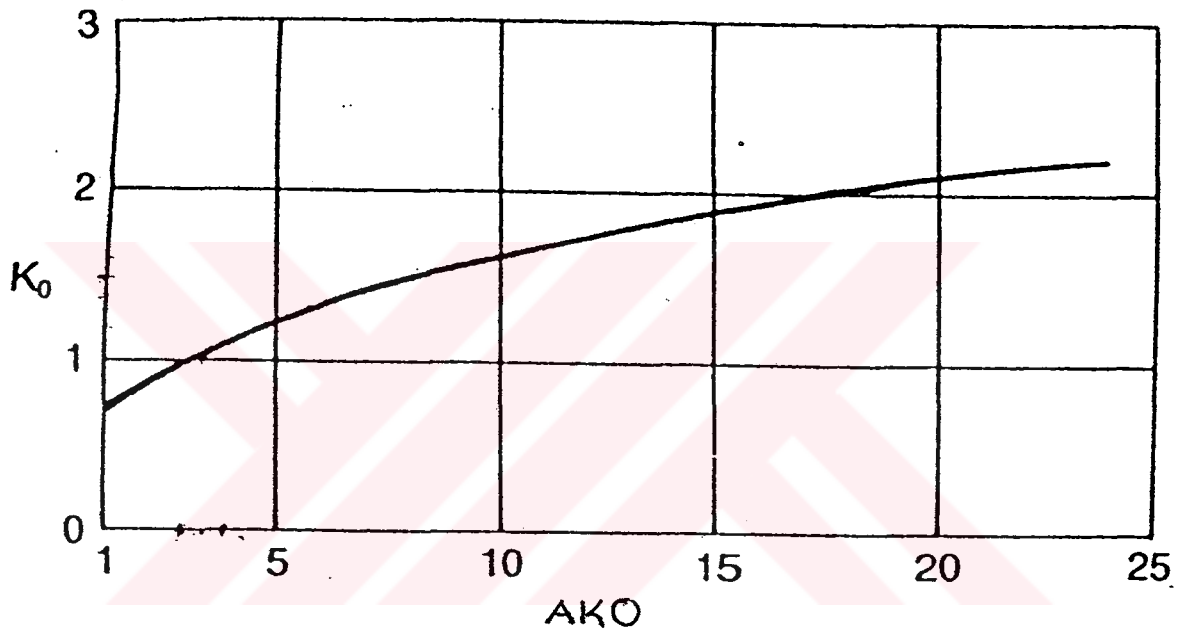
Ön yükleme basıncı ile AKO zeminin gerilme tarihçesi ile bağlantılı olduğu için DMT ile belirlenen bu parametrelerin aynı hata aralıklarına sahip olması beklenecektir. Buna göre; yukarıdaki değerler kabul edilebilir sınırlar içerisinde (Çizelge 4.4).

DMT deneyi verileri kullanılarak elde edilen bir diğer zemin parametresi yanal itki katsayısı K_0 ’dır. Bölüm 2.6.2’de anlatıldığı gibi K_0 , yatay gerilme indeksi K_D ’ye bağlı olarak bulunmaktadır. Edirne Uzunköprü siltli kili için DMT ve ödometre deneyinden bulunan K_0 değerleri Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

Çizelge 4.4 DMT deney sonuçlarının laboratuvar ve arazi deney sonuçları ile karşılaştırılması
(Schmertmann, 1988b)

ZEMİN			Şantiye Sayısı	Hata = $\frac{DMT - \text{Ölçülen}}{\text{Ölçülen}} (\%)$		
Parametresi	Sınıfı	Türü		Ortalama	Standart Sapma	Uç Değerler
AKO	kum ve silt	tümü	4	+16,3	23,2	-10 ~ +45
	kil ve organik	tümü	32	+24,4	52	-74 ~ +182
		a. yaşlı, AK, çimentolanmış	6	+32,7	92,2	-74 ~ +182
		b. çok hassas	5	+82,8	28,9	+50 ~ +128
		c. Kabuk	1	-60	-	-
		d. Organik	3	-4,3	9,4	-15 ~ +3
		a ve c hariç diğerleri	20	+11,6	23	-39 ~ +80
K _o	kum ve silt	tümü	5	+11,4	19,3	-14 ~ +31
	kil ve organik	tümü	16	+0,6	33,4	-69 ~ +35
		a. yaşlı, AK, çimentolanmış	4	-30,5	45,3	-69 ~ +36
		c. Kabuk	1	-40	-	-
		a ve c hariç diğerleri	11	+15,6	15,9	-15 ~ +30
M	kum ve silt	tümü	3	-7	3,6	-10 ~ 0
	kil ve organik	c. Kabuk	4	+302	330	-70 ~ +592
		c hariç diğerleri	27	+1,9	56,9	-79 ~ +140
C _u	kil ve organik	tümü	54	+8	34,6	-50 ~ +160
		=0-0,2 bar	4	-2	16,4	-22 ~ +15
		=0,2-0,5 bar	31	+3,8	27,8	-50 ~ +80
		=0,5 bar üzeri	17	+18,5	47,9	-29 ~ +160
		a. yaşlı, AK, çimentolanmış	6	+25,2	40,6	-20 ~ +79
		c. Kabuk	3	+34	111,1	-50 ~ +160
		a ve c hariç diğerleri	45	+4	24,3	-29 ~ +80
		a, c ve 0,5 bar üzeri hariç diğerleri	10	+1,5	23	-24 ~ +38
φ	kum ve silt	tümü	5	-1	6,8	-7 ~ +10
γ	kil ve silt	tümü	6	+0,2	9,4	-11 ~ +10

Ödometre deneyi sonucunda elde edilen AKO'ları kullanılarak Şekil 4.1 yardımıyla K_0 değerleri elde edilmiştir.



Şekil 4.1 Killer için K_0 ile AKO arasındaki bağıntıyı gösteren eğri (Craig, 1992)

Bu şekilde bulunan K_o değerlerinin hata yüzdeleri şöyledir:

Çizelge 4.6 Sükunetteki yanal itki katsayısı için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata = $\frac{K_{o, DMT} - K_o}{K_o} (\%)$
DMT1	0.60-6.00	48
DMT2	1.80-3.50	-4
	3.50-6.00	5
DMT3	0.60-2.90	30
	4.00-6.00	63

Çizelge 4.4’de verilen hata yüzdeleri ile yukarıdaki değerlerin uyumlu oldukları söylenebilir.

Sınırlanmış Modül

Sıralanmış Modül M Bölüm 2.6.6’da anlatıldığı gibi, ödometre deneyi sonucunda çizilen gerilme-şekil değiştirme eğrisinden, deney yapılan derinlikteki düşey efektif gerilme değeri için hesaplanan tanjant modülüdür. M değeri, bir başka deyişle ödometre modülü E_{odo} ’ye karşılık gelmektedir ve bu değer ise hacimsel sıkışma katsayısı m_v ’nin tersidir ($E_{odo} = 1/m_v = M$). M_{DMT} ise DMT deneyi sonucunda elde edilen M değeridir. M_{DMT} dilatometre deneyi ile elde edilen E_D değerine R_M düzeltme faktörünün uygulanması ile hesaplanır (Bölüm 2.6.6.).

Çizelge 4.1’de ödometre ve DMT deneyi ile hesaplanan M değerleri görülmektedir. Buna göre; Edirne Uzunköprü’de alüvyon tabakadaki siltli kil için dilatometre deneyi ile elde edilen M değerleri ödometre deneyi ile elde edilen M değerlerinden belirgin şekilde daha fazladır. DMT ile ödometre deneylerinin verdiği sonuçlar birbirine oranlanacak olursa; aşağıda görülen değerler elde edilmektedir:

Çizelge 4.7 Sınırlanmış Modül için hesaplanan hata yüzdeleri ve oranları

Deney No	Derinlik	$\frac{M_{DMT}}{M_{ölçülen}}$	Hata= $\frac{M_{DMT} - M_{ölçülen}}{M_{ölçülen}}$ (%)
DMT1	0.60-6.00	2.77	330
DMT2	2.35-3.55	2.29	132
	3.55-4.45	2.42	165
DMT3	1.35-2.85	2.60	160
	4.35-6.35	3.40	344

Jamiolkowski vd. (1988) Toronto siltli kili ile Augusta Kili için Çizelge 2.7, 2.8’de görülen $M_{DMT}/M_{ölçülen}$ oranlarını vermektedir. Çizelge 4.4’de ise PennDot Manual (Schmertmann,1988b)’da yer alan hata aralıkları görülmektedir. Edirne Uzunköprü siltli kilinde M değerleri için hesaplanan oranlar ve hata yüzdeleri Çizelge 2.7, 2.8 ile Çizelge 4.4’de verilen değerlerden biraz daha fazladır. Bunun; zemin örnekleri alınması sırasında meydana geldiği düşünülen örselenmelerden kaynaklandığına inanılmaktadır. Örselenmemiş zemin örneklerinin alınması ve laboratuarda incelenmesi sırasında gerekli koşullar oluşturulması oldukça zordur. Bu da zemin parametrelerinin laboratuvar değerleri ile arazi değerleri arasındaki farkı belirginleştirmektedir. Marchetti (1997), yüzden fazla zeminde yaptığı DMT deneylerinde M_{DMT} değerinin 400 kPa ile 400.000 kPa arasında değiştiğini vurgulamaktadır. Edirne Uzunköprü’de yapılan DMT deneyleri ile elde edilen M değerleri bu aralık içindedir.

Elastisite Modülü

Bölüm 2.6.7’de Elastisite Modülü E’nin DMT deneyi verileri kullanılarak hesaplanma yöntemi anlatılmış olup; 2.32 eşitliği önerilmiştir. Edirne Uzunköprü siltli kili için bu eşitlik kullanılarak hesaplanan E değerleri ile laboratuarda üç eksenli ve serbest basınç deneyi ile hesaplanan E değeri Çizelge 4.1’de görülmektedir. Buna göre hata yüzdesi aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.8 Elastisite modülü için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata = $\frac{E_{DMT} - E_{ölçülen}}{E_{ölçülen}} (\%)$
DMT 1	0.60-6.00	164

Ödometre ve üç eksenli basınç deneylerinden elde edilen parametrelerin her ikisinin de deformasyon parametresi olması ve zeminin gerilme şekil-değiştirme davranışını belirlemesi nedeniyle; sınırlanmış modül ve elastisite modülünün aynı hata yüzdelerine sahip olması beklenmelidir. Buna göre; hesaplanan hata yüzdesi Çizelge 4.4’de verilen aralık dışında kalmaktadır. Bu durum yukarıda değinildiği gibi, zemin örneği alınması sırasında oluşan örselenmeden kaynaklandığı şeklinde değerlendirilmektedir.

Düşey Konsolidasyon Katsayısı

Edirne Uzunköprü siltli kilinden alınan örnekler üzerinde yapılan ödometre deneyleri ile düşey konsolidasyon katsayısı hesaplanmıştır. Bu değer DMTC sönümleme deneyi sonucunda elde edilen değer ile karşılaştırılabilir. Bölüm 2.6.11’de anlatıldığı gibi DMTC sönümleme deneyi verileri kullanılarak hesaplanan düşey konsolidasyon katsayısı laboratuvarda elde edilen değerden daha fazladır (Çizelge 4.1). Bununla birlikte; Marchetti (1997) az sayıda güvenilir veri elde edilmesi nedeniyle; DMT deneyi ile bulunan konsolidasyon katsayısının doğruluğu konusunda yeterince kanıtın bulunmadığını ancak, bu konuda DMT’nin neden ümit verici olduğuna dair bazı fiziksel nedenlerin sıralanabileceğini belirtmektedir. Bu konuya ileride değinilecektir.

4.1.2 Büyükçekmece’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları

Bölüm 3.2’de anlatıldığı gibi Büyükçekmece Atatürk Mahallesinde yapılan zemin araştırması sırasında DMT deneyi uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında örselenmemiş zemin örnekleri alma olanağı bulunamadığından ödometre, üç eksenli basınç, serbest basınç deneyleri yapılamamış; kıvam limitleri, elek analizi, hidrometre ve dane birim hacim ağırlığı deneyleri yapılmıştır. Bu nedenle; laboratuvar deney sonuçları ile DMT deneyi sonuçları zemin sınıflaması ve birim hacim ağırlık değerleri kullanılarak karşılaştırılmıştır.

Zemin Sınıflaması, Birim Hacim Ağırlık

Çizelge 4.9'da laboratuvar deneyleri sonucunda yapılan zemin sınıflaması ve hesaplanan birim hacim ağırlık değerleri ile DMT verileri kullanılarak Şekil 2.17 yardımıyla yapılan zemin sınıflaması ile belirlenen birim hacim ağırlık değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.9 Büyükçekmece'de yapılan DMT deneyleri ile laboratuvar deney sonuçlarının karşılaştırılması

Yapılan Deney	Derinlik (m)	PI (%)	Zemin Sınıflaması	Birim Hacim Ağırlık γ (kN/m ³)
Laboratuvar Deneyleri	11,00	24	Orta Katı Kumlu Killi Silt	18,30
	14,00	24	Orta Katı Kumlu Killi Silt	18,30
	15,50	32	Katı Kumlu Killi Silt	18,30
	17,00	28	Katı Kumlu Killi Silt	18,30
DMT2	11,00	-	Kil	16,68
	14,00	-	Siltli Kil	16,68
	15,50	-	Kil	15,70
	17,25	-	Kil	16,68

Birim hacim ağırlık için hesaplanan hata yüzdeleri şöyledir:

Çizelge 4.10 Birim hacim ağırlık için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata = $\frac{\gamma_{DMT} - \gamma}{\gamma}$ (%)
DMT	11	-9
	14	-9
	15.50	-14
	17	-9

Yukarıdaki değerler Çizelge 4.4’de verilen hata yüzdeleri ile karşılaştırılacak olursa kabul edilebilir sınırlar içinde kaldığı söylenebilir. DMT ve laboratuvar deneyleri sonucunda yapılan zemin sınıflaması ise birbiriyle uyumludur (Çizelge 4.9).

4.1.3 Eyüp’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları

Bu çalışma kapsamında Bölüm 3.3’de anlatıldığı gibi iki adet DMT deneyi ile bir adet araştırma sondajı yapılmıştır. DMT verileri kullanılarak belirlenen zemin parametrelerinin laboratuvar deneyleri ile kontrol edilebilmesi için örselenmemiş zemin örnekleri alınmaya çalışılmış; ancak zemin kıvamının yumuşaklığı nedeniyle bu örnekleri elde etme olanağı olmamıştır. Alınan örselenmiş zemin örnekleri ise yoğun derecede kavkı içerdiği için sınırlı sayıda kıvam limiti deneyi yapılabilmüş ve zemin parametreleri sağlıklı şekilde elde edilememiştir.

Zemin Sınıflaması

Çizelge 4.11’de kıvam limitleri ve DMT deneyi sonuçlarına göre yapılan zemin sınıflandırması görülmektedir. Genel olarak DMT deneyinin laboratuvar deney sonuçlarına göre yapılan sınıflandırmaya benzer olduğu söylenebilir. Bununla birlikte; kavkı yığılması yoğun olan bölgelerde DMT, zemini kum ya da kumlu olarak sınıflandırmaktadır. Bu durumda, homojen olmayan bölgelerde I_D ’ye bağlı olarak DMT ile yapılan zemin sınıflandırmasının yanıltıcı olabileceği görülmektedir.

Çizelge 4.11 Eyüp’de yapılan laboratuvar deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması

Yapılan Deney	Derinlik (m)	PI (%)	Zemin Sınıflaması	Birim Hacim Ağırlık γ (kN/m ³)
Laboratuvar Deneyleri	7,50	21	Düşük Plastisiteli Kil ve Siltli Kil	16,50
	9,50	27	Yüksek Plastisiteli Kil ve Siltli Kil	16,50
	11,50	30,5	Yüksek Plastisiteli Kil ve Siltli Kil	16,50
DMT1	7,50	-	Kil	16,68
	9,50	-	Kum	17,66
	11,50	-	Silt	17,66
DMT2	7,60	-	Siltli Kil	16,68
	9,60	-	Killi Silt	15,70
	11,60	-	Kumlu Silt	17,66

4.2 DMT’nin Diğer Arazi Deneyleri ile Karşılaştırılması

4.2.1 Edirne Uzunköprü’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları

Bu çalışma kapsamında Bölüm 3.1.2’de de anlatıldığı gibi DMT deneyinin yanı sıra arazi veyn ve SPT deneyleri de yapılmıştır. Çizelge 4.12’de DMT ve diğer arazi deney verileri kullanılarak belirlenen zemin parametreleri görülmektedir.

Çizelge 4.12 Uzunköprü Belediyesi yerleşime uygunluk amaçlı jeolojik araştırmanın arazi deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması

Yapılan Deney	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT Sayısı N'_{70}	Arazi Veyn Tork Değeri T (kNm)	Drenajsız Kayma Mukavemeti C_u (kPa)	Sınırlanmış Modül M (kPa)	Elastisite Modülü E (kPa)
SPT	0,60-6,00	11	-	53	5478	11000
ARAZİ VEYN	2,25	-	36	29	-	
DMT1	1,50-6,75	-	-	52	22219	17775
SPT	1,80-3,50	11	-	47	4950	6500
	3,50-6,00	14	-	67	6972	11000
ARAZİ VEYN	2,15	-	60	48	-	
DMT2	2,35-3,55	-	-	42	17900	14320
	3,55-4,45	-	-	38	17500	14000
SPT	0,60-2,90	10	-	48	4980	6500
	4,00-6,00	19	-	91	9462	15500
ARAZİ VEYN	1,2	-	85	68	-	
DMT3	1,35-2,85	-	-	44	15530	12424
	4,35-6,35	-	-	60	26522	21218

* DMT1, S13; DMT2, S25; DMT3, S10 yakınında yapılmıştır.

Buna göre deformasyon parametreleri sırasıyla aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir:

Sınırlanmış Modül

DMT ve SPT ile belirlenen sınırlanmış modül değerleri Çizelge 4.12’de sunulmuştur. Bu değerler birbiriyle karşılaştırılacak olursa hata yüzdeleri aşağıdaki gibi elde edilir:

Çizelge 4.13 Sınırlanmış modül için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata= $\frac{M_{DMT} - M_{SPT}}{M_{SPT}}$ (%)
DMT1	0.60-6.00	305
DMT2	1.80-3.50	262
	3.50-6.00	151
DMT3	0.60-2.90	212
	4.00-6.00	180

Yukarıdaki değerler Çizelge 4.4’de verilen hata aralıkları dışında kalmaktadır. Bunun nedeninin; SPT deneyi sırasında zeminde kaçınılmaz şekilde oluşan örselenme olduğu düşünülmektedir. SPT deneyi çakma, DMT deneyi itme tekniği kullanılarak yapılmaktadır ve çakmanın zeminde oluşturduğu örselenme itmeye göre çok daha fazladır. Diğer yandan zemine giriş yapan iki uçtan SPT ucu hacim olarak DMT bıçağına göre çok daha fazla olduğu için örselenmenin SPT deneyinde göreceli olarak daha fazla olması beklenmelidir. Bu da deformasyon parametreleri arasındaki farkı belirginleştirmektedir.

Elastisite Modülü

DMT ve SPT deneyleri ile belirlenebilen bir diğer deformasyon parametresi elastisite modülüdür. Çizelge 4.12’de düzeltilmiş SPT sayısı ve 2.32 eşitliği kullanılarak elde edilen elastisite modülü değerleri görülmektedir. Buna göre; hata yüzdeleri aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.14 Elastisite modülü için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata= $\frac{E_{DMT} - E_{SPT}}{E_{SPT}}$ (%)
DMT1	0.60-6.00	62
DMT2	1.80-3.50	120
	3.50-6.00	27
DMT3	0.60-2.90	91
	4.00-6.00	37

Yukarıdaki değerler Çizelge 4.4’de verilen hata aralıkları içinde kalmaktadır.

4.2.2 Büyükçekmece’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları

Bu çalışma kapsamında Bölüm 3.2.2’de anlatıldığı gibi DMT deneyinin yanısıra arazide SPT deneyi de yapılmıştır. Çizelge 4.15’de DMT ve SPT deneyi sonunda belirlenen zemin parametreleri görülmektedir.

Çizelge 4.15 Büyükçekmece’de yapılan arazi deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması

Yapılan Deney	Derinlik (m)	PI (%)	Düzeltilmiş SPT Sayıları N'_{70}	Zemin Sınıflaması ¹	Birim Hacim Ağırlık γ (kN/m ³)	Drenajsız Kayma Mukavemeti C_u (kPa)	Sınırlanmış Modül M (kPa)	Elastisite Modülü E (kPa)
SPT	11,00	24	6	Orta Katı Kumlu Killi Silt	18,30	29	2880	2500
	14,00	24	6	Orta Katı Kumlu Killi Silt	18,30	29	2880	2500

SPT	15,50	32	8	Katı Kumlu Killi Silt	18,30	36	3680	3500
	17,00	28	7	Katı Kumlu Killi Silt	18,30	33	3290	3500
DMT2	11,00		-	Kil	16,68	31	3600	2800
	14,00		-	Siltli Kil	16,68	26	3300	2640
	15,50		-	Kil	15,70	33	2200	1760
	17,25		-	Kil	16,68	38	2200	1760

Buna göre deformasyon parametreleri aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir:

Sınırlanmış Modül

Çizelge 4.15’de DMT ve SPT deneyleri ile belirlenen sınırlanmış modül değerleri sunulmuştur. Bu değerler birbirleriyle karşılaştırılmış ve hata yüzdeleri aşağıdaki gibi elde edilmiştir:

Çizelge 4.16 Sınırlanmış modül için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata= $\frac{M_{DMT} - M_{SPT}}{M_{SPT}}$ (%)
DMT	11.00	25
	14.00	15

DMT	15.50	-40
	17.00	-33

Çizelge 4.4’de verilen hata aralığına göre yukarıdaki değerler bu aralığın dışında kalmaktadır. Bir yandan örselenmenin etkisi olurken diğer yandan M değerlerinin SPT deneyi gibi bir deney sonucuna bağlı korelasyonlardan tahmini aslında araştırmacılarında değindiği gibi aşırı bir korelasyon anlamına gelmektedir. Bu iki nedenden dolayı hata oranının fazla olması kaçınılmaz gözükmektedir.

Elastisite Modülü

Düzeltilmiş SPT sayıları ve eşitlik 2.32 kullanılarak belirlenen elastisite modülü değerleri Çizelge 4.15’de görülmektedir. DMT ve SPT ile elde edilen bu değerler karşılaştırılarak aşağıdaki hata yüzdeleri elde edilmiştir.

Çizelge 4.17 Elastisite modülü için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata= $\frac{E_{DMT} - E_{SPT}}{E_{SPT}}$ (%)
DMT	11.00	12
	14.00	6
	15.50	-49
	17.00	-49

Yukarıdaki değerler Çizelge 4.4’de verilen hata aralığının dışında kalmakta olup; SPT’nin zeminde yarattığı örselenmeden kaynaklandığı şeklinde yorumlanmıştır.

4.2.3 Eyüp’de Yapılan Çalışmanın Sonuçları

Bölüm 3.3.2’de anlatıldığı gibi Eyüp’de iki adet DMT deneyi ile açılan araştırma sondajı sırasında SPT deneyleri yapılmıştır. Daha sonra düzeltilmiş SPT sayısı ve DMT ile belirlenen zemin parametreleri karşılaştırılmıştır. Çizelge 4.18’de bu parametreler sunulmaktadır.

Çizelge 4.18 Eyüp’de yapılan arazi deneyleri ile DMT deney sonuçlarının karşılaştırılması

Yapılan Deney	Derinlik (m)	Düzeltilmiş SPT Sayıları N'_{70}	PI (%)	LL (%)	σ'_{vo} (kPa)	Drenajsız Kayma Mukavemeti C_u (kPa)	Sınırlanmış Modül $M=1/m_v$ (kPa)	Elastisite Modülü E (kPa)	c_v (m ² /yıl)
SPT	7,50	7	21	49	77,8	36,40	3815	2000	5,36
	9,50	6	27	59	91,18	28,50	2976	2000	3,31
	11,50	6	30,5	66	104,56	28,68	2808	2000	2,45
DMT1	7,50	-	-	-	78	42,00	4500	3600	15,91
	9,50	-	-	-	92	-	16000	12800	1,66
	11,50	-	-	-	106	40,00	16100	12880	-
DMT2	7,60	-	-	-	80	35,00	4500	3600	30,36
	9,60	-	-	-	94	9,00	2100	1680	14,78
	11,60	-	-	-	108	-	15800	12640	-

Buna göre deformasyon parametreleri aşağıdaki gibi değerlendirilmiştir:

Sınırlanmış Modül

DMT ve SPT ile elde edilen sınırlanmış modül değerleri Çizelge 4.18’de görülmekte olup; bu değerlerin karşılaştırılması ile hesaplanan hata yüzdeleri aşağıdaki gibidir:

Çizelge 4.19 Sınırlanmış modül için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	Hata = $\frac{M_{DMT} - M_{SPT}}{M_{SPT}}$ (%)
DMT1	7.50	18
	9.50	437

DMT1	11.50	473
DMT2	7.50	18
	9.50	29
	11.50	463

Yukarıdaki değerler Çizelge 4.4’de verilen hata aralıkları ile karşılaştırılacak olursa; bazı değerlerin bu aralıklar dışında kaldığı görülmektedir. Eyüp’de yapılan çalışma sırasında alınan zemin örnekleri, zeminin yer yer yoğun kavkı yığılımları içerdiğini göstermiştir. Bu bölgelerde yapılan SPT deneyi sonuçlarına göre zeminin daha kısa süre oturma yapacağı öngörülebilir. Oysa DMT sonuçlarına göre oturmalar çok daha uzun sürede gerçekleşecektir. Benzer durumlarda homojen olmayan zemin kesitleri için birden daha fazla yöntemle belirlenen deformasyon parametrelerinin incelenmesinin daha doğru bir yaklaşım olacağına inanılmaktadır.

Elastisite Modülü

Düzeltilmiş SPT sayıları ve 3.32 eşitliği ile belirlenen elastisite modülü değerleri Çizelge 4.18’de sunulmuş olup; bu değerler için hesaplanan hata yüzdeleri şöyledir:

Çizelge 4.20 Elastisite modülü için hesaplanan hata yüzdeleri

Deney No	Derinlik	$Hata = \frac{E_{DMT} - E_{SPT}}{E_{SPT}} (\%)$
DMT1	7.50	80
	9.50	540
	11.50	544
DMT2	7.50	80
	9.50	-16
	11.50	-532

Her ikisinin de zeminin gerilme-şekil değiştirme davranışı ile bağıntılı olması sebebiyle, Çizelge 4.2’de sınırlanmış modül için verilen hata aralığının elastisite modülü içinde geçerli olduğu kabul edilirse; yukarıdaki değerlerin bu aralık dışında kaldığı görülmektedir. Eyüp zeminin homojen olmaması ve yoğun kavkı yığılımları içermesi sebebiyle DMT ve SPT ile belirlenen elastisite modülü değerleri arasında belirgin bir fark oluşmaktadır. Bu durumda tek bir yöntemle belirlenen değerlerin yanıltıcı olabileceği anlaşılmaktadır.

Düşey Konsolidasyon Katsayısı

Düzeltilmiş SPT sayılarına göre Bölüm 3.3.2.3’de anlatıldığı gibi elde edilen c_v değerleri ile DMTC sönümlene deneyi ile hesaplanan c_v değerleri Çizelge 4.18’de görülmektedir. Bu değerler birbiriyle karşılaştırılacak olursa; DMT ile elde edilen değerler likit limite göre tahmin edilen değerlerden daha büyüktür. DMT deneyi ile hesaplanan konsolidasyon katsayısının doğruluğu konusunda yeterince veri tabanı oluşmamış olup; Marchetti (1997)’nin bu konudaki görüşleri Bölüm 5’de verilmektedir.

Eyüp’te yapılan DMTC sönümlene deney sonuçlarına bakılacak olursa; derinlik arttıkça c_v katsayıları düşmektedir ve C basınç okumaları değişmeyerek artık boşluk suyu basınçları sönümlenmemektedir (Ek-11 DMTC Sönümlene deneyi eğrileri). Alınan zemin örneklerinin likit limit değerlerinin derinlikle artması ve C basınç okumalarının sönümlenmemesi konsolidasyon süresinin uzun olacağını göstermektedir.

5. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışma kapsamında DMT deneyi, üç farklı inceleme sahasında uygulanmış olup, laboratuvar ve diğer arazi deneyleri ile DMT deneyi sonucunda belirlenen zemin parametreleri karşılaştırılmıştır. DMT deneyinin yapılışı ve verilerin değerlendirilmesi Bölüm 2’de ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Verilerin değerlendirilmesinde Marchetti (1980)’nin önerdiği eşitlikler kullanılmıştır. Bu bölümde DMT ile araştırılan zemin parametreleri ile ilgili sonuçlar Marchetti ve diğer araştırmacıların çalışmalarına da yer verilerek toplu halde değerlendirilmektedir.

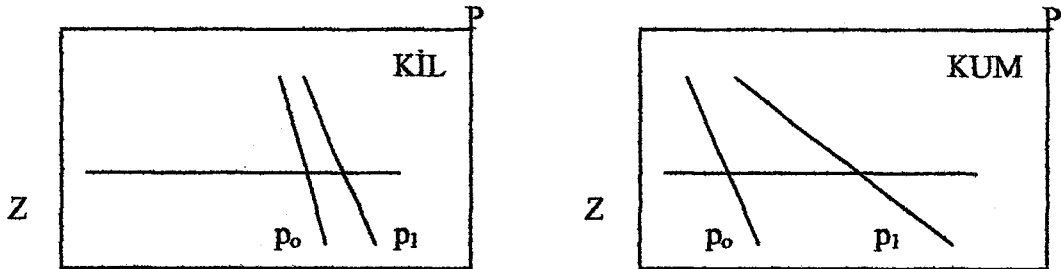
Zemin Sınıflaması ve Birim Hacim Ağırlık

DMT deneyi ile yapılan zemin sınıflandırması malzeme indeksi olarak adlandırılan I_D ’ye dayanmaktadır. I_D değişimi değerlendirildiğinde oldukça anlamlı bir zemin kesiti tanımlanabilmekte ve homojen zeminler için kabul edilebilir bir zemin sınıflaması yapılabilmektedir. I_D , kil ve kum aralığında oldukça duyarlıdır. Marchetti (1999), zemin değişimine göre I_D aralığını aşağıdaki gibi vermektedir.

Çizelge 5.1 Malzeme indeksi I_D (Marchetti, 1999)

0.1	0.6	1.8	10
KİL	SİLT	KUM	

Malzeme indeksi I_D , eşitlik 2.7’de görüldüğü gibi düzeltilmiş A ve B basıncı olan p_0 ve p_1 ’e bağlı olarak hesaplanmaktadır. Buna göre Marchetti (1999), p_1 ve p_0 arasındaki farka göre zemin türünün aşağıdaki gibi belirlenebileceğini ileri sürmektedir.



Şekil 5.1 p_0 ve p_1 ’e bağlı zemin türü (Marchetti, 1999)

Bununla birlikte, kohezyonlu zeminlerde I_D ’ye göre yapılan zemin sınıflamasında zaman zaman siltler kil, killer de silt olarak sınıflanabilmekte; kil ve kum karışımları ise silt olarak

tanımlanabilmektedir. Marchetti (1997), I_D 'den yararlanırken bunun elek analizi sonucunda elde edilmediğinin unutulmaması gerektiğini söylemektedir. I_D 'nin zeminin mekanik davranışı konusunda bilgi veren bir tür rijitlik indeksi olduğunu ileri sürmekte olup; dolayısıyla zeminin mekanik davranışı ile ilgileniliyorsa, elek analizinden daha çok I_D 'den faydalanmanın yerinde olacağını vurgulamaktadır. Eğer incelenen kil bazı nedenlerden dolayı birçok kile göre daha rijit davranıyorsa böyle bir kil I_D 'ye göre silt olarak değerlendirilecektir. Bu şekilde yapılan tanımlama elek analizine göre hatalı gibi gözükse de, mekanik davranış açısından daha anlamlı olacaktır. Eğer zeminin geçirgenliği araştırılıyorsa bir diğer indeks olan boşluk basıncı indeksi U_D 'nin incelenmesi gereklidir (eşitlik 2.8). I_D 'nin çok düşük ($<0,1$) değerleri için özellikle U_D değerleri önem kazanmaktadır, zira bölgesel olarak geçirgen zeminlerde boşluk suyu basınçlarındaki sönümlenme ilk birkaç dakika içinde gerçekleşmektedir.

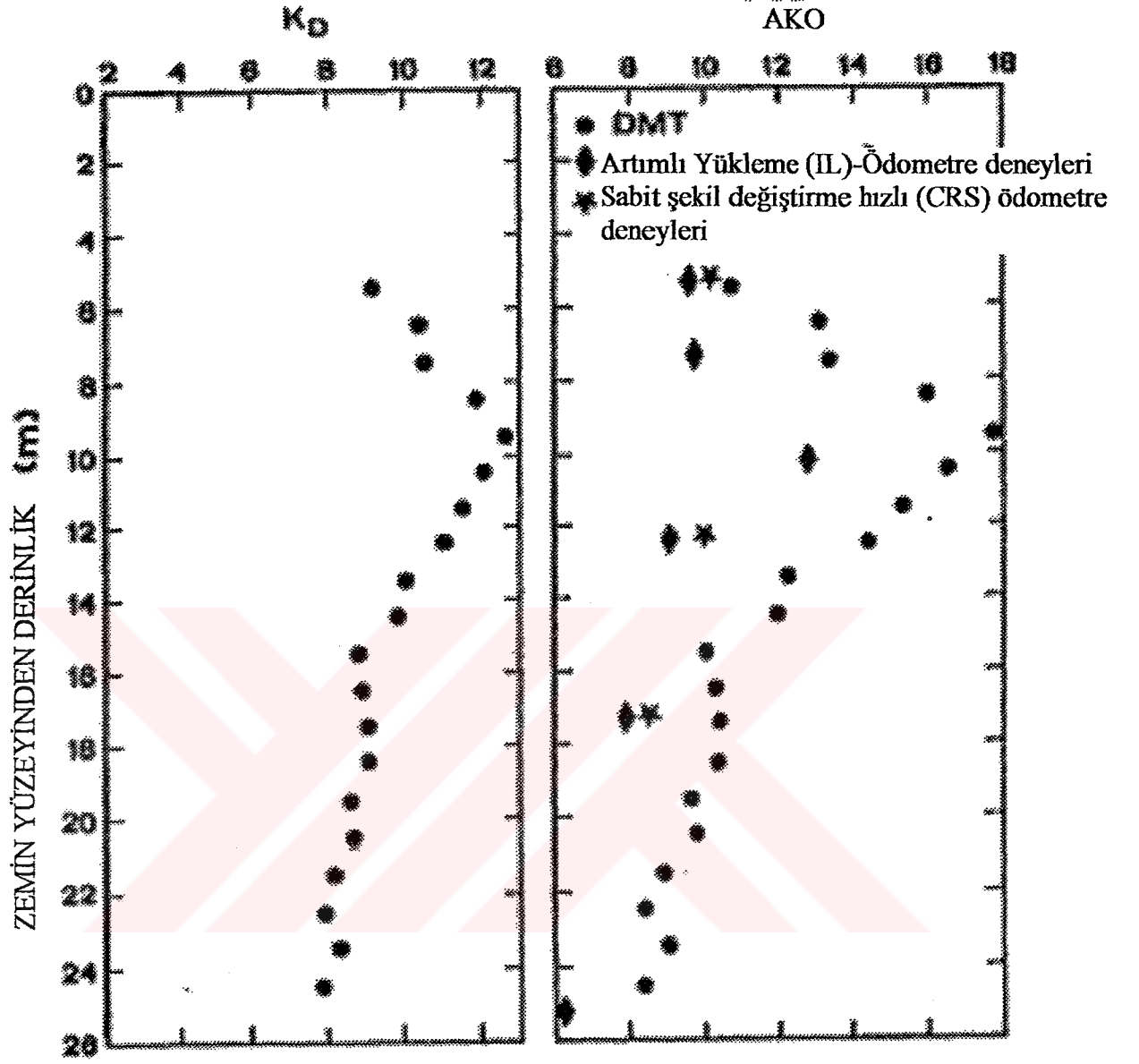
Sonuç olarak I_D 'nin homojen zemin kesitleri için oldukça duyarlı olduğu ve birkaç yineleme ile elde edilebileceği öne sürülmektedir. Yapılan üç arazi çalışmasında zemin I_D 'ye bağlı olarak sınıflandırılmış olup, Edirne Uzunköprü ve İstanbul Büyükçekmece'de laboratuvar sonuçları ile uyumlu zemin kesitleri elde edilmiştir.

Bölüm 2.6.3'te verilen Şekil 2.17 kullanılarak, malzeme indeksi I_D ve dilatometre modülü E_D 'ye bağlı olarak birim hacim ağırlıklar belirlenebilir. Yapılan çalışmalarda bu şekilde belirlenen birim hacim ağırlık değerleri laboratuvar sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

Aşırı Konsolidasyon Oranı, Yanal İtme Katsayısı, Ön Yükleme Basıncı

Marchetti (1980)'nin aşırı konsolidasyon oranının (AKO) belirlenmesi için önerdiği eşitlik 2.33, yatay gerilme indeksi (K_D)'nin değişiminin AKO değişimi ile benzer olmasına dayanmaktadır. Normal konsolide kil birikimleri için geçerli olan bu benzerlik Jamiolkowski vd. (1988) tarafından da Şekil 5.2'de gösterilmiştir.

Marchetti (1980) tarafından önerilen bağıntı, AKO'nun ilk tahmini ya da en azından AKO değişiminin biçimine ilişkin bilgi vermek açısından oldukça yararlıdır. Marchetti (1997), K_D profilinin zeminin gerilme tarihçesi hakkında bilgi verdiğini, normal konsolide killere aşırı konsolide killerin ayırt edilmesini ve sığ ya da derinlerde saklı kalmış kil tabakalarının belirlenmesini sağladığını öne sürmekte olup; aşırı konsolide killerde eşitlik 2.33'ün, AKO'nun fazla tahmin edilmesine yol açtığını vurgulamaktadır.



Şekil 5.2 K_D değişiminin AKO değişimi ile benzerliği (Jamiolkowski vd., 1988)

Sonuç olarak, Edirne Uzunköprü’de yapılan çalışmada, zemin az aşırı konsolide olarak belirlenmiş olup, DMT deneyi ile belirlenen AKO’lar laboratuvar deneyleri ile elde edilen değerlerden biraz daha fazladır.

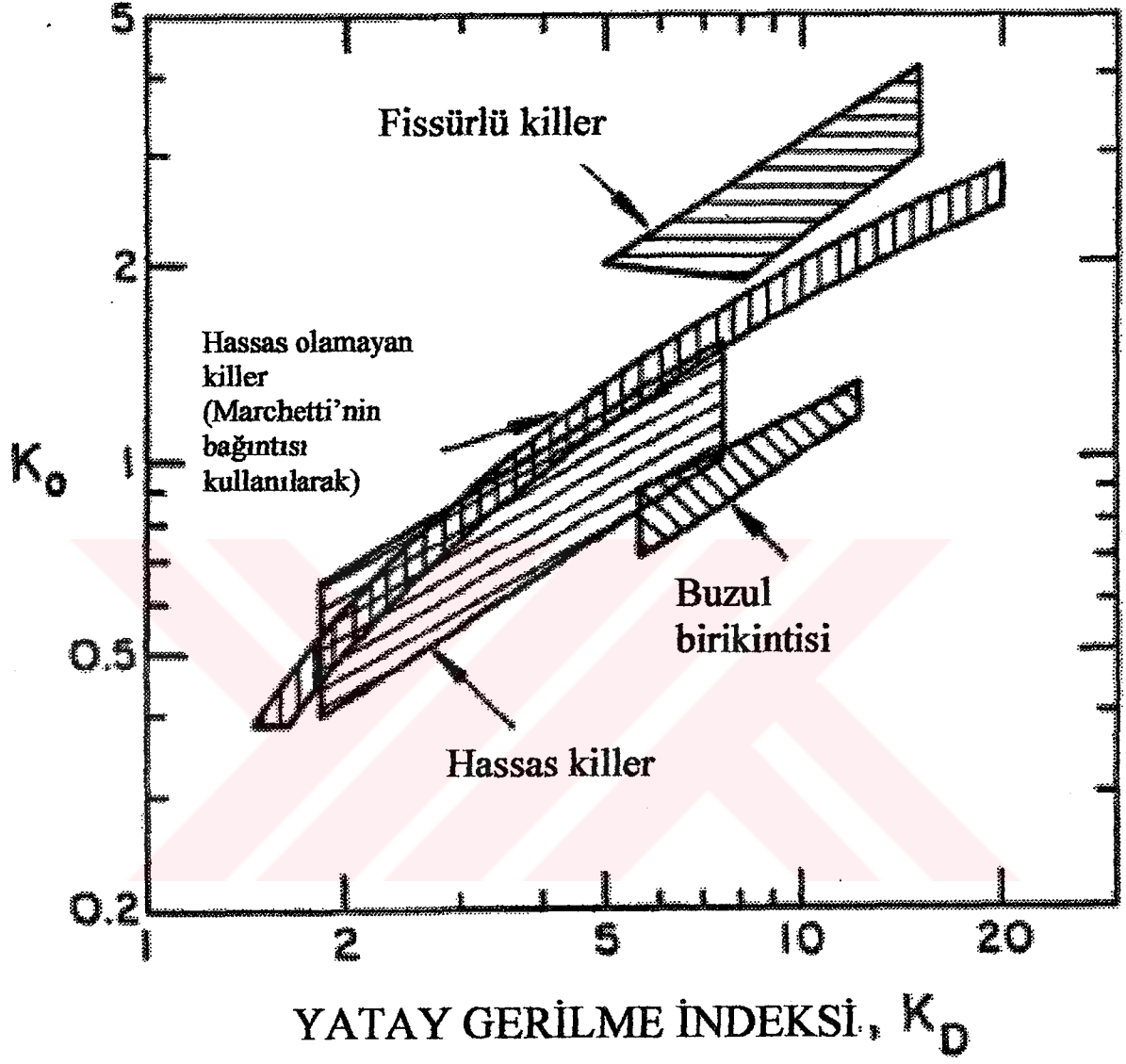
K_D değişimine bağlı olarak elde edilen bir diğer parametre, yanal itki katsayısı K_o ’dır. Killi zeminlerde Marchetti’nin önerdiği eşitlik 2.9’dan faydalanılarak uygun K_o değerleri elde edilebilir. Birçok mühendislik uygulamasında K_o ’ın oldukça yaklaşık tahminlerinin yeterli olduğu ve Marchetti’den sonra birçok araştırmacının (Powell ve Uglow, 1988; Lacasse ve Lunne, 1988; Kulhawy ve Mayne, 1990) yaptığı çalışmalar (Şekil 5.3) gözönüne alınacak olursa, eşitlik 2.9’un K_o ’ın öngörülmesinde faydalı olduğu söylenebilir. Marchetti’nin bağıntısı, daha sonra yapılan çalışmalarda belirlenen değerlere göre ortalama sonuçlar elde edilmesini sağlamaktadır. Edirne Uzunköprü’de DMT deneyi ile elde edilen K_o değerleri, ödometre deneyi ile belirlenen değerlerle uyumludur.

DMT deneyi, zeminin gerilme tarihçesi hakkında bilgi verdiği ve AKO’nun belirlenmesini sağladığı için önyüklemeye basıncı da AKO yardımıyla hesaplanabilir. Edirne Uzunköprü’de yapılan çalışmada ön yüklemeye basınçları hesaplanmış olup, bunlar ödometre deneyi ile elde edilen değerlerle karşılaştırılmış ve AKO ile aynı hata aralığı içinde kaldığı görülmüştür.

Sınırlanmış Modül

Sınırlanmış modül, eşitlik 2.27 kullanılarak dilatometre modülü E_D ’ye bir düzeltme faktörü R_M uygulanması ile hesaplanmaktadır. Marchetti (1997), bu düzeltme faktörünün neden gerekli olduğunu şöyle açıklamaktadır:

- E_D , dilatometre bıçağının zemine girişi sonucunda az da olsa örselenen zeminde ölçülmektedir.
- DMT deneyi sırasında zemin yatay olarak yüklenmektedir; oysa M düşey deformasyonla ilgili bir parametredir.
- E_D , gerilme tarihçesi ve yanal gerilmelerle ilgili bir anlam taşımamaktadır. Bununla birlikte zeminde meydana gelecek oturmalarla ilgili olan $M = 1/m_v$ ’nin belirlenmesinde zeminin sıkışması sonucu oluşan aşırı konsolidasyonun etkisi gözardı edilmemelidir. Ayrıca aşırı konsolidasyonla birlikte yatay gerilmelerin etkisi de artacağı için bu artan değerler de gözönüne alınmalıdır.



Şekil 5.3 Killerde K_0 ile K_D arasındaki bağıntı (Powell ve Uglow, 1988; Lacasse ve Lunne, 1988; Kulhawy ve Mayne, 1990)

- Killerde E_D , drenajsız koşullar altında belirlenen bir parametredir; oysa M drenajlı bir modüldür. Killerde E_D öncelikle E_u ile ilgilidir. Ne var ki E_u belirlenmesi oldukça güç bir parametredir. Buna karşılık güvenilir M değerleri elde etmek çok daha kolaydır. Kısacası, E_D direkt olarak M ile ilişkilendirilebildiği için R_M gerekli bütün düzeltme faktörlerini içermektedir.

Marchetti (1997), yukarıda sıralanan bu nedenlere karşın M ile E_D arasındaki bağıntının tam bir kanıtının olmadığını söylemektedir. Bununla birlikte birçok araştırmacı tarafından yapılan çalışmalar eşitlik 2.27 ile verilen bağıntının ümit verici olduğunu göstermektedir. Şekil 5.4’de DMT ve ödometre ile Onsoy kili için belirlenen M değerlerinin birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir (Lacasse, 1986). Yamamoto vd., (1991) alüvyonal kohezyonlu kilde yapılan DMT ve ödometre deneyleri ile elde edilen M değerlerini Şekil 5.5’deki gibi sunmuşlardır.

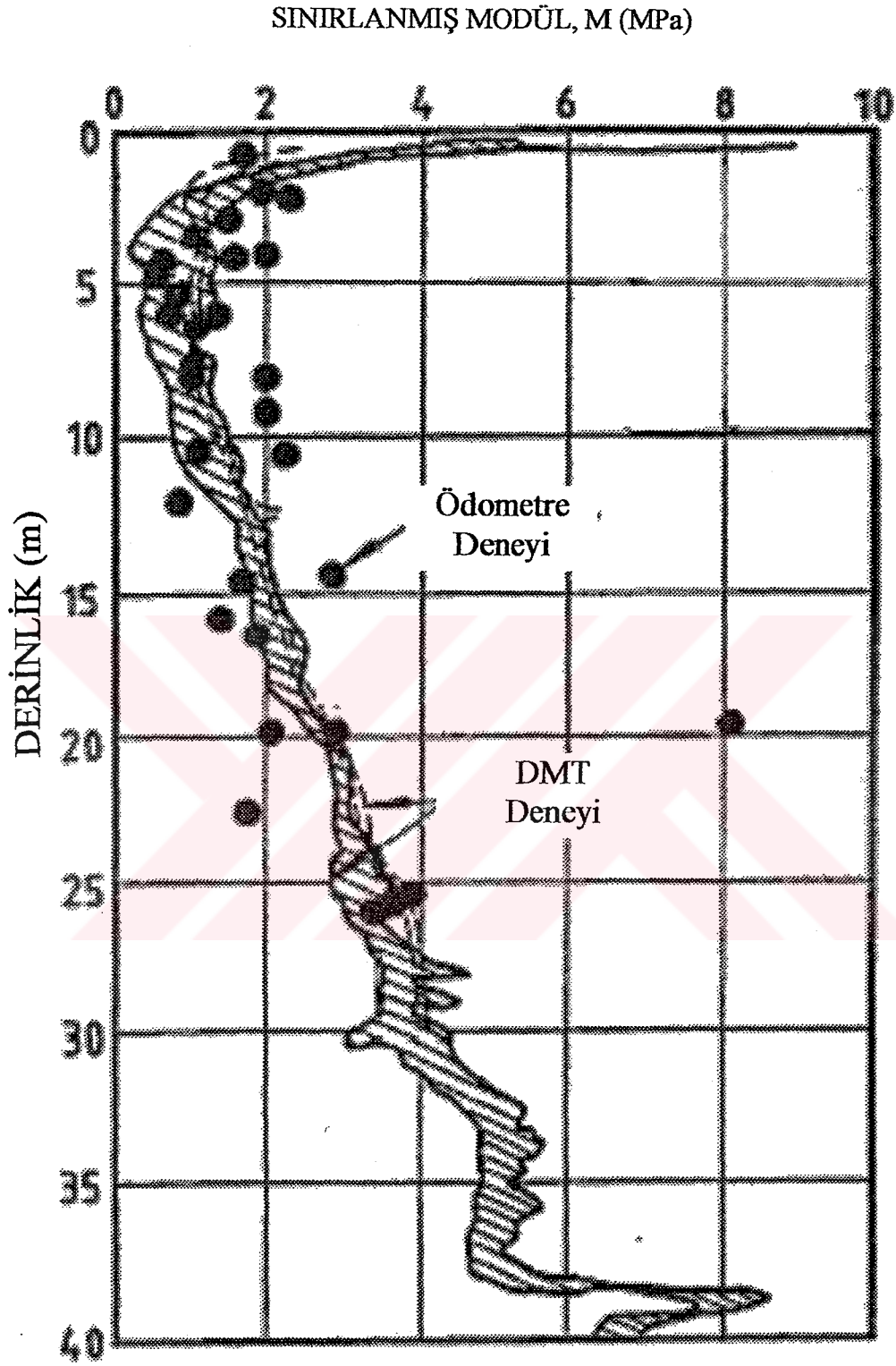
Bu çalışma kapsamında üç ayrı bölgede yapılan arazi çalışmasında DMT deneyi ile M değerleri belirlenmiş olup, bu değerler ödometre ve SPT deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Genel olarak SPT ve ödometre deneyleri ile belirlenen değerler DMT’den bulunanlara göre oldukça farklıdır. Bunun örselenmemiş zemin örnekleri alınması ve SPT deneyinin yapılması sırasında zeminde yaratılan örselenmeden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Elastisite Modülü

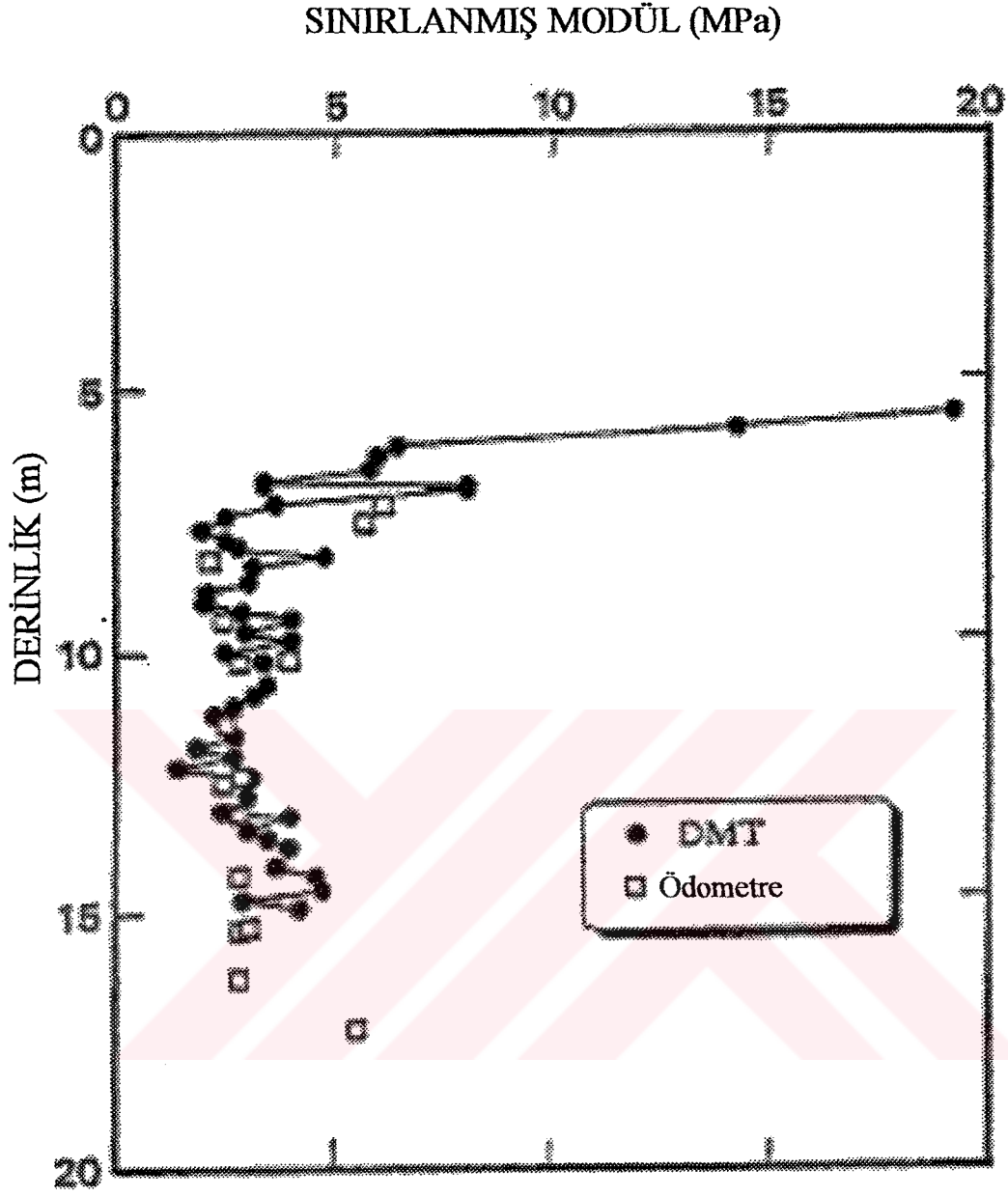
Marchetti (1997), elastisite modülü E ’nin 2.32 eşitliği kullanılarak hesaplanabileceğini önermektedir. Zeminin gerilme-şekil değiştirme davranışının sonucu olarak ortaya çıkan elastisite modülü, sınırlanmış modül M' ile benzerlik göstermektedir. Buna göre üç ayrı bölgede yapılan arazi çalışmaları ile elde edilen elastisite modül değerlerinin laboratuvar ve arazi sonuçlarının arasındaki fark, zemindeki örselenmeyle bağlantılı olarak belirginleşmektedir.

Düşey Konsolidasyon Katsayısı

DMTC sönümlleme deneyi ile yatay konsolidasyon katsayısı elde edilip, eşitlik 2.42 kullanılarak düşey konsolidasyon katsayısı hesaplanabilir. Marchetti (1997), güvenilir değerlerin azlığı nedeniyle DMT ile belirlenen konsolidasyon katsayısının doğruluğunun yeterince kanıtlanamadığını söylemektedir. Bununla birlikte; aşağıda sıralanan fiziksel nedenlerle DMTC sönümlleme deneyinin ümit verici olarak değerlendirilebileceğini vurgulamaktadır.



Şekil 5.4 DMT deneyi ile elde edilen sınırlanmış modülün, ödometre deneyi ile elde edilen sınırlanmış modülle karşılaştırılması (Lacasse, 1986)



Şekil 5.5 Tokyo alüvyonal kohezyonlu kilinde yapılan ödometre ve DMT deneyleri ile elde edilen sınırlanmış modül değerlerinin karşılaştırılması (Yamamoto vd., 1991)

- DMT membranının geçirimsiz bir tabaka olması nedeni ile gözeneklerinin tıkanması gibi bir sorun olmamaktadır. Sonuçta DMT membranı ile algılanan gerilmeler birebir zemin ile ilişki sırasında oluşan gerilmelerdir. Bu sırada zemin içerisindeki su, membran yüzeyinden akıp gitmektedir. Benzer olarak suya doygunluğun kaybı gibi bir sorun da DMT sönümlenmesi sırasında söz konusu değildir.

- CPT deneyi gibi konik uçların, onu çevreleyen zemin içerisinde yarattığı örselenme aygıt ile zemin arasındaki değme yüzeylerinin kaybına neden olmaktadır. DMT'de bu çok daha azdır.

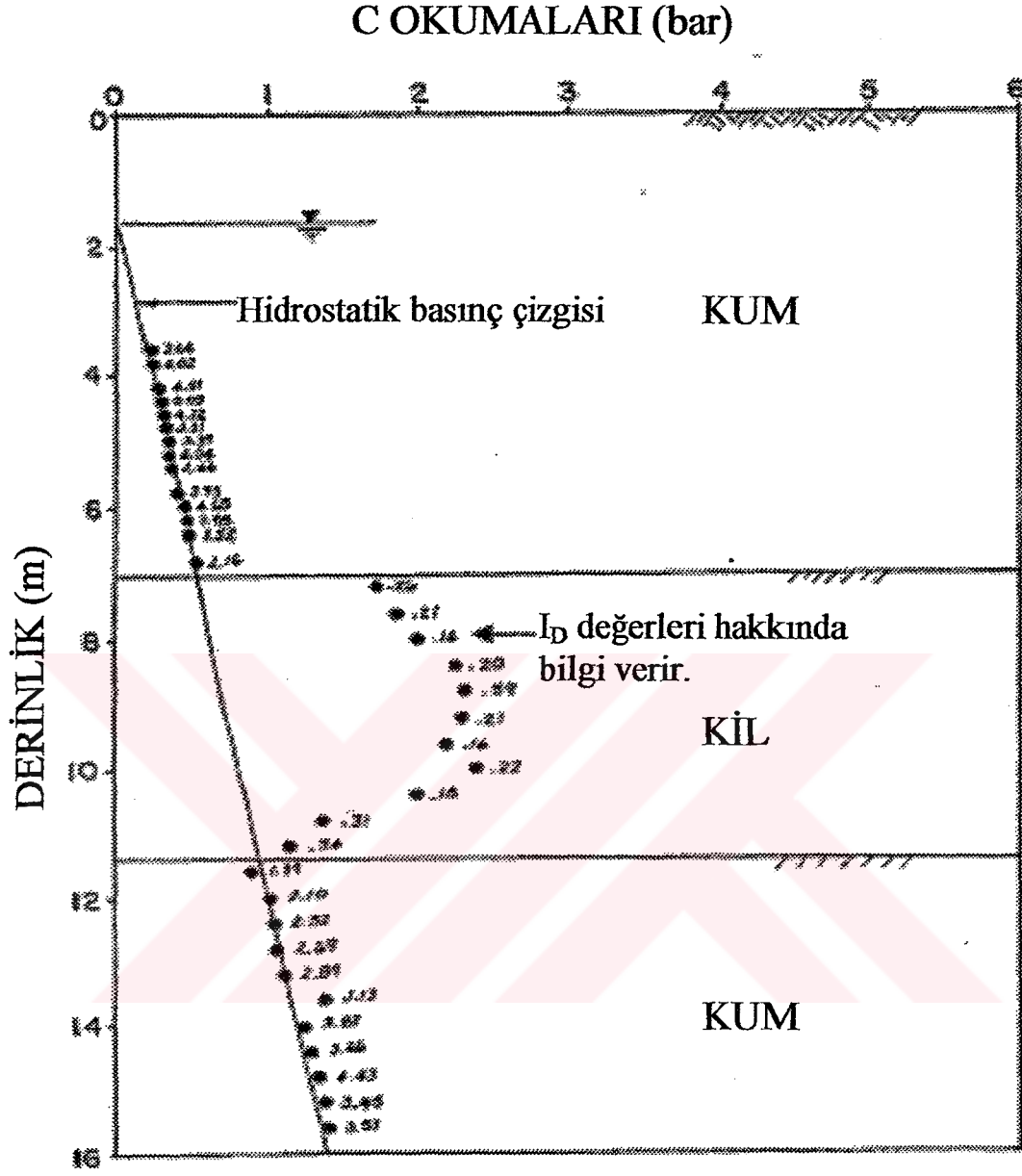
- Konik aygıt çevresinde çok çeşitli boşluk suyu basıncı sönümlenme eğrileri meydana gelmektedir ve genellikle boşluk suyu basıncı tek bir yerde ölçülür ve bu diğer boşluk suyu değerlerinin yerine de geçmektedir.

- Boşluk suyu basınçları, noktadan noktaya değişmekle birlikte zeminin yapacağı oturmalar daha az değişken bir eğilim göstermektedir. Benzer olarak sönümlenme deneyi ile elde edilen T_{50} değeri, buna bağlı olarak C_h değeri boşluk suyu basıncına göre daha az değişken bir eğilim göstermektedir.

DMT deneyi ile yapılan C okumaları kumlarda boşluk suyu basıncını, killerde ise boşluk suyu basıncı değişimlerini göstermektedir (Schmertmann, 1987). Şekil 5.6'da C okumalarının zemin türüne bağlı olarak değişimi hidrostatik basınç ile birlikte verilmektedir. Bu nedenle, DMTC sönümlenme deneyinin killerde yatay konsolidasyon katsayısının belirlenmesi için kullanılabileceği söylenebilir.

Yapılan arazi çalışmalarında DMT ve laboratuvar deneyleri ile belirlenen konsolidasyon katsayılarının farklı olmasına karşın yukarıdaki nedenlerle DMTC sönümlenme deneyinin konsolidasyon katsayısının belirlenmesinde uygulamada yararlı olacağına inanılmaktadır.

Yapılan çalışmalar sonucunda DMT deneyinin sınırlanmış modül değişimini belirlemek için oldukça uygulanabilir ve kolay bir yöntem olduğu gözlenmiştir. Marchetti (1999), DMT deneyi ile en iyi sonuçların zemin türü ile sınırlanmış modül değişiminin belirlenmesinde ve drenajlı tabakalar ile drenajsız tabakaların birbirinden ayırt edilmesinde elde edildiğini öne sürmektedir. Sınırlanmış modül değeri, zeminin oturma analizinde kullanılan hacimsel sıkışma katsayısının tersine eşit olduğu için Marchetti (1999), zemin oturmalarının da DMT deneyi verileri kullanılarak öngörülebileceğini belirtmektedir. Ayrıca killerde aşırı konsolidasyon oranı ve yanıl itki katsayısı için oldukça yararlı bilgiler edinilmesini

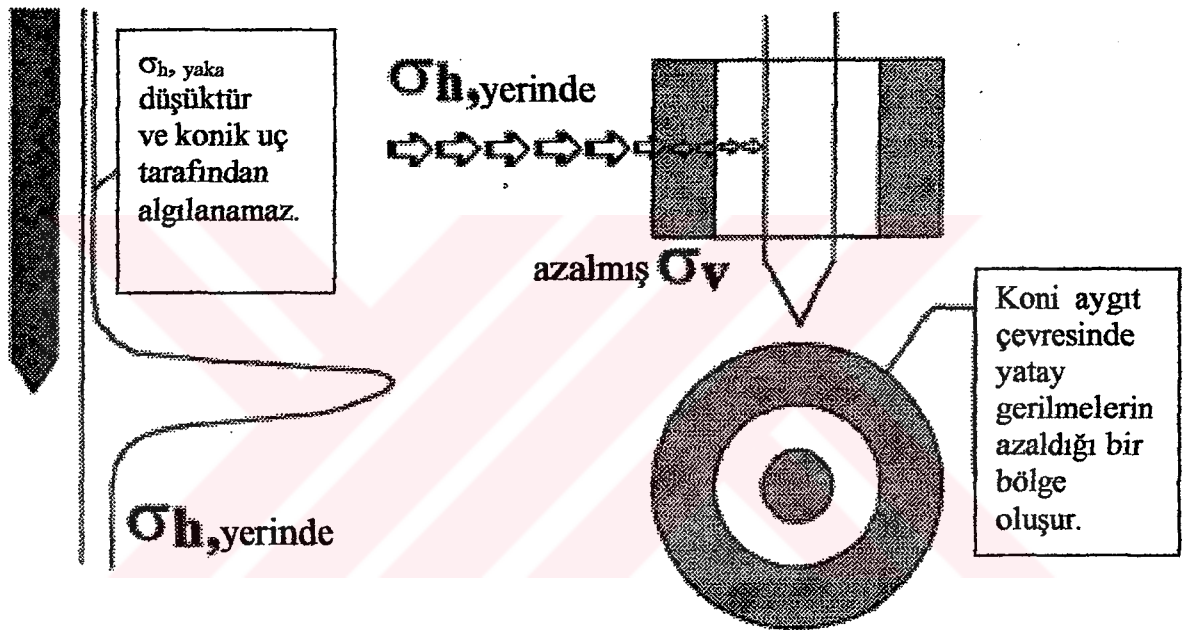


sağladığını eklemektedir.

DMT diğer arazi deneylerine göre, yatay gerilmelere karşı çok daha duyarlı olduğundan zemin parametrelerinin DMT deneyi ile daha doğru belirlenebileceği öne sürülmektedir (Marchetti, 1999). Örneğin, CPT deneyinde zemine batırılan koni şeklindeki aygıt çevresinde yatay gerilmelerin azaldığı bir bölge oluşmakta ve bu bölgedeki gerilmeler konik uç tarafından algılanamamaktadır (Şekil 5.7). Oysa yatay gerilmeler, oturmaların ve sıvılaşma probleminin belirlenebilmesi için oldukça önemlidir. DMT'nin yatay gerilmelere karşı duyarlılığı konusunda verilen bir diğer örnek sıkıştırmanın denetimidir. Şekil 5.8'de sıkıştırma öncesi ve sonrası ölçülen koni uç direnci Q_c ile DMT sınırlanmış modülü M_{DMT} değişimi görülmektedir (Jendeby, 1992).

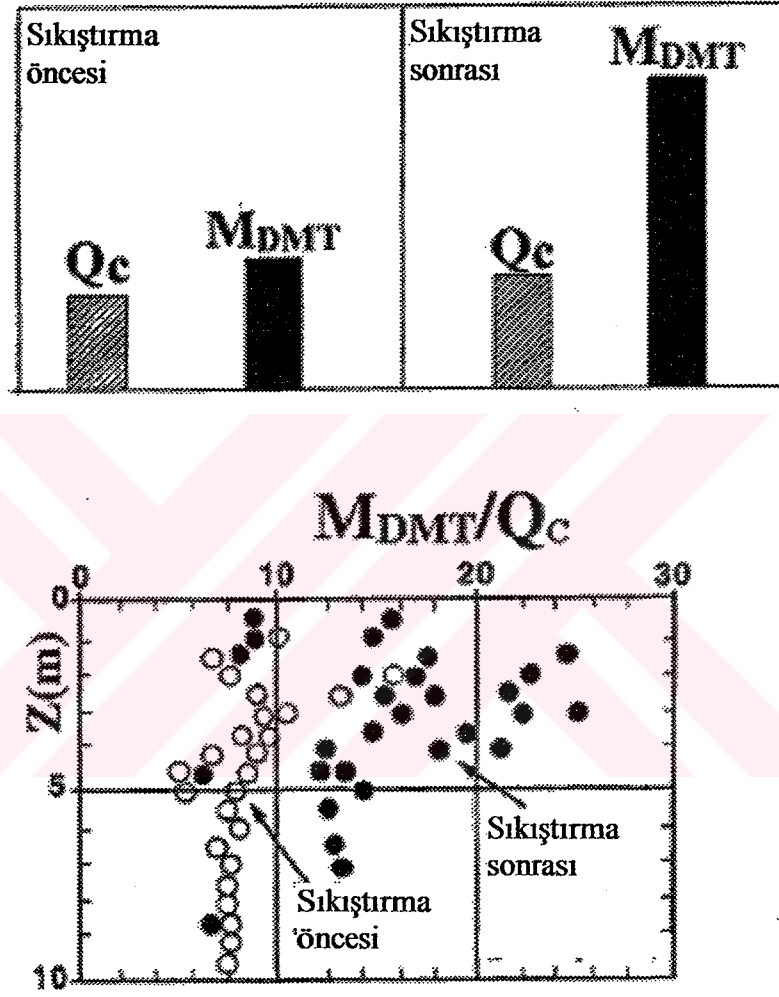
DMT deneyinin diğer arazi deneylerinden bir diğer farkı, zemin içinde yarattığı örselenmenin çok daha az olmasıdır. Yassı bıçak, silindirik sondaların zeminin gerilme dağılımında yarattığı kemerlenmeye neden olmadığı için yatay gerilmelere karşı çok daha duyarlıdır (Şekil 5.9). Ayrıca iki parametrelili bir deney olan DMT deneyi ile diğer arazi deneylerine göre çok daha az örselenmiş zeminin gerilme tarihçesini doğru olarak belirleme olanağı vardır.

Sonuç olarak; DMT deneyi, laboratuvar ve diğer arazi deneylerine göre daha hızlı ve kolay uygulanabilen, ekonomik bir deney olup; birçok kez yinelenabildiği için geoteknik mühendisliğinde kullanılan zemin parametrelerinin belirlenmesindeki belirsizliği, zaman kaybını ve laboratuvar giderlerini azalttığı söylenebilir.

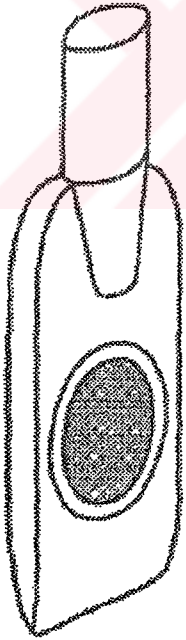
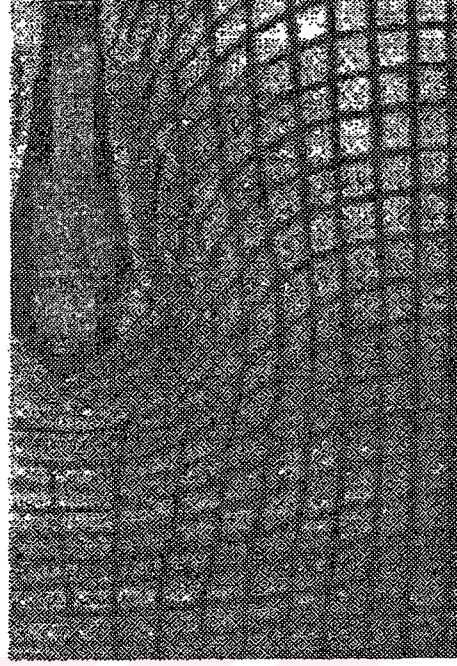
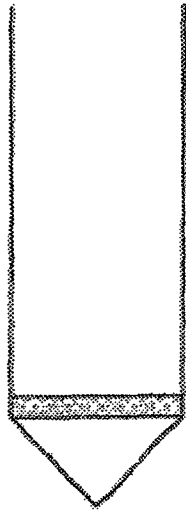


Şekil 5.7 Yatay gerilmelerin koni aygıtı ile algılanması (Marchetti, 1999)

2015-2016 Eğitim Yılı
Gözetim Kurulu Başkanı



Şekil 5.8 Sıkıştırma öncesi ve sonrasında ölçülen koni uç direnci Q_c ile DMT sınırlanmış modülü M_{DMT} değişimi (Jendeby, 1992)



Şekil 5.9 DMT bıçağı ve silindirik sondaların zemin içerisinde yarattıkları kemerlenme (Marchetti, 1999)

KAYNAKLAR

API Recommended Practice 2A (RP2A) 18 th Edition, (1989), "Recommended Practice For Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms", American Petroleum Institute.

Baldi, G., Bellotti, R., Rhienna, V., Jamiolkowski, M., Marchetti, S. ve Pasquallini, E., (1986), "Flat Dilatometer Test in Calibration Chambers", Proceeding of In Situ/86 ASCE Specialty Conference on Use of In Situ Tests and Geotechnical Engineering, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, 431-446.

Baldi, G., Bellotti, R., Ghionna, V.N., Jamiolkowski, M. ve Lo Presti, D.C., (1989), "Modulus of sands from CPT's and DMT's", Paper to the 12 th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Session 2, Rio De Janeiro, Brezil, 165-170.

Baligh, M.M. ve Levadoux, J.N., (1986), "Consolidation After Undrained Piezocone Penetration: II Interpretation", ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol.112, 727-745.

Basnett, Curt, (1991), Written Communication, February 15.

Bellotti, R., Ghionna, V., Jamiolkowski, M. and Robertson, P.K., (1989), "Design Parameters of Cohesionless Soils From In Situ Tests", Paper Submitted to In Situ Testing of Soil Properties for Transportation Facilities, National Research Council, Transportation Resarch Board.

Borden, R.H. ve Lawter, R.S., (1989), "Load-Deflection Response of Piles in Sand: Performance Prediction Using the DMT", Transpotation Research Record 1235, 79-88.

Bowles, J.E., (1988), "Foundation Analysis and Design", Mc.Graw-Hill Book Co.4th Edition.

Briaud, J.L., (1991), "The Pressuremeter", A.A.Balkema, Rotterdam.

Braiud, J.L. ve Miran, J., (1992), "The Flat Dilatometer Test", U.S Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Technology Applications, Report No: FHWA-SA-91-044, Final Report.

Campanella, R., Robertson, P.K., Gillepsie, D. ve Grieg, J., (1985). "Recent Developments in In Situ Testing of Soils", Proceedings of the 11th International Conference on Soil Mechanic and Foundation Engineering, Vol.2, 849-854.

Carter, M. ve Bentley, S.P., (1991), "Corelations of Soil Properties", Pentech Press, London, p.67

Clough, G.W. ve Goeke, P.M., (1986), "In Situ Testing for Lock and Dam 26 Cellular Cofferdam", Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering, ASCE, 131-145.

Craig, R.F., (1992), "Soil Mechanics", Educational Low-Priced Books Scheme funded by the British Goverment, 5th Edition, p.196.

Davidson, J.L. ve Boghrat, A., (1983a), "Flat Dilatometer Testing in Florida", Proceedings of the International Symposium on In Situ Testing of Soil and Rock, Paris, Vol.2, 251-255.

Davidson, J.L. ve Boghrat, A., (1983b), "Displacements and Strains Around Probes in Sand", ASCE Specialty Conference on Geotechnical Practice in Offshore Engineering, Austin, Teksax, 181-203.

Dumas, C.E., (1991), Written Communication, March 27.

Durgunoğlu, H.T. ve Mitchell, J.K., (1975), "Static Penetration Resistance of Soils: I. Analysis II Evaluation of Theory and Implications for Practice", Proceedings of the ASCE Symposium of In Situ Measurements of Soils Properties, Raleigh, Vol.1, 151-171.

Fabius, M., (1985), "Experience With the Dilatometer in Routine Geotechnical Design", Proceedings of the 38th Canadian Geotechnical Conference.

Gabr, M.A. ve Borden, R.H., (1988), "Analysis of Load Deflection Response of Laterally Loaded Piers Using DMT", Proceedings of the 1st International Conference on Penetration Testing, ISOPT-1, Orlando, Florida, Vol.1, 513-520

Gravesen, S., (1960), "Elastic Semi-Infinite Medium Bounded by a Rigid Wall With a Circular Hole", Laboratoriet for Bygningsteknik, Danmarks Techniske Højskole, Copenhagen, Denmark.

Greig, J.W., Campanella, R.G., and Robertson, P.K., (1986), "Comparison of Field Vane Results With Other In Situ Test Results", Soil Mechanics Series No.106, Department of Civil Engineering, University of British Columbia.

Gupta, R.C., (1988), "Determination of the In Situ Coefficients of Consolidation of Permeability of Submerged Soils Using Electrical Piezoprobe Soundings", PhD.Dissertation to the University of Florida, 1983, p.282..

Hardin, B.O. ve Blandford, G.E., (1989), "Elasticity of Particulate Materials", ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol.115, 788-805.

Hryciw, R.D., (1990), "Small-Strain Shear Modulus of by Dilatometer", ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol.116, 1700-1716.

Jamiolkowski, M., Ghionna, V.N., Lancellota, R. ve Pasqualini, E., (1988), "New Correlations of Penetration Tests for Design Practice", Proceedings of the 1st International Symposium on Penetration Testing, ISOPT-1, Orlando, Florida, Vol.1, 263-296.

Jendeby, L., (1992), "Deep Compaction by Vibrowing, Nordic Geotechnical Meeting, NGM-92, Vol.1, 19-24.

Kabir, M.G. ve Lutenegeger, A.J., (1990), "In Situ Estimation of the Coefficient of Consolidation in Clays", Canadian Geotechnical Journal, Vol.27, 58-67.

Kulhawy, F. ve Mayne, P., (1990), "Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design", Report No: EL-6800 Electric Power Research Institute, Cornell Univ. Ithaca, N.Y., p.250.

Lacasse, S. ve Lunne, T., (1983), "Dilatometer Test in Two Soft Marine Clays", Norwegian Geotechnical Institute Publication No. 146, 1-8.

Lacasse, S., (1986), "Interpretation of Dilatometer Test", Final Report on: In Situ Site Investigation Techniques and Interpretation for Offshore Practice, Norwegian Geotechnical Inst. Sept.

Lacasse, S. ve Lunne, T., (1986), "Dilatometer Tests in Sands", Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering, ASCE, 686-699.

Lacasse, S. ve Lunne, T., (1988), "Calibration of Dilatometer Correlations", Proceedings of

the 1st International Symposium on Penetration Testing, ISOPT-1, Orlando, Florida, Vol.1, 539-548.

Lee, S.H.H. ve Stokoe, K.H., (1986), "Investigation of Low Amplitude Shear Wave Velocity in Anisotropic Materials", Geotechnical Engineering, Report No.GR86-6, Civil Engineering Department, The University of Texas at Austin.

Leonard, G.A ve Frost, J.D., (1988), "Settlement of Shallow Foundations on Granular Soils", ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol.114, 791-809.

Lunne, T., Lacesse, S., Rad, N.S. ve Decourt, L., (1989), "SPT, CPT, Pressuremeter and Recent Developments on In Situ Testing", Norwegian Geotechnical Institute, Report No.59130-1.

Lunne, T., Powell, J.J.M., Hauge, E.A., Uglow, I.M. ve Mokkelbost, K.H., (1990), "Correlations of Dilatometer Readings to Lateral Stress", Paper Submitted to Specialty Session on Measurement of Lateral Stress, 69th Annual Meeting of the Transportation Research Board, Washington.

Lutenegger, A.J., (1986), "Application of Dynamic Compaction in Friable Loesse", ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol.112, 663-667.

Lutenegger, A.J., (1988), "Current Status of the Marchetti Dilatometer Test", Proceedings of the First International Symposium on Penetration Testing, ISOPT-1, Orlando, Florida, Vol.1, 137-155.

Lutenegger, A.J., (1991), Written Communication May19.

Lutenegger, A.J. ve Blanchard, J.D., (1990), "A Comparison Between Full Displacement Pressuremeter Tests and Dilatometer Tests in Clay", Third Int.Symp. Pressuremeters, Thomas Telford, London.

Lutenegger, A.J. ve Kabir, M., (1988), "Dilatometer C-Reading to Help Determine Stratigraphy", Proceedings of the First International Symposium on Penetration Testing, ISOPT-1, Orlando, Florida, Vol.1, 549-554.

Lutenegger, A.J. ve Timian, D.A., (1986), "Flat-Plate Penetrometer Tests in Marine Clays", Proceedings of the 39th Canadian Geotechnical Conference, 301-309.

Marchetti, S., (1980), "In Situ Tests by Flat Dilatometer", ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol.106, 299-321.

Marchetti, S., (1982), "Detection of Liquefiable Sand Layers by Means of Quasi Static Penetration Tests", Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing, ESOPTII, Amsterdam, Vol.2, 689-695.

Marchetti, S., (1985), "On the Field Determination of K_0 in Sand", Panel Presentation Session : In Situ Testing Techniques, Proceeding of the 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Sanfrancisco.

Marchetti, S., (1991), Written Communication, March 12.

Marchetti, S., (1997), "The Flat Dilatometer: Design Applications", Third Geotechnical Engineering Conf. Cairo University, Keynote Lecture.

Marchetti, S., (1999), "The Flat Dilatometer (DMT) and its Applications to Geotechnical

Design", Japanese Geotechnical Society International Seminar.

Marchetti, S. ve Crapps, D.K., (1981), "Flat Dilatometer Manual", Internal Report of GPE Inc., Distributed to Purchasers of the DMT Equipment.

Marchetti, S. ve Totani, G., (1989), " C_h Evaluations from DMTA Dissipation Curves", Int.Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Rio De Janeiro.

Marchetti, S., Totani, G., Campanella, R.G., Robertson, P.K. ve Taddei, B., (1986), "The DMT- σ_{hc} Method for Piles Driven in Clay", ASCE Specialty Conference In Situ 86, June.

Matlock, H., (1970), "Correlations for Design of Laterally Loaded Piles in Soft Clay", Proceedings of the 2nd Offshore Technical Conference, Houston, Texas, Vol.1, 577-594.

Mayne, P.W. ve Kulhaway, F.H., (1982), " K_o -OCR Relationship in Soil", ASCE Journal of Geotechnical Engineering, Vol.108, No.GT6, 851-872.

Meriç, E. Ve Sakınç, M., (1991), "İstanbul Boğazı Güneyi ve Haliç Dip Çökellerinin (Halosen) Faraminifer Topluluğu ve Çökelme Ortamının Ekolojik Özellikleri, 44. Türkiye Jeoloji Kurultayı.

Ming-Fang, C., (1986), "The Flat Dilatometer Test and Its Application to Two Singapore Clays", Proceeding of the 4th International Geotechnical Seminar on Field Instrumentation and In Situ Measurements, Singapore, 85-101.

Murchison, J.M. ve O'Neill, M.W., (1984), "Evaluation of P-y Relationships in Cohesionless Soils", Proceedings of ASCE Symposium on Analysis and Design of Pile Foundations.

Peck, R.B., Hanson, W.E. ve Thornburn, T.H., (1974), "Foundation Engineering", 2nd Edition, John Wiley and Sons, New York, N.Y.

Powell, J.J.M. ve Uglow, I.M., (1988), "Marchetti Dilatometer Testing in UK Soils", Proceeding of the 1st International Symposium on Penetration Testing, ISOPT-1, Orlando, Florida, Vol.1, 555-562.

Reese, L.C., Cox, W.R. ve Coop, F.D., (1974), "Analysis of Laterally Loaded Piles in Sand", Paper OTC 2080, Presented at the 6th Annual Offshore Technology Conference, Houston, Texas.

Reyna, F. ve Chameau, J.L., (1991), "Dilatometer Based Liquefaction Potential of Sites in the Imperial Valley", 2nd Int.Conf. on Recent Advances in Geot. Earthquake Engrg. And Soil Dyn., St. Louis, May.

Robertson, P.K. ve Campanella, R.G., (1986), "Estimating Liquefaction Potential of Sands Using The Flat Dilatometer", Geotechnical Testing Journal, GTJODJ, Vol.9, 38-40.

Robertson, P.K. ve Campanella, R.G., (1988), "Guidelines for Using The CPT, CPTU and Marchetti DMT for Geotechnical Design", Civil Engineering Department University of British Columbia, Report No:FHWA-PA-87-023+84-24, Vol.3-4.

Robertson, P.K., Campanella, R.G., Davies, M.P. ve Sy, A., (1989b), "An Evaluation of Pile Design in Fraser River Delta Using In Situ Tests", Foundation Engineering Current Principles and Practices, ASCE, Evanston, IL, 92-105.

Robertson, P.K., Campanella, R.G. ve Gillespie, D., (1988), "Excess Pore Pressure and The Flat Dilatometer Test", Proceedings of the 1st International Symposium on Penetration

Testing, ISOPT-1, Orlando, Florida, Vol.1, 567-576.

Robertson, P.K., Davies, M.P. ve Campanella, R.G., (1989a), "Design of Laterally Loaded Driven Piles Using the Flat Dilatometer", *Geotechnical Testing Journal*, GTJODJ, Vol.12, No.1, 30-38.

Roque, R., Janbu, N. ve Senneset, K., (1988), "Basic Interpretation Procedures of Flat Dilatometer Tests", *Proceedings of the 1st International Symposium on Penetration Testing*, ISOPT-1, Orlando, Florida, Vol.1, 577-587.

Schmertmann, J.H., (1982), "A Method for Determining the Friction Angle in Sands from the Marchetti Dilatometer Tests", *Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing*, ESOPT-2, Amsterdam, Vol.2, 853-861.

Schmertmann, J.H., (1983), "Revised Procedure for Calculating K_0 and OCR from DMT's With $I_D > 1.2$ and Which Incorporates the Penetration Measurement to Permit Calculating The Plane Strain Friction Angle", *DMT Digest* No.1, GPE INC., Gainesville, Florida, USA.

Schmertmann, J.H., (1986a), "Suggested Method for Performing The Flat Dilatometer Test", *Geotechnical Testing Journal*, GTJODJ, Vol.9, No.2, 93-101.

Schmertmann, J.H., (1986b), "Dilatometer to Compute Foundation Settlement", *Proceedings of In Situ '86 ASCE Specialty Conference on Use of In Situ Tests and Geotechnical Engineering*, Virginia Tech, Blacksburg, Virginia, 303-321.

Schmertmann, J.H., (1987), "Item 9A: Some Interrelationship With p_0 in Clays", *DMT Digest* No:9-May 1987, Schmertmann Editor.

Schmertmann, J.H., (1988a), "Guidelines for Using The CPT, CPTU, and Marchetti DMT for Geotechnical Design", U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Research and Special Studies, Report No.FHWA-PA-87-023+24, Vol.3-4.

Schmertmann, J.H., (1988b), "Guidelines for Using The CPT, CPTU, and Marchetti DMT for Geotechnical Design", PennDot Manual, U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration, Office of Research and Special Studies, Report No.FHWA-PA-87-024+84-24, Vol.3-4.

Schmertmann, J.H., Baker, W., Gupta, R. ve Kessler, K., (1986), "CPT/DMT QC of Ground Modification at a Power Plant", *Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering*, ASCE, 985-1001.

Stroud, M.A. ve Butler, F.G., (1975), "The Standard Penetration Test and The Engineering Properties of Glacial Materials", *Proc.Symp.Engng. Behaviour of Glacial Materials*, Univ.Birmingham, 124-135.

Sully, J.P. ve Campanella, R.G., (1989), "Correlation of Maximum Shear Modulus With DMT Test Results in Sands", *Paper to 12th International Conference on Soil Testing and Foundation Engineering Session 2*, Rio De Janeiro, 339-343.

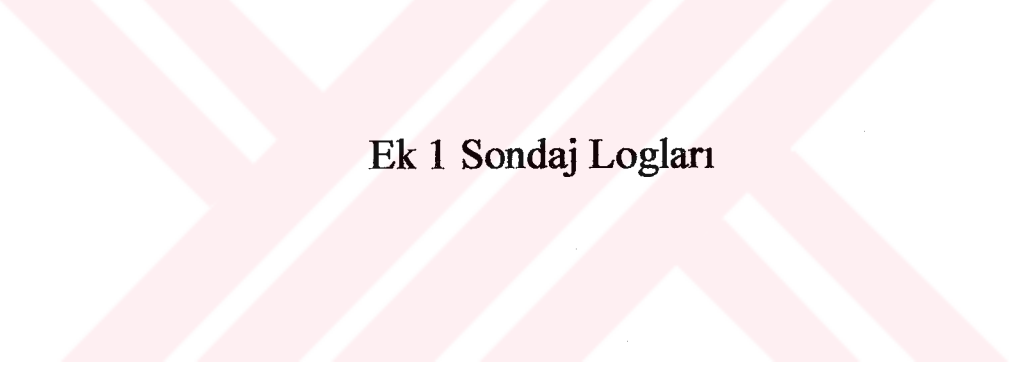
Tucker, L.M. ve Briaud, J.L., (1988), "Analysis of the Pile Load Test Programme at the Lock and Dam 26 Replacement Project", U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Misc.Paper GL-88-11.

Vesic, A.S., (1975), "Bearing Capacity of Shallow Foundations, *Foundation Engineering Handbook*", Edited by H.F.Winterkorn and H.Y.Fang, Van Nostrand Publishing Company.

Yamamoto, Y., Iwasaki, K., Tsuchiya, H. ve Sakai, Y., (1991), “Applicability of the Marchetti Dilatometer Test to Soft Ground in Japan”, GEO-COST, Yokohama.



EKLER



Ek 1 Sondaj Logları

[illegible]

SONDAJ NO :
S-2

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-Edirne*

[illegible]

İŞVEREN / PROJE :

SONDAJ YERİ : *Uzunköprü-Edirne*

KAYA				ZEMİN												Derinlik (m)	Litoloji Logu	Sınıf		AÇIKLAMALAR		
TCR		SCR		RQD		Veya(N/m)	SPT				Örnek				Zemin			Kaya				
%	Grafik	%	Grafik	%	Grafik		Grafik				Darbe Sayısı											
							0	10	20	30	40	50	0-15	15-30	30-45	N ₆₀	UD	D	No			

BİTKİSEL TOPRAK

*KİL: Kum bantlı, siltli, kahve-
rengi-gri renkli,
ÇOK KATI-SERT*

*KİL: Kum bantlı, yer yer kaba
çakıl, grimsi yeşil renkli,
ÇOK KATI-SERT*

*KİL: Grimsi yeşil renkli,
SERT*

Sondaj Sonu

Sondaj Tipi : *Rotari*

Ağır Kotu :

Yerleşim Derinliği : *2.85m*Sondaj Derinliği : *15.50m*Başlangıç / Bitiş Tarihi :
21.09.2001

Sondör :

Mühendis :

Kontrol :

SONDAJ NO :
S-4

ISVIKREN / PROJE :

SONDAJ YERİ: Uzunköprü-Edirne

KAYA						ZEMİN										Derinlik (m)		Sınıf		AÇIKLAMALAR			
TCR		SCR		RQD		Veyra(Nm)	SPT					Örnek					Litojji Logu	Zemin	Kaya				
%	Gravim	%	Gravim	%	Gravim		Gravim					Dübe Sayısı									UD	D	No
							0	10	20	30	40	50	60	0-15	15-30	30-45							
																			0.00				
																			0.50				
																			2.00				
				</																			

[illegible]

SONDAJ NO:
S-6

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-Edirne*

Sondaj Tipi : <i>Rotari</i>	Ağz Kotu :	Yerleşimi Derinliği : <i>2.20m</i>	Sondaj Derinliği : <i>15.50m</i>
Başlangıç / Bitiş Tarihi : <i>25.09.2001</i>	Sondör :	Mühendis :	Kontrol :

SONDAJ NO:
S-7

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-Edirne*

KAYA						ZEMİN												Derinlik (m)	Litholoji Logu	Sınıf		AÇIKLAMALAR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
TCR		SCR		RQD		Veyra(N/m)	SPT						Örnek							Zemin	Kaya																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
%	Grafik	%	Grafik	%	Grafik		Grafik						Darbe Sayısı				UD						D	No																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
						0	10	20	30	40	50	60	0-15	15-30	30-45	45-60																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						

[illegible]

SONDAJ NO :
S-10

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-Edirne*

Kontrol :

[illegible]

SONDAJ NO:
S-12

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-EDİRNE*

[illegible]

SONDAJ NO:
S-13

SONDAJ YERİ: Uzunköprü-EDİRNE

Sondaj Tipi : <i>Rotari</i>	Ağzı Kotu :	Yeraltı Suyu Derinliği : <i>2.60m</i>	Sondaj Derinliği : <i>15.50m</i>
Başlangıç / Bitiş Tarihi : <i>03.10.2001</i>	Sondör :	Mühendis :	Kontrol :

[illegible]

İŞVEREN / PROJE :										SONDAJ YERİ : Uzunköprü-EDİRNE		SONDAJ NO : S-15								
KAYA						ZEMİN								Derinlik (m)		Sınıf		AÇIKLAMALAR		
TCR		SCR		RQD		Veyz(N/m)	SPT				Örnek			Litoloji Logu	Zemin	Kaya				
%	Grafik	%	Grafik	%	Grafik		Grafik				Darbe Sayısı							UID	D	No
							0	10	20	30	40	50	60	0-15	15-30	30-45	N ₆₀			
																		0.00		BİTKİSEL TOPRAK
																		0.70		
														4	6	6	12	1.95	1	
														4	5	6	11	3.45	2	KİL: Çok az kumlu, siltli, gri renkli, KATI-ÇOK KATI
														5	6	7	13	4.95	3	
														7	8	10	18	6.45	4	
														7	9	11	20	7.95	5	KUM: Siltli, killi, sarımsı kah-verengi, ORTA SIKI
														6	7	9	16	9.50	6	KİL: Siltli, kahverengi, ÇOK KATI
																		10.00	7	
																		10.60	8	
																		12.10	9	KUM: Siltli, az killi, sarımsı kahverengi, SIKI-ÇOK SIKI
														20	26	32	58	13.95	10	
														18	26	29	55	15.45	11	Sondaj Sonu
																		15.50		
																		20.00		
																		25.00		
																		30.00		

Çizim: [Signature]
 Tarih: 05.10.2001

[illegible]

SONDAJ LOGU

SONDAJ NO :
S-20

İŞVEREN / PROJE :

SONDAJ YERİ : *Uzunköprü-EDİRNE*

KAYA					ZEMİN										Derinlik (m)	Litojij Logu	Sıf.		AÇIKLAMALAR
TCR		SCR		RQD		Veyr(N/m)	SPT					Örnek					Zemin	Kaya	
%	Grafik	%	Grafik	%	Grafik		Grafik					UD	D	No					
						0	10	20	30	40	50	60	0.15	15.30	30.45	N ₆₀			
												2.00			1				BİTKİSEL TOPRAK
												2.45			2				
												3.45			3				
												4.95			4	5.00			
												6.45			5				
												7.95			6				
												9.45			7				
												10.95			8	11.00			
												12.45			9				
												13.95			10				
												15.45			11	15.50			
																			KİL: Seyrek kumlu, siltli, sarımsı kahverengi, KATI-ÇOK KATI
																			KUM: Siltli, ince-orta daneli, kahverengi, SIKI
																			Sondaj Sonu
																			Sondaj Tipi : Rotari
																			Ağız Kota :
																			Yeraltı Suyu Derinliği : 3.40m
																			Sondaj Derinliği : 15.50m
																			Başlangıç / Bitiş Tarihi : 11.10.2001
																			Sondör :
																			Mühendis :
																			Kontrol :
																			Sondaj Tipi : Rotari
																			Ağız Kota :
																			Yeraltı Suyu Derinliği : 3.40m
																			Sondaj Derinliği : 15.50m
																			Başlangıç / Bitiş Tarihi : 11.10.2001
																			Sondör :
																			Mühendis :
																			Kontrol :
																			Sondaj Tipi : Rotari
																			Ağız Kota :
																			Yeraltı Suyu Derinliği : 3.40m
																			Sondaj Derinliği : 15.50m
																			Başlangıç / Bitiş Tarihi : 11.10.2001
																			Sondör :
																			Mühendis :
																			Kontrol :
																			Sondaj Tipi : Rotari
												</							

İŞVEREN / PROJİ :

SONDAJ YERİ : *Uzunköprü-EDİRNE*

KAYA

ZEMİN

TCR

SCR

RQD

% Grafik

% Grafik

% Grafik

SPT

Örnek

Grafik

Darbe Sayısı

0 10 20 30 40 50 60

0-15 15-30 30-45 45-60

UD

D No

Derinlik (m)

Litojij Logu

Sınıf

Zemin Kaya

AÇIKLAMALAR

Veyra(Nm)

0 10 20 30 40 50 60

0-15 15-30 30-45 45-60

UD

D No

Sondaj Tipi : **Rotari**

Ağır Kota :

Yeraltı Suyu Derinliği : **2.10m**

Sondaj Derinliği : **15.50m**

Başlangıç / Bitiş Tarihi : **12.10.2001**

Sondör :

Mühendis :

Kontrol :

Sondaj Sonu

[illegible]

[illegible]

SONDAJ NO:
S-24

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-EDİRNE*

[illegible]

SONDAJ LOGU

SONDAJ NO:
S-25

İŞVEREN / PROJE :

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-EDİRNE*

KAYA					ZEMİN										Derinlik (m)	Litoloji Logu	Sınıf		AÇIKLAMALAR
TCR		SCR		RQD		Veyan(Nm)	SPT				Örnek			Zemin			Kaya		
Grafit	%	Grafit	%	Grafit	%		Grafit	%	Grafit	%	UD	D	No						
0	10	20	30	40	50	60	0-15	15-30	30-45	45-60									
														0.00					
														1.80			HETEROJEN DOLGU: Kırı, siltli, kumlu, çakılı, KATI		
														3.50			KİL: Seyrek kumlu, siltli, gri renkli, KATI		
														5.00			KİL: Seyrek kumlu, siltli, sarımsı kahverengi, KATI-ÇOK KATI		
														6.45					
														7.95					
														9.45					
														10.00			KİLTAŞI: Kumlu, sarımsı kahverengi, ORTA SERT		
														10.95					
														12.45					
														13.95					
														15.00			Sonda Sonu :		
														15.45					
														15.50					
														20.00					
														25.00					
														30.00					
Sondaj Tipi : Rotari							Ağız Kotu :					Yeraltı Suyu Derinliği : 2.60m			Sondaj Derinliği : 15.50m				
Başlangıç / Bitiş Tarihi : 16.10.2001							Sondör :					Mühendis :			Kontrol :				

															SONDAJ NO : S-26									
İŞVEREN / PROJE :															SONDAJ YERİ : <i>Uzunköprü-EDİRNE</i>									
KAYA						ZEMİN										Derinlik (m)	Liznoloji Logu	Sınıf		AÇIKLAMALAR				
TCR		SCR		RQD		Yerel (mm)	SPT				Örnek			UD	D			No	Zemin		Kaya			
%	Grafik	%	Grafik	%	Grafik		Grafik				Darbe Sayısı											N ₆₀		
							0	10	20	30	40	50	0-15										15-30	30-45

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-EDİRNE*

Sondaj Tipi : <i>Rotari</i>	Ağız Kotu :	Yeraltı suyu Derinliği : <i>3.80m</i>	Sondaj Derinliği : <i>15.50m</i>
Başlangıç / Bitiş Tarihi : <i>20.10.2001</i>	Sondör :	Mühendis :	Kontrol :

SONDAJ LOGU

SONDAJ NO :
S-29

İŞVEREN / PROJE :

SONDAJ YERİ : *Uzunköprü-EDİRNE*

KAYA						ZEMİN												Derinlik (m)	Litojoloji Logu	Sınıf		AÇIKLAMALAR	
TCR		SCR		RQD		Veyn(Nim)	SPT						Örnek			Zemin	Kaya						
%	Grafik	%	Grafik	%	Grafik		Grafik						Darbe Sayısı							LD	D		No
						0	10	20	30	40	50	60	0-15	15-30	30-45	N ₆₀							
												3	3	3	6	1.95	1				BİTKİSEL TOPRAK		
												3	4	4	8	3.45	2						
												4	6	6	12	4.95	3						
												5	6	7	13	6.45	4						
												6	7	8	15	7.95	5						
												7	7	9	16	9.45	6						
												6	8	8	16	10.95	7						
												6	9	10	19	12.45	8						
												7	10	11	21	13.95	9						
												8	9	13	22	15.45	10						
															15.50				Sondaj Sonu				
															30.00								
															35.00								
															30.00								
Sondaj Tipi : Rotari						Ağzı Kotu :						Yerleşim Derinliği : 2.70m						Sondaj Derinliği : 15.50m					
Başlangıç / Bitiş Tarihi : 20-21.10.2001						Sondör :						Mühendis :						Kontrol :					

[illegible]

SONDAJ NO:
S-32

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-EDİRNE*

[illegible]

SONDAJ NO :
S-33

SONDAJ YERİ : Uzunköprü-EDİRNE

[illegible]

SONDAJ NO :
S-34

SONDAJ YERİ: Uzunköprü-EDİRNE

[illegible]

SONDAJ NO:
S-35

ISVEREN / PROJE :

SONDAJ YERİ: *Uzunköprü-EDİRNE*

KAYA						ZEMİN												Derinlik (m)	Litoloji Logu	Sınıf		AÇIKLAMALAR
TCR		SCR		RQD		Veyn(Ncm)	SPT						Örnek			Zemin	Kaya					
%	Grafik	%	Grafik	%	Grafik		Grafik						UD	D	No							
						0	10	20	30	40	50	60	0-15	15-30	30-45	N ₆₀						
												17	18	20	38	1.95	1					
												21	26	27	53	3.45	2					
												365				4.55	3					
												371				6.10	4					
												507				7.57	5					
												508				9.08	6					
												40	507			10.72	7					
												505				12.05	8					
												44	505			13.68	9					
												506				15.06	10					
															15.00							
															15.50							
															20.00							
															25.00							
															30.00							

<

Sondaj Tipi : *Rotari*

Ağız Kotu :

Yeraltısuyuna Derinliği : 9.70m

Sondaj Derinliği : 15.50m

Başlangıç / Bitiş Tarihi :
28.10.2001

Sonder :

Milbendis :

Kontrol :



Ek 2 DMT ve DMTC Deneyi Arazi Okumaları

DMT DENEYİ ARAZİ OKUMALARI ÇİZELGESİ

Deney Bölgesi: Edirne
Uzunköprü İlçesi
Sondaj No: DMT1
Tarih: 20 EKİM 2001
Müşteri: -

Hasas Manometre Sıfırı (bar): 0.00 Bıçak No: -
Manometre Sıfırı (bar): 0.00
 ΔA_{ort} (bar): 0,12
 ΔB_{ort} (bar): 0,51

Tij Tipi: -
Sürtünme Azaltıcının Çapı(mm): -
Donanım Operatörü: K.KOYUNLU

DERİNLİK (m)	DMT OKUMALARI	
	A (bar)	B (bar)
0,25	1,8	11,5
0,50	1,6	10,2
0,75	1,3	9,0
1,00	2,0	9,7
1,25	2,1	6,0
1,50	2,2	4,4
1,75	2,3	4,7
2,00	3,0	6,9
2,25	2,5	5,5
2,50	2,6	6,0
2,75	3,9	7,8
3,00	2,7	5,4
3,25	3,1	6,4
3,50	2,4	4,9
3,75	2,6	8,0
4,00	3,4	8,2
4,25	5,5	10,0
4,50	4,5	8,5
4,75	3,5	6,6
5,00	4,5	10,0
5,25	4,0	7,4
5,50	4,2	7,4
5,75	4,9	8,7
6,00	5,6	10,2
6,25	5,3	9,2
6,50	4,9	8,7
6,75	5,1	9,4

DMT DENEYİ ARAZİ OKUMALARI ÇİZELGESİ

Deney Bölgesi: Edirne

Hasas Manometre Sıfırı (bar): 0.00

Bıçak No: -

Uzunköprü İlçesi

Sondaj No: DMT2

Manometre Sıfırı (bar): 0.00

Tij Tipi: -

Tarih: 29 EKİM 2001

ΔA_{ort} (bar): 0,11

Sürtünme Azaltıcının Çapı(mm): -

Müşteri: -

ΔB_{ort} (bar): 0,51

Donanım Operatörü: K.KOYUNLU

DERİNLİK (m)	DMT OKUMALARI	
	A (bar)	B (bar)
2,35	3,53	3,71
2,50	5,17	5,41
2,65	5,26	5,51
2,80	6,53	6,81
2,95	6,82	7,11
3,10	5,57	5,81
3,25	5,96	6,21
3,40	5,37	5,61
3,55	5,63	5,91
3,70	5,94	6,21
3,85	5,94	6,21
4,00	5,63	5,91
4,15	6,22	6,51
4,30	5,41	5,71
4,45	5,85	6,11
6,10	8,88	9,21
6,25	8,40	8,71
6,40	9,89	10,21
6,55	9,50	9,81
6,70	9,78	10,11
6,85	11,19	11,61
7,00	8,12	8,41
7,15	14,91	15,51
7,30	11,72	12,11
7,45	9,51	9,81
7,60	7,46	7,71
7,75	9,49	9,81

DMT DENEYİ ARAZİ OKUMALARI ÇİZELGESİ

Deney Bölgesi: Edirne

Hasas Manometre Sıfırı (bar): 0.00

Bıçak No: -

Uzunköprü İlçesi

Sondaj No: DMT3

Manometre Sıfırı (bar): 0.00

Tij Tipi: -

Tarih: 30 EKİM 2001

ΔA_{ort} (bar): 0,11

Sürtünme Azaltıcının Çapı(mm): -

Müşteri: -

ΔB_{ort} (bar): 0,50

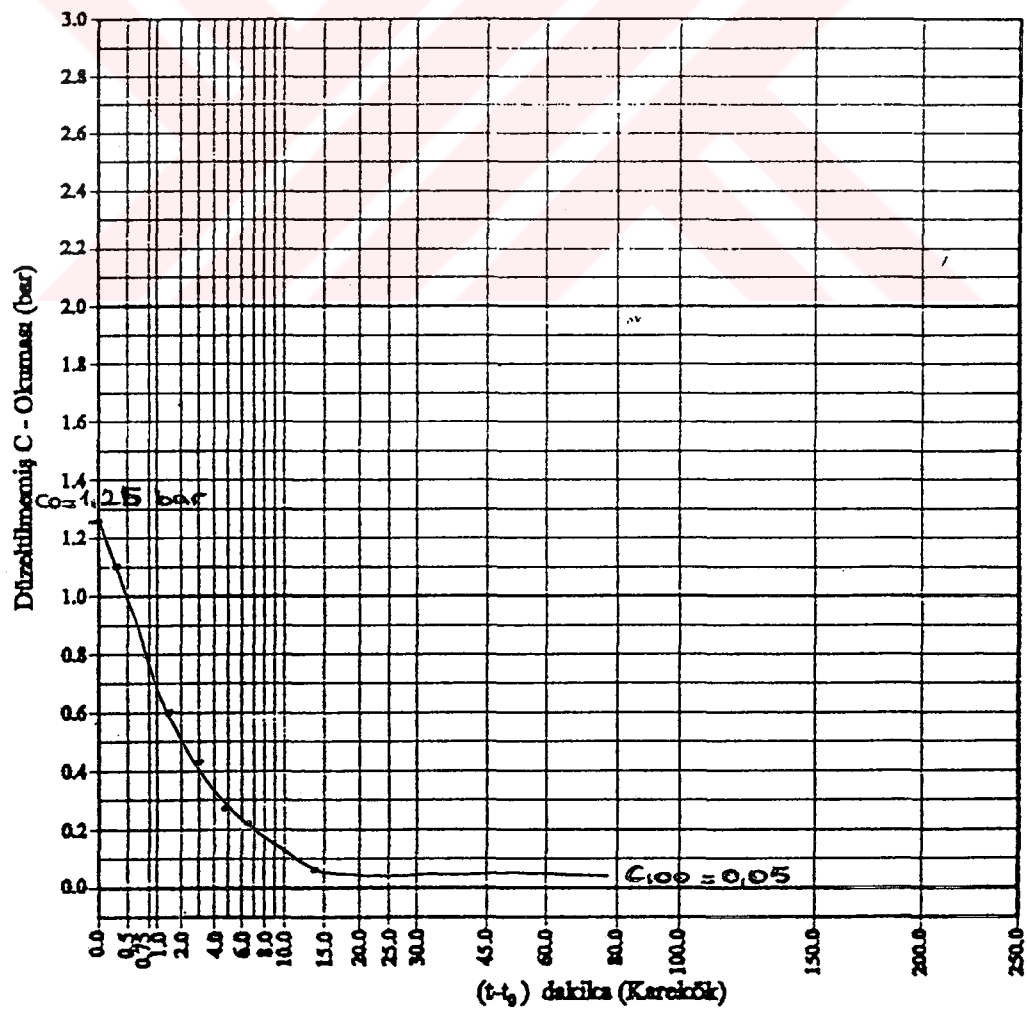
Donanım Operatörü: K.KOYUNLU

DERİNLİK (m)	DMT OKUMALARI	
	A (bar)	B (bar)
1,35	4,72	4,90
1,60	4,88	5,10
1,85	4,78	5,00
2,10	5,16	5,40
2,35	3,80	4,00
2,60	5,35	5,60
2,85	6,13	6,40
3,10	5,94	6,20
3,35	5,36	5,60
3,60	4,95	5,20
3,85	5,62	5,90
4,10	5,92	6,20
4,35	5,75	6,00
4,60	6,91	7,20
4,85	8,19	8,50
5,10	8,77	9,10
5,35	8,49	8,80
5,60	8,11	8,40
5,85	8,50	8,80
6,10	8,87	9,20
6,35	8,59	8,90

DMT C SÖNÜMLEME DENEYİ

Deneyi Yapan :
K. KOYLUNLU
Tarih :
20 EKİM 2001
DMT No :
DMT1
Su Derinliği :
2.00 m
Deniz Taban Kotu :
—
Deney Derinliği : 3.00 m
Zemin : Kil-Siltli

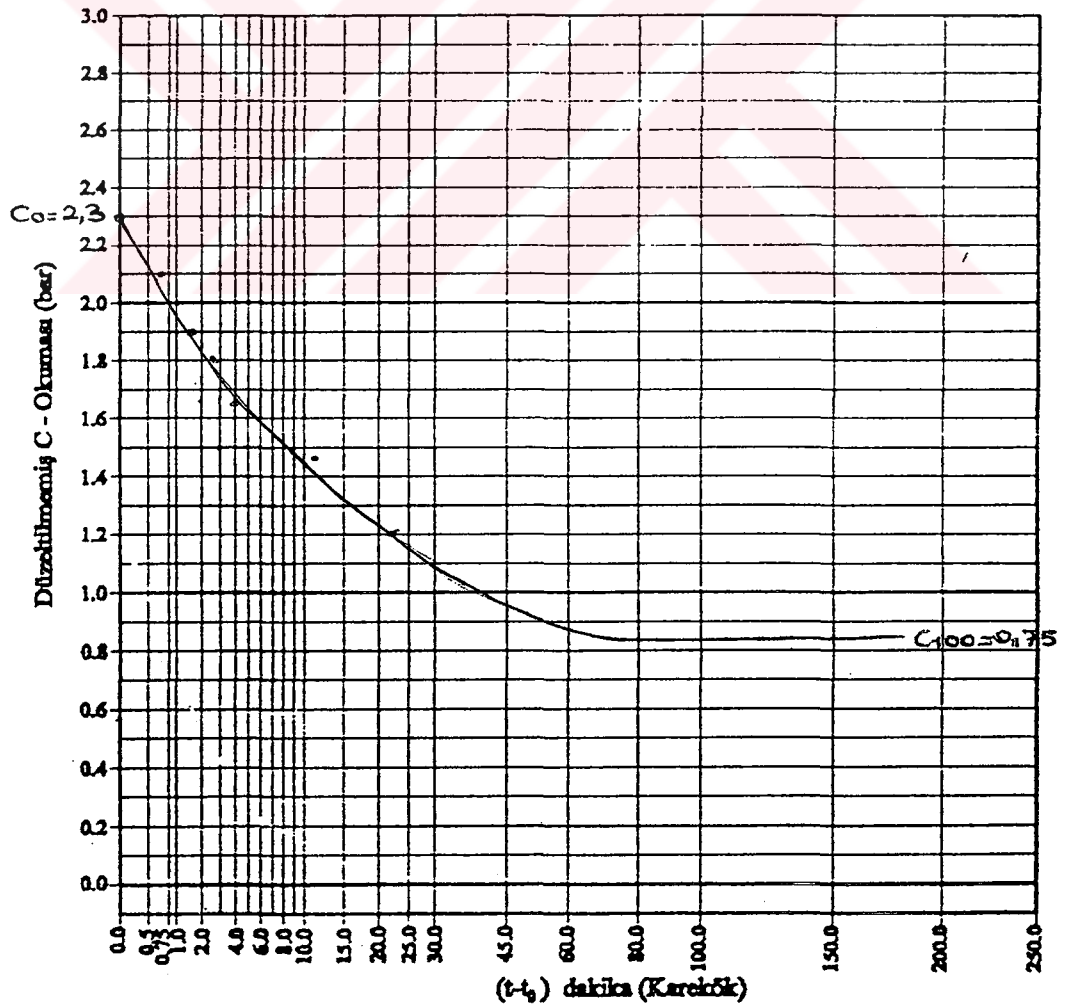
$\Delta A = \dots 0,12 \dots \text{bar}$		$\Delta B = \dots 0,5 \dots \text{bar}$				
A	B	C	zaman			(t-t ₀) dak.
			saat	dak	men	
2,7	5,4	1,1			15	0,25
1,4	4,9	0,6			25	1,58
1,4	4,0	0,42			180	3,00
1,1	3,6	0,28			275	4,58
0,8	3,6	0,21			375	6,25
0,9	3,6	0,09		14	35	14,58



DMT C SÖNÜMLEME DENEYİ

Deneyi Yapan :	
K. KOYUNLU	
Tarih :	
20 EKİM 2001	
DMT No :	
DMT1	
Su Derinliği :	
2,00 m	
Deniz Taban Kotu :	
—	
Deney Derinliği : 6,75 m	
.	
Zemin : Kil-Siltli	

$\Delta A = \dots\dots\dots 0,12 \dots \text{bar}$			$\Delta B = \dots\dots\dots 0,15 \dots \text{bar}$			
A	B	C	zaman			(t-t ₀) dak.
			sast	day	sari	
—	—	2,1			4	0,0667
2,0	8,0	1,9			79	1,32
3,0	8,4	1,9			180	2,67
3,0	8,5	1,65			240	4,0
3,0	7,9	1,45			665	11,083
2,8	8,1	1,20			1200	21,17



**Ek 3 DMT Deneyi Verileri Bilgisayar Çıktıları ve DMTC Sönümleme
Deneyi Hesaplamaları**

UZUNKOPRU BELEDİYESİ
S32-S12 ARASI

UZUNKOPRU

XATİBRTABLE = 2

Reduction formulae according to Marchetti, ASCE Geot. Jnl., Mar. 1980, Vol.109, 299-321

NOTE : OCR = "relative OCR". OCR below often reasonable. Accuracy can be improved if precise OCR values are available. Then factorize all OCR below by the ratio OCRreference/OCR

Po	=	Corrected A reading	bar	INTERPRETED GEOTECHNICAL PARAMETERS											
Pi	=	Corrected B reading	bar												
Gamma	=	Bulk unit weight/GammaH2O	(-)	Ko = In situ earth press. coeff. (-)											
Sigma'	=	Effective overb. stress	bar	Ocr= Overconsolidation ratio (-)											
U	=	Pore pressure	bar	q = Eroded overburden above g.s. bar											
Id	=	Material Index	(-)	M = Constrained modulus (at Sigma') bar											
Kd	=	Horizontal stress index	(-)	Cu = Undrained shear strength bar											
Ed	=	Dilatometer modulus	bar												
Z (m)	Po	Pi	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	q	M	Cu	DESCRIPTION	
0.25	1.5	11.0	1.90	0.04	0.00	6.49	33.2	330				1202		SAND	
0.50	1.3	9.7	1.80	0.09	0.00	6.69	14.0	294				828		SAND	
0.75	1.1	8.5	1.80	0.13	0.00	6.96	7.9	258				591		SAND	
1.00	1.8	9.2	1.90	0.18	0.00	4.24	9.9	259				645		SAND	
1.25	2.1	5.5	1.70	0.23	0.00	1.67	9.1	119				287		SANDY SILT	
1.50	2.2	3.9	1.70	0.27	0.00	0.74	8.4	57	1.6	9.4	2.2	133	0.35	CLAYEY SILT	
1.75	2.3	4.2	1.70	0.31	0.00	0.82	7.5	66	1.5	7.9	2.1	147	0.36	SILT	
2.00	3.0	6.4	1.80	0.35	0.00	1.16	8.4	119	1.7	9.4	3.0	278	0.47	SILT	
2.25	2.5	5.0	1.70	0.37	0.02	1.00	6.7	86	1.4	6.6	2.1	181	0.37	SILT	
2.50	2.6	5.5	1.70	0.39	0.05	1.15	6.5	101	1.4	6.3	2.1	210	0.37	SILT	
2.75	3.9	7.3	1.80	0.40	0.07	0.91	9.3	119	1.8	11.1	4.1	290	0.61	SILT	
3.00	2.7	4.9	1.70	0.42	0.10	0.83	6.2	75	1.3	5.8	2.0	152	0.38	SILT	
3.25	3.1	5.9	1.70	0.44	0.12	0.95	6.7	97	1.4	6.6	2.5	204	0.44	SILT	
3.50	2.4	4.4	1.70	0.46	0.15	0.86	5.0	68	1.2	4.1	1.4	122	0.31	SILT	
3.75	2.5	7.5	1.90	0.48	0.17	2.17	4.9	174				319		SILTY SAND	
4.00	3.3	7.7	1.80	0.50	0.20	1.41	6.3	152				311		SANDY SILT	
4.25	5.4	9.5	1.80	0.52	0.22	0.78	10.1	141	1.8	12.4	5.9	353	0.86	CLAYEY SILT	
4.50	4.5	8.0	1.80	0.54	0.25	0.84	7.8	123	1.6	8.4	4.0	277	0.65	SILT	
4.75	3.5	6.1	1.80	0.56	0.27	0.80	5.8	90	1.3	5.3	2.4	175	0.46	SILT	
5.00	4.4	9.5	1.80	0.58	0.29	1.25	7.1	177				383		SANDY SILT	
5.25	4.0	6.9	1.80	0.60	0.32	0.79	6.1	101	1.3	5.8	2.8	203	0.53	CLAYEY SILT	
5.50	4.2	6.9	1.80	0.62	0.34	0.70	6.3	94	1.4	5.9	3.0	199	0.56	CLAYEY SILT	
5.75	4.9	8.2	1.80	0.64	0.37	0.74	7.1	115	1.5	7.2	3.9	248	0.68	CLAYEY SILT	
6.00	5.5	9.7	1.80	0.65	0.39	0.81	7.8	145	1.6	8.4	4.9	326	0.79	SILT	
6.25	5.3	8.7	1.80	0.67	0.42	0.71	7.2	119	1.5	7.3	4.3	258	0.73	CLAYEY SILT	
6.50	4.9	8.2	1.80	0.69	0.44	0.73	6.4	114	1.4	6.2	3.6	233	0.66	CLAYEY SILT	
6.75	5.0	8.9	1.80	0.71	0.47	0.84	6.4	134	1.4	6.1	3.7	274	0.67	SILT	
Z (m)	Po	Pi	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	q	M	Cu	DESCRIPTION	

Po=Düzeltilmiş A okuması (bar)

Pi=Düzeltilmiş B okuması (bar)

Gamma=İslak birim hacim / suyun birim hacim ağırlığı

Sigma' =Etketif gerilme (bar)

U=Boşluk suyu basıncı (bar)

Id=Malzeme indeksi

Kd=Yatay Gerilme indeksi

Ed=Dilatometre Modülü (bar)

YORULANAN GEOTEKNİK PARAMETRELERİ

Ko=Yanal İteli Katsayısı

Ocr=Aşırı Konsolidasyon Oranı

q=Ön konsolidasyon basıncı ile efektif gerilme arasındaki fark

(Seamış jeolojik yük)

q=[Ocr*Sigma']-Sigma' (bar)

M=Emirlanmış Modül (bar)

Cu=Drenajsız Kayma Mukavemeti (bar)

UZUNKOPRU BELEDİYESİ

UZUNKOPRU
S25 YAKINI

WATERTABLE m 2.6

Reduction formulae according to Marchetti, ASCE Geot.Jnl., Mar. 1980, Vol.109, 299-321

NOTS : OCR = 'relative OCR'. OCR below often reasonable. Accuracy can be improved if precise OCR values are available. Then factorize all OCR below by the ratio OCRreference/OCR

Po	= Corrected A reading	bar	INTERPRETED GEOTECHNICAL PARAMETERS	
P1	= Corrected B reading	bar	-----	
Gamma	= Bulk unit weight/GammaH2O	(-)	Ko = In situ earth press. coeff.	(-)
Sigma'	= Effective overb. stress	bar	Ocr= Overconsolidation ratio	(-)
U	= Pore pressure	bar	q = Exposed overburden above g.s.	bar
Id	= Material Index	(-)	M = Constrained modulus (at Sigma')	bar
Kd	= Horizontal stress index	(-)	Cu = Undrained shear strength	bar
Ed	= Dilatometer modulus	bar		

Z (m)	Po	P1	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	q	M	Cu	DESCRIPTION
2.35	2.2	3.2	1.70	0.41	0.00	0.48	5.2	36	1.2	4.4	1.4	65	0.30	SILTY CLAY
2.50	2.7	4.9	1.70	0.44	0.00	0.81	6.2	76	1.3	5.8	2.1	152	0.39	SILT
2.65	2.6	5.0	1.70	0.46	0.00	0.92	5.6	83	1.3	5.0	1.9	160	0.37	SILT
2.80	3.2	6.3	1.80	0.47	0.02	1.00	6.7	109	1.4	6.6	2.6	228	0.47	SILT
2.95	3.3	6.6	1.80	0.48	0.03	1.04	6.7	116	1.4	6.5	2.7	243	0.48	SILT
3.10	3.1	5.3	1.70	0.49	0.05	0.71	6.2	76	1.3	5.8	2.4	152	0.45	CLAYEY SILT
3.25	3.2	5.7	1.70	0.50	0.06	0.80	6.2	87	1.3	5.8	2.4	175	0.46	CLAYEY SILT
3.40	2.9	5.1	1.70	0.51	0.08	0.77	5.5	76	1.2	4.8	2.0	143	0.40	CLAYEY SILT
3.55	2.4	5.4	1.70	0.52	0.09	1.33	4.3	105				177		SANDY SILT
3.70	2.8	5.7	1.70	0.54	0.11	1.10	5.0	101	1.2	4.1	1.7	183	0.37	SILT
3.85	2.9	5.7	1.70	0.55	0.12	1.02	5.0	98	1.2	4.2	1.8	178	0.38	SILT
4.00	2.3	5.4	1.70	0.56	0.14	1.47	3.8	109				170		SANDY SILT
4.15	2.7	6.0	1.70	0.57	0.15	1.34	4.4	116				197		SANDY SILT
4.30	1.7	5.2	1.80	0.58	0.17	2.18	2.7	120				156		SILTY SAND
4.45	3.0	5.6	1.70	0.59	0.18	0.93	4.8	90	1.1	3.9	1.7	159	0.38	SILT
6.10	4.5	8.7	1.80	0.70	0.34	1.00	5.9	145	1.3	5.5	3.1	287	0.60	SILT
6.25	4.6	8.2	1.80	0.71	0.36	0.83	6.0	123	1.3	5.6	3.3	244	0.62	SILT
6.40	5.7	9.7	1.80	0.72	0.37	0.74	7.4	138	1.5	7.7	4.8	302	0.82	CLAYEY SILT
6.55	5.6	9.3	1.80	0.74	0.39	0.70	7.1	127	1.5	7.3	4.6	273	0.79	CLAYEY SILT
6.70	5.5	9.6	1.80	0.75	0.40	0.80	6.8	141	1.4	6.8	4.3	299	0.76	CLAYEY SILT
6.85	5.0	11.1	1.80	0.76	0.42	1.32	6.1	211				423		SANDY SILT
7.00	4.7	7.9	1.80	0.77	0.43	0.77	5.5	112	1.2	4.8	2.9	212	0.60	CLAYEY SILT
7.15	5.2	15.0	2.00	0.78	0.45	2.03	6.1	338				691		SILTY SAND
7.30	6.3	11.6	1.95	0.80	0.46	0.92	7.3	185	1.5	7.5	5.2	403	0.88	SILT
7.45	5.8	9.3	1.80	0.81	0.48	0.64	6.6	120	1.4	6.5	4.3	248	0.80	CLAYEY SILT
7.60	4.8	7.2	1.80	0.82	0.49	0.56	5.2	83	1.2	4.5	2.9	152	0.60	SILTY CLAY
7.75	5.5	9.3	1.80	0.84	0.51	0.75	6.0	130	1.3	5.6	3.8	259	0.73	CLAYEY SILT
7.90	6.0	11.2	1.80	0.85	0.52	0.96	6.4	181	1.4	6.2	4.4	373	0.80	SILT
8.05	5.6	9.6	1.80	0.86	0.53	0.78	5.9	138	1.3	5.4	3.8	271	0.73	CLAYEY SILT
8.20	5.1	11.3	1.80	0.87	0.55	1.35	5.2	214				401		SANDY SILT
8.35	6.1	11.2	1.80	0.88	0.56	0.93	6.2	178	1.4	5.9	4.3	360	0.80	SILT

Z (m)	Po	P1	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	q	M	Cu	DESCRIPTION

Po=Düzeltilmiş A okuması (bar)

P1=Düzeltilmiş B okuması (bar)

Gamma=Isiok birim hacim / suyun birim
ağırlığı / hacim ağırlığı

Sigma'=Etketif gerilme (bar)

U=Bosluk suyu basıncı (bar)

Id=Malzeme İndeksi

Kd=Yatay Gerilme İndeksi

Ed=Dilatometre Modülü (bar)

YORUMLANAN GEOTEKNİK PARAMETRELERİ

Ko=Yanal İtli Katsayısı

Ocr=Aşırı Konsolidasyon Oranı

q=Ön konsolidasyon basıncılık efektif

gerilme arasındaki fark

(geçmiş jeolojik yük)

q=[OcrxSigma']-Sigma' (bar)

M=Sınırlanmış Modül (bar)

Cu=Drainajsız Kayma Mukavemeti (bar)

UZUNKOPRU BELEDİYESİ
S11 YAKINI

UZUNKOPRU

WATERTABLE m 1.65

Reduction formulae according to Marchetti, ASCE Geot. Jnl., Mar. 1980, Vol.109, 299-321

NOTE : OCR = "relative OCR" OCR below often reasonable. Accuracy can be improved if precise-OCR values are available. Then factorize all OCR below by the ratio OCRreference/OCR

Po	= Corrected A reading	bar	INTERPRETED GEOTECHNICAL PARAMETERS
P1	= Corrected B reading	bar	-----
Gamma	= Bulk unit weight/GammaH2O	(-)	Ko = In situ earth press. coeff. (-)
Sigma'	= Effective overb. stress	bar	Ocr= Overconsolidation ratio (-)
U	= Pore pressure	bar	q = Eroded overburden above g.s. bar
Id	= Material Index	(-)	M = Constrained modulus (at Sigma') bar
Kd	= Horizontal stress index	(-)	Cu = Undrained shear strength bar
Ed	= Dilatometer modulus	bar	

Z (m)	Po	P1	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	q	M	Cu	DESCRIPTION
1.35	3.5	4.4	1.70	0.24	0.00	0.27	14.5	32	2.3	22.1	5.0	93	0.63	CLAY
1.60	2.7	4.6	1.70	0.28	0.00	0.69	9.7	65	1.8	11.8	3.0	161	0.44	CLAYEY SILT
1.85	2.6	4.5	1.70	0.30	0.02	0.72	8.6	65	1.7	9.7	2.6	153	0.41	CLAYEY SILT
2.10	2.7	4.9	1.70	0.32	0.04	0.82	8.3	76	1.6	9.3	2.6	176	0.42	SILT
2.35	2.1	3.5	1.70	0.34	0.07	0.65	6.2	47	1.3	5.8	1.6	94	0.30	CLAYEY SILT
2.60	2.6	5.1	1.70	0.35	0.09	1.00	7.1	87	1.5	7.2	2.2	187	0.38	SILT
2.85	3.1	5.9	1.70	0.37	0.12	0.95	8.0	98	1.6	8.7	2.8	223	0.46	SILT
3.10	3.1	5.7	1.70	0.39	0.14	0.89	7.6	91	1.5	8.0	2.7	202	0.45	SILT
3.35	2.9	5.1	1.70	0.41	0.17	0.80	6.8	76	1.4	6.7	2.3	160	0.41	SILT
3.60	2.3	4.7	1.70	0.42	0.19	1.14	5.0	83	1.2	4.2	1.3	151	0.29	SILT
3.85	2.3	5.4	1.70	0.44	0.22	1.54	4.7	109				192		SANDY SILT
4.10	2.7	5.7	1.70	0.46	0.24	1.25	5.3	105				198		SANDY SILT
4.35	3.0	5.5	1.70	0.47	0.26	0.92	5.8	87	1.3	5.2	2.0	169	0.39	SILT
4.60	3.5	6.7	1.80	0.49	0.29	1.02	6.4	113	1.4	6.2	2.6	232	0.47	SILT
4.85	4.4	8.0	1.80	0.51	0.31	0.86	8.1	124	1.6	8.8	4.0	282	0.64	SILT
5.10	4.5	8.6	1.80	0.53	0.34	0.98	7.9	142	1.6	8.5	4.0	321	0.65	SILT
5.35	4.5	8.3	1.80	0.55	0.36	0.90	7.6	131	1.5	8.0	3.8	291	0.64	SILT
5.60	4.7	7.9	1.80	0.57	0.39	0.76	7.5	113	1.5	7.9	3.9	249	0.65	CLAYEY SILT
5.85	4.8	8.3	1.80	0.59	0.41	0.78	7.5	120	1.5	7.9	4.1	265	0.68	CLAYEY SILT
6.10	4.5	8.7	1.80	0.61	0.44	1.03	6.7	145	1.4	6.6	3.4	305	0.61	SILT
6.35	4.6	8.4	1.80	0.63	0.46	0.90	6.6	131	1.4	6.5	3.5	273	0.62	SILT
Z (m)	Po	P1	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	q	M	Cu	DESCRIPTION

Po=Düzeltilmiş A okuması (bar)

P1=Düzeltilmiş B okuması (bar)

Gamma=Islak birim hacim / suyun birim
ağırlığı hacim ağırlığı

Sigma'=Etketif gerilme (bar)

U=Boşluk suyu basıncı (bar)

Id=Malzeme indeksi

Kd=Yatay Gerilme indeksi

Ed=Dilatometre Modülü (bar)

YORUNULANAN GEOTEKNİK PARAMETRELERİ

Ko=Yanal itki Katsayısı

Ocr=Asırı Konsolidasyon Oranı

q=Ön konsolidasyon basıncı ile efektif
gerilme arasındaki fark

(geçmiş jeolojik yük)

q=[Ocr x Sigma'] - Sigma' (bar)

M=Sınırlanmış Modül (bar)

Cu=Drenajsız Kayma Mukavemeti (bar)

DMTC SÖNÜMLEME DENEYİ DEĞERLENDİRMESİ:

DMTC Sönümlleme Deneyi veri kağıdında görülen C basıncına karşılık zamanın karekökünün grafiği çizilerek sönümlleme eğrisi elde edilmiştir. Bölüm 2.6.11'de anlatıldığı gibi sönümlleme eğrisi kullanılarak C_o , C_{100} , C_{50} , t_{50} değerleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

3,00 m. (DMT1):

$$C_o = 1,22 \text{ bar}$$

$$C_{100} = 0,05 \text{ bar}$$

$$C_{50} = \frac{C_o + C_{100}}{2} = 0,585 \text{ bar}$$

$$C_{50} = 0,585 \text{ için } t_{50} = 2 \text{ dk.}$$

(Sönümlleme eğrisinden)

$$S_u = 0,38 \text{ bar}$$

(DMT bilgisayar çıktısında 3,00 m'deki C_u değeri)

$$E = M \times 0,8 = 152 \times 0,8 = 121,6 \text{ bar}$$

(Bölüm 2.6.7, eşitlik 2.32)

$$M = 152 \text{ bar}$$

(DMT bilgisayar çıktısında 3,00 m'deki M değeri)

$$\frac{E}{S_u} = \frac{121,6}{0,38} = 320 \text{ için } T_{50} = 2,14^* \text{ (Bölüm 2.6.11'de verilen } E/S_u \text{ değerlerine karşılık } T_{50}$$

değerlerinin çizelgesinden)

Bölüm 2.6.11'de verilen eşitlik 2.40 kullanılarak;

$$C_{h_{DMT}} = 600 \times \left(\frac{T_{50}}{t_{50}} \right) = 600 \times \left(\frac{2,14}{2} \right) = 642 \frac{\text{mm}^2}{\text{dak.}} = 10,015 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

DMT verileri ile elde edilen AKO'na göre; tahmin edilen arazi davranışı az aşırı konsolidedir.

Bölüm 2.6.11'de anlatılan arazi davranışına karşılık $C_{h_{DMT}} / C_{h_{arazi}}$ oranı değerleri kullanılarak, tahmin edilen arazi davranışı LOC için $C_{h_{DMT}} / C_{h_{arazi}}$ oranı 3 olarak belirlenmiştir.

* Bölüm 2.6.11'deki tabloda $E/S_u = 300$ ve $E/S_u = 400$ için T_{50} değeri 2,0 ve 2,7 olarak verilmiştir. $E/S_u = 320$ değeri için interpolasyonla $T_{50} = 2,14$ elde edilmiştir.

$$\frac{C_{h_{DMT}}}{C_{h_{arazi}}} = 3 \text{ için } C_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{DMT}}}{3} = \frac{10,015}{3} = 3,3384 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{arazi}} \times \gamma_o}{M_h}$$

(Bölüm 2.6.11 eşitlik 2.41)

$$M_h = K_o \cdot M$$

(Bölüm 2.6.11)

$$C_{h_{arazi}} = 3,3384 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}} = \frac{3,3384}{1440} \frac{\text{ft}^2}{\text{dak.}}$$

$$\gamma_o = 9,881 \text{ kN/m}^3 = 6,3654 \times 9,81 = 62,44 \text{ lb/ft}^3$$

$$M_h = K_o \cdot M = 1,3 \times 152 = 197,6 \text{ bar} = 412,69 \cdot 10^3 \text{ lb/ft}^2$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{3,3384 \times 62,44}{1440 \times 412,69 \cdot 10^3} = 3,51 \text{ ft/dak.}$$

$$\frac{k_v}{k_h} = \frac{1}{4}$$

(Bölüm 2.6.11 çizelge 2.9)

$$\frac{k_v}{k_h} \times K_o = \frac{c_v}{c_h}$$

(Bölüm 2.6.11 eşitlik 2.42)

$$c_v = K_o \cdot c_h \cdot \frac{1}{4} = 1,3 \cdot 3,3384 \cdot \frac{1}{4} = 1,085 \text{ ft}^2/\text{gün} = 0,0117 \text{ cm}^2/\text{sn} = 0,702 \text{ cm}^2/\text{dak}$$

6,75 m. (DMT 1):

$$C_o = 2,3 \text{ bar}$$

$$C_{100} = 0,75 \text{ bar}$$

$$C_{50} = \frac{C_o + C_{100}}{2} = 1,525 \text{ bar}$$

$$C_{50} = 1,525 \text{ için } t_{50} = 7 \text{ dk.}$$

$$S_u = 0,67 \text{ bar}$$

$$E = M \times 0,8 = 274 \times 0,8 = 219,2 \text{ bar}$$

$$\frac{E}{S_u} = \frac{219,2}{0,67} = 327,164 \text{ için } T_{50} = 2,19$$

$$C_h = 600 \times \left(\frac{T_{50}}{t_{50}} \right) = 600 \times \frac{2,19}{7} = 187,714 \frac{\text{mm}^2}{\text{dak.}} = 2,93 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

LOC için $\frac{C_{h_{DMT}}}{C_{h_{arazi}}}$ oranı 3 olarak alınmıştır.

$$C_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{DMT}}}{3} = \frac{2,93}{3} = 0,9767 \text{ ft}^2/\text{gün}$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{arazi}} \times \gamma_o}{M_h} = \frac{0,9767 \times 62,44}{1440 \times 801,149} = 5,286 \cdot 10^{-7} \text{ ft/dak.}$$

$$M_h = K_o \times M = 1,4 \times 274 = 383,6 \text{ bar} = 801,149 \times 10^3 \text{ lb/ft}^2$$

$$\frac{k_v}{k_h} \times K_o = \frac{c_v}{c_h}$$

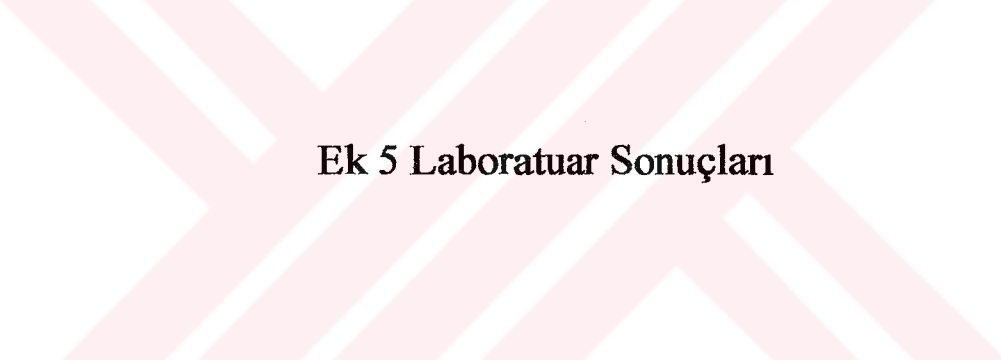
$$c_v = 2,93 \times \frac{1}{4} \times 1,4 = 1,0255 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}} = 0,0111 \text{ cm}^2/\text{sn} = 0,66 \text{ cm}^2/\text{dak.}$$

**Ek 4 Düzeltilmiş SPT N, Drenajsız Kayma Mukavemeti ve
Sınırlanmış Modül Değerleri**

**DÜZELTİLMİŞ SPT SAYISI N'_{70} VE PLASTİSİTE İNDEKSİNE
GÖRE DRENAJSIZ KAYMA MUKAVEMETİ VE SINIRLANMIŞ
MODÜL DEĞERLERİ**

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	N'_{70}	PI (%)	C_u (kPa)	$M=1/m_v$ (kPa)
S13*	0,60-6,00	11	24	53	5478
S25*	1,80-3,50	11	42	47	4950
	3,50-6,00	14	24	67	6972
S10*	0,60-2,90	10	24	48	4980
	4,00-6,00	19	24	91	9462

* DMT1, S13; DMT2, S25; DMT3, S10 yakınında yapılmıştır.



Ek 5 Laboratuar Sonuçları

KIVAM LİMİTLERİ ÖZET ÇİZELGESİ

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	BİRLEŞTİRİLMİŞ ZEMİN SINIFLAMASI
S20	2,00	40	14	26	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
SDMT	2,00-2,20	41	22	19	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
S1	3,00	62	18	44	Yüksek Plastisiteli Siltli Kil (CH)
S13	3,45	42	16	26	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
S5	3,50	42	15	27	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
S14	3,50	38	13	25	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
S16	4,00	28	14	14	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
SDMT	4,50-5,00	45	24	21	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
S6	5,00	53	15	38	Yüksek Plastisiteli Siltli Kil (CH)
S8	5,50	50	20	30	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
S28	5,50	56	16	40	Yüksek Plastisiteli Siltli Kil (CH)
S3	6,50	42	13	29	Düşük Plastisiteli Siltli Kil (CL)
S22	6,50	56	16	40	Yüksek Plastisiteli Siltli Kil (CH)
S24	6,50	69	19	50	Yüksek Plastisiteli Siltli Kil (CH)

BİRİM HACİM AĞIRLIK ÖZET ÇİZELGESİ

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	Birim Hacim Ağırlık γ (g/cm ³)
S10	2,00	1,95
SDMT	2,00-2,20	2,02
S5	3,50	1,94
S7	3,50	1,74
SDMT	4,50-5,00	2,07
S26	5,50	1,87
S27	6,00	1,80
S30	6,00	1,74
S22	6,50	1,83

**DRENAJSIZ KAYMA MUKAVEMETİ ÖZET
ÇİZELGESİ**

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	Drenajsız Kayma Mukavemeti C_u (kPa)
SDMT	2,00-2,20	57
S7	3,50	62
SDMT	4,50-5,00	50
S26	5,5	70
S22	6,50	82
S24	6,50	72

ÖN YÜKLEME BASINCI ÖZET ÇİZELGESİ

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	Ön Yükleme Basıncı P'_c (kPa)
S10	2,00	140
SDMT	2,00-2,20	120
S5	3,5	290
S14	3,5	280
SDMT	4,50-5,00	140
S30	5,50-6,00	310
S2	6,00-6,50	290

**SINIRLANMIŞ MODÜL VE ELASTİSİTE MODÜLÜ ÖZET
ÇİZELGESİ**

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	Sınırlanmış Modül M (kPa)	Elastisite Modülü E (kPa)
S10	2,00	5982,73	-
SDMT	2,00-2,20	8235,12	12020
S5	3,50	9587,26	-
S14	3,5	4284,21	-
SDMT	4,50-5,00	7793,02	1436
S30	5,50-6,00	4933,96	-
S2	6,00-6,50	10477,85	-

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**İNŞAAT FAKÜLTESİ - İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ****GEOTEKNİK ANABİLİM DALI****DANE BOYUTU ANALİZİ -HİDROMETRE METODU**

YERLEŞİME UYGUNLUK AMAÇLI

Proje JEOLÖJİK ARASTIRMA

İş No. _____

Proje yeri Uzunözü / EDİRNESondaj No. SDMT

Numune No. _____

Zemin Tanımlaması _____

Numune Derinliği 4.50-5.00m.Deneyi Yapan S.ÖZKAYA, E.2.DÖĞANDeney Tarihi : 25 EKİM 2001

Hidrometre analizi

Hidrometre no = _____ $G_s = 2,71$ $a = 0,99$ Kimyasal çözelti : _____ Miktar = _____ Zemin ağırlığı, $W_s = 50$ Sıfır düzeltmesi = +3 Menisküs düzeltmesi = 1 Sıcaklık düzeltmesi, $C_T = 0,00$

Tarih	Saat	Geçen Süre t dakika	Sıcaklık °C	Gerçek Hidr. Okuması R_a	Düzeltilm. Hidr. okuması R_c	Alınan Numuneye göre Geçen %	Ana Numuneye göre Geçen %	Yalnız Menisküs Düzeltilmesi Yapılmış Hidr. okuması R	Efektif Derinlik L cm	K	Efektif çap D mm
13.11.2001	9:20	0.25	20	50	47	93		51	7,9	0,01338	0,075
		0.50	20	47	44	87		48	8,4	0,01338	0,055
		1	20	45	42	83		46	8,8	0,01338	0,0397
		2	20	42	39	77		43	9,2	0,01338	0,0287
	9:24	4	20	38	35	69		39	9,9	0,01338	0,021
	9:28	8	20	34	31	61		35	10,5	0,01338	0,0153
	9:35	15	20	32	29	57		33	10,9	0,01338	0,0114
	9:50	30	20	27	24	48		28	11,7	0,01338	0,00835
	10:20	60	20	24	21	42		25	12,2	0,01338	0,00603
	11:20	120	20	20	17	34		21	12,9	0,01338	0,0044
	13:20	240	20	17	14	28		18	13,3	0,01338	0,00315
	17:20	480	20	14	11	22		15	13,8	0,01338	0,00227
14.11.2001	8:20	1380	20	11	8	16		12	14,3	0,01338	0,00136

$$R_c = R_a - \text{sıfır düzeltmesi} + C_T$$

$$\text{Geçen \%} = R_c * a / W_s$$

$$D = K\sqrt{L/t}$$

K : Sıcaklığa ve zeminin birim hacim ağırlığına bağlı katsayı

YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

İNŞAAT FAKÜLTESİ - İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ BÖLÜMÜ

GEOTEKNİK ANABİLİM DALI

DANE BOYUTU ANALİZİ -HİDROMETRE METODU

YERLEŞİME UYGUNLUK AMAÇLI

Proje JEOLOJİK ARAŞTIRMA

İş No. _____

Proje yeri Uzunköprü/EDİRNE

Sondaj No. SDMT Numune No. _____

Zemin Tanımlaması _____

Numune Derinliği 2,00 - 2,20m.

Deneyi Yapan S.ÖZKAYA, E.İ. DOĞAN

Deney Tarihi : 25 EKİM 2001

Hidrometre analizi

Hidrometre no = _____ $G_s = 2,60$ $a = 1,01$

Kimyasal çözelti : _____ Miktar = _____ Zemin ağırlığı, $W_s = 50$

Sıfır düzeltmesi = +3 Menisküs düzeltmesi = 1 Sıcaklık düzeltmesi, $C_T = 0,00$

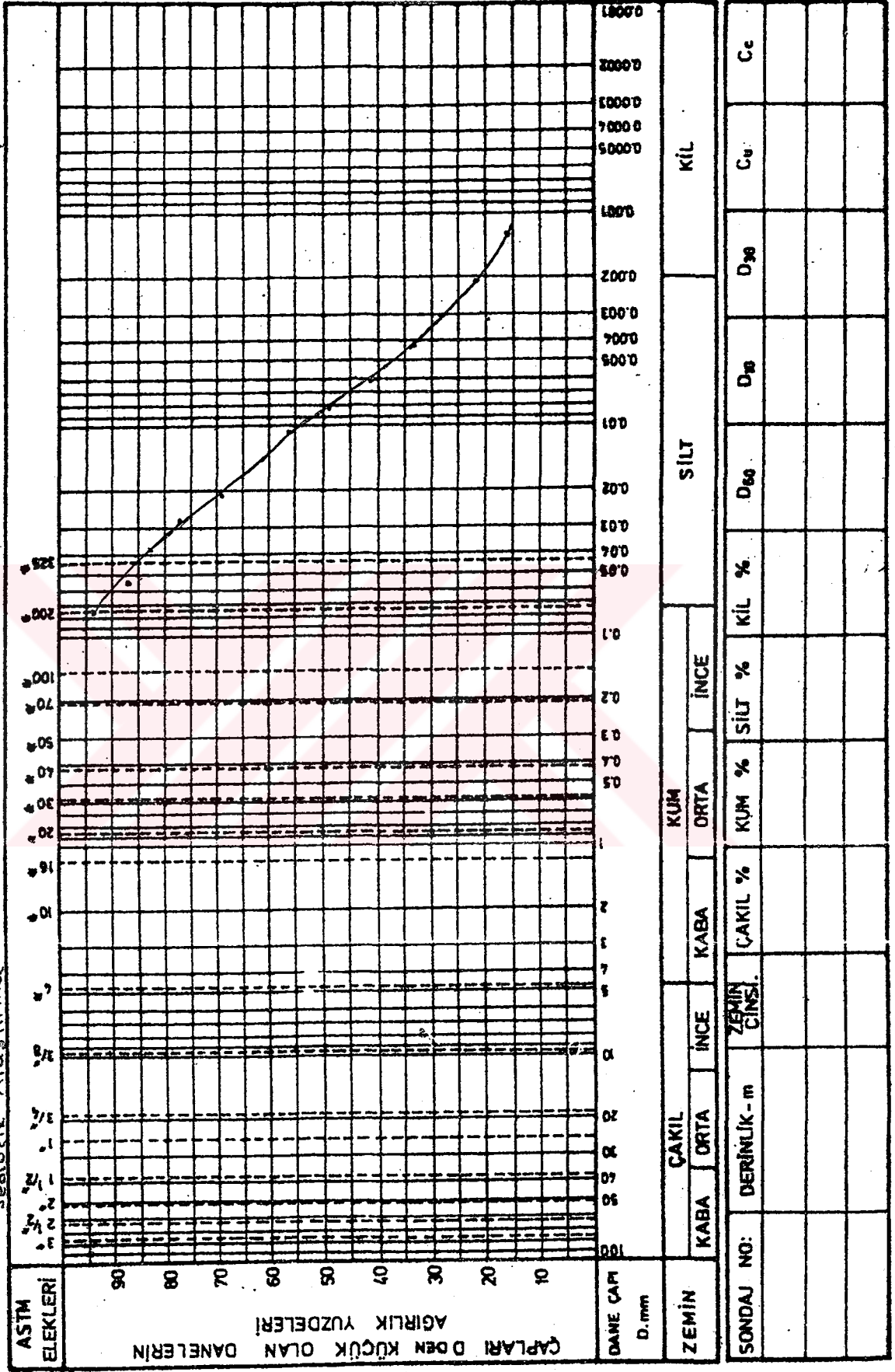
Tarih	Saat	Geçen Süre t dakika	Sıcaklık °C	Gerçek Hidr. Okuması R_a	Düzeltilm. Hidr. okuması R_c	Alınan Numuneye göre Geçen %	Ana Numuneye göre Geçen %	Yalnız Menisküs Düzeltmesi Yapılmış Hidr. okuması R	Efektif Derinlik L cm	K	Efektif çap D mm
13.11.2001	9.10	0.25	20	52	49	99		53	7,6	0,0139	0,0766
		0.50	20	51	48	97		52	7,8	0,0139	0,055
		1	20	50	47	95		51	7,9	0,0139	0,039
		2	20	47	44	89		48	8,4	0,0139	0,028
	9.14	4	20	44	41	83		45	8,9	0,0139	0,0207
	9.18	8	20	40	37	75		41	9,6	0,0139	0,015
	9.25	15	20	38	35	71		39	9,9	0,0139	0,0113
	9.40	30	20	33	30	61		34	10,7	0,0139	0,0083
	10.10	60	20	29	26	53		30	11,4	0,0139	0,0061
	11.10	120	20	25	22	44		26	12,0	0,0139	0,0044
	13.10	240	20	21	18	36		22	12,7	0,0139	0,0032
	17.10	480	20	17	14	28,3		18	13,3	0,0139	0,0023
14.11.2001	8.20	1390	20	12	9	18,2		13	14,2	0,0139	0,0014

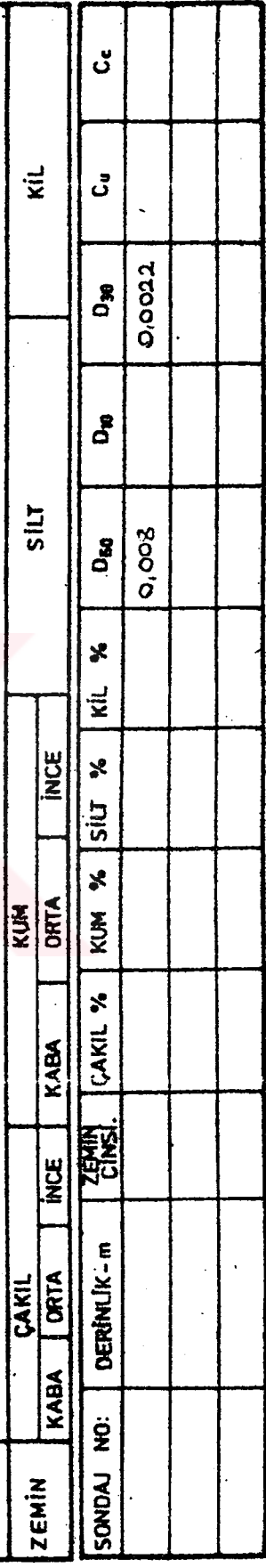
$$R_c = R_a - \text{sıfır düzeltmesi} + C_T$$

$$\text{Geçen \%} = R_c \cdot a / W_s$$

$$D = K \sqrt{L/t}$$

K : Sıcaklığa ve zeminin birim hacim ağırlığına bağlı katsayı





Unit omuk
ots. $Cy = \frac{D60}{K}$

$$\text{deceleration}^2 \leftarrow C_c = \frac{(D_{30})^2}{A \cdot A \cdot L}$$

[illegible]

KIVAM LİMİTLERİ

NUMUNENİN GELDİĞİ YER : Uzunköprü/Edirne
DERİNLİK : 2-2,20m.

NUMUNENİN ALINDIĞI SONDAJ No: SDAAT
NUMUNEYİ İHTİVA EDEN KAP No:

PLASTİK LİMİT	KAP No.	1	65
	ISLAK NUM.+TARA.	19,72	19,92
	KURU NUM.+TARA.	18,77	18,95
	SU MİKTARI	0,95	0,97
	TARA	14,40	14,50
	KURU ZEMİN	4,37	4,45
	SU MUHTEVASI	22	22

TABİİ SU MUHTEVASI	14	38
	32,97	28,95
	28,92	25,74
	4,05	3,21
	14,52	14,48
	14,40	11,26
	28	28

LİKİT LİMİT	KAP No.	96	60	/		
	VURUŞ SAYISI	46	8			
	ISLAK NUM.+TARA.	61,28	56,80			
	KURU NUM.+TARA.	48,12	43,45			
	SU MİKTARI	13,16	13,35			
	TARA	14,80	14,40			
	KURU ZEMİN	33,32	29,05			
	SU MUHTEVASI %	39	46			

RÖTRE LİMİTİ	NUMUNE DURUMU		
	KURU ZEMİN AĞ.		
	KAP + CIVA AĞ.		
	KAP AĞ.		
	CIVA AĞ.		
	ZEMİN HACMİ		
	RÖTRE LİMİTİ %		

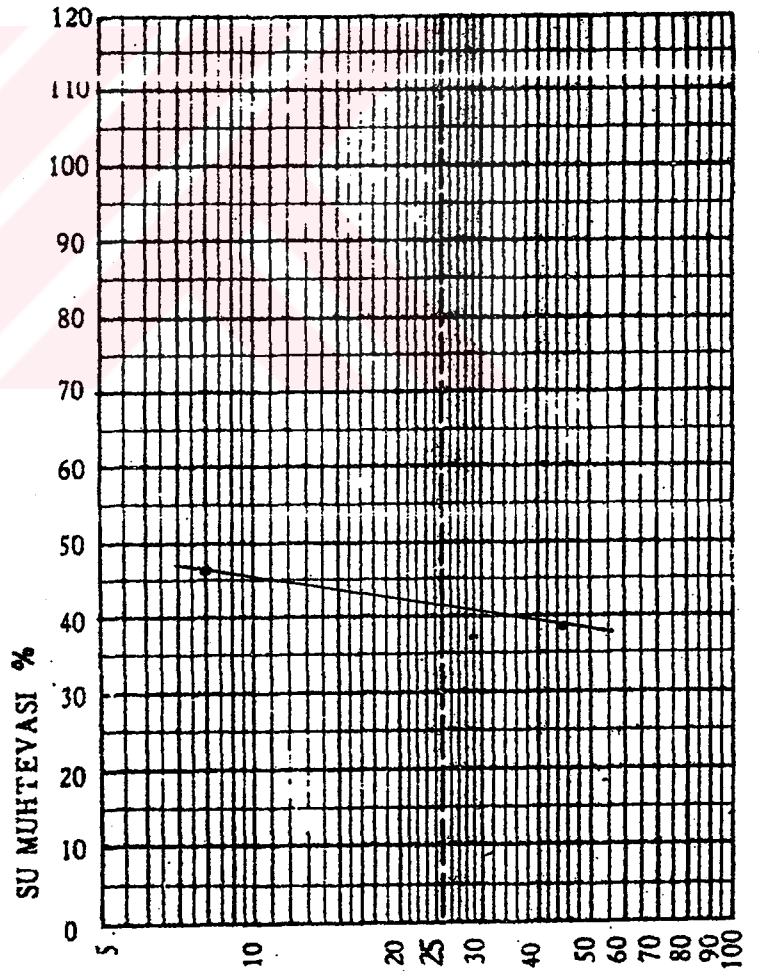
NOT:

APRAK No. :

ENEY TARİHİ : 26 EYLÜL 2001

ENEYİ YAPAN: E.İ. DOĞAN

S.ÖZKAYA



SONUÇ :

Plastik Limit	Tabii su Muhtevası	Likit Limit	Rötre Limiti	B Değeri	Plastik İndeksi	Akma İndeksi	Sertlik İndeksi
% 22	% 28	% 41	%	%	% 19	%	%

KIVAM LİMITLERİ

NUMUNENİN GELDİĞİ YER : Uzunköprü/Edirne
DERİNLİK : 4,5-5,0m.

NUMUNENİN ALINDIĞI SÖNDAJ No: SDA1T
NUMUNEYİ İHTİVA EDEN KAP No:

PLASTİK LİMİT	KAP No.	74	26	
	İSLAK NUM.+TARA.	20,71	21,22	
	KURU NUM.+TARA.	19,49	19,90	
	SU MİKTARI	1,22	1,32	
	TARA	14,30	14,30	
	KURU ZEMİN	5,19	5,60	
	SU MUHTEVASI	24	24	

TABİİ SU MUHTEVASI	84	79	
	46,01	45,91	
	40,66	40,47	
	5,35	5,44	
	14,72	14,91	
	25,94	25,56	
	21	21	

LİKİT LİMİT	KAP No.	54	39			
	VURUŞ SAYISI	50	10			
	İSLAK NUM.+TARA.	53,66	53,96			
	KURU NUM.+TARA.	41,94	40,83			
	SU MİKTARI	11,72	13,13			
	TARA	14,30	14,30			
	KURU ZEMİN	27,64	26,53			
	SU MUHTEVASI %	42	49			

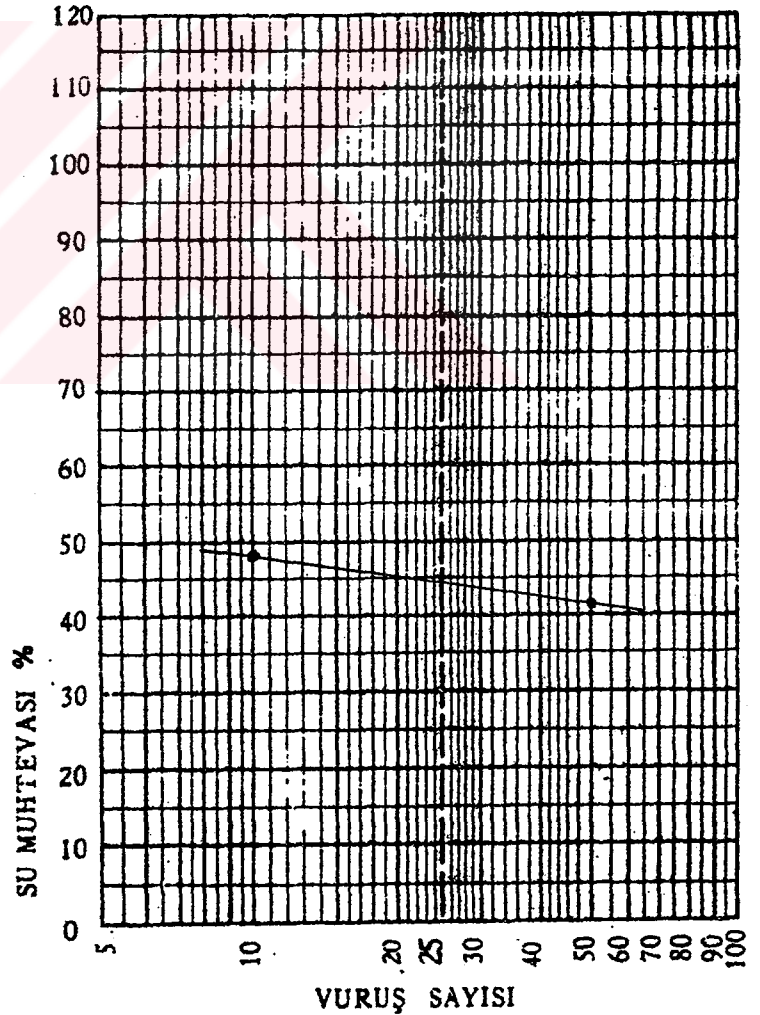
RÖTRE LİMİTİ	NUMUNE DURUMU		
	KURU ZEMİN AĞ.		
	KAP+CIVA AĞ.		
	KAP AĞ.		
	CIVA AĞ.		
	ZEMİN HACMİ		
	RÖTRE LİMİTİ %		

NOT :

APRAK No. :

ENEY TARİHİ : 26 EKİM 2001

ENEYİ YAPAN: E.2. DOĞAN
S. ÖZKAYA



SONUÇ :

Plastik Limit	Tabii su Muhtevası	Likit Limit	Rötre Limiti	B Değeri	Plastik İndeksi	Akma İndeksi	Sertlik İndeksi
% 24	% 21	% 45	%	%	% 21	%	%

ZEMİN MEKANİĞİ
LABORATUVARI

DANE BİRİM HACİM AĞIRLIĞI

Numunesin Geldiği Yer : Uzunköprü/Edirne

Numune No.	2100-2120m.	
Piknometre No.		
Kuru Zemin Ağırlığı (W_1)	10gr.	10gr.
Su + Piknometre Ağırlığı (W_2)	141,96	141,96
$W_1 + W_2$	151,96	151,96
Su + Piknometre + Zemin Ağırlığı (W_3)	168,04	168,18
$W_1 + W_2 - W_3$	3,92	3,78
$\gamma_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 - W_3}$	2,55	2,65
Ortalama γ_s	2,60 gr/cm ³	

ZEMİN MEKANİĞİ
LABORATUVARI

DANE BİRİM HACİM AĞIRLIĞI

Numunesin Geldiği Yer : Uzunköprü/Edirne

Numune No.	4150-5100m.	
Piknometre No.		
Kuru Zemin Ağırlığı (W_1)	10gr.	10gr.
Su + Piknometre Ağırlığı (W_2)	141,96	141,96
$W_1 + W_2$	151,96	151,96
Su + Piknometre + Zemin Ağırlığı (W_3)	168,19	168,36
$W_1 + W_2 - W_3$	3,77	3,60
$\gamma_s = \frac{W_1}{W_1 + W_2 - W_3}$	2,65	2,77
Ortalama γ_s	2,71 gr/cm ³	

SERBEST BASINÇ DENEYİ								
Derinlik=	4,50-5,00	m	Deney Yeri : Uzunköprü/EDİRNE					
Yaş Numune Ağırlığı M=	1240	gr	Sondaj No: SDMT					
Numune Boyu H=	16	cm						
Numune Çapı D=	6,9	cm						
Numune Alanı A =	37,39281	cm ²						
Ring Faktörü	= 0,311927							
DL	DL	DL/L	A'	Yük Okuması	Yük	DL/L	Gerilme	Gerilme
(0,01mm)	(mm)	(%)	(cm ²)	(Div)	(kg)	(%)	(kg/cm ²)	kPa
0	0	0	37,39281	0	0	0	0	0
10	0,1	0,000625	37,41619	4	1,247706	0,0625	0,033346697	3,33467
20	0,2	0,00125	37,43961	7	2,183486	0,125	0,058320225	5,832022
30	0,3	0,001875	37,46305	10	3,119266	0,1875	0,08326247	8,326247
40	0,4	0,0025	37,48652	11	3,431193	0,25	0,091531366	9,153137
50	0,5	0,003125	37,51003	13,1	4,086239	0,3125	0,108937237	10,89372
60	0,6	0,00375	37,53356	15	4,678899	0,375	0,124659089	12,46591
70	0,7	0,004375	37,55712	16	4,990826	0,4375	0,132886276	13,28863
80	0,8	0,005	37,58071	17,5	5,458716	0,5	0,145253125	14,52531
90	0,9	0,005625	37,60433	19	5,926605	0,5625	0,157604333	15,76043
100	1	0,00625	37,62798	20,5	6,394495	0,625	0,1699399	16,99399
110	1,1	0,006875	37,65166	22	6,862385	0,6875	0,182259826	18,22598
120	1,2	0,0075	37,67537	23	7,174312	0,75	0,190424449	19,04244
130	1,3	0,008125	37,69911	24,5	7,642202	0,8125	0,202715699	20,27157
140	1,4	0,00875	37,72288	26	8,110092	0,875	0,214991309	21,49913
150	1,5	0,009375	37,74668	27	8,422018	0,9375	0,223119436	22,31194
160	1,6	0,01	37,77051	28	8,733945	1	0,231237136	23,12371
170	1,7	0,010625	37,79437	29,5	9,201835	1,0625	0,243471036	24,3471
180	1,8	0,01125	37,81826	31	9,669725	1,125	0,255689295	25,56893
190	1,9	0,011875	37,84218	31,8	9,919266	1,1875	0,262121934	26,21219
200	2	0,0125	37,86613	33	10,29358	1,25	0,271841276	27,18413
210	2,1	0,013125	37,89011	34	10,6055	1,3125	0,279901625	27,99016
220	2,2	0,01375	37,91413	35	10,91743	1,375	0,287951547	28,79515
230	2,3	0,014375	37,93817	36,2	11,29174	1,4375	0,297635436	29,76354

240	2.4	0.015	37,96224	37.5	11,69725	1.5	0.308128489	30.81285
250	2.5	0.015625	37,98634	38	11.85321	1.5625	0.312038749	31.20387
260	2.6	0.01625	38,01048	39.5	12.3211	1.625	0.324150127	32.41501
270	2.7	0.016875	38,03464	41	12.78899	1.6875	0.336245865	33.62459
280	2.8	0.0175	38,05884	42	13.10092	1.75	0.344228009	34.4228
290	2.9	0.018125	38,08306	43	13.41284	1.8125	0.352199726	35.21997
300	3	0.01875	38,10732	44.5	13.88073	1.875	0.364253754	36.42538
310	3.1	0.019375	38,13161	45.5	14.19266	1.9375	0.372202009	37.2202
320	3.2	0.02	38,15593	46.5	14.50459	2	0.380139837	38.01398
330	3.3	0.020625	38,18027	47.5	14.81651	2.0625	0.388067237	38.80672
340	3.4	0.02125	38,20466	48.8	15.22202	2.125	0.398433597	39.84336
350	3.5	0.021875	38,22907	50	15.59633	2.1875	0.407970461	40.79705
360	3.6	0.0225	38,25351	51	15.90826	2.25	0.415863972	41.5864
370	3.7	0.023125	38,27798	52.5	16.37615	2.3125	0.427821548	42.78215
380	3.8	0.02375	38,30249	53.5	16.68807	2.375	0.435691598	43.56916
390	3.9	0.024375	38,32703	55	17.15596	2.4375	0.447620497	44.76205
400	4	0.025	38,3516	56	17.46789	2.5	0.455467086	45.54671
410	4.1	0.025625	38,3762	57.2	17.8422	2.5625	0.464928872	46.49289
420	4.2	0.02625	38,40083	58	18.09174	2.625	0.471128981	47.1129
430	4.3	0.026875	38,42549	59.5	18.55963	2.6875	0.483003137	48.30031
440	4.4	0.0275	38,45019	60.5	18.87156	2.75	0.490805409	49.08054
450	4.5	0.028125	38,47491	61.8	19.27706	2.8125	0.501029435	50.10294
460	4.6	0.02875	38,49967	63	19.65138	2.875	0.5104297	51.04297
470	4.7	0.029375	38,52446	64.5	20.11927	2.9375	0.522246506	52.22465
480	4.8	0.03	38,54929	65.5	20.43119	3	0.530001855	53.00019
490	4.9	0.030625	38,57414	66.5	20.74312	3.0625	0.537746777	53.77468
500	5	0.03125	38,59903	68	21.21101	3.125	0.549521873	54.95219
510	5.1	0.031875	38,62394	69	21.52294	3.1875	0.557243333	55.72433
520	5.2	0.0325	38,6489	70	21.83486	3.25	0.564954366	56.49544
530	5.3	0.033125	38,67388	71	22.14679	3.3125	0.572654971	57.2655
540	5.4	0.03375	38,69889	72.2	22.5211	3.375	0.581957219	58.19572
550	5.5	0.034375	38,72394	73.5	22.92661	3.4375	0.592052468	59.20525
560	5.6	0.035	38,74902	75	23.3945	3.5	0.603744145	60.37441

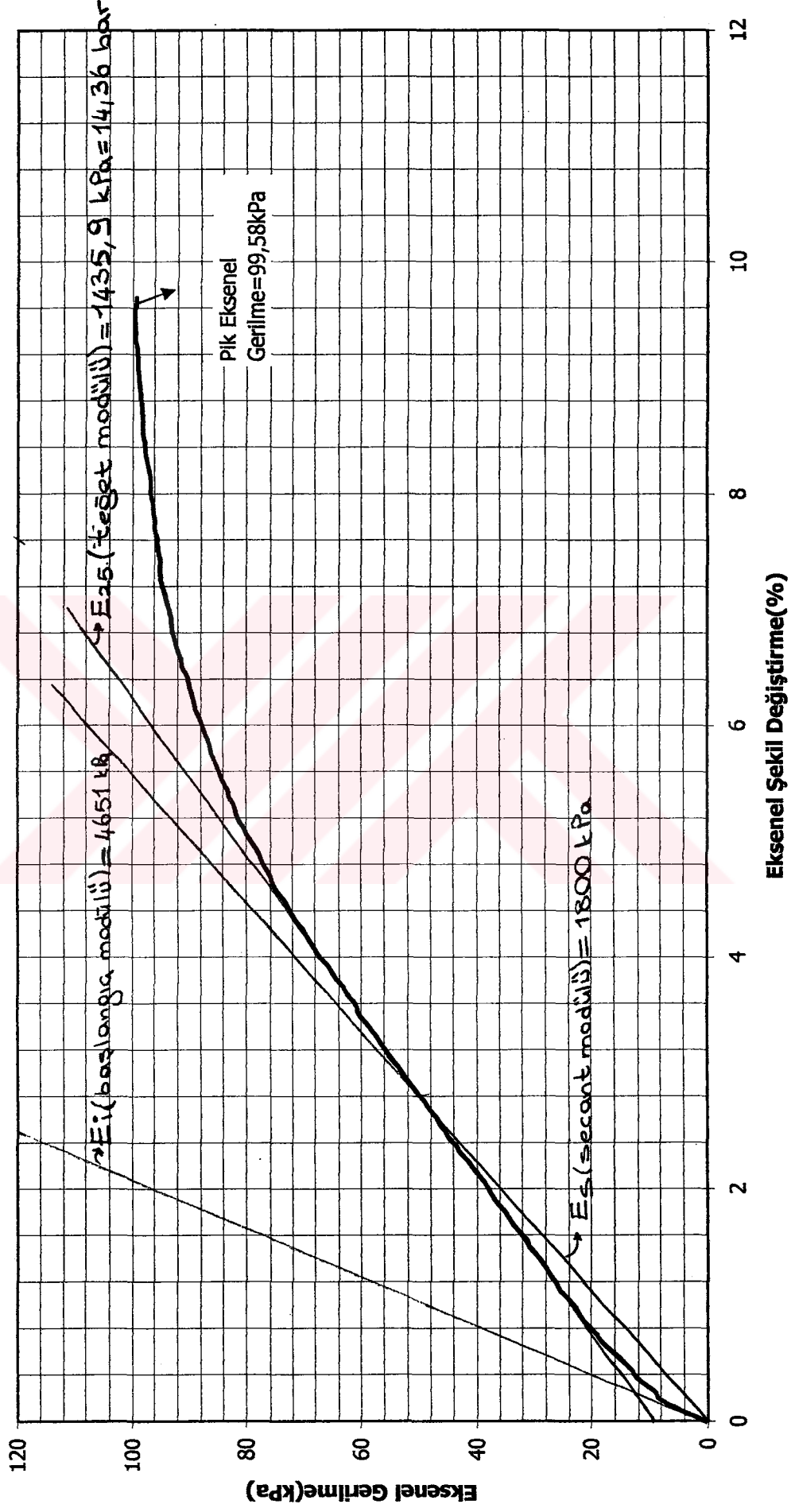
570	5.7	0,035625	38,77414	75,5	23,55046	3,5625	0,607375473	60,73755
580	5,8	0,03625	38,79928	76,5	23,86239	3,625	0,615021335	61,50213
590	5,9	0,036875	38,82446	78	24,33028	3,6875	0,62667391	62,66739
600	6	0,0375	38,84967	79	24,6422	3,75	0,63429631	63,42963
610	6,1	0,038125	38,87491	80,5	25,11009	3,8125	0,64592021	64,59202
620	6,2	0,03875	38,90019	81,5	25,42202	3,875	0,653519148	65,35191
630	6,3	0,039375	38,9255	82,5	25,73394	3,9375	0,66110766	66,11077
640	6,4	0,04	38,95084	84	26,20183	4	0,67268985	67,26898
650	6,5	0,040625	38,97622	85	26,51376	4,0625	0,680254899	68,02549
660	6,6	0,04125	39,00162	86	26,82569	4,125	0,687809522	68,78095
670	6,7	0,041875	39,02706	87	27,13761	4,1875	0,695353717	69,53537
680	6,8	0,0425	39,05254	88	27,44954	4,25	0,702887484	70,28875
690	6,9	0,043125	39,07805	89,5	27,91743	4,3125	0,714401897	71,44019
700	7	0,04375	39,10359	90,5	28,22936	4,375	0,721912203	72,19122
710	7,1	0,044375	39,12916	91,5	28,54128	4,4375	0,729412081	72,94121
720	7,2	0,045	39,15477	92,5	28,85321	4,5	0,736901533	73,69015
730	7,3	0,045625	39,18041	94	29,3211	4,5625	0,748361201	74,83612
740	7,4	0,04625	39,20609	95	29,63303	4,625	0,755827191	75,58272
750	7,5	0,046875	39,2318	95,5	29,78899	4,6875	0,759307323	75,93073
760	7,6	0,0475	39,25754	96,5	30,10092	4,75	0,766755065	76,67551
770	7,7	0,048125	39,28332	97,5	30,41284	4,8125	0,774192379	77,41924
780	7,8	0,04875	39,30913	98	30,56881	4,875	0,777651656	77,76517
790	7,9	0,049375	39,33497	99	30,88073	4,9375	0,785070722	78,50707
800	8	0,05	39,36085	100	31,19266	5	0,792479362	79,24794
810	8,1	0,050625	39,38676	101	31,50459	5,0625	0,799877574	79,98776
820	8,2	0,05125	39,41271	101,8	31,75413	5,125	0,805682485	80,56825
830	8,3	0,051875	39,43869	102,9	32,09725	5,1875	0,8138518	81,38518
840	8,4	0,0525	39,4647	103,5	32,2844	5,25	0,818057676	81,80577
850	8,5	0,053125	39,49075	104	32,44037	5,3125	0,821467423	82,14674
860	8,6	0,05375	39,51684	105	32,75229	5,375	0,828818711	82,88187
870	8,7	0,054375	39,54295	105,5	32,90826	5,4375	0,832215424	83,22154
880	8,8	0,055	39,56911	106,5	33,22018	5,5	0,839548465	83,95485
890	8,9	0,055625	39,59529	107,2	33,43853	5,5625	0,844507717	84,45077

900	9	0.05625	39.62152	108	33.68807	5.625	0.850246936	85.02469
910	9.1	0.056875	39.64777	108.8	33.93761	5.6875	0.855977813	85.59778
920	9.2	0.0575	39.67407	109.5	34.15596	5.75	0.860914126	86.09141
930	9.3	0.058125	39.70039	110	34.31193	5.8125	0.864271735	86.42717
940	9.4	0.05875	39.72675	110.5	34.46789	5.875	0.867624132	86.76241
950	9.5	0.059375	39.75315	111.3	34.71743	5.9375	0.873325291	87.33253
960	9.6	0.06	39.77958	112	34.93578	6	0.878233971	87.8234
970	9.7	0.060625	39.80605	112.6	35.12294	6.0625	0.882351735	88.23517
980	9.8	0.06125	39.83255	113.5	35.40367	6.125	0.888812527	88.88125
990	9.9	0.061875	39.85909	114	35.55963	6.1875	0.892133641	89.21336
1000	10	0.0625	39.88566	114.5	35.7156	6.25	0.895449542	89.54495
1010	10.1	0.063125	39.91227	115	35.87156	6.3125	0.898760229	89.87602
1020	10.2	0.06375	39.93891	115.5	36.02752	6.375	0.902065702	90.20657
1030	10.3	0.064375	39.96559	116	36.18349	6.4375	0.905365961	90.5366
1040	10.4	0.065	39.99231	117	36.49541	6.5	0.91256084	91.25608
1050	10.5	0.065625	40.01906	117.2	36.5578	6.5625	0.91350973	91.35097
1060	10.6	0.06625	40.04584	118	36.80734	6.625	0.919130077	91.91301
1070	10.7	0.066875	40.07267	118.5	36.9633	6.6875	0.922406874	92.24069
1080	10.8	0.0675	40.09952	119	37.11927	6.75	0.925678459	92.56785
1090	10.9	0.068125	40.12642	119.5	37.27523	6.8125	0.928944829	92.89448
1100	11	0.06875	40.15335	119.8	37.36881	6.875	0.930652309	93.06523
1110	11.1	0.069375	40.18032	120	37.43119	6.9375	0.931580344	93.15803
1120	11.2	0.07	40.20732	120.5	37.58716	7	0.934833681	93.48337
1130	11.3	0.070625	40.23436	121	37.74312	7.0625	0.938081803	93.80818
1140	11.4	0.07125	40.26143	121.5	37.89908	7.125	0.941324712	94.13247
1150	11.5	0.071875	40.28855	122	38.05505	7.1875	0.944562408	94.45624
1160	11.6	0.0725	40.31569	122.5	38.21101	7.25	0.947794889	94.77949
1170	11.7	0.073125	40.34288	122.8	38.30459	7.3125	0.94947578	94.94758
1180	11.8	0.07375	40.3701	122.9	38.33578	7.375	0.949608207	94.96082
1190	11.9	0.074375	40.39736	123	38.36697	7.4375	0.949739592	94.97396
1200	12	0.075	40.42466	123.5	38.52294	7.5	0.952956432	95.29564
1210	12.1	0.075625	40.45199	123.8	38.61651	7.5625	0.954625853	95.46259
1220	12.2	0.07625	40.47936	124	38.6789	7.625	0.955521563	95.55216

1230	12.3	0,076875	40,50676	124.5	38,83486	7.6875	0.958725369	95.87254
1240	12.4	0,0775	40,53421	124.6	38,86605	7.75	0.958845805	95.88458
1250	12.5	0,078125	40,56169	125	38,99083	7.8125	0.961272252	96.12723
1260	12.6	0,07875	40,58921	125.2	39,05321	7.875	0.962157535	96.21575
1270	12.7	0,079375	40,61676	125.5	39,14679	7.9375	0.963808707	96.38087
1280	12.8	0.08	40,64435	126	39,30275	8	0.966991659	96.69917
1290	12.9	0,080625	40,67199	126	39,30275	8,0625	0.966334735	96.63347
1300	13	0,08125	40,69965	126.2	39,36514	8,125	0.967210634	96.72106
1310	13.1	0,081875	40,72736	126.6	39,48991	8.1875	0.969616226	96.96162
1320	13.2	0,0825	40,7551	127	39,61468	8.25	0.972017647	97.20176
1330	13.3	0,083125	40,78288	127.5	39,77064	8.3125	0.975179744	97.51797
1340	13.4	0,08375	40,8107	127.7	39,83303	8.375	0.97604365	97.60437
1350	13.5	0,084375	40,83856	128	39,92661	8.4375	0.977669276	97.76693
1360	13.6	0.085	40,86646	128.5	40,08257	8.5	0.980818338	98.08183
1370	13.7	0,085625	40,89439	128.5	40,08257	8.5625	0.980148381	98.01484
1380	13.8	0,08625	40,92236	128.7	40,14495	8.625	0.981002903	98.10029
1390	13.9	0,086875	40,95037	129	40,23853	8.6875	0.982617058	98.26171
1400	14	0,0875	40,97842	129.2	40,30092	8.75	0.983466888	98.34669
1410	14.1	0,088125	41,0065	129.5	40,3945	8.8125	0.985075308	98.50753
1420	14.2	0,08875	41,03463	129.7	40,45688	8.875	0.985920446	98.59204
1430	14.3	0,089375	41,06279	130	40,55046	8.9375	0.987523131	98.75231
1440	14.4	0.09	41,091	130.2	40,61284	9	0.988363576	98.83636
1450	14.5	0,090625	41,11924	130.5	40,70642	9,0625	0.989960526	98.99605
1460	14.6	0,09125	41,14752	130.6	40,73761	9.125	0.99003821	99.00382
1470	14.7	0,091875	41,17584	130.8	40,8	9.1875	0.990872399	99.08724
1480	14.8	0,0925	41,20419	131	40,86239	9.25	0.991704502	99.17045
1490	14.9	0,093125	41,23259	131.5	41,01835	9.3125	0.994804035	99.4804
1500	15	0,09375	41,26103	131.6	41,04954	9.375	0.99487442	99.48744
1510	15.1	0,094375	41,2895	131.7	41,08073	9.4375	0.994943762	99.49438
1520	15.2	0,095	41,31802	131.8	41,11193	9.5	0.995012061	99.50121
1530	15.3	0,095625	41,34657	132	41,17431	9.5625	0.995833737	99.58337
1540	15.4	0,09625	41,37517	131.8	41,11193	9,625	0.993637735	99.36377
1550	15.5	0,096875	41,4038	131.8	41,11193	9,6875	0.992950572	99.29506

SERBEST BASINÇ DENEYİ(4,5-5,00m)

SNDAJ NO: SDMT



Kıyma Gerimesi
 $\bar{\epsilon}$ (kPa)



SERBEST BASING DENeyi
(4,50-5,00m) (Sondaj No:SDMT)

100

50

50

100

Toplam Gerime
 $\bar{\epsilon}$ (kPa)

$$C_u = \frac{q_u}{2} = \frac{99,58}{2} = 49,79 \approx 50 \text{ kPa}$$

KONSOLIDASYONSUZ DRENAJIZ ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ(UU)

Derinlik = 2,00-2,20 m
 Hücre Basıncı = 50,00 kPa
 Numune Ağırlığı = 1150,10 gr
 Numune Çapı = 7,10 cm
 Numune yüksekliği = 14,40 cm
 Numune Alanı(A_0) = 39,59 cm²
 g = 2,02 gr/cm³

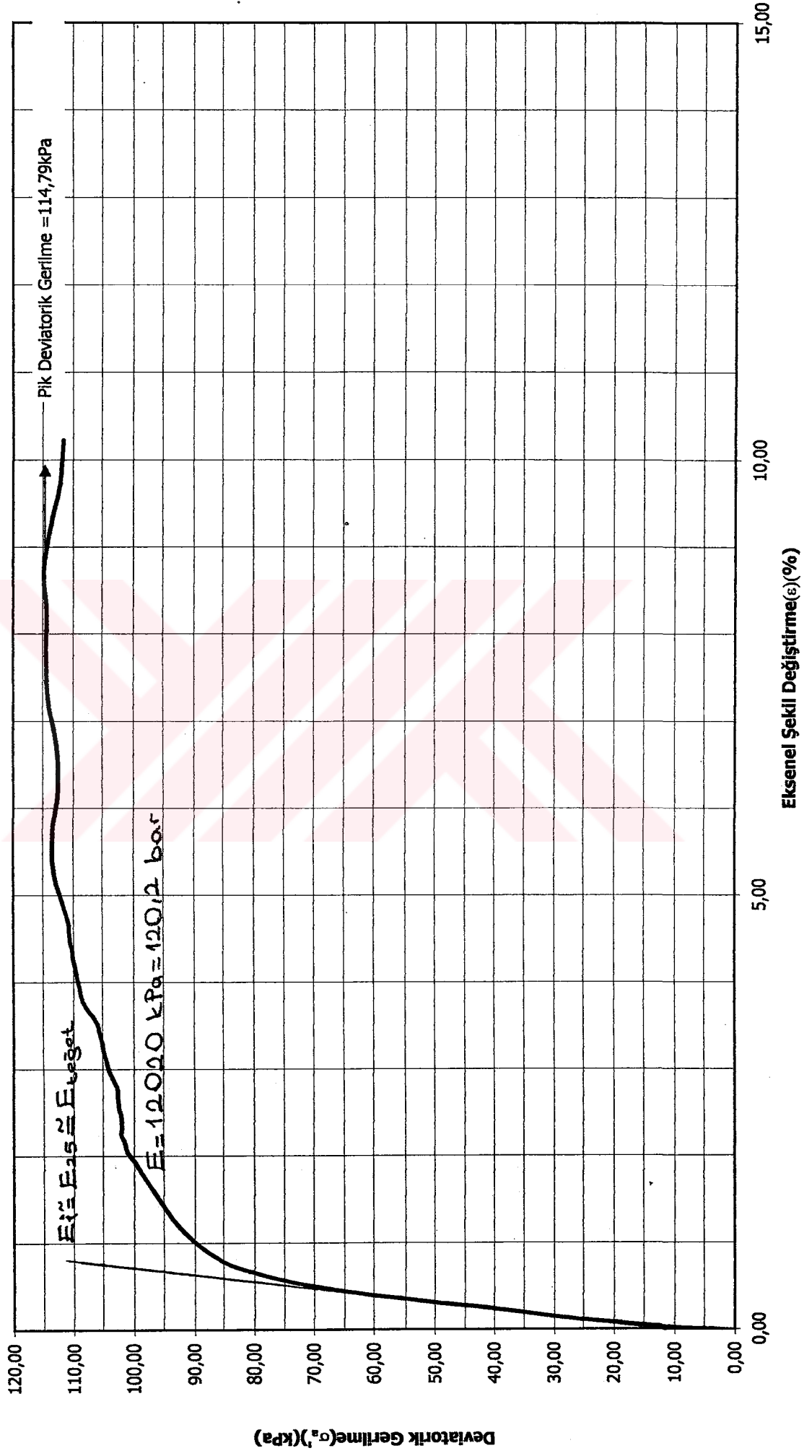
Deney Yeri = Uzunköprü/EDİRNE
 Sondaj No= SDMT

Numune Boyundaki Kısalma (mm)	Eksenel Şekil Değiştirme (ϵ) (%)	Numune Alanı $A=A_0(1/(1-\epsilon))$ (cm ²)	Eksenel Yük (N)	Deviatorik Gerilme (σ'_d) (kPa)
0,00	0,00	39,59	13,00	3,28
0,02	0,01	39,60	35,00	8,84
0,18	0,13	39,64	106,00	26,74
0,33	0,23	39,68	155,00	39,06
0,47	0,33	39,72	207,00	52,11
0,62	0,43	39,76	255,00	64,13
0,78	0,54	39,81	292,00	73,35
0,92	0,64	39,85	316,00	79,30
1,07	0,74	39,89	334,00	83,73
1,23	0,85	39,93	347,00	86,90
1,38	0,96	39,98	356,00	89,06
1,54	1,07	40,02	364,00	90,95
1,70	1,18	40,06	370,00	92,35
1,84	1,28	40,10	375,00	93,51
2,00	1,39	40,15	380,00	94,65
2,14	1,49	40,19	384,00	95,55
2,30	1,60	40,23	389,00	96,68
2,46	1,71	40,28	394,00	97,82
2,62	1,82	40,33	399,00	98,94
2,77	1,92	40,37	403,00	99,83
2,93	2,03	40,41	408,00	100,95
3,08	2,14	40,46	410,00	101,34
3,23	2,24	40,50	413,00	101,97
3,39	2,35	40,55	413,00	101,86
3,53	2,45	40,59	414,00	102,00
3,68	2,56	40,63	416,00	102,39
3,84	2,67	40,68	417,00	102,52
4,00	2,78	40,72	418,00	102,64
4,14	2,88	40,76	421,00	103,28
4,28	2,97	40,80	424,00	103,91
4,43	3,08	40,85	426,00	104,29
4,57	3,17	40,89	428,00	104,67
4,73	3,28	40,94	430,00	105,04
4,88	3,39	40,98	432,00	105,42
5,04	3,50	41,03	434,00	105,78
5,18	3,60	41,07	438,00	106,65
5,35	3,72	41,12	444,00	107,98
5,49	3,81	41,16	447,00	108,60
5,65	3,92	41,21	449,00	108,96
5,81	4,03	41,26	451,00	109,32
5,97	4,15	41,30	453,00	109,67
6,13	4,26	41,35	455,00	110,03
6,28	4,36	41,40	456,00	110,15
6,42	4,46	41,44	458,00	110,52
6,57	4,56	41,48	459,00	110,64
6,71	4,66	41,53	460,00	110,77
6,85	4,76	41,57	462,00	111,14
7,57	5,26	41,79	473,00	113,19
8,28	5,75	42,01	476,00	113,31
8,99	6,24	42,23	475,00	112,48
9,71	6,74	42,45	479,00	112,83
10,43	7,24	42,68	487,00	114,10
11,15	7,74	42,91	491,00	114,41
11,86	8,24	43,15	493,00	114,26
12,58	8,74	43,38	498,00	114,79
13,29	9,23	43,62	496,00	113,72
14,00	9,72	43,86	492,00	112,19
14,72	10,22	44,10	492,00	111,56

UU(KONSOLIDASYONSUZ-DRENAJSIZ ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ)

(2,00-2,20 m / $\sigma_3=50\text{kPa}$)

SONDAJ NO: SDMT



Kayma Gerilmesi
 τ (kPa)

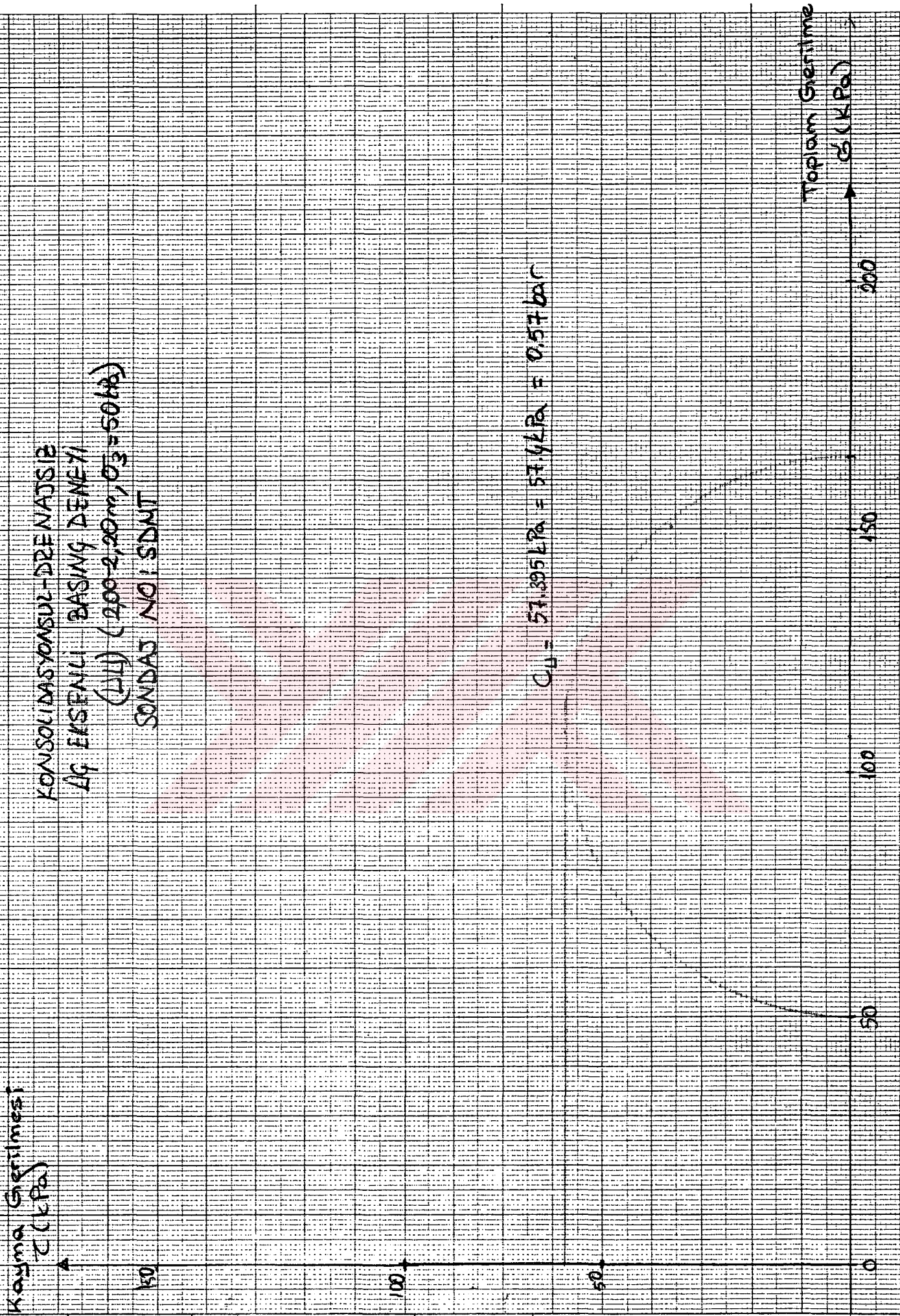
KONSOLIDASYONSUZ - DRENANJSIZ

1g EKSENELİ BASINÇ DENeyi

(111) (200-2,20m, $\sigma_3 = 50 \text{ kPa}$)

SONDAJ NO: SDNUT

$$C_u = 57.395 \text{ kPa} = 57.4 \text{ kPa} = 0.57 \text{ bar}$$

Toplam Gerilme
 σ (kPa)

Deney Yeri: Uzunköprü/EDİRNE

Sondaj No: SDMT

Derinlik:	2,00-2,20	m	Derinlik:	4,50-5,00	m		
Konsolidasyon Aleti:	clockhouse 1		Konsolidasyon Aleti:	ckhouse 1			
Saat Hassaslığı:	0,001"=	0,00254cm	Saat Hassaslığı:	0,001"=	0,00254cm		
$\sigma_v'=50kPa$			$\sigma_v'=50kPa$				
Tarih:	Saat:	Geçen Zaman	Def.Okuma. (x0,001") (cm)	Tarih:	Saat:	Geçen Zaman	Def.Okuma. (x0,001") (cm)
07.11.01	11:00	0,00	0,00 0,00000	07.11.01	11:15	0,00	0,00 0,00000
		0,25	10,50 0,02667			0,25	6,40 0,01626
		0,50	10,70 0,02718			0,72	6,80 0,01727
		1,00	11,00 0,02794			1,30	7,06 0,01793
		2,00	11,40 0,02896			2,67	7,39 0,01877
		5,01	12,00 0,03048			6,70	7,80 0,01981
		8,00	12,29 0,03124			8,45	7,90 0,02007
		15,00	12,60 0,03200			15,00	8,06 0,02047
		30,00	12,90 0,03277			30,00	8,10 0,02057
		60,00	13,20 0,03353			60,00	8,10 0,02057
		103,51	13,30 0,03372			120,00	8,10 0,02057
		240,00	13,30 0,03378			240,00	8,10 0,02057
		480,00	13,30 0,03378			480,00	8,10 0,02057
		1440,00	13,30 0,03378			1440,00	8,10 0,02057
$\sigma_v'=100kPa$				$\sigma_v'=100kPa$			
Tarih:	Saat:	Geçen Zaman	Def.Okuma. (x0,001") (cm)	Tarih:	Saat:	Geçen Zaman	Def.Okuma. (x0,001") (cm)
08.11.01	11:15	0,00	13,30 0,03378	08.11.01	11:15	0,00	8,10 0,02057
		0,25	14,00 0,03556			0,25	10,00 0,02540
		0,50	14,24 0,03617			0,50	10,10 0,02565
		1,00	14,55 0,03696			1,00	10,20 0,02591
		2,00	14,85 0,03772			2,00	10,50 0,02667
		4,00	15,16 0,03851			4,49	10,85 0,02755
		8,00	15,53 0,03945			8,00	11,10 0,02819
		16,63	16,00 0,04064			15,00	11,40 0,02896
		35,16	16,56 0,04206			37,15	11,89 0,03021
		54,45	16,90 0,04293			60,00	12,15 0,03087
		120,00	17,41 0,04422			120,00	12,50 0,03175
		240,00	17,68 0,04491			240,00	12,80 0,03251
		480,00	17,80 0,04521			480,00	12,90 0,03277
		1440,00	18,00 0,04572			1440,00	13,10 0,03327
$\sigma_v'=200kPa$				$\sigma_v'=200kPa$			
Tarih:	Saat:	Geçen Zaman	Def.Okuma. (x0,001") (cm)	Tarih:	Saat:	Geçen Zaman	Def.Okuma. (x0,001") (cm)
09.11.01	11:05	0,00	18,00 0,04572	09.11.01	11:05	0,00	13,10 0,03327
		0,25	21,50 0,05461			0,25	16,00 0,04064
		0,59	21,97 0,05580			0,50	16,30 0,04140
		1,00	22,41 0,05692			1,00	16,79 0,04265
		2,00	23,30 0,05918			2,00	17,40 0,04420
		6,79	25,50 0,06477			4,00	18,10 0,04597
		12,71	26,65 0,06769			11,48	19,74 0,05014
		15,00	26,99 0,06855			15,00	20,17 0,05123
		27,80	28,05 0,07125			30,00	21,10 0,05359
		60,00	28,79 0,07313			60,00	22,11 0,05616
		120,00	29,37 0,07460			120,00	23,00 0,05842
		240,00	29,80 0,07569			240,00	23,66 0,06010
		480,00	30,20 0,07671			480,00	23,90 0,06071
		1440,00	31,00 0,07874			1440,00	24,10 0,06121
$\sigma_v'=400kPa$				$\sigma_v'=400kPa$			
Tarih:	Saat:	Geçen Zaman	Def.Okuma. (x0,001") (cm)	Tarih:	Saat:	Geçen Zaman	Def.Okuma. (x0,001") (cm)
12.11.01	11:05	0,00	31,00 0,07874	12.11.01	11:05	0,00	24,10 0,06121
		0,25	37,00 0,09398			0,25	28,00 0,07112
		0,50	37,79 0,09599			0,50	28,70 0,07290
		1,15	39,00 0,09906			1,00	29,30 0,07442
		2,00	39,80 0,10109			2,00	30,00 0,07620
		4,00	40,80 0,10363			4,00	31,00 0,07874
		7,35	41,80 0,10617			8,87	32,50 0,08255
		15,00	42,92 0,10902			15,00	33,68 0,08555
		30,00	44,00 0,11176			25,41	35,00 0,08890
		60,00	45,00 0,11430			60,00	37,54 0,09535
		120,00	45,80 0,11633			80,54	38,50 0,09779
		240,00	46,50 0,11811			240,00	43,00 0,10922
		480,00	47,00 0,11938			480,00	44,87 0,11397
		1440,00	47,50 0,12065			1440,00	47,50 0,12065

KONSOLIDASYON DENEYİ:

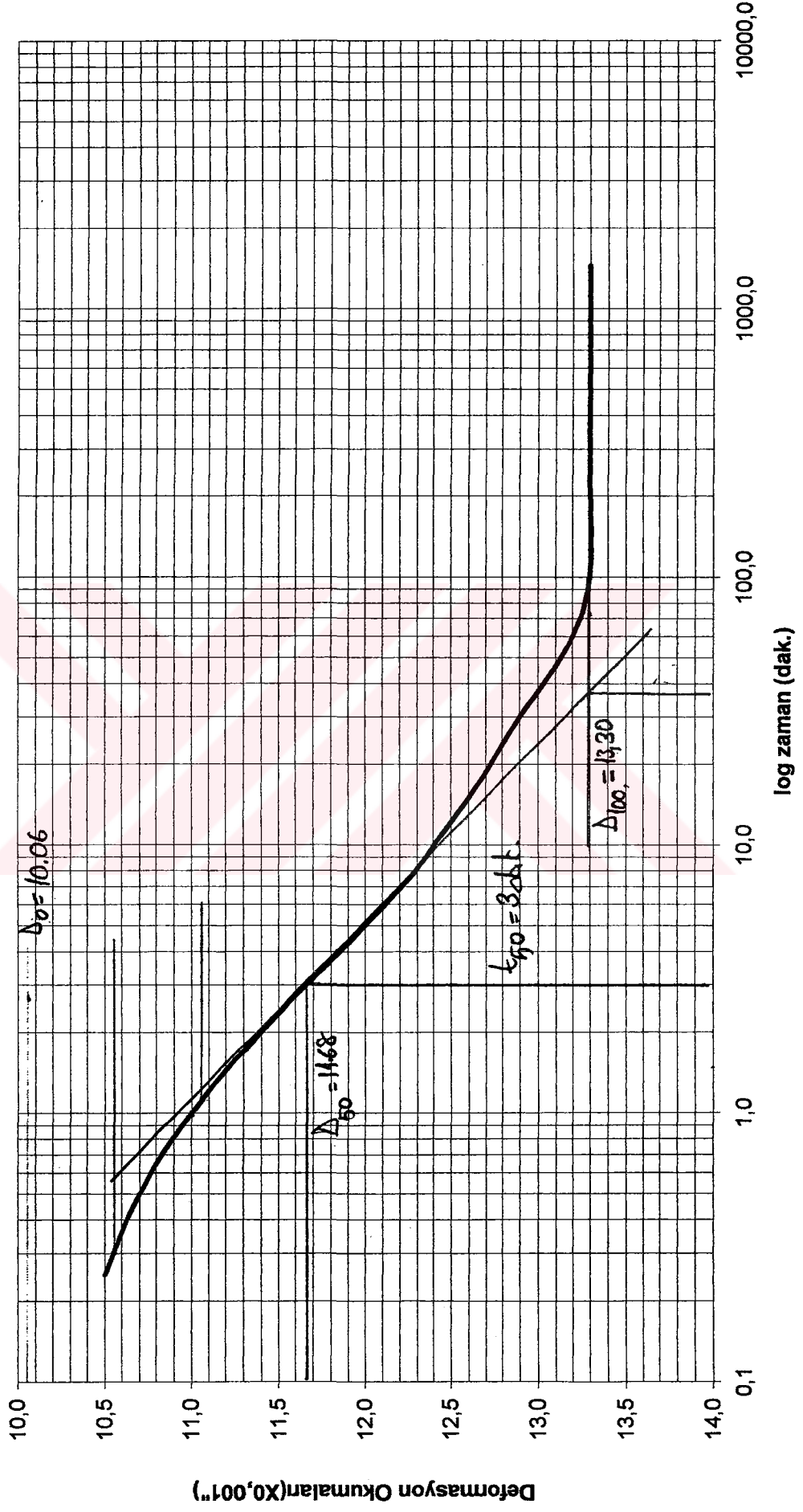
Deney Yeri : Uzunköprü/EDİRNE	Sondaj No: SDMT
Derinlik:	2,00-2,20 m
Konsolidasyon Aleti:	clockhouse 1
Saat Hassasiyeti:	0,001"= 0,00254cm
Su Muhtevası(W)=	0,28
Ring Çapı(D)=	5,00 cm
Başlangıç Numune Boyu (H) ₁ =	2,00 cm
Ring Alanı(A)=	19,63 cm ²
Numune Hacmi(V)=	39,27 cm ³
DENEY SONU:	
İslak numune+Ring Ağırlığı=	151,56 gr
Ring Ağırlığı=	73,30 gr
İslak Numune Ağırlığı=	78,26 gr
Kuru Numune+Ring Ağırlığı=	139,22 gr
Kuru Numune Ağırlığı=	65,92 gr
Su Miktarı(W _{wf})=	12,34 gr
Deney Sonu Numune Boyu(H _f)=	1,903 cm
Numune Boy Değişimi(ΔH)=	0,097 cm
Deney Sonu Numune Hacmi(V _f)=	37,365 cm ³
Danelerin Yüksekliği(H _s)=	1,275 cm
Başlangıç Boşluk Yüksekliği(H _v)=	0,725 cm
Başlangıç Boşluk Oranı(e ₀)=	0,569

Yük σ' (kPa)	Yük Artışları Δσ' (kPa)	Yüklemeye sonundaki Def.Okuma. (x0,001")	Numune Boyundaki Değişim ΔH (cm)	Boşluk Oranı Değişimi Δe	Yüklemeye Sonundaki Boşluk Oranı e	Yüklemeye Kademeleri İçin Ortalama Numune Boyuna H _{or} (cm)	En uzun Drenaj Yolunun Büylüklüğü (H _{or} /2) (cm)	%50 Konsolidasyon İçin Gerekli Zaman t ₅₀ (dak.)	Konsolidasyon Katsayısı C _α (cm ² /dak.)	Sıkışma Sayısı a _v (1/kPa)	Hacimsal Sıkışma Katsayısı m _v (1/kPa)	Sınırlanmış Modül M=1/m _v (kPa)	Her Yüklemeye Kademeleri İçin Boşluk Oranı Değişimi Δe
0		0	0	-	0,569	-	-	-	-	-	-	-	-
50	50	13,300	0,034	0,027	0,543	1,983	0,992	3,000	0,065	0,00053012	0,00033782	2960,16	0,027
100	50	18,000	0,046	0,036	0,533	1,960	0,980	7,100	0,027	0,00018734	0,000121431	8235,12	0,009
200	100	31,000	0,079	0,062	0,507	1,938	0,969	4,100	0,045	0,00025908	0,000168962	5918,47	0,026
400	200	47,500	0,121	0,095	0,475	1,900	0,950	0,940	0,189	0,00016442	0,000109069	9168,50	0,033
200		45,700	0,116	0,091	0,478	1,882	0,941						
100		43,000	0,109	0,086	0,484	1,887	0,944						
50		38,200	0,097	0,076	0,493	1,897	0,948						

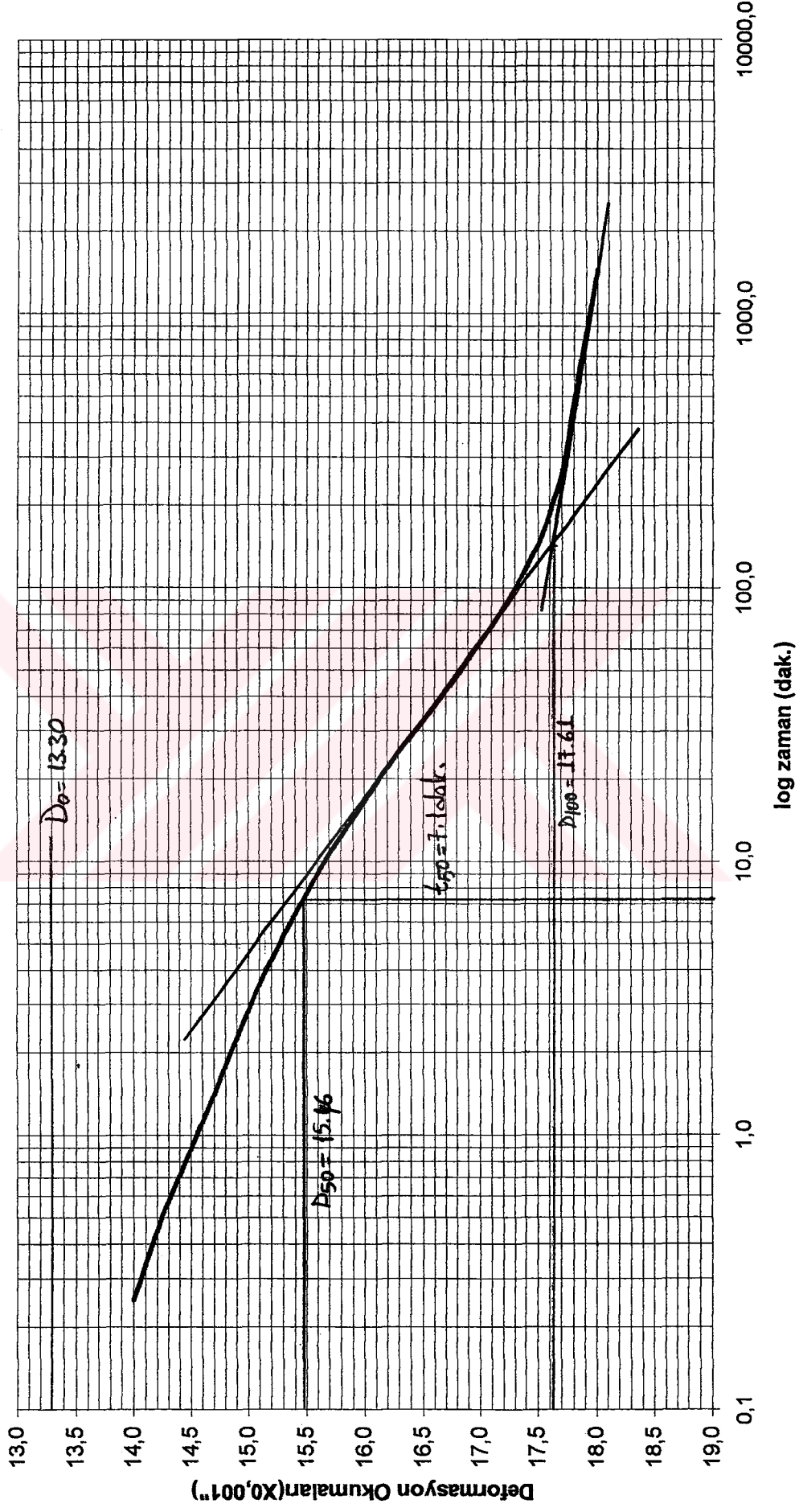
Deney Yeri : Uzunköprü/EDİRNE		Sondaj No: SDMT	
Derinlik:	4,50-5,00 m	clockhouse 1	
Konsolidasyon Aleti:		0,001"=	0,00254cm
Saat Hassasiyeti:			
Su Muhtevası(W)=	0,21		
Ring Çapı(O)=	5,00 cm		
Başlangıç Numune Boyu (H) ₁ =	2,00 cm		
Ring Alanı(A)=	19,63 cm ²		
Numune Hacmi(V)=	39,27 cm ³		
DENEY SONU:			
Islak numune+Ring Ağırlığı=	152,96 gr		
Ring Ağırlığı=	73,41 gr		
Islak Numune Ağırlığı=	79,55 gr		
Kuru Numune+Ring Ağırlığı=	138,63 gr		
Kuru Numune Ağırlığı=	65,22 gr		
Su Miktarı(M _{wf})=	14,33 gr		
Deney Sonu Numune Boyu(H) ₂ =	1,927 cm		
Numune Boy Değişimi(ΔH)=	0,073 cm		
Deney Sonu Numune Hacmi(V) ₂ =	37,829 cm ³		
Danelerin Yüksekliği(H _s)=	1,197 cm		
Başlangıç Boşluk Yüksekliği(H _v)=	0,803 cm		
Başlangıç Boşluk Oranı(e ₀)=	0,671		

Yük σ _{v'} (kPa)	Yük Artışları Δσ _{v'} (kPa)	Yüklemeye sonundaki Def. Okuma. (x0,001")	Numune Boyundaki Değişim (cm)	ΔH (cm)	Boşluk Oranı Değişimi Δe	Yüklemeye Sonundaki Boşluk Oranı e	Yüklemeye Kademeleri İçin Ortalama Numune Boyuna H _{ort} (cm)	En uzun Drenaj Yolunun Büyükliği (H _{ort} /2) (cm)	%50 Konsolidasyon İçin Gerekli Zaman t ₅₀ (dak.)	Konsolidasyon Katsayısı c _v (cm ² /dak.)	Sıkışma Sayısı a _v (1/kPa)	Hacimsal Sıkışma Katsayısı m _v (1/kPa)	Sınırlanmış Modül M=1/m _v (kPa)	Her Yüklemeye Kademeleri İçin Boşluk Oranı Değişimi Δe
0	50	8,100	0,021	0,021	0,017	0,671	1,990	0,995	1,100	0,177	0,00034382	0,00020574	4860,50	0,017
100	50	13,100	0,033	0,033	0,028	0,643	1,973	0,987	14,000	0,014	0,00021224	0,00012832	7793,02	0,011
200	100	24,100	0,061	0,061	0,051	0,620	1,953	0,976	10,000	0,019	0,00023346	0,000142064	7039,11	0,023
400	200	40,900	0,104	0,104	0,087	0,584	1,917	0,959	30,200	0,006	0,00017828	0,000110048	9086,92	0,036
200		38,500	0,098	0,098	0,082	0,589	1,899	0,950						
100		34,500	0,088	0,088	0,073	0,598	1,907	0,954						
50		28,900	0,073	0,073	0,061	0,610	1,919	0,960						

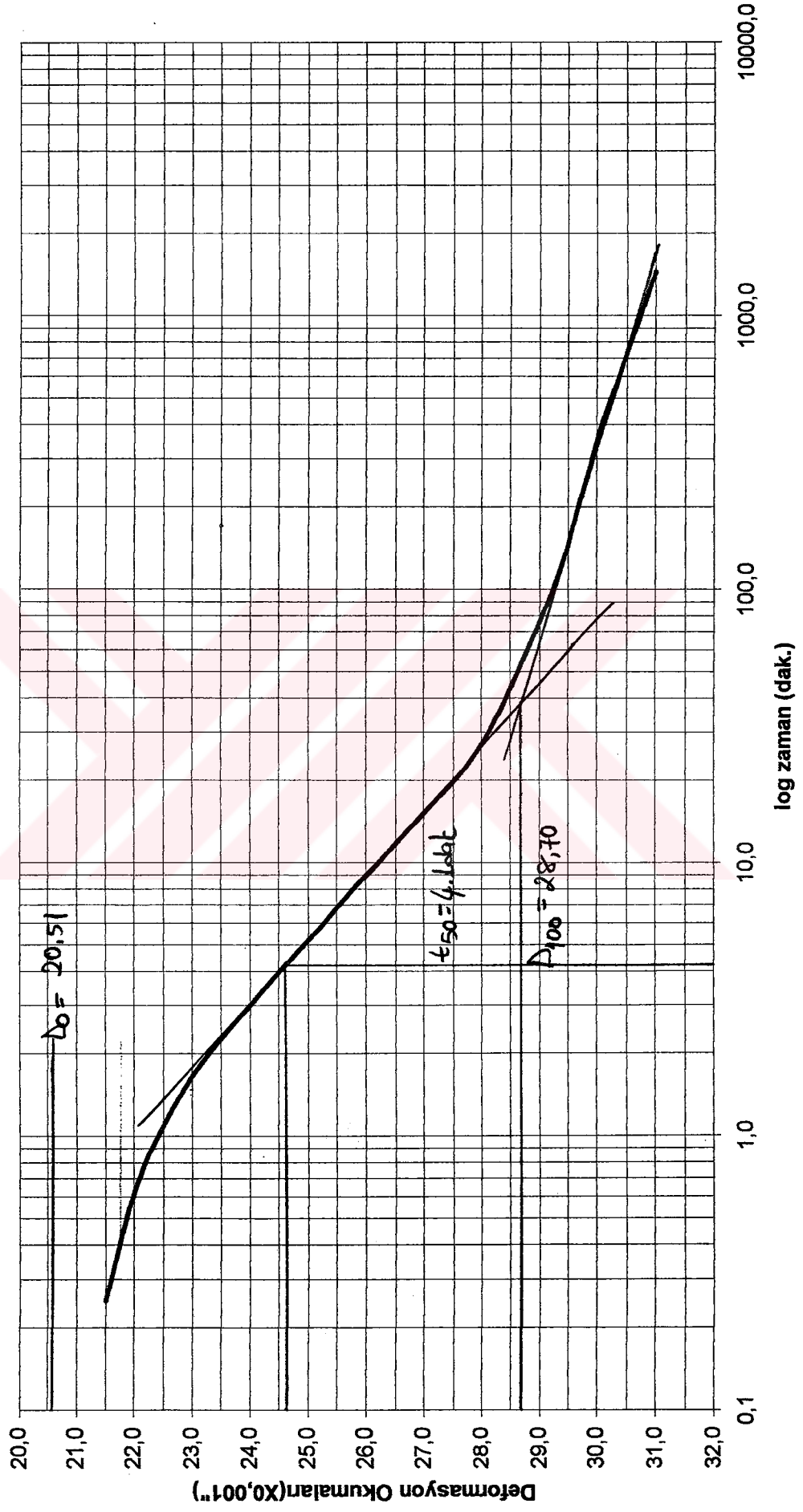
ZAMANA BAĞLI KONSOLIDASYON EĞRİSİ (2,00-2,20m)
(50kPa)



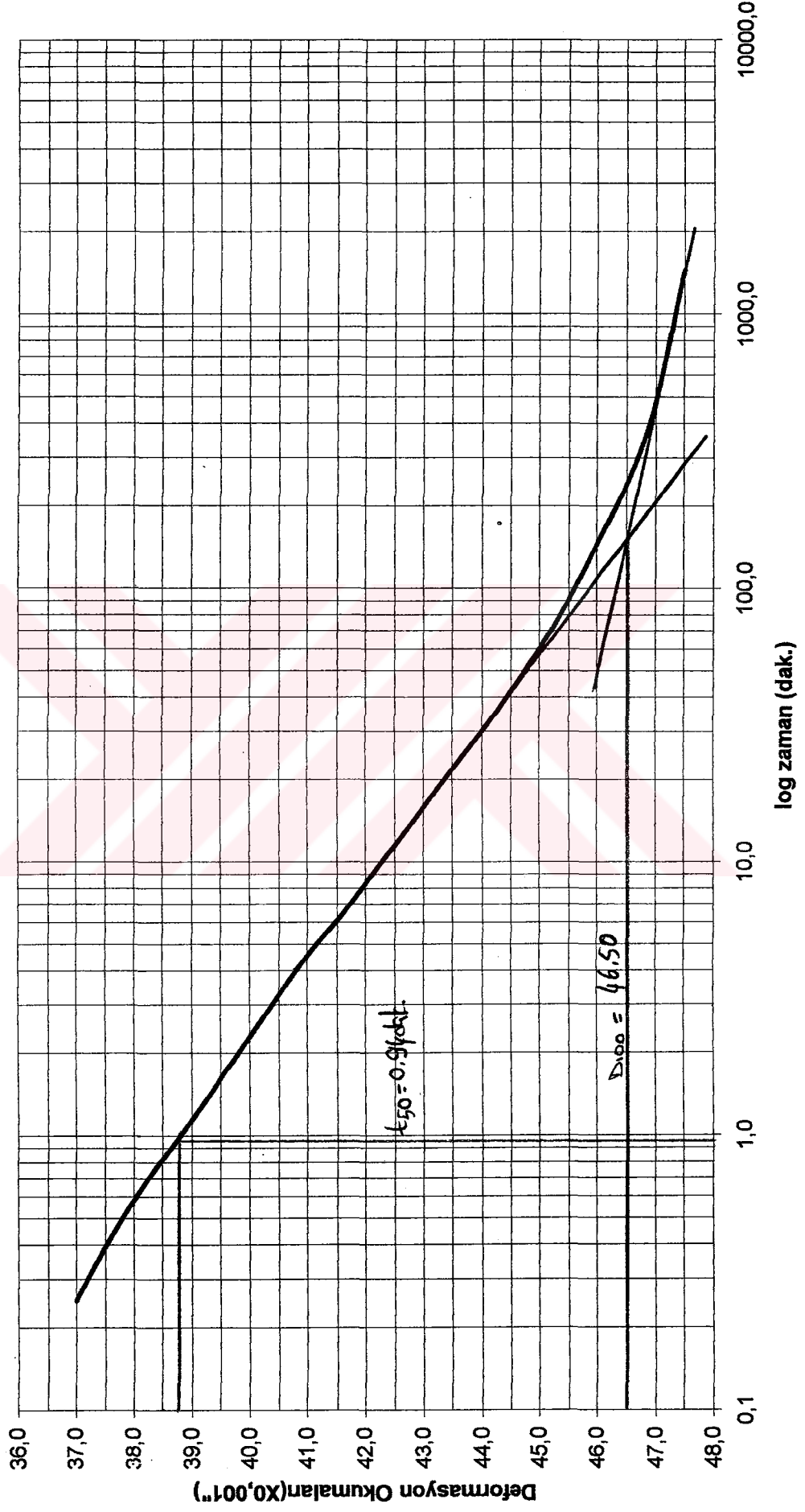
ZAMANA BAĞLI KONSOLIDASYON EĞRİSİ (2,00-2,20m)
(100kPa)



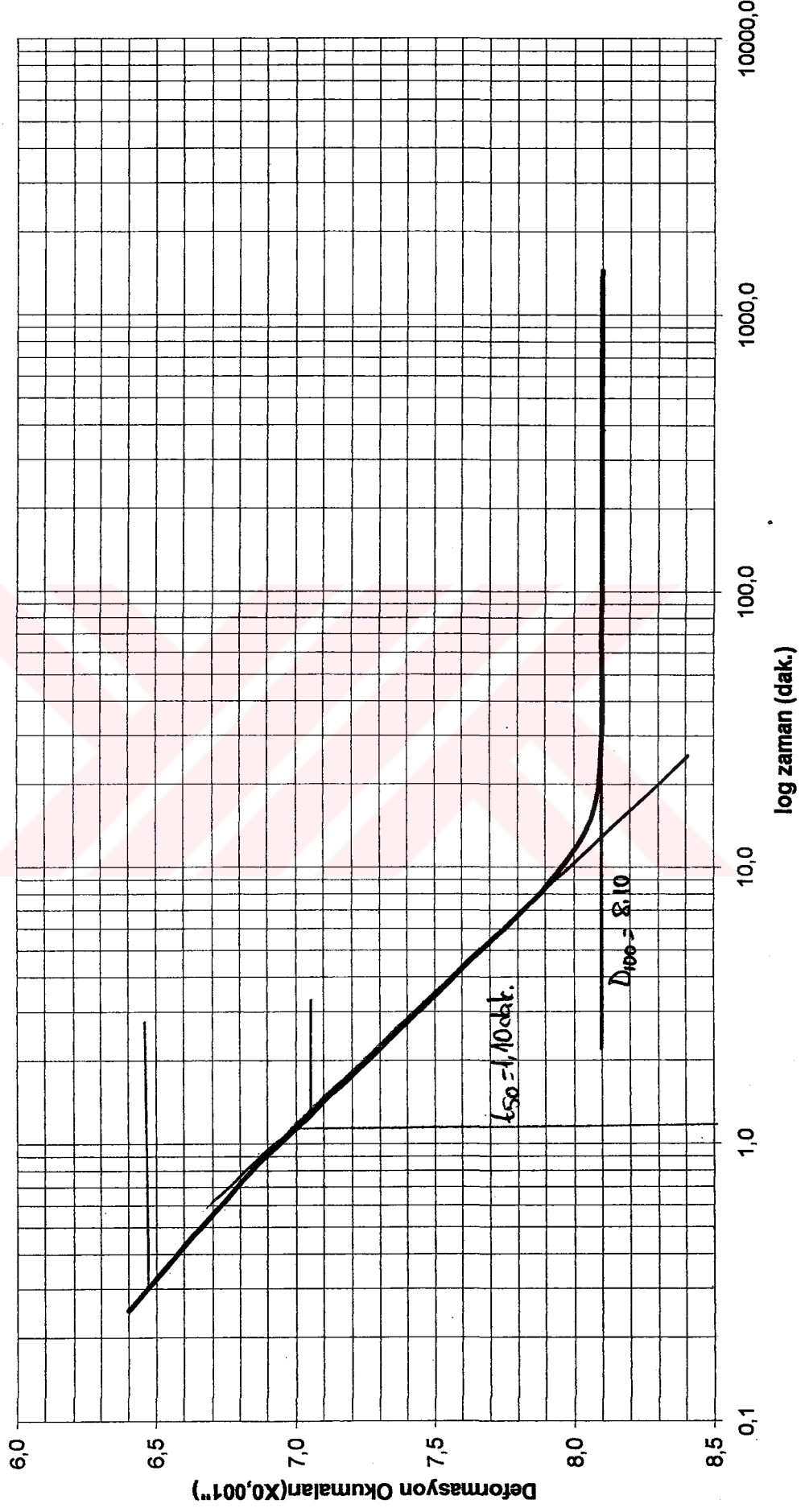
ZAMANA BAĞLI KONSOLİDASYON EĞRİSİ(2,00-2,20m)
(200kPa)



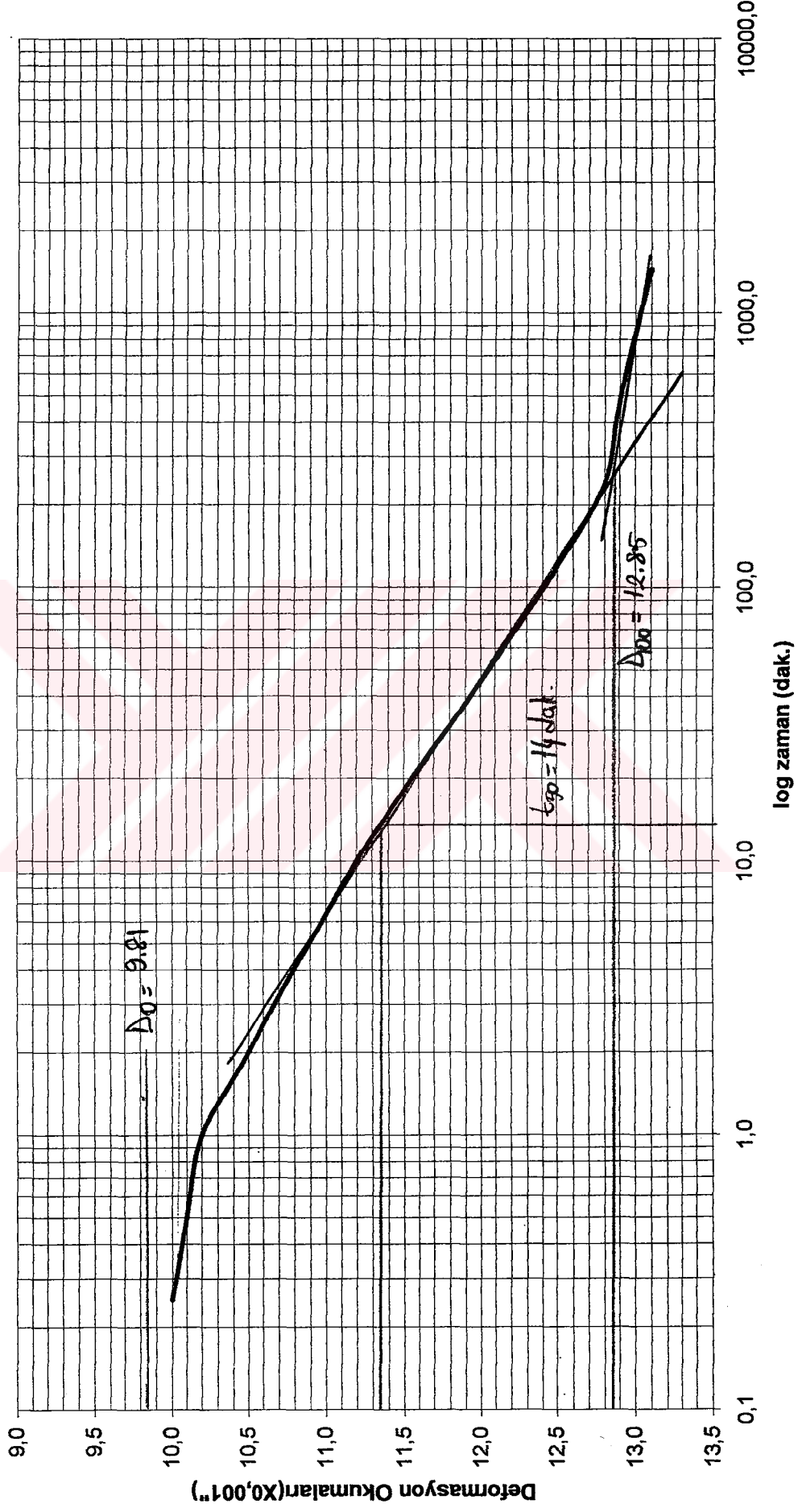
ZAMANA BAĞLI KONSOLIDASYON EĞRİSİ(2,00-2,20m)
(400kPa)



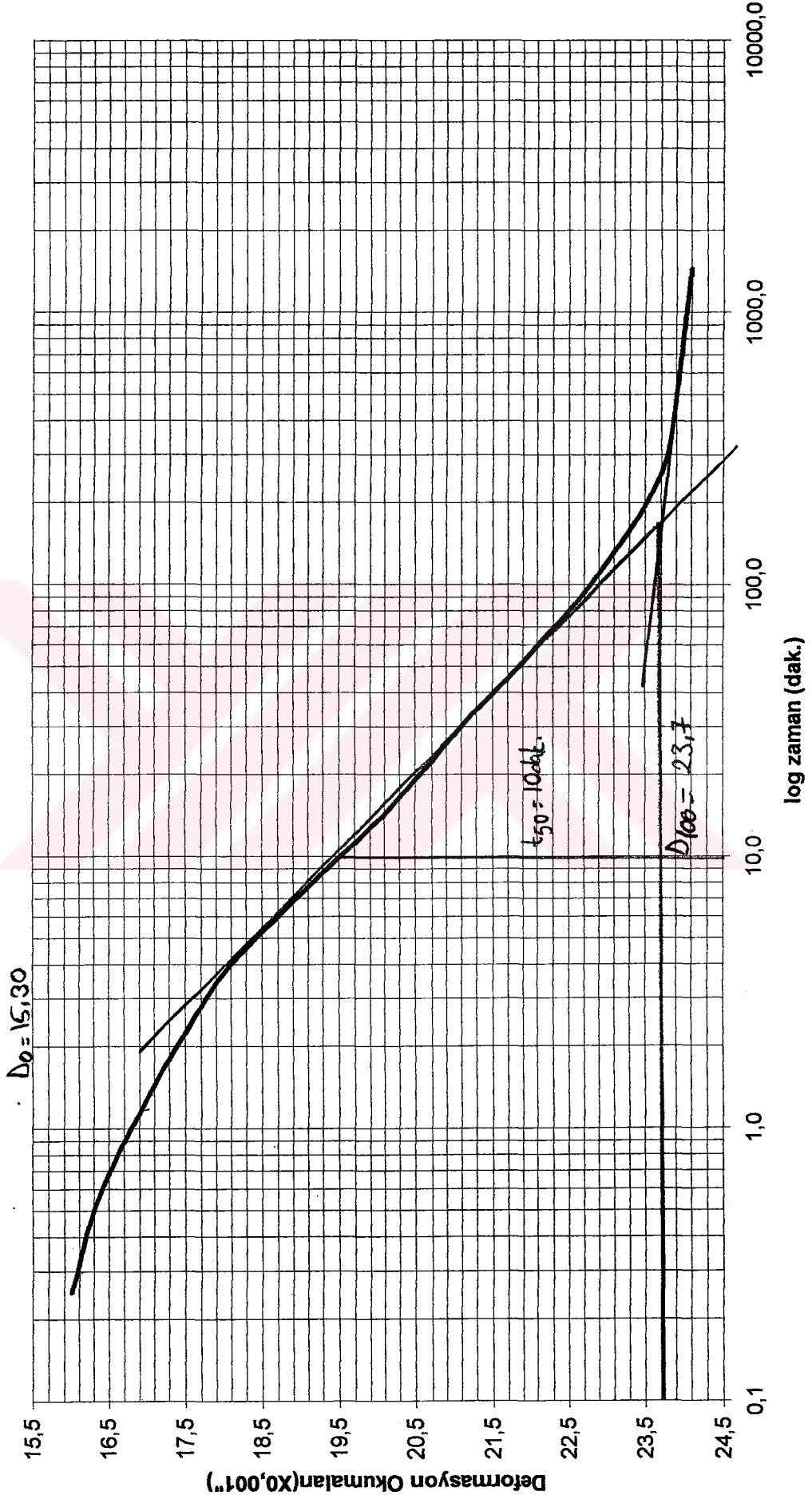
ZAMANA BAĞLI KONSOLIDASYON EĞRİSİ (4,50-5,00m)
(50kPa)



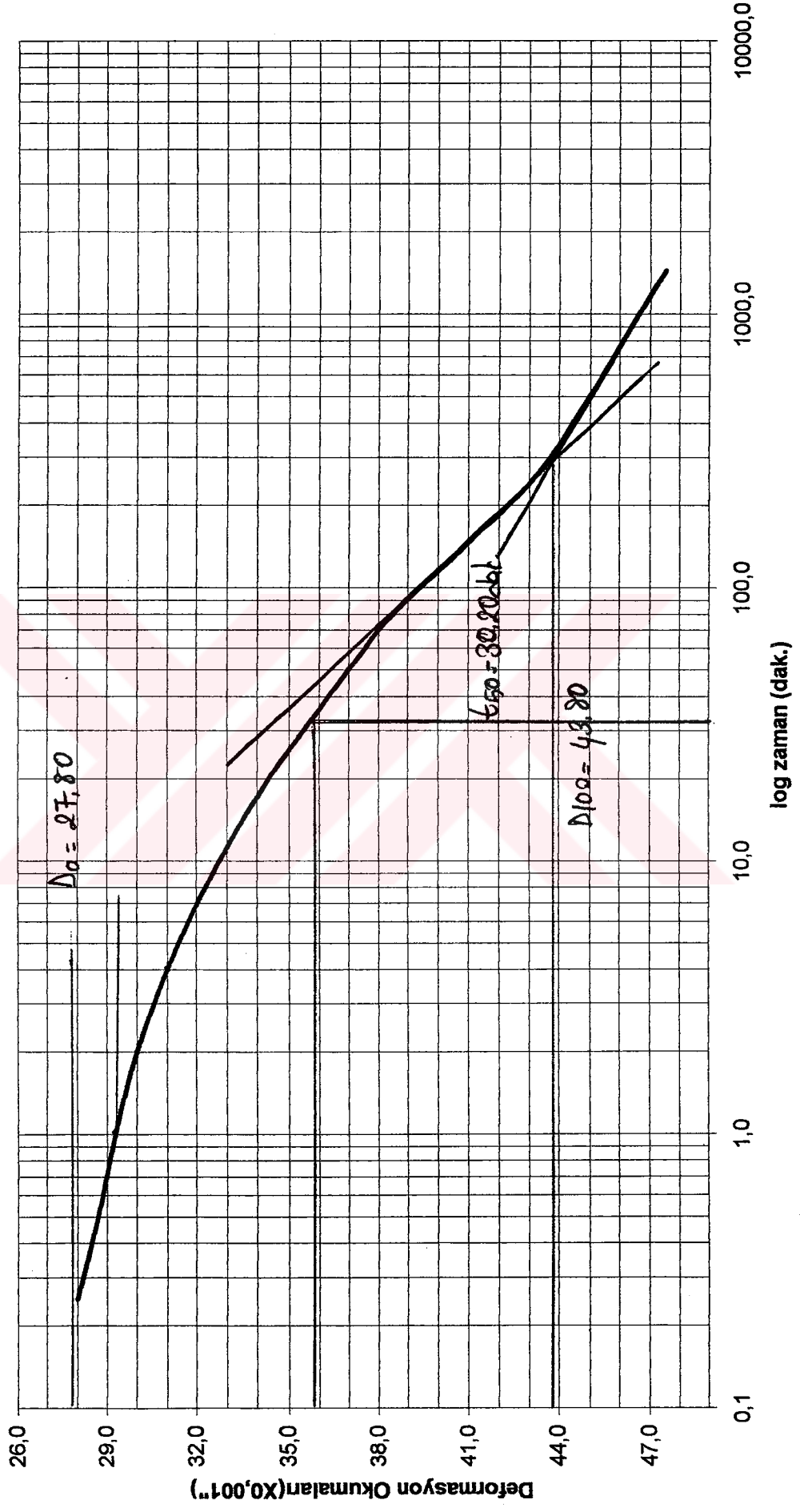
ZAMANA BAĞLI KONSOLIDASYON EĞRİSİ(4,50-5,00m)
(100kPa)



ZAMANA BAĞLI KONSOLİDASYON EĞRİSİ(4,50-5,00m)
(200kPa)

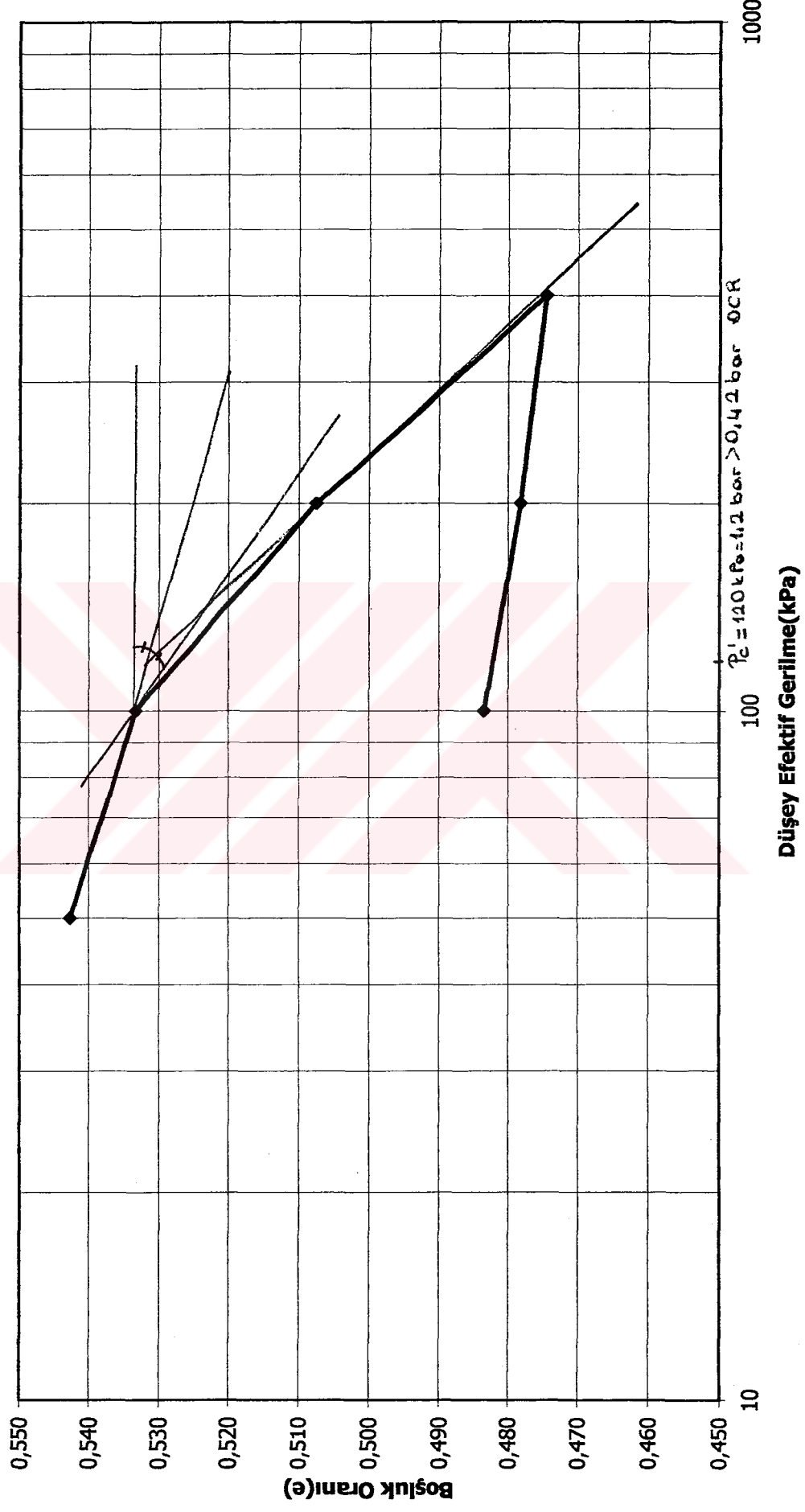


ZAMANA BAĞLI KONSOLİDASYON EĞRİSİ(4,50-5,00m)
(400kPa)



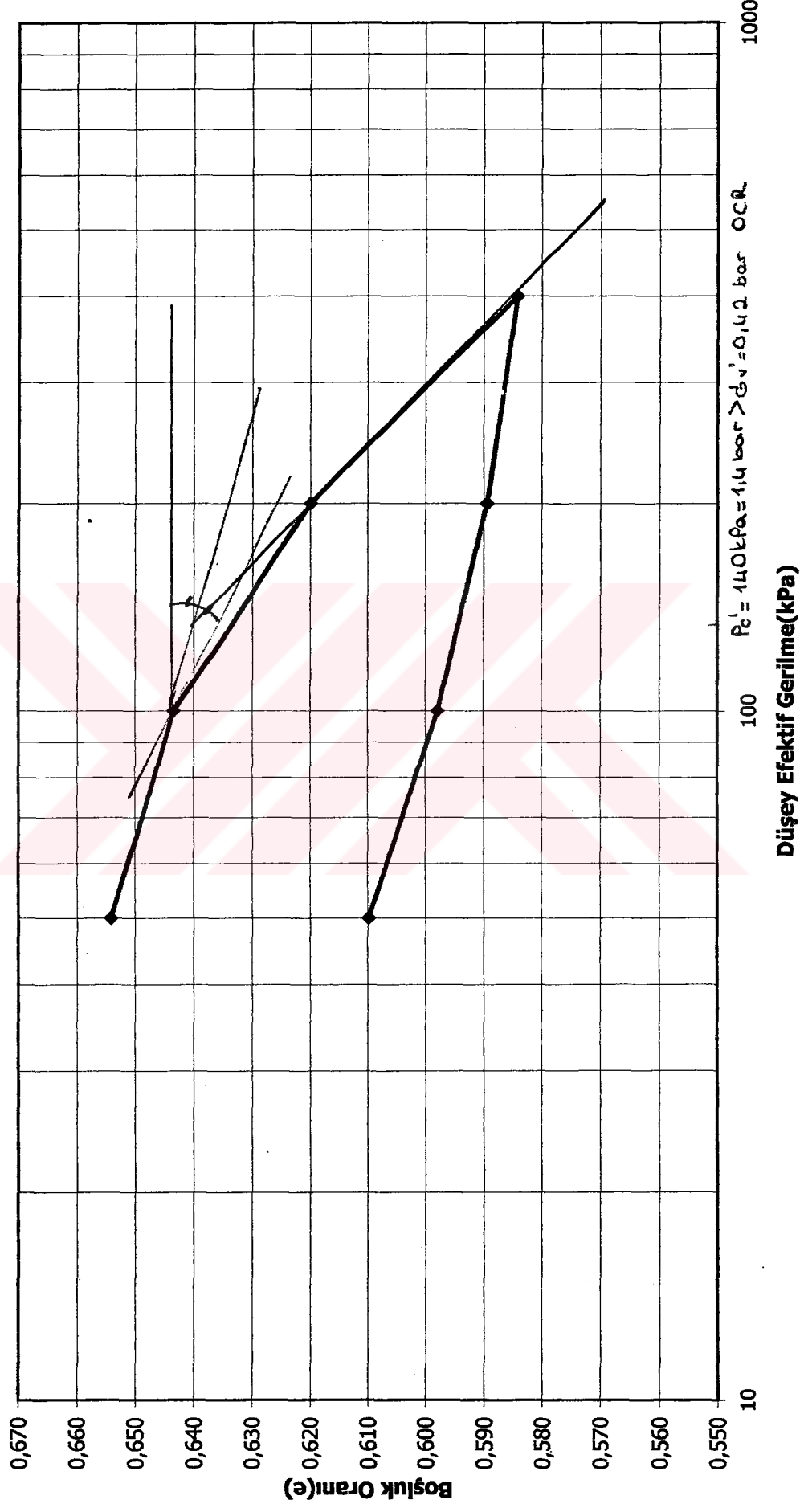
KONSOLIDASYON EĞRİSİ(2,00-2,20 m)

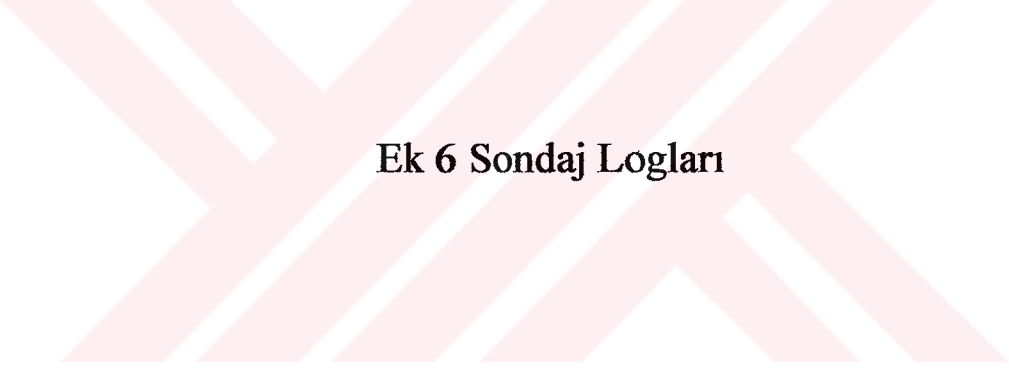
SONDAJ NO: SDMT



KONSOLIDASYON EĞRİSİ(4,50-5,00m)

SONDAJ NO: SDMT





Ek 6 Sondaj Logları

SONDAJ NO :
S-3

SONDAJ YERİ: *Büyükçekmece-Albatros*

KAYA						ZEMİN										Derinlik (m)	Lito-loji Logu	Smf.		AÇIKLAMALAR																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																									
TCR		SCR		RQD		Veyo(Nm)	SPT					Örnek						Zemin	Kaya																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
%	Grafik	%	Grafik	%	Grafik		Grafik					Darbe Sayısı									UD	D	No																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
						0	10	20	30	40	50	60	0-15	15-30	30-45	N ₃₀																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													</

**Ek 7 DMT Deneyi Arazi Okumaları ve DMT Deneyi Verileri
Bilgisayar Çıktısı**

DMT DENEYİ ARAZİ OKUMALARI ÇİZELGESİ

Deney Bölgesi: Büyükçekmece
Atatürk Mahallesi

Şondaj No: DMT1

Tarih: 30 ARALIK 2001

Müşteri: -

Hasas Manometre Sıfırı (bar): 0.00 Bıçak No: -

Manometre Sıfırı (bar): 0.00

ΔA_{ort} (bar): 0.11

ΔB_{ort} (bar): 0.49

Tij Tipi: -

Sürütünme Azaltıcının Çapı(mm): -

Donanım Operatörü: K.KOYUNLU

DERİNLİK (m)	DMT OKUMALARI	
	A (bar)	B (bar)
10,25	4,86	5,09
10,50	4,11	4,29
10,75	4,51	4,69
11,00	4,72	4,89
11,25	4,62	4,79
11,50	4,51	4,69
11,75	4,51	4,69
12,00	6,03	6,29
13,25	3,89	4,09
13,50	6,61	6,89
13,75	5,00	5,19
14,00	5,00	5,19
14,25	5,19	5,39
14,50	5,51	5,69
14,75	5,21	5,39
15,00	5,22	5,39
15,25	5,22	5,39
15,50	5,23	5,39
15,75	5,62	5,79
16,00	5,92	6,09
16,25	6,02	6,19
16,50	5,63	5,79
16,75	5,54	5,69
17,25	5,83	5,99
17,50	6,41	6,59
17,75	6,62	6,79
18,00	7,00	7,19

WATERTABLE m 1

Reduction formulae according to Marchetti, ASCE Geot.Jnl., Mar. 1980, Vol.109, 299-321

NOTE : OCR = "relative OCR". OCR below often reasonable. Accuracy can be improved if precise OCR values are available. Then factorize all OCR below by the ratio OCRreference/OCR

Po	=	Corrected A reading	bar	INTERPRETED GEOTECHNICAL PARAMETERS										
P1	=	Corrected B reading	bar											
Gamma	=	Bulk unit weight/GammaH2O	(-)	Ko	=	In situ earth press. coeff.	(-)							
Sigma'	=	Effective overb. stress	bar	Ocr	=	Overconsolidation ratio	(-)							
U	=	Pore pressure	bar	q	=	Eroded overburden above g.s.	bar							
Id	=	Material Index	(-)	M	=	Constrained modulus (at Sigma')	bar							
Kd	=	Horizontal stress index	(-)	Cu	=	Undrained shear strength	bar							
Ed	=	Dilatometer modulus	bar											
Z (m)	Po	P1	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	q	M	Cu	DESCRIPTION
10.25	2.6	4.6	1.70	0.85	0.91	1.17	2.0	69	0.55	1.0	0.0	63	0.19	SILT
10.50	2.9	3.8	1.60	0.87	0.93	0.45	2.3	31	0.62	1.2	0.2	31	0.23	SILTY CLAY
10.75	3.2	4.2	1.70	0.88	0.96	0.45	2.5	35	0.67	1.4	0.4	37	0.26	SILTY CLAY
11.00	3.6	4.4	1.70	0.90	0.98	0.32	2.9	29	0.76	1.8	0.7	36	0.31	CLAY
11.25	3.5	4.3	1.70	0.92	1.01	0.34	2.7	29	0.71	1.6	0.5	34	0.29	SILTY CLAY
11.50	3.2	4.2	1.60	0.94	1.03	0.47	2.3	35	0.62	1.2	0.2	34	0.24	SILTY CLAY
11.75	3.3	4.2	1.60	0.95	1.05	0.38	2.4	30	0.65	1.3	0.3	31	0.26	SILTY CLAY
12.00	3.1	5.8	1.70	0.97	1.08	1.36	2.1	95				91		SANDY SILT
13.25	2.2	3.6	1.60	1.05	1.20	1.31	1.0	47				40		SANDY SILT
13.50	3.4	6.4	1.70	1.07	1.23	1.42	2.0	106				99		SANDY SILT
13.75	3.6	4.7	1.70	1.08	1.25	0.50	2.1	40	0.58	1.1	0.1	37	0.26	SILTY CLAY
14.00	3.6	4.7	1.70	1.10	1.28	0.45	2.1	36	0.58	1.1	0.1	33	0.26	SILTY CLAY
14.25	3.6	4.9	1.70	1.12	1.30	0.54	2.1	44	0.57	1.1	0.1	39	0.26	SILTY CLAY
14.50	4.3	5.2	1.70	1.13	1.32	0.32	2.6	33	0.69	1.5	0.6	37	0.35	CLAY
14.75	4.0	4.9	1.70	1.15	1.35	0.36	2.3	33	0.62	1.2	0.3	32	0.30	SILTY CLAY
15.00	4.1	4.9	1.70	1.17	1.37	0.29	2.4	27	0.64	1.3	0.3	28	0.31	CLAY
15.25	4.1	4.9	1.70	1.19	1.41	0.29	2.3	27	0.62	1.2	0.3	27	0.31	CLAY
15.50	4.3	4.9	1.60	1.20	1.42	0.22	2.4	22	0.64	1.3	0.4	22	0.33	CLAY
15.75	4.6	5.3	1.70	1.22	1.45	0.23	2.6	26	0.69	1.5	0.6	28	0.37	CLAY
16.00	4.9	5.6	1.70	1.23	1.47	0.22	2.8	26	0.73	1.6	0.8	31	0.41	CLAY
16.25	4.9	5.7	1.70	1.25	1.50	0.23	2.7	27	0.72	1.6	0.7	32	0.40	CLAY
16.50	4.8	5.3	1.60	1.27	1.52	0.14	2.6	16	0.69	1.5	0.6	18	0.38	CLAY
16.75	4.8	5.2	1.60	1.28	1.55	0.12	2.6	13	0.69	1.5	0.6	15	0.39	CLAY
17.25	4.9	5.5	1.70	1.31	1.59	0.18	2.5	20	0.67	1.4	0.6	22	0.38	CLAY
17.50	5.2	6.1	1.70	1.33	1.62	0.24	2.7	30	0.72	1.6	0.8	34	0.43	CLAY
17.75	5.5	6.3	1.70	1.35	1.64	0.23	2.8	30	0.75	1.7	1.0	36	0.46	CLAY
18.00	5.5	6.7	1.70	1.36	1.67	0.32	2.8	42	0.73	1.7	0.9	50	0.45	CLAY
Z (m)	Po	P1	Gamma	Sigma'	U	Id	Kd	Ed	Ko	Ocr	q	M	Cu	DESCRIPTION

Po=Düzeltilmiş A okuması (bar)

P1=Düzeltilmiş B okuması (bar)

Gamma=Islak birim hacim / Suyun birim hacim ağırlığı

Sigma'=Etkili gerilme (bar)

U=Bosluk suyu basıncı (bar)

Id=Malzeme indeksi

Kd=Yatay Gerilme indeksi

Ed=Dilatometre Modülü (bar)

YORUMLANAN GEOTEKNİK PARAMETRELERİ

Ko=Yanal İtki Katsayısı

Ocr=Aşırı Konsolidasyon Oranı

q=Ön konsolidasyon basıncı ile etkili gerilme arasındaki fark

(Seçmiş Jeolojik Yık)

q=[OcrxSigma']-Sigma' (bar)

M=Sınırlanmış Modül (bar)

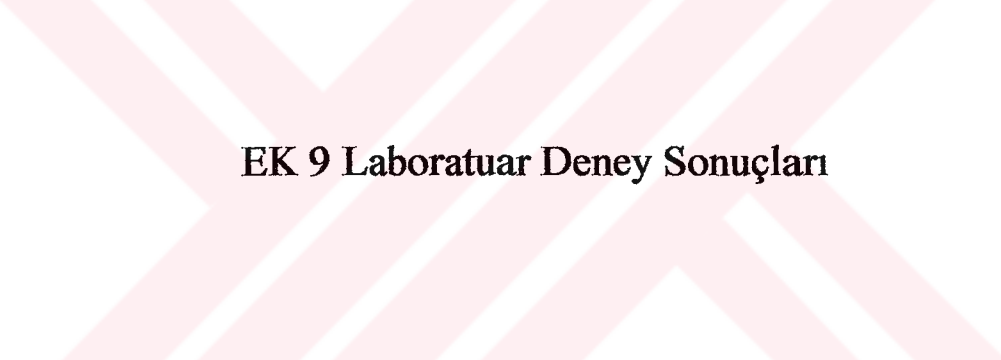
Cu=Drenajsız Kayma Mukavemeti (bar)

**Ek 8 Düzeltilmiş SPT N, Drenajsız Kayma Mukavemeti Ve
Sınırlanmış Modül Değerleri**

**DÜZELTİLMİŞ SPT SAYISI N_{70}^1 VE PLASTİSİTE İNDEKSİNE
GÖRE DRENAJSIZ KAYMA MUKAVEMETİ VE SINIRLANMIŞ
MODÜL DEĞERLERİ**

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	N_{70}^1	PI (%)	C_u (kPa)	M (kPa)
S3	11,00	6	24	29	2880
	14,00	6	24	29	2880
	15,50	8	32	36	3680
	17,00	7	28	33	3290





EK 9 Laboratuar Deney Sonuçları

LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI ÖZET FORMU

SONDAJ KUYU NO	NUMUNE NO	DERİNLİK (m)	Elekt Analizi				Hidrometre Analizi		Atterberg Limitleri			Zemin Sınıflandırması	Doğal Su Muhlevası, W_c (%)	Doğal Birim Hacim Ağırlık, γ_n (g/ml)	Özgül Ağırlık, G_s	Doğruluk Derecesi, S (%)	Serbest Basınç Dayanımı, q_u (kg/cm ²)	Direkt Kesme Dayanımı		Konsolidasyon Deneyi				Üç Eksenli Basınç Dayanımı				Nokta Yükleme, I_{p50} (kg/cm ²)	Elastisite Modülü, E (kg/cm ²)	Suya Dayanıklılık İndisi, I_s (%)	Organik Madde (%)					
			Elekt Analizi		KİL (%)	SİLİT (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	C kg/cm ²	Ø (°)							Sıkışma İndisi, $C_c - C_r$	Konsolidasyon Katsayısı, C_v (cm ² /min)	Şişme Basıncı, σ_{sp}	% Şişme	UU	CU	CD												
			# 4	# 4 ~ # 200																					# 200											
S-1	SPT	1,50	43,6	50,6	5,9																															
		1,95																																		
	SPT	4,50	59,7	40,3	25,8	14,5																														
		4,95																																		
	SPT	6,00	68,4	31,8																																
S-2	SPT	7,50	1,7	60,0	38,3	24,3	14,0																													
		7,95																																		
	SPT	10,50	43,5	56,5	36,1	20,4																														
		10,95																																		
	SPT	13,50	11,2	46,7	42,1	30,1	12,0																													
S-3	SPT	13,95																																		
		18,00	2,8	97,2	61,2	36,0																														
	SPT	18,45																																		
		19,50	5,5	94,5	66,5	28,0																														
	SPT	19,95																																		
S-4	SPT	9,00	27,9	72,1	44,7	27,4																														
		9,45																																		
	SPT	3,00	22,7	67,3	10,0																															
		3,45																																		
	SPT	12,00	22,5	77,5	54,8	22,7																														
S-5		12,45																																		
	SPT	15,50	3,7	28,8	67,5	45,5	22,0																													
		15,95																																		
	SPT	16,50	11,8	88,2	59,2	29,0																														
		16,95																																		

AÇIKLAMALAR:



Ek 10 Sondaj Logu

SONDAJ LOGU															SONDAJ NO : S-5							
İŞVEREN / PROJE : <i>Kesimhane Çtopark Sahası</i>															SONDAJ YERİ : <i>EYÜP</i>							
KAYA					ZEMİN										Derinlik (m)		Sınıf		AÇIKLAMALAR			
TCR		SCR		RQD		Veyra	SPT					Örnek			Litoloji Logu	Zemin	Kaya					
% Grafik		% Grafik		% Grafik			Grafik					Darbe Sayısı						UD			D	No
0 10 20 30 40 50 60		0 10 20 30 40 50 60		0 10 20 30 40 50 60			0 15 30 45 60					N ₆₀										
															0.00				BİTKİSEL TOPRAK DOLGU: Kilit ve grovak çakıl ve bloklarından oluşan, tuğla v.b. yapay malzemelerle karışık, kil-silt matirıklı heterojen dolgu KİL: Üst kısımlar çakıllı, çakıllar kilitaşı kökenli, maksimum 22cm. boyutlu, bol kavkılı, 8,90-10,90 m'ler arası a2 kumlu kavkılı yığılması, 10,90 m'den sonra bol topraklı ve bitki köklü, yer yer kum mercekli, kumlar ince daneli, koyu gri renkli GROVAK (Temel Kaya-Trakya Formasyonu)			
															0.20							
															2							
															5.00							
															6.20							
															6.95							
															9.50							
															10.00							
															11.50							
															12.50							
															15.00							
															20.00							
															25.00							
															29.00							
															30.00							
21					0					0												
Sonda Tipi : <i>Rotari</i>					Ağır Kotu :					Yerleşmeye Derinliği : <i>2.50m</i>					Sonda Derinliği : <i>m</i>							
Başlangıç / Bitiş Tarihi :					Sondör :					Mühendis :					Kontrol :							

**Ek 11 DMT Deneyi Arazi Arazi Okumaları, DMT Deney Verileri
Bilgisayar Çıktıları ve DMTC Sönümlleme Deneyi Hesaplamaları**

DMT DENEYİ ARAZİ OKUMALARI ÇİZELGESİ

Deney Bölgesi: Eyüp/İSTANBUL
Sondaj No: DMT1
Tarih: 20 NİSAN 2002
Müşteri: -

Hasas Manometre Sıfırı (bar): 0.00
Manometre Sıfırı (bar): 0.00
 ΔA_{ort} (bar): 0.11
 ΔB_{ort} (bar): 0.41

Bıçak No: -
Tij Tipi: -
Sürütünme Azaltıcının Çapı(mm): -
Donanım Operatörü: K.KOYUNLU

DERİNLİK (m)	DMT OKUMALARI	
	A (bar)	B (bar)
6,50	2,85	3,80
6,70	3,15	4,30
6,90	3,10	4,30
7,10	3,00	4,10
7,30	3,30	4,70
7,50	3,60	4,90
7,70	3,40	4,70
7,90	3,60	4,95
8,10	3,70	4,96
8,30	4,20	5,30
8,50	3,70	5,00
8,70	2,90	4,80
8,90	1,50	3,40
9,10	1,90	4,40
9,30	1,80	3,30
9,50	2,30	7,60
9,70	2,80	7,60
9,90	1,75	4,80
10,10	4,50	9,50
10,30	4,60	10,50
10,50	1,70	4,30
10,70	2,30	5,25
10,90	1,90	5,20
11,10	2,75	4,65
11,30	2,35	4,52
11,50	4,20	8,05
11,70	2,60	5,90
11,90	2,35	5,40
12,10	2,00	4,80
12,30	3,80	8,00
12,50	1,80	4,70
12,70	5,20	11,40
12,90	2,10	4,60
13,10	3,25	8,20
13,30	2,70	7,80
13,50	3,00	8,00

DMT DENEYİ ARAZİ OKUMALARI ÇİZELGESİ

Deney Bölgesi: Eyüp/İSTANBUL
Sondaj No: DMT2
Tarih: 20 NİSAN 2002
Müşteri: -

Hasas Manometre Sıfırı (bar): 0.00
Manometre Sıfırı (bar): 0.00
 ΔA_{ort} (bar): 0.125
 ΔB_{ort} (bar): 0.40

Bıçak No: -
Tij Tipi: -
Sürütünme Azaltıcının Çapı(mm): -
Donanım Operatörü: K.KOYUNLU

DERİNLİK (m)	DMT OKUMALARI	
	A (bar)	B (bar)
7,60	3,20	4,60
7,80	3,50	5,10
8,00	3,45	4,80
8,20	3,55	5,00
8,40	3,50	4,95
8,60	1,95	8,50
8,80	3,25	7,20
9,00	2,80	6,20
9,20	1,90	5,15
9,40	1,80	3,90
9,60	1,60	2,80
9,80	2,75	6,00
10,00	1,70	4,00
10,20	1,50	3,25
10,40	1,85	4,20
10,60	2,40	4,80
10,80	2,70	6,40
11,00	3,25	5,80
11,20	1,80	4,90
11,40	1,90	4,40
11,60	3,40	7,92
11,80	2,20	5,00
12,00	2,60	5,70
12,20	3,10	6,70
12,40	3,40	6,90
12,60	2,00	3,95
12,80	4,00	9,40
13,00	2,30	5,30
13,20	1,50	2,80
13,40	2,15	4,45
13,60	2,90	6,90
13,80	3,25	7,50

İŞİN ADI : Kesimhane ve Katlı Otopark İnşaatı Zemin Araştırması
 İŞİN YERİ : Eyüp / İSTANBUL
 TARİH : 20.04.2002
 SONDAJ NO : DMT1
 YERALTI SU SEVİYESİ : 2,5 m

YORUMLANAN GEOTEKNİK PARAMETRELERİ :

p_0	=	Düzeltilmiş A okuması	(bar)	K_0	=	Yanal itki katsayısı	
p_1	=	Düzeltilmiş B okuması	(bar)	AKO	=	Aşırı konsolidasyon oranı	
γ	=	Islak birim hacim ağırlık / γ_w		q	=	Ön konsolidasyon basıncı ile efektif gerilme arasındaki fark (bar)	
σ'_{vo}	=	Düşey jeolojik efektif gerilme	(bar)			(Geçmiş jeolojik yük) ($q=AKO * \sigma'_{vo} - \sigma'_{vo}$)	
U	=	Boşluk suyu basıncı	(bar)	M	=	Sınırlanmış modül	
I_d	=	Malzeme İndeksi		c_u	=	Direnajsiz kayma mukavemeti	(bar)
K_d	=	Yatay Gerilme İndeksi		Z	=	Derinlik	(m)
E_d	=	Dilatometre modülü	(bar)				

Z (m)	p_0	p_1	γ	σ'_{vo}	U	I_d	K_d	E_d	K_a	AKO	q	M	c_u	Zemin Sınıflaması
6,50	2,90	3,40	1,60	0,72	0,39	0,18	3,50	16	0,90	2,40	1,00	22	0,32	KİL
6,70	3,20	3,90	1,60	0,74	0,41	0,23	3,80	23	0,95	2,80	1,30	35	0,36	KİL
6,90	3,20	3,90	1,60	0,75	0,43	0,26	3,70	25	0,92	2,60	1,20	37	0,35	KİL
7,10	3,10	3,70	1,60	0,76	0,45	0,23	3,50	21	0,88	2,40	1,00	30	0,33	KİL
7,30	3,40	4,30	1,70	0,77	0,47	0,32	3,80	32	0,94	2,70	1,30	48	0,37	KİL
7,50	3,70	4,50	1,70	0,78	0,49	0,26	4,10	28	1,00	3,00	1,60	45	0,42	KİL
7,70	3,50	4,30	1,70	0,80	0,51	0,28	3,70	28	0,93	2,60	1,30	42	0,38	KİL
7,90	3,70	4,50	1,70	0,81	0,53	0,28	3,90	30	0,96	2,80	1,50	46	0,41	KİL
8,10	3,80	4,50	1,70	0,83	0,55	0,24	3,90	27	0,97	2,80	1,50	41	0,42	KİL
8,30	4,30	4,90	1,70	0,84	0,57	0,16	4,40	21	1,10	3,40	2,10	35	0,50	KİL
8,50	3,80	4,60	1,70	0,85	0,59	0,26	3,70	28	0,93	2,60	1,40	42	0,41	KİL
8,70	2,90	4,40	1,70	0,87	0,61	0,62	2,70	50	0,72	1,60	0,50	58	0,28	KİLİ SİLT
8,90	1,50	3,00	1,60	0,88	0,63	1,59	1,00	50				43		KUMLU SİLT
9,10	1,90	4,00	1,60	0,89	0,65	1,65	1,40	72				61		KUMLU SİLT

Z (m)	P ₀	P ₁	γ	σ' _{vo}	U	I _d	K _d	E _d	K _φ	AKO	q	M	c _φ	Zemin Sınıflaması
9,30	1,90	2,90	1,60	0,90	0,67	0,86	1,30	36	0,34	< 0,8	< 0,0	30	0,12	SİLT
9,50	2,20	7,20	1,80	0,92	0,69	3,38	1,60	174				160		KUM
9,70	2,70	7,20	1,80	0,93	0,71	2,26	2,10	156				169		SİLTİ KUM
9,90	1,70	1,70	1,70	0,95	0,73	2,64	1,10	92				78		SİLTİ KUM
10,10	4,40	4,40	1,80	0,96	0,75	1,29	3,80	163				253		KUMLU SİLT
10,30	4,40	4,40	1,80	0,98	0,77	1,54	3,80	196				305		KUMLU SİLT
10,50	1,70	1,70	1,70	0,99	0,78	2,37	0,90	76				64		SİLTİ KUM
10,70	2,30	2,30	1,70	1,01	0,80	1,72	1,50	89				75		KUMLU SİLT
10,90	1,90	1,90	1,80	1,02	0,82	2,79	1,00	101				86		SİLTİ KUM
11,10	2,80	2,80	1,70	1,04	0,84	0,74	1,90	50	0,51	0,91	< 0,0	43	0,21	KİLLİ SİLT
11,30	2,40	2,40	1,70	1,05	0,86	1,14	1,40	60	0,38	< 0,8	> 0,0	51	0,15	SİLT
11,50	4,10	4,10	1,80	1,06	0,88	1,07	3,10	121	0,80	1,90	1,00	161	0,40	SİLT
11,70	2,60	2,60	1,70	1,08	0,90	1,75	1,50	101				86		KUMLU SİLT
11,90	2,30	2,30	1,80	1,09	0,92	1,88	1,30	92				78		SİLTİ KUM
12,10	2,00	2,00	1,70	1,11	0,94	2,27	1,00	83				71		SİLTİ KUM
12,30	3,70	3,70	1,80	1,12	0,96	1,40	2,50	134				152		KUMLU SİLT
12,50	2,80	1,80	1,70	1,14	0,98	3,09	0,70	87				74		SİLTİ KUM
12,70	5,00	5,00	1,80	1,15	1,00	1,48	3,50	207				307		KUMLU SİLT
12,90	2,10	2,10	1,70	1,17	1,02	1,91	0,90	72				61		SİLTİ KUM
13,10	3,10	3,10	1,80	1,18	1,04	2,22	1,80	161				147		SİLTİ KUM
13,30	2,60	2,60	1,80	1,20	1,06	3,16	1,30	167				142		SİLTİ KUM
13,50	2,90	2,90	1,80	1,21	1,08	2,60	1,50	163				139		SİLTİ KUM

İŞİN ADI : Kesimhane ve Katlı Otopark İnşaatı Zemin Araştırması
İŞİN YERİ : Eyyüp / İSTANBUL
TARİH : 20.04.2002
SONDAJ NO : DMT2
YERALTI SU SEVİYESİ : 2,5 m

YORUMLANAN GEOTEKNİK PARAMETRELERİ :

p_0	=	Düzeltilmiş A okuması	(bar)	K_c	=	Yanal itki katsayısı	
p_1	=	Düzeltilmiş B okuması	(bar)	AKO	=	Aşırı konsolidasyon oranı	
γ	=	Islak birim hacim ağırlık / γ_w		q	=	Ön konsolidasyon basıncı ile efektif gerilme arasındaki fark	(bar)
σ'_{vo}	=	Düşey jeolojik efektif gerilme	(bar)			(Geçmiş jeolojik yük) ($q=AKO * \sigma'_{vo} - \sigma'_{vo}$)	
U	=	Boşluk suyu basıncı	(bar)	M	=	Sınırlanmış modül	
I_d	=	Malzeme İndeksi		c_u	=	Direnajsiz kayma mukavemeti	(bar)
K_d	=	Yatay Gerilme İndeksi		Z	=	Derinlik	(m)
E_d	=	Dilatometre modülü	(bar)				

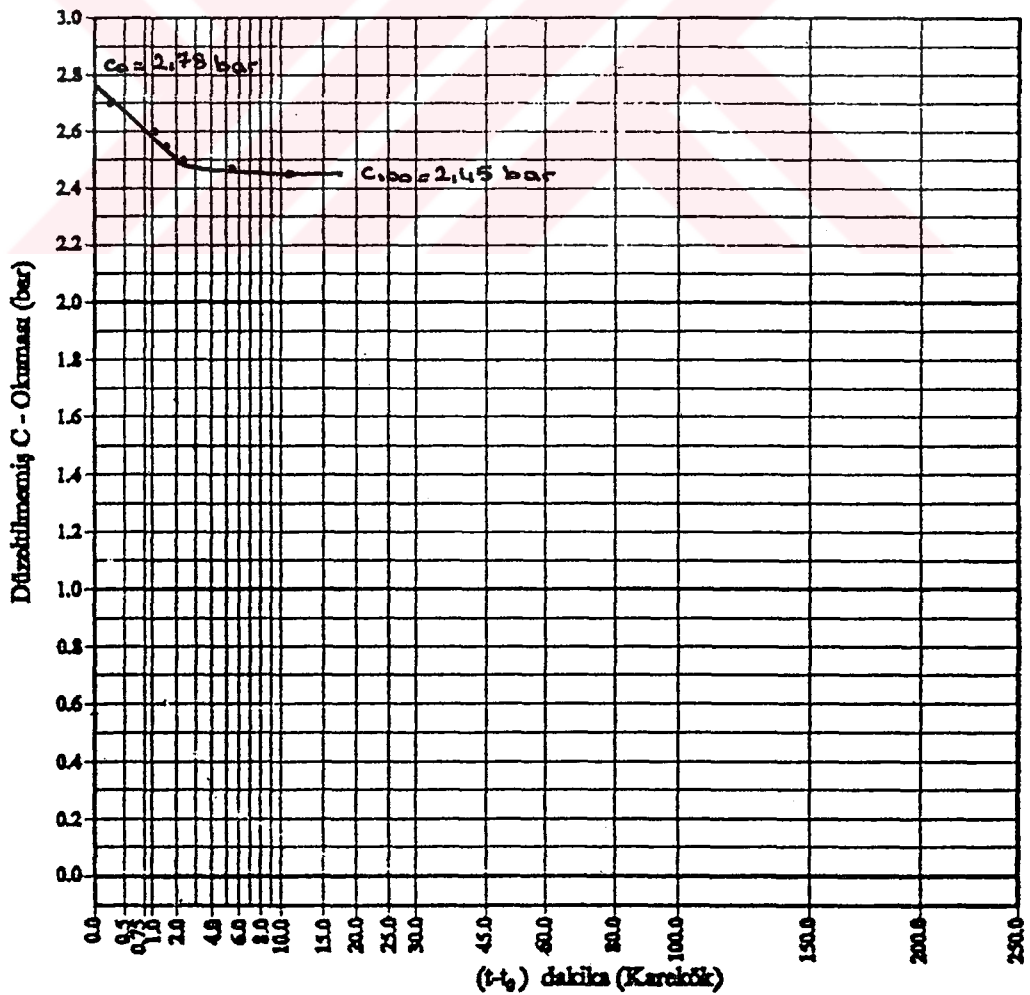
Z (m)	p_0	p_1	γ	σ'_{vo}	U	I_d	K_d	E_d	K_c	AKO	q	M	c_u	Zemin Sınıflaması
7,60	3,30	4,20	1,70	0,80	0,50	0,33	3,50	32	0,88	2,30	1,10	45	0,35	SİLTİLİ KİL
7,80	3,60	4,70	1,70	0,82	0,52	0,37	3,80	39	0,93	2,60	1,30	58	0,39	SİLTİLİ KİL
8,00	3,50	4,40	1,70	0,83	0,54	0,29	3,70	30	0,91	2,50	1,20	44	0,38	KİL
8,20	3,60	4,60	1,70	0,85	0,56	0,32	3,50	34	0,91	2,50	1,30	49	0,39	KİL
8,40	3,60	4,50	1,70	0,86	0,58	0,32	3,80	34	0,89	2,40	1,20	48	0,38	KİL
8,60	1,80	8,10	1,80	0,87	0,60	5,38	4,10	220				187		KUM
8,80	3,20	6,80	1,70	0,89	0,62	1,39	3,70	125				162		KUMLU SİLT
9,00	2,80	5,80	1,70	0,90	0,64	1,41	3,90	105				115		KUMLU SİLT
9,20	1,90	4,80	1,80	0,92	0,66	2,32	3,90	99				84		SİLTİLİ KUM
9,40	1,80	3,50	1,60	0,93	0,68	1,41	4,40	57				49		KUMLU SİLT
9,60	1,70	2,40	1,60	0,94	0,70	0,71	3,70	25	< 0,3	< 0,8	< 0,0	21	0,09	KİLİ SİT
9,80	2,70	5,60	1,70	0,96	0,72	1,41	2,70	99				98		KUMLU SİLT
10,00	1,70	3,60	1,70	0,97	0,74	1,86	1,00	65				55		SİLTİLİ KUM
10,20	1,60	2,80	1,60	0,98	0,76	1,59	1,40	45				38		KUMLU SİLT

Z (m)	P ₀	P ₁	γ	σ _{vu}	U	I _d	K _d	E _d	K _e	AKO	q	M	c _a	Zemina Smiflamasi
10,40	1,90	3,80	1,60	0,99	0,77	1,73	1,30	66				57		KUMLU SİLT
10,60	2,40	4,40	1,70	1,01	0,79	1,20	1,60	68				58		KUMLU SİLT
10,80	2,70	6,00	1,80	1,02	0,81	1,80	2,10	116				102		SİLTİİ KUM
11,00	3,30	5,40	1,70	1,04	0,83	0,87	1,10	74	0,64	1,30	0,30	77	0,28	SİLT
11,20	1,80	4,50	1,70	1,05	0,85	2,87	3,80	94				80		SİLTİİ KUM
11,40	1,90	4,00	1,70	1,06	0,87	1,97	3,80	72				61		SİLTİİ KUM
11,60	3,30	7,50	1,80	1,08	0,89	1,72	0,90	146				158		KUMLU SİLT
11,80	2,20	4,60	1,80	1,09	0,91	1,84	1,50	83				70		SİLTİİ KUM
12,00	2,60	5,30	1,70	1,11	0,93	1,62	1,00	94				80		KUMLU SİLT
12,20	3,10	6,30	1,70	1,12	0,95	1,52	1,90	112				100	0,21	KUMLU SİLT
12,40	3,40	6,50	1,70	1,14	0,97	1,30	1,40	108				106	0,15	KUMLU SİLT
12,60	2,10	3,50	1,60	1,15	0,99	1,41	3,10	52				44	0,40	KUMLU SİLT
12,80	3,90	9,00	1,80	1,16	1,01	1,78	1,50	178				209		KUMLU SİLT
13,00	2,30	4,90	1,80	1,18	1,03	2,04	1,30	90				77		SİLTİİ KUM
13,20	1,60	2,40	1,60	1,19	1,05	1,52	1,00	28				24		KUMLU SİLT
13,40	2,20	4,00	1,60	1,20	1,07	1,67	2,50	65				55		KUMLU SİLT
13,60	2,90	6,50	1,80	1,22	1,09	2,07	0,70	127				108		SİLTİİ KUM
13,80	3,20	7,10	1,80	1,23	1,11	1,88	3,50	136				115		SİLTİİ KUM

DMT C SÖNÜMLEME DENEYİ

Deneyi Yapan : K. KOYUNCU
Tarih : 24.04.2002
DMT No : 1
Su Derinliği : 2.6m.
Deniz Taban Kotu :
Deney Derinliği : 7.50m
Zemin : Kıl

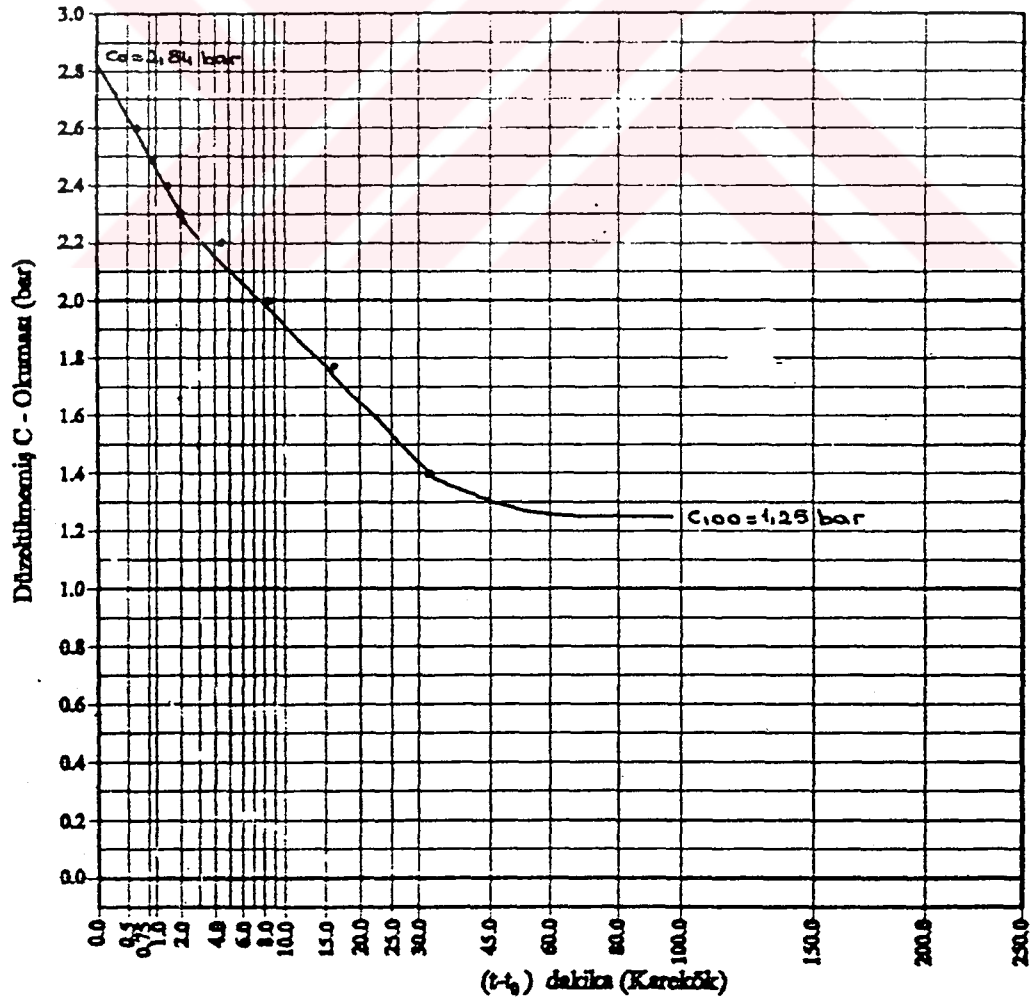
$\Delta A = \dots\dots\dots$ bar		$\Delta B = \dots\dots\dots$ bar				
A	B	C	zaman			$(t-t_0)$ dak.
			sest	dak	san.	
3,60	4,95	2,70		0	19	0,32
		2,60		1	00	1,00
		2,55		1	42	1,70
		2,50		2	25	2,42
		2,48		5	38	5,63
		2,45		11	25	1,42



DMT C SÖNÜMLEME DENEYİ

Deneyi Yapan: K. KOYUNLU
Tarih: 24.04.2002
DMT No: 4
Su Derinliği: 2,5m.
Deniz Taban Kotu:
Deney Derinliği: 9,50m
Zemin: Kum

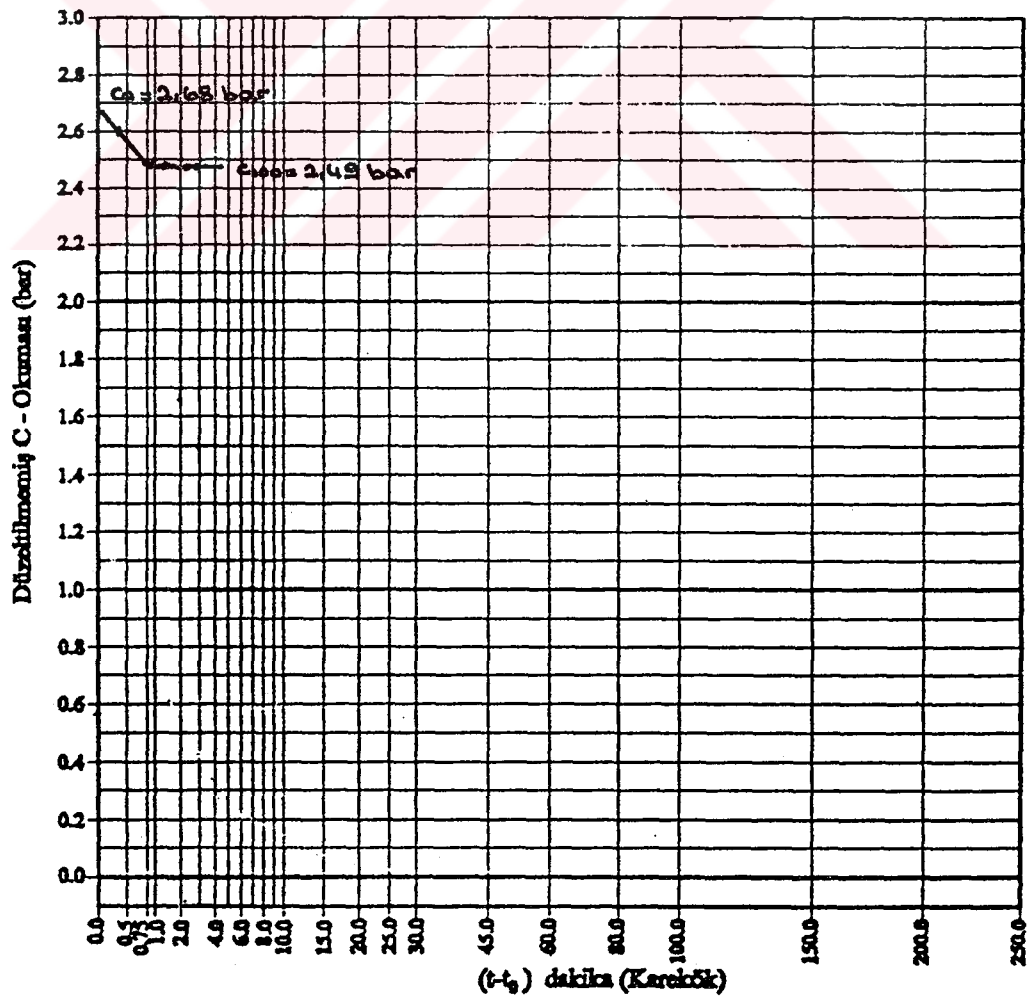
$\Delta A = \dots\dots\dots$ bar			$\Delta B = \dots\dots\dots$ bar			
A	B	C	zaman			(t-t ₀) dak
			saat	dk	sn	
3,70	5,00	2,60		0	35	0,58
		2,45		0	46	0,77
		2,40		1	29	1,48
		2,30		2	00	2,00
		2,20		4	41	4,68
		2,00		8	23	8,38
		1,75		16	12	16,20
		1,40		30	55	30,92



DMT C SÖNÜMLEME DENEYİ

Deneyi Yapan : K. KOYUNCU
Tarih : 24.04.2002
DMT No : 2
Su Derinliği : 2,5m.
Deniz Taban Kotu :
Deney Derinliği : 7,60m.
Zemin : Siltli kıl

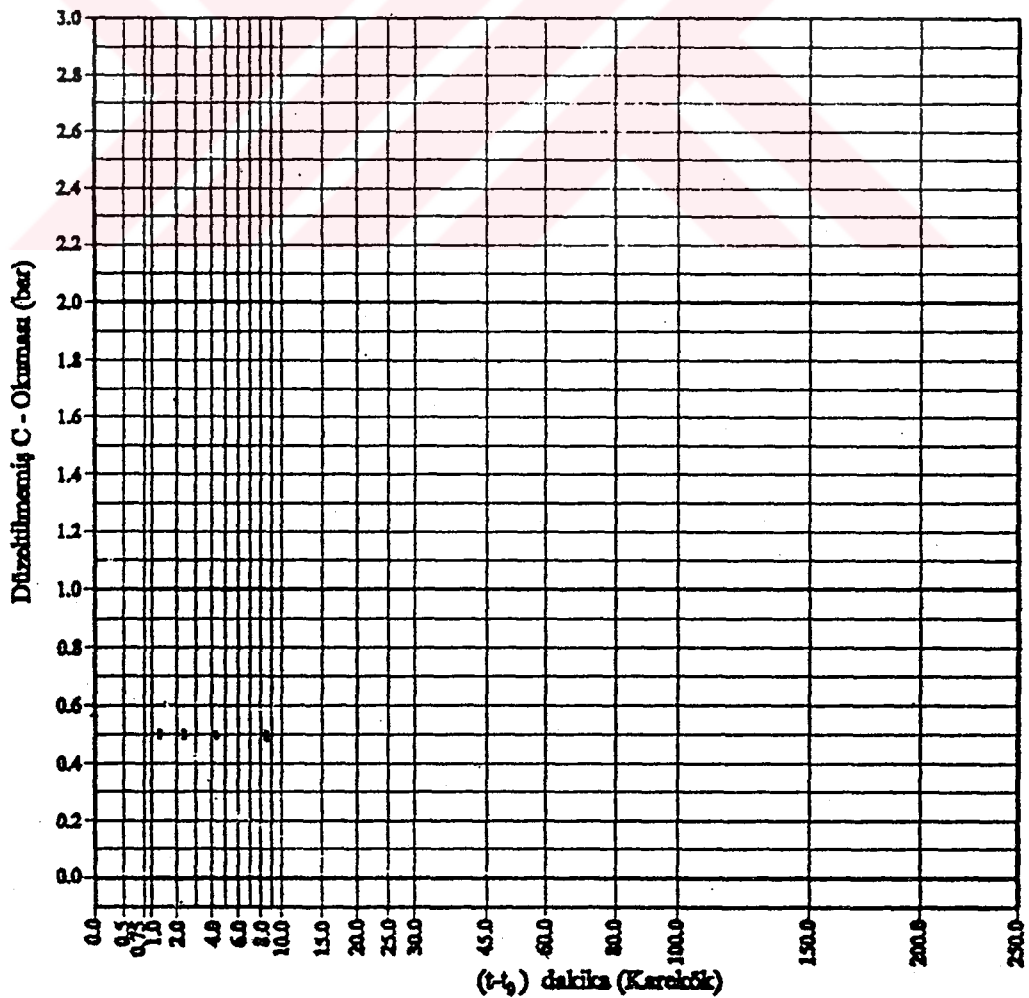
$\Delta A = \dots\dots\dots \text{bar}$			$\Delta B = \dots\dots\dots \text{bar}$			
A	B	C	zaman			(t-t ₀) dak.
			saat	dak.	men.	
3,50	5,10	2,60		0	18	0,30
		2,49		0	48	0,80
		2,49		1	30	1,50
		2,49		1	65	2,08
		2,49		2	59	2,98



DMT C SONÜMLEME DENEYİ

Deneyi Yapan : K. KÖYÜNCÜ
Tarih : 24.04.2002
DMT No : 2
Su Derinliği : 2,5 m.
Deniz Taban Kotu :
Su Derinliği : 9,00 m
Zemin : Kumlu Silt

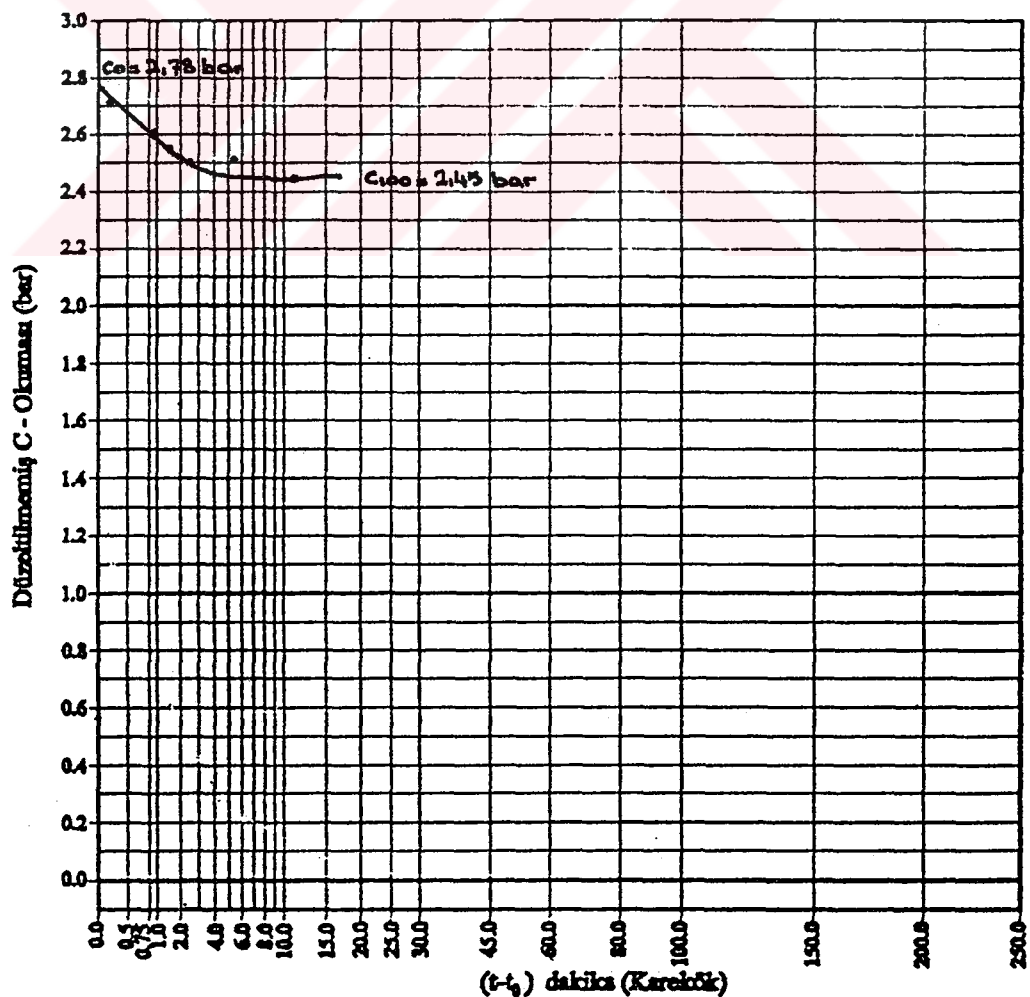
$\Delta A=$ bar			$\Delta B=$ bar			
A	B	C	zaman			(t-t ₀) dak.
			sat	dak	seni	
2,80	6,20	0,50		1	14	1,23
		0,50		2	11	2,18
		0,50		4	11	4,18
		0,50		8	30	8,50



DMT C SÖNÜMLEME DENEYİ

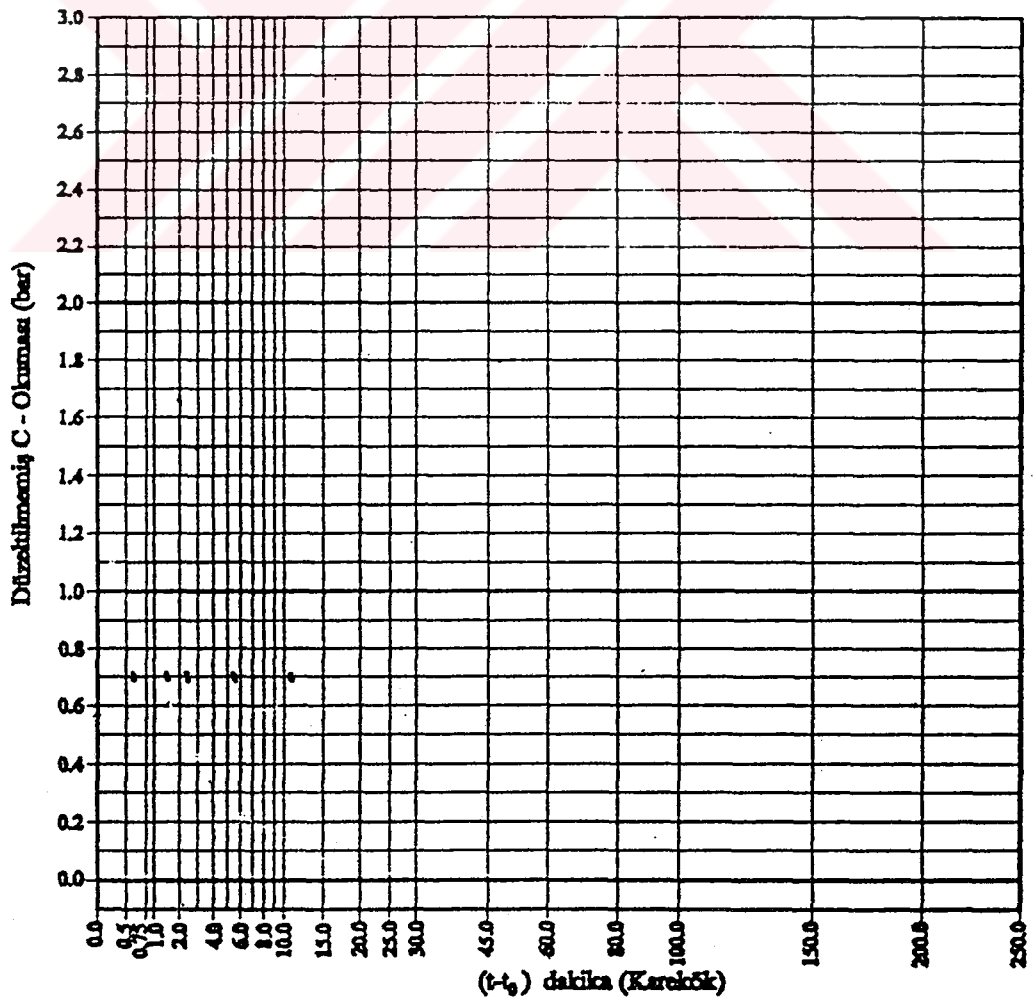
Deneyi Yapan : K. KOYUNLU
Tarih : 24.04.2002
DMT No : 2
Su Derinliği : 2,5 m.
Deniz Taban Kotu :
Berg.Derinliği : 9,60 m.
Zemin : Killi Silt

$\Delta A = 0,125 \dots \text{bar}$			$\Delta B = 0,40 \dots \text{bar}$			
A	B	C	zaman			(t-t ₀) dak.
			saat	dak	snr	
3,55	5,00	2,70		0	15	0,25
		2,60		0	58	0,97
		2,55		1	51	1,85
		2,50		2	30	2,50
		2,50		5	45	5,75
		2,45		12	00	12,00



DMT C SÖNÜMLEME DENEYİ

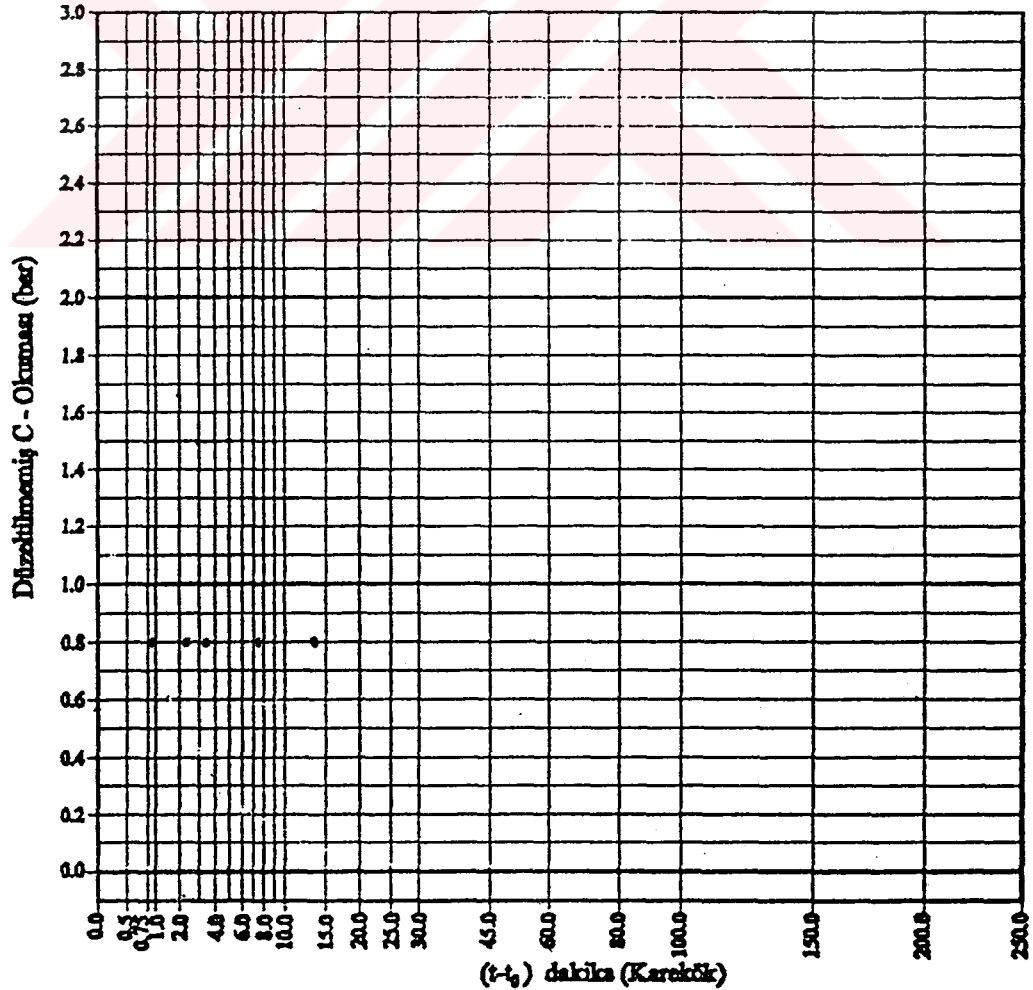
Deneyi Yapan : K. KOYUNCU
Tarih : 24.04.2002
DMT No : 2
Su Derinliği : 2,5 m.
Deniz Taban Kotu :
Deney Derinliği : 10,60 m
Zemin : Kumlu Silt

[illegible]

DMT C SÖNÜMLEME DENEYİ

Deneyi Yapan : K. KOYUNLU
Tarih : 24.04.2002
DMT No : 2
Su Derinliği : 2,5m.
Deniz Taban Kotu :
Deney Derinliği : 12,40m.
Zemin : Kumlu Silt

$\Delta A = \dots\dots\dots$ bar			$\Delta B = \dots\dots\dots$ bar			
A	B	C	zaman			$(t-t_0)$ dak
			saat	dk	sn	
3,40	6,90	0,80		0	54	0,90
		0,80		2	28	2,47
		0,80		3	46	3,77
		0,80		7	20	7,33
		0,80		14	30	14,50



DMTC SÖNÜMLEME DENEYİ DEĞERLENDİRMESİ:

DMTC Sönümlleme Deneyi veri kağıdında görülen C basıncına karşılık zamanın karekökünün grafiği çizilerek sönümlleme eğrisi elde edilmiştir. Bölüm 2.6.11'de anlatıldığı gibi sönümlleme eğrisi kullanılarak C_0 , C_{100} , C_{50} , t_{50} değerleri aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

7.50 m (DMT1)

$$C_0 = 2,78 \text{ bar}$$

$$C_{100} = 2,45 \text{ bar}$$

$$C_{50} = \frac{2,78 + 2,45}{2} = 2,615 \text{ bar için } t_{50} = 0,74 \text{ dk.}$$

$$S_u = 0,41 \text{ bar}$$

$$E = 0,8 \times M = 0,8 \times 46 = 36,8 \text{ bar}$$

$$\frac{E}{S_u} = \frac{36,8}{0,41} = 89,76 \text{ için } T_{50} = 1,1$$

$$C_{h_{DMT}} = 600 \times \left(\frac{T_{50}}{t_{50}} \right) = 600 \times \left(\frac{1,1}{0,74} \right) = 892 \frac{\text{mm}^2}{\text{dak}} = 13,91 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

DMT verileri ile elde edilen AKO'na göre tahmin edilen arazi davranışı normal konsolidedir. Bölüm 2.6.11'de anlatılan arazi davranışı NC için $C_{h_{DMT}} / C_{h_{arazi}}$ oranı 7 olarak belirlenmiştir.

$$\frac{C_{h_{DMT}}}{C_{h_{arazi}}} = 7 \text{ için } C_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{DMT}}}{7} = \frac{13,91}{7} = 1,99 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{arazi}} \times \gamma_w}{M_h}$$

$$M_h = K_o \times M = 0,96 \times 46 = 44,16 \text{ bar} = 92,29 \cdot 10^3 \text{ lb/ft}^2$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{1,99 \times 62,44}{1440 \times 92,29 \cdot 10^3} = 9,33 \cdot 10^{-7} \text{ ft/dak}$$

$$\frac{k_v}{k_h} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{k_v}{k_h} \times K_o = \frac{C_v}{C_h}$$

$$C_v = K_o \times C_h \times \frac{1}{4} = 0,96 \times 1,99 \times \frac{1}{4} = 0,48 \text{ ft}^2/\text{gün} = 0,00505 \text{ cm}^2/\text{sn} = 15,91 \text{ m}^2 / \text{yıl}$$

9.50 m (DMT1)

$$C_0 = 2,84 \text{ bar}$$

$$C_{100} = 1,25 \text{ bar}$$

$$C_{50} = \frac{2,84 + 1,25}{2} = 2,045 \text{ bar için } t_{50} = 7 \text{ dk.}$$

$$S_u = 0,41 \text{ bar}$$

$$E = 0,8 \times M = 0,8 \times 42 = 33,6 \text{ bar}$$

$$\frac{E}{S_u} = \frac{33,6}{0,41} = 81,95 \text{ için } T_{50} = 1,1$$

$$C_{h_{DMT}} = 600 \times \left(\frac{T_{50}}{t_{50}} \right) = 600 \times \left(\frac{1,1}{7} \right) = 94 \frac{\text{mm}^2}{\text{dak}} = 1,47 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

DMT verileri ile elde edilen AKO'na göre tahmin edilen arazi davranışı normal konsolidedir.

Bölüm 2.6.11'de anlatılan arazi davranışı NC için $C_{h_{DMT}} / C_{h_{arazi}}$ oranı 7 olarak belirlenmiştir.

$$\frac{C_{h_{DMT}}}{C_{h_{arazi}}} = 7 \text{ için } C_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{DMT}}}{7} = \frac{1,47}{7} = 0,21 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{arazi}} \times \gamma_w}{M_h}$$

$$M_h = K_o \times M = 0,93 \times 42 = 39,06 \text{ bar} = 81,58 \cdot 10^3 \text{ lb/ft}^2$$

$$\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3 = 9,81 \times 6,3654 = 62,44 \text{ lb/ft}^3$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{0,21 \times 62,44}{1440 \times 81,58 \cdot 10^3} = 1,12 \cdot 10^{-7} \text{ ft/dak}$$

$$\frac{k_v}{k_h} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{k_v}{k_h} \times K_o = \frac{C_v}{C_h}$$

$$C_v = K_o \times C_h \times \frac{1}{4} = 0,93 \times 0,21 \times \frac{1}{4} = 0,05 \text{ ft}^2/\text{gün} = 5,26 \cdot 10^{-4} \text{ cm}^2/\text{sn} = 1,66 \text{ m}^2 / \text{yıl}$$

7.60 m (DMT2)

$$C_0 = 2,68 \text{ bar}$$

$$C_{100} = 2,49 \text{ bar}$$

$$C_{50} = \frac{2,68 + 2,49}{2} = 2,59 \text{ bar için } t_{50} = 0,4 \text{ dk.}$$

$$S_u = 0,39 \text{ bar}$$

$$E = 0,8 \times M = 0,8 \times 58 = 46,4 \text{ bar}$$

$$\frac{E}{S_u} = \frac{46,4}{0,39} = 118,97 \text{ için } T_{50} = 1,18$$

$$C_{h_{DMT}} = 600 \times \left(\frac{T_{50}}{t_{50}} \right) = 600 \times \left(\frac{1,18}{0,4} \right) = 1770 \frac{\text{mm}^2}{\text{dak}} = 27,61 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

DMT verileri ile elde edilen AKO'na göre tahmin edilen arazi davranışı normal konsolidedir.

Bölüm 2.6.11'de anlatılan arazi davranışı NC için $C_{h_{DMT}} / C_{h_{arazi}}$ oranı 7 olarak belirlenmiştir.

$$\frac{C_{h_{DMT}}}{C_{h_{arazi}}} = 7 \text{ için } C_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{DMT}}}{7} = \frac{27,61}{7} = 3,94 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{arazi}} \times \gamma_o}{M_h}$$

$$M_h = K_o \times M = 0,93 \times 58 = 53,94 \text{ bar} = 112,65 \cdot 10^3 \text{ lb/ft}^2$$

$$\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3 = 6,3654 \times 9,81 = 62,44 \text{ lb/ft}^3$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{3,94 \times 62,44}{1440 \times 112,65 \cdot 10^3} = 1,52 \cdot 10^{-6} \text{ ft/dak}$$

$$\frac{k_v}{k_h} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{k_v}{k_h} \times K_o = \frac{C_v}{C_h}$$

$$C_v = K_o \times C_h \times \frac{1}{4} = 0,93 \times 3,94 \times \frac{1}{4} = 3,92 \text{ ft}^2/\text{gün} = 0,0096 \text{ cm}^2/\text{sn} = 30,36 \text{ m}^2/\text{yıl}$$

9.60 m (DMT2)

$$C_0 = 2,78 \text{ bar}$$

$$C_{100} = 2,45 \text{ bar}$$

$$C_{50} = \frac{2,78 + 2,45}{2} = 2,615 \text{ bar için } t_{50} = 0,75 \text{ dk.}$$

$$S_u = 0,39 \text{ bar}$$

$$E = 0,8 \times M = 0,8 \times 49 = 39,2 \text{ bar}$$

$$\frac{E}{S_u} = \frac{39,2}{0,39} = 100,51 \text{ için } T_{50} = 1,102$$

$$C_{h_{DMT}} = 600 \times \left(\frac{T_{50}}{t_{50}} \right) = 600 \times \left(\frac{1,102}{0,75} \right) = 881,6 \frac{\text{mm}^2}{\text{dak}} = 13,75 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

DMT verileri ile elde edilen AKO'na göre tahmin edilen arazi davranışı normal konsolidedir.

Bölüm 2.6.11'de anlatılan arazi davranışı NC için $C_{h_{DMT}} / C_{h_{arazi}}$ oranı 7 olarak belirlenmiştir.

$$\frac{C_{h_{DMT}}}{C_{h_{arazi}}} = 7 \text{ için } C_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{DMT}}}{7} = \frac{13,75}{7} = 1,96 \frac{\text{ft}^2}{\text{gün}}$$

$$k_{h_{arazi}} = \frac{C_{h_{arazi}} \times \gamma_o}{M_h}$$

$$M_h = K_o \times M = 0,91 \times 49 = 44,59 \text{ bar} = 93,13 \cdot 10^3 \text{ lb/ft}^2$$

$$\gamma_w = 9,81 \text{ kN/m}^3 = 6,3654 \times 9,81 = 62,44 \text{ lb/ft}^3$$

$$k_{h_{\text{mazi}}} = \frac{1,96 \times 62,44}{1440 \times 93,13 \cdot 10^3} = 9,13 \cdot 10^{-7} \text{ ft/dak}$$

$$\frac{k_v}{k_h} = \frac{1}{4}$$

$$\frac{k_v}{k_h} \times K_o = \frac{C_v}{C_h}$$

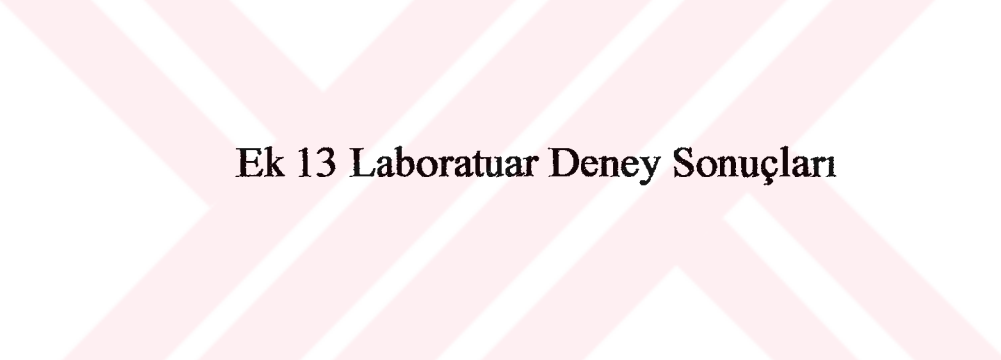
$$C_v = K_o \times C_h \times \frac{1}{4} = 0,91 \times 1,96 \times \frac{1}{4} = 0,45 \text{ ft}^2/\text{gün} = 0,0047 \text{ cm}^2/\text{sn} = 14,78 \text{ m}^2/\text{yıl}$$



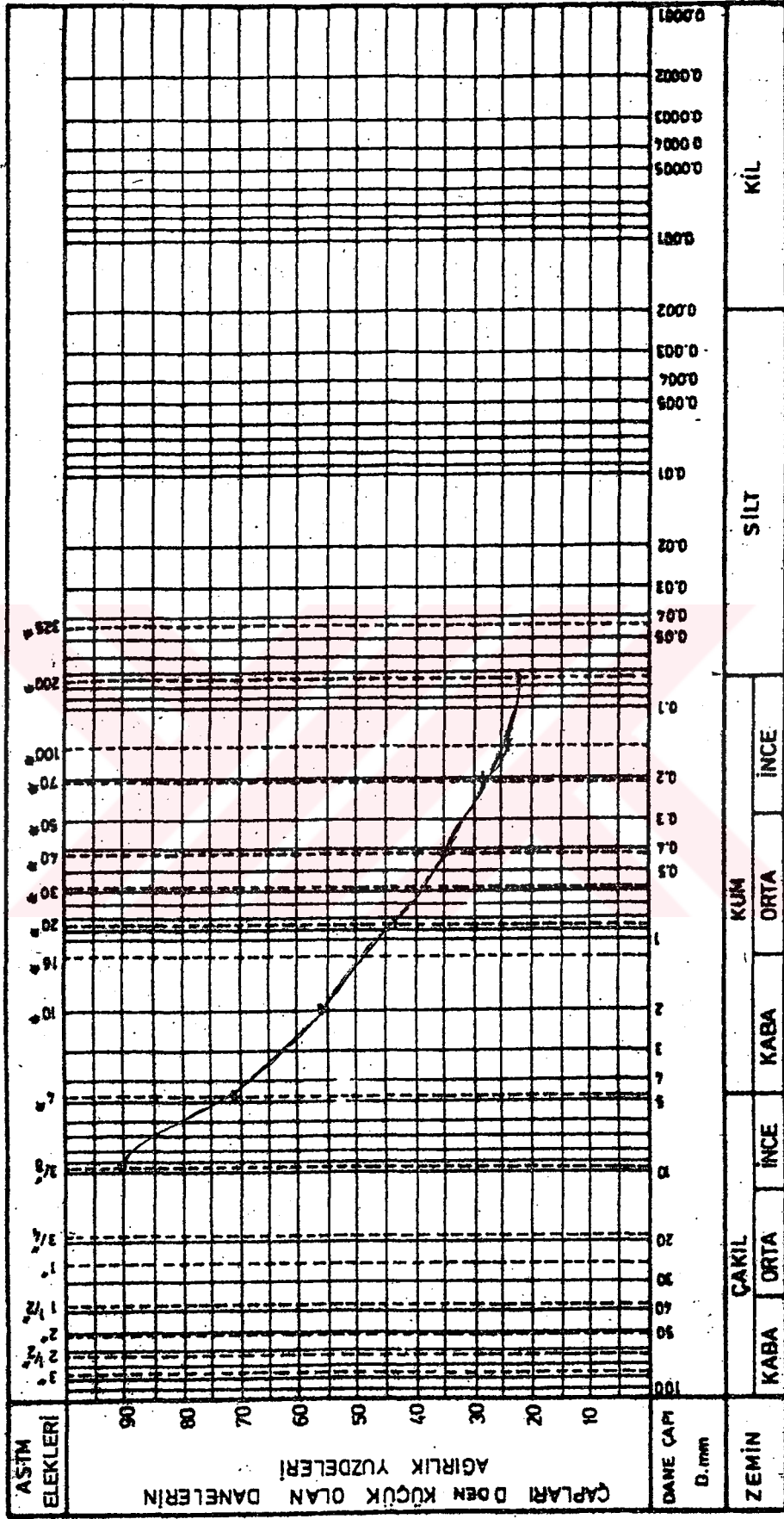
**Ek 12 Düzeltilmiş SPT N, Drenajsız Kayma Mukavemeti Ve
Sınırlanmış Modül Değerleri**

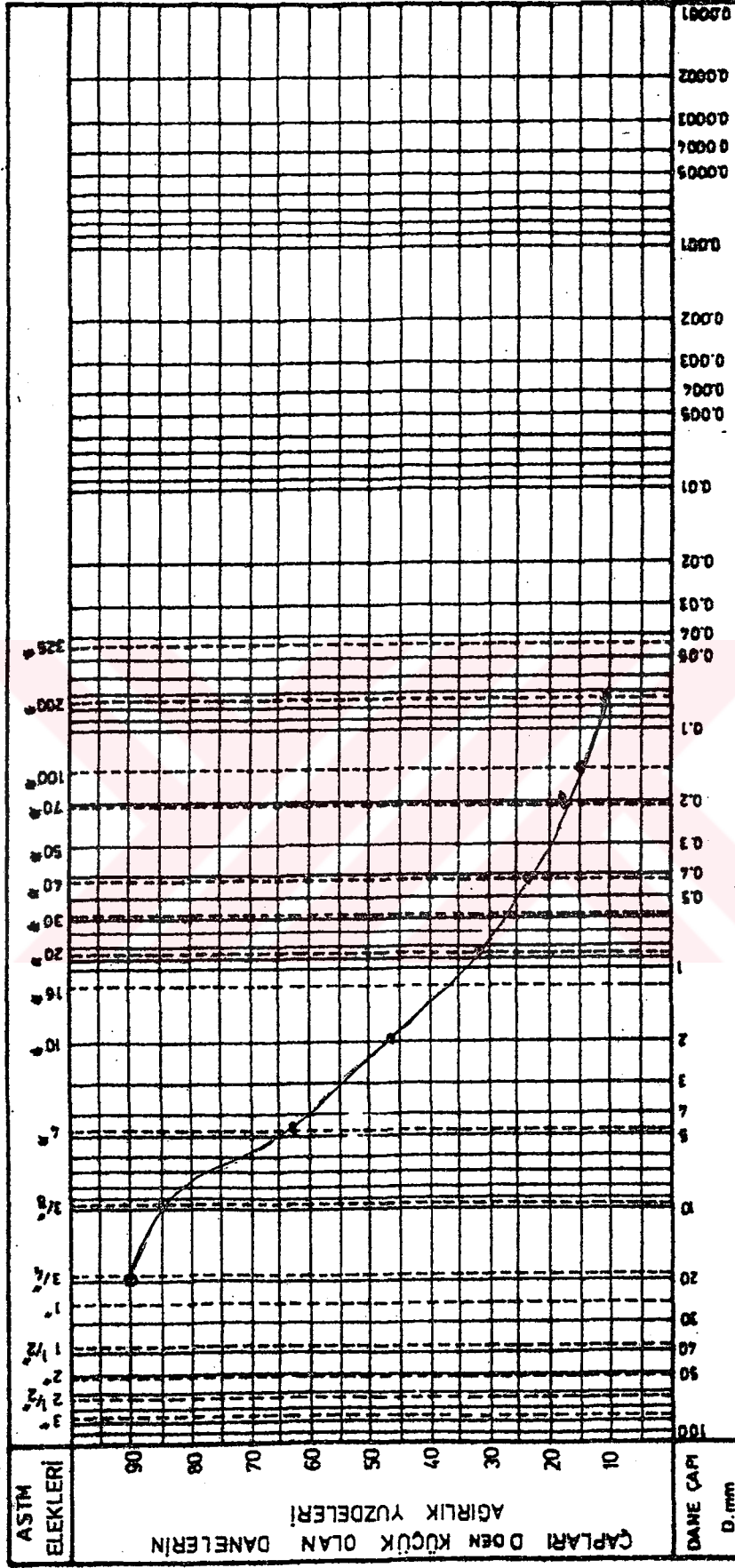
**DÜZELTİLMİŞ SPT SAYISI N_{70}^1 VE PLASTİSİTE İNDEKSİNE GÖRE
DRENAJSIZ KAYMA MUKAVEMETİ VE SINIRLANMIŞ MODÜL DEĞERLERİ**

SONDAJ NO	DERİNLİK (m)	N_{70}^1	PI (%)	σ'_{vo} (kPa)	C_u (kPa)	$M=1/m_v$ (kPa)
S1	7,50	7	21	77,80	36	3815
	9,50	6	27	91,18	29	2976
	11,50	6	30,5	104,56	29	2808



Ek 13 Laboratuar Deney Sonuçları

[illegible]

[illegible]

KIVAM LİMİTLERİ

NUMUNENİN GELDİĞİ YER : Eyüp/İSTANBUL
DERİNLİK : 7,50m.

NUMUNENİN ALINDIĞI SONDAJ No: SK-1 UD-1
NUMUNENİN İHTİVA EDEN KAP No:

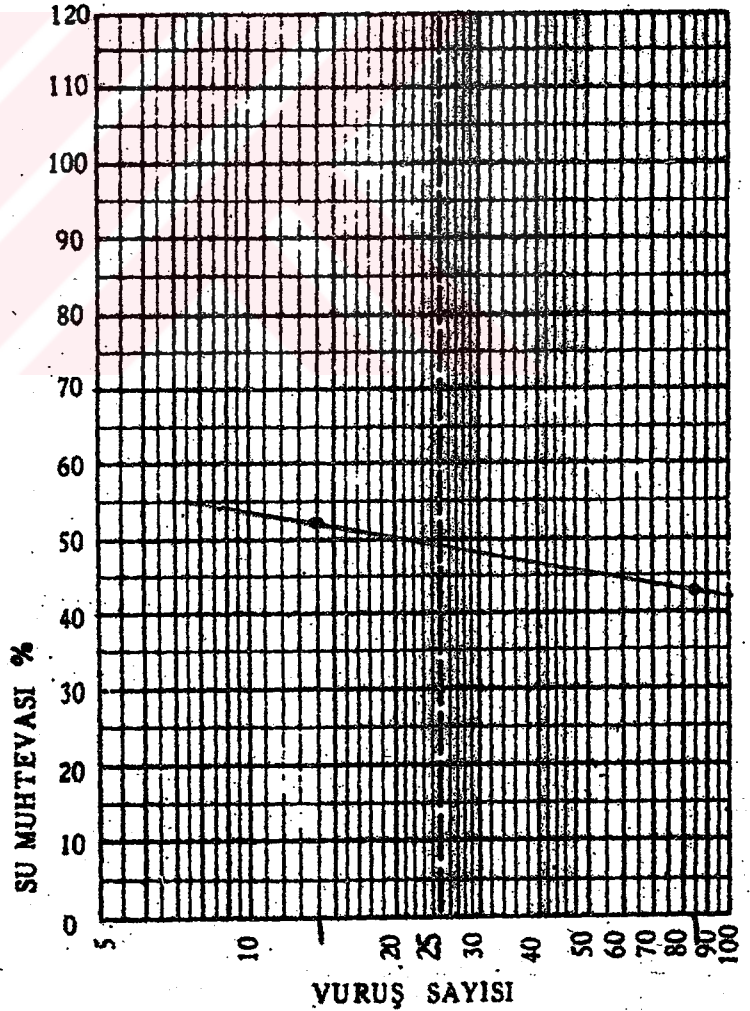
PLASTİK LİMİT	KAP No.	1	98
	ISLAK NUM.+TARA.	21,01	21,21
	KURU NUM.+TARA.	19,69	19,63
	SU MİKTARI	132	128
	TARA	14,9	14,9
	KURU ZEMİN	4,79	5,13
	SU MUHTEVASI	28	27

TABİİ SU MUHTEVASI			

LİKİT LİMİT	KAP No.	59	44			
	VURUŞ SAYISI	85	14			
	ISLAK NUM.+TARA.	57,26	59,64			
	KURU NUM.+TARA.	44,55	44,23			
	SU MİKTARI	12,71	15,41			
	TARA	14,7	14,5			
	KURU ZEMİN	29,85	29,73			
	SU MUHTEVASI %	43	52			

RÖTRE LİMİTİ	NUMUNE DURUMU		
	KURU ZEMİN AĞ.		
	KAP + CIVA AĞ.		
	KAP AĞ.		
	CIVA AĞ.		
	ZEMİN HACMİ		
	RÖTRE LİMİTİ %		

NOT:



PRAK No. : 7
NEY TARİHİ : 29.04.2002
NEYİ YAPAN: E.2.DOĞAN
S.ÖZKAYA

SONUÇ :

Plastik Limit	Tabii su Muhtevəsi	Likit Limit	Rötre Limiti	B Değeri	Plastik İndeksi	Akma İndeksi	Sertlik İndeksi
% 28	%	% 43	%	%	% 21	%	%

KIVAM LİMİTLERİ

NUMUNENİN GELDİĞİ YER : Eyüp/İSTANBUL
ERİNLİK : 9-9.50m.

NUMUNENİN ALINDIĞI SONDAJ No: SK-1 UD-2
NUMUNEYİ İHTİVA EDEN KAP No:

PLASTİK LİMİT	KAP No.	79	16
	ISLAK NUM.+TARA.	20,42	19,60
	KURU NUM.+TARA.	19,09	18,28
	SU MİKTARI	1,33	1,22
	TARA	11,9	11,4
	KURU ZEMİN	4,19	3,88
	SU MUHTEVASI	32	32

TABİİ SU MUHTEVASI			

LİKİT LİMİT

KAP No.	18	86			
VURUŞ SAYISI	50	8			
ISLAK NUM.+TARA.	46,78	54,42			
KURU NUM.+TARA.	35,49	38,68			
SU MİKTARI	11,29	15,76			
TARA	11,8	11,4			
KURU ZEMİN	20,69	21,28			
SU MUHTEVASI %	55	65			

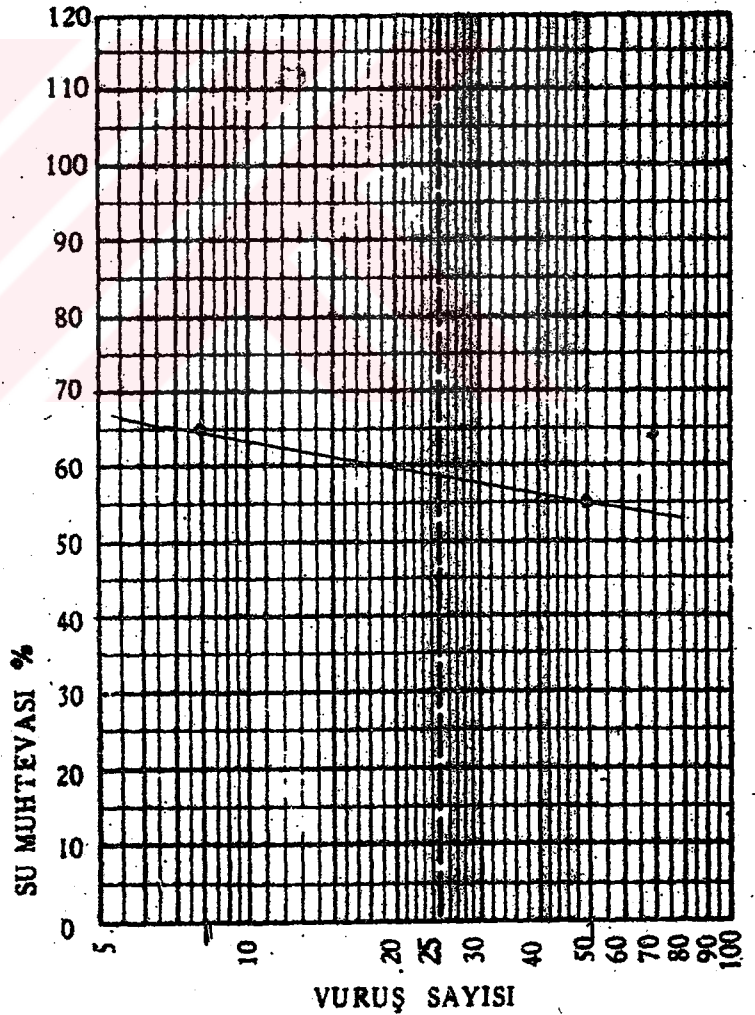
RÖTRE LİMİTİ	NUMUNE DURUMU		
	KURU ZEMİN AĞ.		
	KAP+CIVA AĞ.		
	KAP AĞ.		
	CIVA AĞ.		
	ZEMİN HACMİ		
	RÖTRE LİMİTİ %		

NOT:

RAK No.:

EY TARİHİ : 29.04.2002

EYİ YAPAN: E. Z. DOĞAN
S. ÖZKAYA



SONUÇ :

Plastik Limit	Tabii su Muhtevası	Likit Limit	Rötre Limiti	B Değeri	Plastik İndeksi	Akma İndeksi	Sertlik İndeksi
% 32	%	% 59	%	%	% 27	%	%

KIVAM LİMLTLERİ

MUNENİN GELDİĞİ YER : Eyüp/İSTANBUL
RİNLİK : 11.50 - 11.25m.

NUMUNENİN ALINDIĞI SONDAJ No: SK.1.
NUMUNEYİ İHTİVA EDEN KAP No: SPT.2

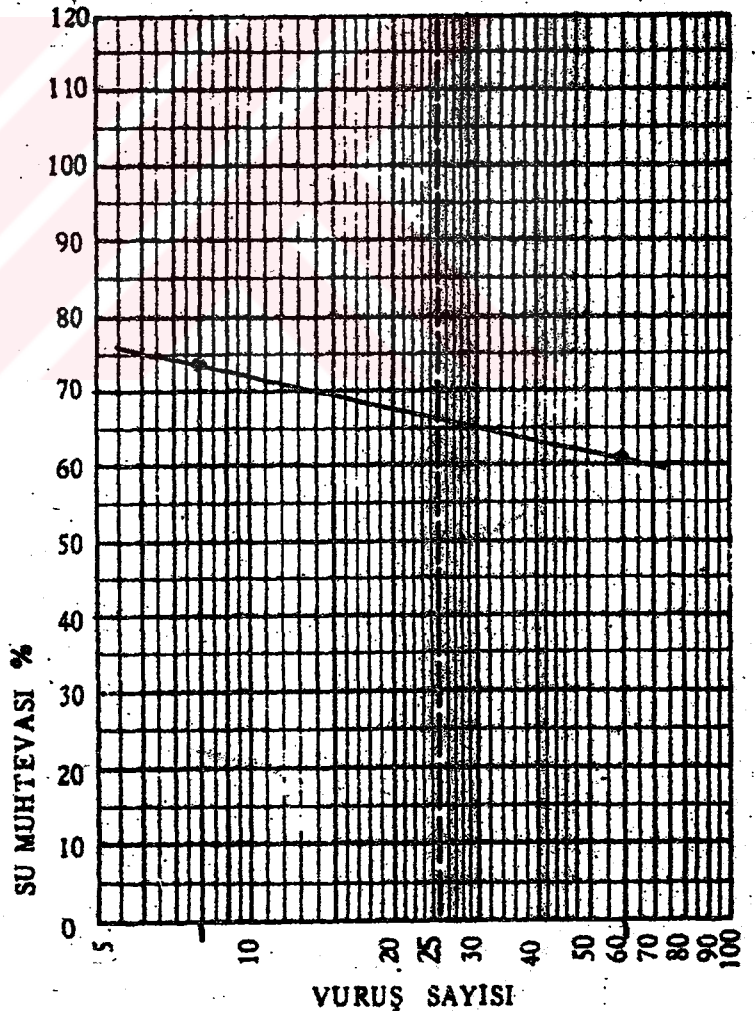
PLASTİK LİMİT	KAP No.	99	24	
	İSLAK NUM.+TARA.	20	20	
	KURU NUM.+TARA.	18,5	18,6	
	SU MİKTARI	1,5	1,4	
	TARA	14,3	14,6	
	KURU ZEMİN	4,2	4	
	SU MUHTEVASI	36	35	

TABİİ SU MUHTEVASI			

LİKİT LİMİT	KAP No.	1,1	8			
	VURUŞ SAYISI	60	8			
	İSLAK NUM.+TARA.	1,1	50			
	KURU NUM.+TARA.	30,9	31,9			
	SU MİKTARI	10,1	15,1			
	TARA	14,4	14,4			
	KURU ZEMİN	16,5	20,5			
	SU MUHTEVASI %	61	74			

KUIKE LİMİTİ	NUMUNE DURUMU		
	KURU ZEMİN AĞ.		
	KAP+CIVA AĞ.		
	KAP AĞ.		
	CIVA AĞ.		
	ZEMİN HACMİ		
	RÖTRE LİMİTİ %		

NOT :



RAK No. :
EY TARİHİ : 29.04.2002
EYİ YAPAN: E.2.DOĞAN
S.ÖZKAYA

SONUÇ :

Plastik Limit	Tabii su Muhtevası	Likit Limit	Rötre Limiti	B Değeri	Plastik İndeksi	Akma İndeksi	Sertlik İndeksi
%35,5	%	%66	%	%	%30,5	%	%

ÖZGEÇMİŞ

Doğum tarihi 30.01.1976

Doğum yeri İstanbul

Lise 1990-1993 Sincan Lisesi

Lisans 1993-1998 Ortadoğu Teknik Üniversitesi Mühendislik Fak.
İnşaat Mühendisliği Bölümü
Yüksek Lisans 2000-2002 Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
İnşaat Müh. Anabilim Dalı, Geoteknik Programı

Çalıştığı kurumlar

1998-1999 TEMELSU Uluslararası Müh.Hiz.A.Ş.

1999-Devam ediyor MSB İstanbul İnşaat Emlak Başkanlığı