

2219-95-08

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, ERDEMLİ/İÇEL

MANAVGAT ÇAYI SU TEMİN PROJESİ İÇİN  
KIYI ÖTESİ DENİZ JEOFİZİĞİ VE JEOTEKNİĞİ  
ÇALIŞMALARI PROJESİ  
-SONUÇ RAPORU-

Y.Doç.Dr. Vedat EDİGER ve Y.Doç.Dr. Mahmut OKYAR

Destekleyen Kuruluş  
EMT-Aydiner Ortaklıgı

Ağustos, 1995

## **TEŞEKKÜR**

Deniz Bilimleri Enstitüsü personelince gerçekleştirilen bu çalışmada, özellikle Prof.Dr. İlkay Salihoglu, Prof.Dr. Cemal Saydam, Prof.Dr. Muhammet A. Latif, Y.Doç.Dr. Şükrü T. Beşiktepe, ve Elektronik Mühendisi Mehmet Demirel' e katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Aynı zamanda, çalışmanın çeşitli aşamalarında yardımcılarını esirgemeyen EMT-Aydiner Ortaklıği'ndan İnşaat Mühendisleri Ahmet Kanadıkırık ve Doğan Yatan beylere de teşekkür ederiz.

R/V BİLİM araştırma gemisinin kaptan ve mürettebatına, çalışmalar sırasında göstermiş oldukları uyum ve anlayışlarından dolayı teşekkür ederiz.

Deniz Bilimleri Enstitüsü Müdürü sayın Prof.Dr. Ümit Ünlüata'ya, bu projenin gerçekleşmesi için sağladığı imkanlardan ve rehberliğinden dolayı teşekkür ederiz.

Aynı zamanda Jeoteknik incelemeler ve yorumlamaları ile bu projeye katkılarından dolayı Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne'de teşekkür ederiz.

## İÇİNDEKİLER

	SAYFALAR
TEŞEKKÜR	1
İÇİNDEKİLER	2
<b>BÖLÜM: 1 GİRİŞ</b>	4
1. Çalışmanın amacı	4
1.2. Çalışma alanının genel özellikler	4
<b>BÖLÜM: 2 ARAŞTIRMA CİHAZLARI</b>	6
2.1. Araştırma Gemisi	6
2.2. Mevki Bulma	6
2.2.1. Trisponder Sistemi	6
2.2.2. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)	7
2.3. Derinlik Ölçüm Sistemleri	8
2.3.1. Raytheon DE-719B	8
2.3.2. Atlas DESO-10	9
2.3.3. JMC Derinlik Ölçerr (Model V-144)	9
2.4. Uniboom Dipaltı Sismik Profil Alma Sistemi	10
2.5. Yarı Tarayan Sonar Sistemi	12
2.6. Uzaktan Kumandalı Denizaltı Cihazı (ROV)	13
2.7. Deniz Tabanı Örneklemesi	17
<b>BÖLÜM: 3 SONUÇ VE ÖNERİLER</b>	18
3.1. Çalışma sahasının batimetrisi	18
3.2. Deniz tabanının yüzey özellikleri	20
3.3. Deniz tabanının dipaltı özellikleri	21
3.3.1. A Birimi	21
3.3.2. B Birimi ve toplam sediment kalınlığı	22
3.3.3. C birimi	23
3.4. Deniz tabanının Jeoteknik Özellikleri	24

- EKLER**
- HARİTALAR**
- HARİTA 1:** Dip altı profil alma hat haritası (Sub bottom profiling trackline map)
- HARİTA 2:** Yarı tarayan sonar hat haritası (Side scan sonar trackline map)
- HARİTA 3:** Derinlik Hatları (DB, BB), Uzaktan Kumandalı Denizaltı Hatları (ROV-1, 2, 3) ve Örnekleme İstasyonları (1-20) Haritası (Echo sounding lines (DB, BB), ROV lines (ROV-1, 2, 3) and Sampling stations (1-20) map)
- HARİTA 4:** Batimetrik Harita (Bathymetric map)
- HARİTA 5:** Sonar Kayıtları Yorum Haritası (Sonographs interpretation map)
- HARİTA 6:** A Biriminin Kalınlık Haritası (Thickness map of Unit A)
- HARİTA 7:** Toplam sediman (A birimi+B birimi) kalınlık haritası (Total sediment (Unit A+Unit B) thickness map).

**SİSMİK PROFİLLER**

- Uniboom U2 profili (Uniboom profile U2)
- Uniboom U3 profili (Uniboom profile U3)
- Uniboom U8 profili (Uniboom profile U8)
- Uniboom U11 profili (1 ve 13 fiksler arası) (Uniboom profile U11 (between the fixes 1 and 13))
- Uniboom U11 profili (58 ve 65 fiksler arası) (Uniboom profile U11 (between the fixes 58 and 65))
- Uniboom U12 profili (8 ve 17 fiksler arası) (Uniboom profile U12 (between the fixes 8 and 17))
- Uniboom U12 profili (50 ve 56 fiksler arası) (Uniboom profile U12 (between the fixes 50 and 56))
- Uniboom U14 profili (Uniboom profile U14)

**KESİTLER**

- KESİT 1:** A1-SPM1 hattı boyunca kesit (Cross section along the A1-SPM1 line)
- KESİT 2:** A2-SPM2 hattı boyunca kesit (Cross section along the A2-SPM2 line)

## **BÖLÜM: 1 GİRİŞ**

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışma, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından 95.07.01.04 nolu sözleşme kapsamında, EMT-Aydiner Ortaklıği adına gerçekleştirılmıştır.

Çalışmanın amacı, kıyıötesi boru hatlarının planlanması ve montajı için ve aynı zamanda iki adet tek noktalı şamandıra ve demirleme yerlerinin araştırılması için gerekli olan jeofiziksel ve jeoteknik verileri elde etmektir. Bu amaçla, sismik veriler (derinlik ölçümleri, yüksek ayırmalı yansıtma profilleri ve sonar kayıtları), uzaktan kumandalı denizaltı cihazı (ROV) ile video kayıtları ve sediman numuneleri toplanmıştır. Bu rapor, Manavgat Çayı Su Temin Projesi'nin, jeofiziksel ve jeoteknik araştırma sonuçlarını kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar, 1/5000 ölçekli haritalara aktarılarak sunulmuştur.

Saha çalışmaları, 7-14 Haziran 1995 de gerçekleştirilmiştir.

### **1.2. Çalışma alanının genel özellikleri**

Çalışma sahası, Kuzeydoğu Akdeniz'de yer alan Antalya Körfezi'ndeki Manavgat Çayı ağzının kıyıötesini

kapsamaktadır. Bu saha  $31^{\circ} 27' 00''$ - $31^{\circ} 33' 00''$  kuzey enlemleri ve  $36^{\circ} 41' 30''$ - $36^{\circ} 45' 00''$  doğu boyamları arasında bulunmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık  $30 \text{ km}^2$  lik bir yüzey genişliğine sahiptir.

Jeolojik olarak, bu bölge Paleozoik zamandan beri çeşitli orojenik hareketlere maruz kalmıştır. Bunların başlıcaları Hersinyen ve Alpin orojenezleridir. Çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Toros Dağları asıl olarak Alpin orojenezinde oluşmuşlardır. Genellikle, Türkiyenin güney kıyıları, denize dik bir eğimle dalarak kıyı kesiminde yarlar oluşturmaktadırlar, ancak Antalya ve Alanya arasındaki dağlar kıyıdan karaya doğru uzaklaşmaktadır.

Manavgat Çayı kıyıdaki dağ kuşağında derin bir vadiye sahiptir. Dağların denize bakan taraflarında Kuvaterner sedimanlarından oluşan az eğimli geniş kıyısal bir düzlek vardır. Kıyı, geniş kum ve çakıllı-kum plajları ile bu plajların kara kesimindeki geniş kumtepeleriyle çevrelenmiştir. Çalışma sahasının doğu tarafındaki kıyı kesiminde güncel çimentolaşmış (kalsiyum karbonat ile) kaya parçaları bulunmaktadır. Bu tür yumuşak kayaçlar genelde yalıkkayaşı olarak isimlendirilmektedir.

## BÖLÜM: 2 ARAŞTIRMA CİHAZLARI

### 2.1. Araştırma Gemisi

Önerilen hatlar boyunca, gerekli çalışmaları gerçekleştirmek amacıyla, Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün R/V BİLİM araştırma gemisi kullanmıştır. R/V BİLİM, oşinografik amaçlı bir araştırma gemisi olarak inşa edilmiş olup, 1983 yılında denize indirilmiştir. Uzunluğu 40.36 m, genişliği ise 9.47 m dir.

Ayrıca, kıyıya yakın yerlerdeki araştırmalar için küçük bir bot kullanılmıştır.

### 2.2. Mevki Bulma

Bu çalışma süresince, aşağıda de濂ilen hassas konum belirleme sistemleri, hem kıyıotesinde hemde sıg sularda kullanılmıştır.

#### 2.2.1. Trisponder Sistemi

Çalışma alanlarında, DECCA Trisponder Mevki bulma sistemi yaygın olarak kullanılmıştır. Bu sistem biri gemide bulunan bir "Master" ünitesi ile ikisi kıyıda bulunan kara ünitelerinden meydana gelmektedir. Gemide bulunan ünite aracılığıyla, 0.5 m sn lik kısa dalga boyunda radyo frekanslı sinyaller gönderilmekte ve bu gönderilen sinyaller karada bulunan her iki ünite tarafından algılanmaktadır. Sinyallerin

gidiş geliş süreleri kullanılarak, gemideki ünitenin her iki kara ünitesine olan mesafeleri, uzaklık ölçen ünite (DMU) tarafından anında hesaplanmaktadır. Bu işlemler, çok kısa zaman aralıklarıyla (milisaniye mertebesinde) devam etmektedir.

Bu çalışmada, üç adet kara ünitesi (T1, T2 ve T3) kıyıya kurulmuştur (Haritalar 1-7). Bu ünitelerin mevkileri yüklenici firma (EMT-Aydınır Ortaklısı) tarafından sağlanan Distomat sistemi ile belirlenmiştir. Bunu takiben, kıyıdaki ünitelerin mevkileri (T1, T2 ve T3), Türkiye Ulusal Girid Sistemi'ne sahip olan ve 1/10000, 1/5000 ölçekli olarak hazırlanan ve aynı zamanda çalışma alanını kapsayan haritalara aktarılmıştır (Haritalar, 1-7).

Trisponder sistemi, çalışmalar başlamadan önce 700 m lik bir uzaklık için elektronik olarak kalibre edilmiştir.

### **2.2.2. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)**

Bu çalışmalar sırasında, R/V Bilim gemisine monte edilmiş olan Trimble marka (NT200D) global konum belirleme sistemide kullanılmıştır. Bu sistemde bulunan elektronik bir kart yardımcı ile araştırma gemisinin deniz ortamındaki konumu, anında ekran üzerinde gözlenebilmiştir.

## **2.3. Derinlik Ölçüm Sistemleri**

Deniz araştırmaları sırasında, tüm çalışma alanlarında aşağıdaki hassas derinlik ölçerler kullanılmıştır. Tüm derinlik ölçerler, su kolonundaki 1470 m/sn lik ses hızı temel alınarak kalibre edilmiştir. Ayrıca, bu cihazların derinlik okuma değerleri çubuk yöntemi yardımı ile kontrol edilmiştir.

### **2.3.1. Raytheon DE-719B**

Bu sistem, taşınabilir hassas bir derinlik kayıtedici cihazdır. Cihaz bir kayıt edici ünite ile 208 kHz frekanslı alıcı/verici işlevini gören bir elemandan oluşmaktadır. Bu derinlik ölçerin derinlik okuma kapasitesi enfazla 123 metredir. Cihazın hassasiyeti derinlik değerinin 1.27% si kadardır.

Bu cihaz, sığ kesimde yer alan ve belediye'ye ait olan atıksu borusunun araştırılması için küçük bir bota monte edilerekte kullanılmıştır. Aynı zamanda bu cihaz, planlanan borusu hatlarının doğrultuları boyunca ROV cihazı yardımı ile gerçekleştirilen video kayıtları sırasında da (Harita 3) kullanılmıştır.

### **2.3.2. Atlas DESO-10**

Atlas DESO-10, R/V BİLİM gemisine monte edili hassas bir derinlik kaydedicidir. Bu cihazın temel parçaları şunlardır.

- kayıt ünitesi ATLAS-DESO 10
- kontrol ünitesi ATLAS-DESO 10
- alıcı/verici elemanlar (33 kHz ve 210 kHz frekanslarında)
- ATLAS-EDIG 10 (sayısal olarak veri toplayıcı)

Atlas Deso-10 cihazının azami derinlik okuma limiti 1400 metredir. Bu sistem, verileri sayısal olarak toplayan Atlas Edig-10 yardımı ile tüm derinlik okumaları sayısal olarak kayıt edebilmektedir.

Bu sistem araştırmaların her aşamasında kullanılmıştır (Haritalar 1-3).

### **2.3.3. JMC Derinlik Ölçer (Model V-144)**

JMC cihazda gemiye monte edilmiş, hassas bir derinlik ölçeridir. Cihaz ışığa hassas kağıt ve çok iğneli bir çizici aracılığı ile grafiksel olarak kayıt yapabilmektedir. Bu cihazın azami derinlik okuma limiti 2600 m dir. Bu cihaz, çalışma koşullarına bağlı olarak iki farklı frekans kullanabilmektedir (28, 200 kHz). Derinlikler aynı zamanda renkli bir monitörden gözlenebilmektedir.

JMC ve Atlas DESO-10 derinlik ölçerleri birlikte kullanılmıştır.

#### **2.4. Uniboom Dipaltı Sismik Profil Alma Sistemi**

Sismik hatlar boyunca (Harita 1), dipaltı yapılarının araştırılması için EG&G Marka Uniboom yüksek ayırmalı sismik yansıtma profil alma sistemi kullanılmıştır. Sistemin ana parçaları şunlardır:

- Model 230-1 Ses Kaynağı
- Model 234 Enerji Kaynağı
- Model 265 Alıcı
- Model 255 Sismik Kayıtçı

Uniboom sistemi, 300 Joule'lük çıkış seviyesinde, 400-1400 Hz'lik geniş bir frekans bandında ve 0.2 milisaniye uzunluğunda bir akustik darbe üretmektedir. Sinyalin penetrasyonu tabandaki malzemelerin özelliklerine bağlı olarak 75 m ye kadar ulaşabilmektedir.

Yansıyan sinyaller, sekiz elemanlı basınç değişiklerine hassas (hassasiyeti= -8 db/v/microbar) bir alıcı ile toplanmakta, yüksek frekanslı ( $>7$  kHz) gürültülere karşı süzülmekte ve gidiş geliş zamanının (two-way travel time)

fonksiyonu olarak grafik kayıtedici tarafından kayıt edilmektedir.

Bir katamaran üzerine monte edilmiş olan Elektromekanik ses kaynağı, deniz yüzeyinden çekilmektedir. Ses kaynağı deniz-hava ortamı arasında yansıyan sinyalleri elimine edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu özellik, bilhassa deniz tabanına yakın yerlerde yüksek ayrımlılığın elde edilmesi bakımından önemlidir. Katamaran geminin dümen suyunun bir tarafında, alıcı ise diğer tarafta olacak şekilde geminin arkasından çekilmektedir. Bu da dipaltından gelen sinyalin birden fazla yansımmasına (multiple) engel olabilmektedir.

Bu çalışmada katamaran ve alıcı, R/V BİLİM gemisinin 40 m arkasından çekilmiştir. Geminin konumu ve alıcı arasındaki bu mesafe farkı, analog kayıtlar üzerindeki fiks çizgilerinin ölçekli olarak kaydırılmasıyla giderilmiştir.

Sismik verilerin yorumlanması esnasında, zaman birimlerinin derinlik ve kalınlık birimlerine çevrimi, sediman için 1700 m/sn ve su için 1500 m/sn lik ses hızı değerleri kullanılarak yapılmıştır. Bu değerler için çubuk ölçekler sismik kesitlerde gösterilmektedir (Uniboom U2, U3, U8, U11, U12 ve U14 profilleri).

## 2.5. Yanı Tarayan Sonar Sistemi

Seyir hatları boyunca (Harita 2) deniz tabanını görüntülemek için EG&G marka yanı tarayan sonar sistemi kullanılmıştır. Bu sistemin ana parçaları ve çalışma özellikleri aşağıda verilmektedir.

Sistem, alıcı/verici (tranducer) ihtiva eden bir adet yedekte çekilen balık ile çift kanallı bir kayıtediciden meydana gelmektedir. Kayıtedici, aynı zamanda sisteminin kontrolünü sağlamaktadır. Yedekte çekilen balıkta bulunan transducerler, hüzme şeklinde yüksek frekanslı ( $\sim 105$  kHz) ve kısa darbeli (0.1 milisaniye) akustik enerjilerini, balığın her iki tarafından göndermektedirler. Deniz tabanından yansyan bu sinyaller aynı transducerler tarafından alınarak, kayıtedici cihaz tarafından proses edilmekte ve karşılık gelen tarafa kayıt edilmektedir. Bu şekilde kayıt, deniz tabanında kuşak şeklinde bir alanı kapsar. Deniz tabanı malzemelerinin içeriklerine, boyutlarına ve yedekte çekilen balıkla olan geometrik ilişkilerine bağlı olarak, deniz tabanının farklı özelliklerini, akustik enerjileri farklı şiddetlerde olacak şekillerde yansıtılırlar. Bu da onların kayıt üzerinde farklı şekillerde ve farklı renk tonlarında görülmelerini sağlamaktadır.

Akustik hüzmenin yatay ayrımınlığı (hatta paralel), hüzmenin açısı ( $1.2^\circ$ ) ve kayıtın menzili ile tayin

edilmektedir. Çalışma hattına dik (menzil ayrımlılığı) kaydın ayrımlılığı, teorik olarak akustik darbenin uzunluğuyla (0.1 milisaniye) belirlenmektedir. Pratikte, bu da her iki taraftaki kayıt genişliğiyle sınırlanmaktadır ve bu mesafe 125 mm dir.

## 2.6. Uzaktan Kumandalı Denizaltı Cihazı (ROV)

Hem boru hatlarının rotaları boyunca, hemde belediye atıksu boru hattı üzerinde (Harita 3) video görüntü kayıtları elde edebilmek için, Benthos marka MKII Uzaktan Kumandalı Denizaltı Cihazı (ROV) kullanılmıştır. Geminin konumu ve buna karşılık gelen video kayıt-zamanları Tablolar 1, 2 ve 3 de verilmektedir.

Bu sistem; kontrol konsolu, video grafik veri görüntüleyicisi, elle kumanda birimi ve üzerical kablo dan meydana gelmektedir. Cihaz azami 300 m derinliğe kadar görsel inceleme yapma kapasitesine sahiptir.

Bu çalışmada, ROV cihazı R/V BİLİM gemisinin yedeğinde çekilmiştir. Deniz suyu derinlikleri Raytheon derinlik kayıtedicisi ile kontrol edilmiştir. Video kayıtlarının incelenmesi sırasında, ROV cihazının derinlik kalibrasyonu yapılmadığından dolayı, ROV hatları boyuncaki derinlik ölçümleri için, batimetri konturları (Harita 4) kullanılmalıdır.

TABLO 1: ROV-1 hattı boyunca fiksler ve bunlara karşılık gelen video kayıt-zamanları.

ROV-1 LINE											
Fixes	Times			Fixes	Times			Fixes	Times		
	H	M	S		H	M	S		H	M	S
1	7	09		21	34	11		41	57	45	
2				22	35	14		42	59	10	
3				23	37	01		43	1	00	38
4	10	46		24	37	55		44	1	01	47
5	11	55		25	39	02		45	1	03	25
6	13	33		26	40	07		46	1	04	53
7	14	58		27	41	19		47	1	06	07
8	16	20		28	43	55		48	1	07	01
9	17	09		29	44	45		49	1	07	44
10	18	36		30	45	29		50	1	08	40
11	20	24		31	46	26		51	1	10	03
12	22	05		32	48	36		52	1	11	30
13	23	54		33	49	32		53	1	12	38
14	25	26		34	50	27		54	1	13	47
15	27	16		35	51	25		55	1	15	11
16	28	16		36	52	16		56	1	16	42
17	29	44		37	53	27		57	1	17	46
18	30	48		38	54	25		58	1	18	50
19	31	46		39	55	40		59	1	20	26
20	33	28		40	56	38		60	1	22	22

TABLO 2: ROV-2 hattı boyunca fiksler ve bunlara karşılık gelen video kayıt-zamanları.

ROV-2 LINE					
Fixes	Times			Fixes	Times
	H	M	S		
1	0	38		21	25 27
2	1	52		22	26 24
3	2	56		23	27 16
4	4	04		24	29 03
5	5	03		25	30 17
6	6	27		26	31 47
7	7	09		27	33 14
8	8	25		28	34 58
9	9	33		29	36 53
10	10	50		30	38 56
11	12	28		31	42 00
12	14	02		32	43 08
13	15	21		33	44 31
14	16	19		34	46 14
15	17	47		35	47 00
16	19	04		36	48 34
17	20	16		37	50 19
18	21	53		38	51 57
19	22	54		39	52 48
20	23	56		40	54 17

TABLO 3: ROV-3 hattı boyunca fiksler ve bunlara karşılık gelen video kayıt-zamanları.

ROV-3 LINE											
Fixes			Times			Fixes			Times		
	H	M	S		H	M	S		H	M	S
1		57	40		6		1	10	51		
2		58	24		17		1	11	25		
3		59	05		18		1	12	28		
4		59	35		19		1	13	29		
5	1	00	28		20	1	14	28			
6	1	01	17		21	1	15	37			
7	1	02	25		22	1	16	20			
8	1	03	12		23	1	17	26			
9	1	04	29		24	1	19	07			
10	1	05	29		25	1	20	17			
11	1	06	21		26	1	21	03			
12	1	07	13		27	1	22	45			
13	1	08	11		28	1	23	51			
14	1	08	57		29	1	25	27			
15	1	10	15		30	1	26	49			
					31	1	27	58			

## **2.7. Deniz Tabanı Örneklemesi**

Deniz tabanı örneklemesi için ağırlıklı sonda kullanılmıştır. Ancak, ağırlıklı sonda örnекleyicisinin kullanılamadığı, deniz tabanının kaba taneli (kum boyutunda) sedimanla kaplı olduğu kıyı istasyonlarında, Dietz Lafonde kepçe örnекleyiciside kullanılmıştır. Örnekleme istasyonlarının konumları Harita 3 de işaretlenmiştir. Her örnekleme istasyonundaki derinlik ölçümleri, derinlik ölçerler (Atlas DESO-10 and JMC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ağırlıklı sonda 90 cm uzunluğunda (numune tüpünün uzunluğu), 5 cm çapında ve yaklaşık 20 kg ağırlığındadır (ilate ağırlık: 4x25kg dır). Ağırlıklı sonda cihazı; ana gövde tüpü (üst parça ve ağırlık taşıyıcı), adaptör, bağlantı kulpu, ağırlık tutucu (herbiri 25 kg olan 4 veya 6 tane kurşun ağırlık için), numune tutucu, numune kesme ağızı ve plastik tüpten meydana gelmektedir. Sondaj uzunluğu, sisteme eklenen ağırlıklara ve deniz tabanının yapısına bağlıdır. Aletin ağırlığı, sondanın su içerisinde serbest düşme yapmasına ve deniz tabanına çarparak yeterli derecede penetrasyon sağlamasına yardımcı olmaktadır.

## BÖLÜM: 3 SONUÇ VE ÖNERİLER

### 3.1. Çalışma sahasının batimetrisi

Tüm sismik araştırma hatları boyunca (Haritalar 1, 2, ve 3), derinlik ölçerlerden elde edilen derinlik okumaları bir baz harita üzerine işaretlenmiş ve bir batimetri haritası (Harita 4) hazırlanmıştır. Çalışma esnasındaki azami deniz seviyesi salınımıları  $\pm 17$  cm civarında olmasından dolayı derinlik düzeltmeleri ihmali edilmiştir. Bu haritada (Harita 4) derinlik konturları aralıkları, 7 ve 100 m lik derinlikler arasında 1'er metre aralıklı, ve 100 m den daha büyük derinliklerde ise 5'er metre aralıklıdır. Buna ilaveten önerilen boru hatlarının rotaları boyunca elde edilen değerler kullanılarak, hazırlanan harita ölçüğinde iki adet kesit hazırlanmıştır (Kesitler 1 ve 2).

K-G ve KD-GB yönleri boyunca uzanan iki adet deniz altı kanyonu, çalışılan bölgenin temel morfolojik özelliğini yansımaktadır. K-G yönündeki deniz altı kanyonu yaklaşık 50 m lik su derinliğinde başlamakta ve 360 m ye kadar ulaşmaktadır. İkinci kanyon ise, 100 m den 280 m lik su derinliğine kadar uzanmaktadır. Bu kanyonlar birbirlerinden çalışma sahası içindeki dar bir yükselti ile ayrılmaktadırlar. Bu kanyonlar, muhtemelen çalışma alanının dışındaki daha derin alanlarda birbirleriyle birleşmektedirler. Denizaltı

kanyonlarının çevrelerindeki morfolojik değişiklikler şelfteki neotektonik hareketler ve faklı sedimentasyon miktarları tarafından kontrol edilmiştir.

Deniz tabanı morfolojisinin göze çarpan bir diğer özellikle bölgenin doğu tarafında bulunan sıglıktır. Bu sıglık deniz tabanından 6 m lik bir yüksekliğe sahiptir. Bu bölgedeki batimetrik konturlar 9 ve 11 m lerde kapanmaktadır. Sonar kayıtlarına dayanılarak bu bölge kaya mostrası olarak yorumlanmaktadır (bir sonraki bölüme bkz.)

Batimetrik konturlar genellikle kıyıya paraleldir. 30 m lik derinliğe doğru, kontur çizgilerinin aralıkları genişter. Bu derinliğin ötesinde konturların daralması deniz tabanının eğiminin arttığını işaret eder.

Kesit-1 üzerinde, kıyıdan 23 m lik su derinliğine kadar olan deniz tabanının ortalama eğimi yaklaşık  $0.91^\circ$  dir. Bu eğim değeri 70.7 m ye doğru  $1.93^\circ$  ye ulaşmaktadır.

Kesit-2 üzerinde, eğimdeki değişiklik 32 m de oluşmaktadır. Kıyı ile 32 mlik su derinliği arasındaki eğim yaklaşık  $1.27^\circ$  dir. Bu eğim değeri 80.8 m lik derinliğe doğru  $3.10^\circ$  ye ulaşmaktadır.

Bu ölçümler, doğu boru hattı rotasının batı boru hattı rotasından daha eğimli olduğunu belirlemektedir.

### **3.2. Deniz tabanının yüzey özellikleri**

Araştırma hatları boyunca (Harita 2) toplanan yanı tarayan sonar verilerine dayanarak, bir sonar kayıtları yorum haritası hazırlanmıştır (Harita 5).

Bölgelin deniz tabanı esas olarak kumlu ve kumlu çamur malzemeleri içeren iki sedimanter örtüyle karakterize edilmektedir (Harita 5).

Kumlu zemin, bölgenin 25 m den daha az derinliklerdeki sığ kısımlarını kaplamaktadır. Sonar verilerine ve ROV video kayıtlarına dayanılarak, bu zonda kum dalgacıkları ve deniz otları gibi bazı oluşumların varlığı gözlenmiştir. Kumlu materyallerin ve kum dalgacıklarının mevcudiyeti yüksek enerjili ortam özelliğini yansıtır (akıntılar ve dalga aktiviteleri).

Deniz tabanının 25 m den daha derin olan bölgelerinde çamur ağırlıklı malzemeler daha yaygındır. Bu bölgede çamurun birikimi, düşük enerjili koşulların varlığını göstermektedir.

Bu bulgulardan başka, deniz tabanının diğer bir özelliğide çalışma alanının doğusunda yer alan bölgede bulunan kaya mostrasıdır. Bu kaya mostrasının, deniz tabanından itibaren 6 m lik bir yüksekliği vardır (bkz. 3.1). Bu yapı, dağınık halde kumlu zemin üzerinde yer alan kaya parçacıklarıyla çevrelenmiştir. Benzer, kaya parçacıkları

bölgemin doğu tarafında yaklaşık 60 m lik derinliklerde de gözlenmiştir.

### **3.3. Deniz tabanının dipaltı özellikleri**

Çalışma sahasının dip altı yapısının ayrıntılı olarak incelenmesi için, yüksek ayırmalı sismik yansımama profilleri seyir hatları boyunca toplanmıştır (Harita 1). Sismik verilerin yorumlanması sonucunda, üstten alta doğru üç sismostratigrafik birimin (A, B, C) varlığı saptanmıştır. Bu birimlerin stratigrafik özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.

#### **3.3.1. A Birimi**

A birimi en üsteki sediman birimidir (Uniboom U2, U3, U8, U11, U12, ve U14 profilleri). Bu birimin üst sınırı bugünkü deniz tabanı olarak tanımlanmaktadır. Temel olarak, sertleşmemiş güncel sediman depolanmalarını ihtiva etmektedir. Sismostratigrafik olarak bu birim paralel yansımıma şekilleriyle karakterize edilmektedir.

A biriminin kalınlığının alansal dağılımı Harita 6 da sunulmaktadır. Bu harita üzerinde görüldüğü gibi, en yüksek kalınlık değeri 23 metre olarak doğu bölgesi boru hattında, en düşük kalınlık değeri ise 1 metre olarak batı bölgesi boru hattında gözlenmiştir.

A biriminin kalınlığının alansal değişimi, sedimentasyon miktarındaki ve B biriminin paleo-topografyasındaki değişimlerce kontrol edilmektedir. Kıyıya yakın yerlerdeki yüksek kalınlıktaki sedimentasyon değerleri, şelfe taşınan sedimanların büyük bir kısmının şelfin iç kesimlerinde ve aynı zamanda güncel plaj-tepelerinde tutulduğu sonucunu yansıtır.

Düzen taraftan, boru hatlarının rotaları boyunca A biriminin kalınlık değişimleri Kesit 1 ve 2 de verilmektedir. Doğu kesiti boyunca A biriminin kalınlığının, batı kesitinden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Genelde her iki kesit boyunca A biriminin kalınlığı 5 m den aşağı düşmemektedir.

### 3.3.2. B Birimi ve toplam sediman kalınlığı

B birimi yarı sertleşmiş alttaki sedimanter birimdir (Uniboom U2, U3, U8, U11, U12, ve U14 profilleri). Bu birim A birimi tarafından örtülmekte ve C biriminin üzerinde uzanmaktadır. Sismostratigrafik olarak bu birim paralel/azparalel yansımı şekilleriyle karakterize edilmektedir.

Sedimanter birimlerin (A+B birimleri) toplam kalınlıklarının alansal dağılımı Harita 7 de sunulmaktadır. Bu harita üzerinde görüldüğü gibi en yüksek (63 m) ve en az



(1 m den az) kalınlık değerleri batı boruhattı bölgesinde gözlenmektedir.

Bazı sismik kesitlerde; kıyıya yakın yerlerdeki tekrarlı yansımalar (multiple) ve derin sularda zayıf penetrasyonlar nedeniyle toplam sediman kalınlığı hesaplanamamıştır (Harita 7).

### 3.3.3. C birimi

Sismostratigrafik olarak bu birim, karmaşık ve az paralel yansımısha şekilleri ile karakterize edilmektedir. Bu birim zemin kaya olarak yorumlanmaktadır. Bunun üst yüzeyi bir aşınım ve faylanma özelliğini yansıtmaktadır. Bazı yaşlı fay izleri zemin kaya içerisinde gözlenmiştir. Ancak, üstteki sedimanter birimlerin (A ve B) faylanmasıyla ilgili herhangi bir belirti yoktur. Bu da gözlemlenen fayların, depolanmadan çok önce meydana geldiğini ve günümüzde aktif olmadıklarını göstermektedir.

Bu birimin en göze çarpan özelliği, çalışma alanının doğusunda ve deniz tabanında mostra vermesidir (bölüm 3.1 ve 3.2).

### **3.4. Deniz tabanının Jeoteknik Özellikleri**

**MANAVGAT UNDERSEA PIPELINE PROJECT  
SOIL INVESTIGATION  
PROJECT**

Project No. : 95-03-03-03-15  
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY

Coordinator

Dr. Orhan EROL  
Prof. of Civil Engineering

August 1995  
ANKARA



## MANAVGAT UNDERSEA PIPELINE PROJECT SOIL INVESTIGATION REPORT

Project No. : 95-03-03-03-15

The soil investigation includes recovering gravity core samples at 20 locations shown in Fig.1. From locations (2-10) and (13-20) inclusive the samples were received in plexy-glass tubes having diameter of 50 mm. The samples from locations 1,11 and 12 were received in jars in disturbed form.

On core samples the following tests were performed :

- Specific gravity ( $\gamma_s$ )
- Saturated unit weight ( $\gamma_n$ )
- Natural water content ( $W_n$ )
- Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL) and Plasticity Index (PI)
- Laboratory Vane Shear Tests
- Fall cone tests to correlate to undrained shear strength ( $C_u$ )
- Consolidation test on remoulded samples
- Sieve analysis and Hydrometer tests

On disturbed jar samples only sieve analysis tests were performed.

The testing procedures and standards are given in Appendix 2. The following are some interpretations regarding the soil mechanics laboratory test results :

In general all samples have similar soil composition, plasticity, shear strength and compressibility characteristics.

### Plasticity Characteristics :

The plasticity characteristics of the samples are shown on Casagrande Plasticity Chart given in Fig.2. Majority of the samples are classified as clays of low plasticity (CL) according to unified soil classification system (USCS). Consistency limits vary over the following ranges :

<u>Property</u>	<u>Range</u>	<u>Average</u>
Liquid Limit, LL (%)	34-40	37
Plastic Limit, PL (%)	20-25	22
Plasticity Index, PI	11-17	15

Station 2 sample is classified as non-plastic silt (ML).

### Grain Size Characteristics :

Grain size distribution characteristics of the samples are shown in Fig.3. As shown in Fig.3 the samples primarily consist of silt size particles with some clay and minor amount of sand. The followings are the average sand-silt and clay fractions.

Sand : 4.5 %  
Silt : 67 %  
Clay : 28.5 %

The soils do not contain gravel size ( $>4.76$  mm) particles. Grain size distribution curves are given in Appendix 1.

### Water Contents - Unit Weights :

The natural water contents of the samples vary over a range from 47% to 57% which are well above the liquid limits of the samples. The natural water contents relative to the consistency limits of the samples are shown in Fig.4.

The saturated unit weights of the samples vary over a range from  $16.8 \text{ kN/m}^3$  to  $17.6 \text{ kN/m}^3$  as shown in Fig.5. The initial void ratios range from 1.2 to 1.6 as shown in Fig.6.

### Shear Strength Characteristics :

The samples were very soft in their natural state, therefore it was not possible to prepare standard shape triaxial test specimens.

The shear strength of the samples were determined using laboratory vane shear tests. The results are summarized in Table 1. The undrained shear strength of the samples as obtained from vane tests are also shown in Fig.7. The undrained shear strengths vary over a range from 6.5 kPa to 9.0 kPa averaging about 7.2 kPa.

Fall cone tests having weight  $W=80$  g and apex angle  $\theta =30$  degrees have also been used to correlate shear strength to penetration of the cone. The cone factor of  $k=1$  is used to calculate the undrained shear strength. The undrained shear strengths obtained from fall cone tests are summarized in Table 1 and shown in Fig.8. The results are consistent with vane shear tests revealing an average undrained shear strength of  $C_u \approx 7.5$  kPa.

### Compressibility Characteristics :

The e-log P curves of the samples tested are given in Appendix 1. All samples show a normally consolidated behavior as expected. In general the compression index values ( $C_c = \Delta e / \Delta \log P$ ) vary over a range from 0.27 to 0.33 averaging about  $C_c = 0.3$  as shown in Fig.9.

### Specific Gravity :

The specific gravity of the samples are listed in Table 1. The specific gravities ranges from 2.68 to 2.75.

**MANAVGAT SUALTI BORU HATTI PROJESİ  
ZEMİN DENEYLERİ RAPORU**

**Proje No. : 95-03-03-03-15  
ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**Kordinatör**

**Prof. Dr. Orhan EROL**

**Ağustos 1995  
ANKARA**

## MANAVGAT SUALTı BORU HATTı PROJESİ ZEMİN DENEYLERİ RAPORU

Proje No. : 95-03-03-03-15

Zemin araştırması kapsamında Şekil 1'de gösterilen 20 değişik yerden ağırlık usulüyle karot numuneleri alınmıştır. (2-10) ve (13-20) nolu yerlerden alınan numuneler 50 mm çapındaki pleksiglas tüpler içerisinde, 1,11 ve 12 nolu lokasyonlardan alınan numuneler ise kavanozlar içinde getirilmiştir.

Karot numuneler üzerinde aşağıdaki deneyler yapılmıştır :

- Özgül ağırlık ( $\gamma_s$ )
- Doygun birim ağırlık ( $\gamma_n$ )
- Tabii su içeriği ( $W_n$ )
- Likit Limit (LL), Plastik Limit (PL) ve Plastisite Indisi (PI)
- Laboratuvar Veyn Deneyleri
- Drenajsız kayma dayanımı ( $C_u$ ) ile korelasyon amacıyla düşen koni deneyleri
- Yoğrulmuş numuneler üzerinde konsolidasyon deneyleri
- Elek analizi ve Hidrometre deneyleri

Bozulmuş kavanoz numuneleri üzerinde sadece elek analizi deneyleri yapılmıştır.

Deneysülleri ve standartları Ek-2'de verilmiştir. Aşağıda zemin laboratuvar deney sonuçları ile ilgili bazı değerlendirmelere yer verilmiştir.

Genel olarak bütün numuneler benzer yapı, plastisite, kayma mukavemeti ve sıkışabilirlik özelliklerine sahiptir.

### Plastiklik Özellikleri :

Numunelerin plastiklik özellikleri Şekil 2'de verilen Casagrande Plastiklik grafiğinde gösterilmiştir. Numunelerin büyük bir bölümü Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre düşük plastisiteli killer (CL) olarak sınıflandırılmışlardır. Kivam limitleri aşağıda verilen limitler arasında değişmektedir.

<u>Özellik</u>	<u>Sınır Değerler</u>	<u>Ortalama</u>
Likit Limit, LL (%)	34-40	37
Plastik Limit, PL (%)	20-25	22
Plastisite Indisi, PI	11-17	15

2 nolu lokasyondaki numune plastik olmayan silt (ML) olarak sınıflandırılmıştır.

### Dane Boyu Dağılımı Özellikleri :

Zemin numunelerinin dane boyu dağılımı özellikleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 3'de gösterildiği gibi numuneler çoğunlukla silt boyutu parçacıklar az kıl ve çok az kum boyutu danelerden oluşmuştur. Aşağıda ortalama kum, silt ve kıl oranları verilmiştir.

Kum : 4.5 %  
Silt : 67 %  
Kıl : 28.5 %

Zeminde çakıl boyutu ( $>4.76$  mm) malzeme bulunmamaktadır. Dane boyu dağılım eğrileri Ek-1'de verilmiştir.

### Su İçeriği- Birim Ağırlık :

Tabii su içerikleri 47% ve 57% arasında değişmektedir ve bu su içerikleri numunelerin likit limitlerinin epey üzerindedir. Şekil 4'de kivam limitleri ve tabii su içerikleri verilmiştir.

Numunelerin doygun birim ağırlıkları  $16.8 \text{ kN/m}^3$  ile  $17.6 \text{ kN/m}^3$  arasında Şekil 5'de gösterildiği gibi değişmektedir. Başlangıç boşluk oranları 1.2 - 1.6 arasında Şekil 6'da gösterildiği gibi değişmektedir.

### Kayma Dayanımı Özellikleri :

Zemin numuneleri doğal hallerinde çok yumuşak oldukları için standart üç eksenli deney numunelerinin hazırlanması mümkün olmamıştır.

Numunelerin kayma dayanımları laboratuvar veyn deneyi kullanılarak bulunmuştur. Sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Veyn deneylerinden elde edilen drenajsız kayma dayanımları ayrıca Şekil 7'de gösterilmiştir. Drenajsız kayma dayanımları  $6.5 \text{ kPa}$  ile  $9.0 \text{ kPa}$  arasında ortalama  $7.2 \text{ kPa}$  değerini verecek şekilde değişmektedir.

Düşen koni deneyleri ağırlığı,  $W=80 \text{ g}$  ve açısı  $\theta =30$  derece olan koniler kullanılarak gerçekleştirilmiş ve koni penetrasyonu ile kayma dayanımı korelasyonu yapılmıştır. Drenajsız kayma dayanımının hesaplanması koni faktörü  $k=1$  kullanılmıştır. Düşen koni deneylerinden elde edilen drenajsız kayma dayanımları Tablo 1'de özetlenmiş ve Şekil 8'de verilmiştir. Ortalaması  $C_u \approx 7.5 \text{ kPa}$  olan düşen koni deney sonuçları veyn deney sonuçları ile uyum içerisindeidir.

### Sıkışma Özellikleri :

Konsolidasyon deneyine tabi tutulan numunelerin e-log P eğrileri Ek-1'de verilmiştir. Bütün numuneler bekleniği gibi normal konsolidasyon özelliği göstermiştir. Genel olarak sıkışma indisi ( $C_c = \Delta e / \Delta \log P$ ) değerleri 0.27-0.33 arasında değişmiş ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Ortalama sıkışma indisi değeri  $C_c = 0.3$  'dür.

### Özgül Ağırlık :

Numunelerin özgül ağırlıkları Tablo 1'de gösterildiği gibi 2.68 ile 2.75 arasında değişmektedir.

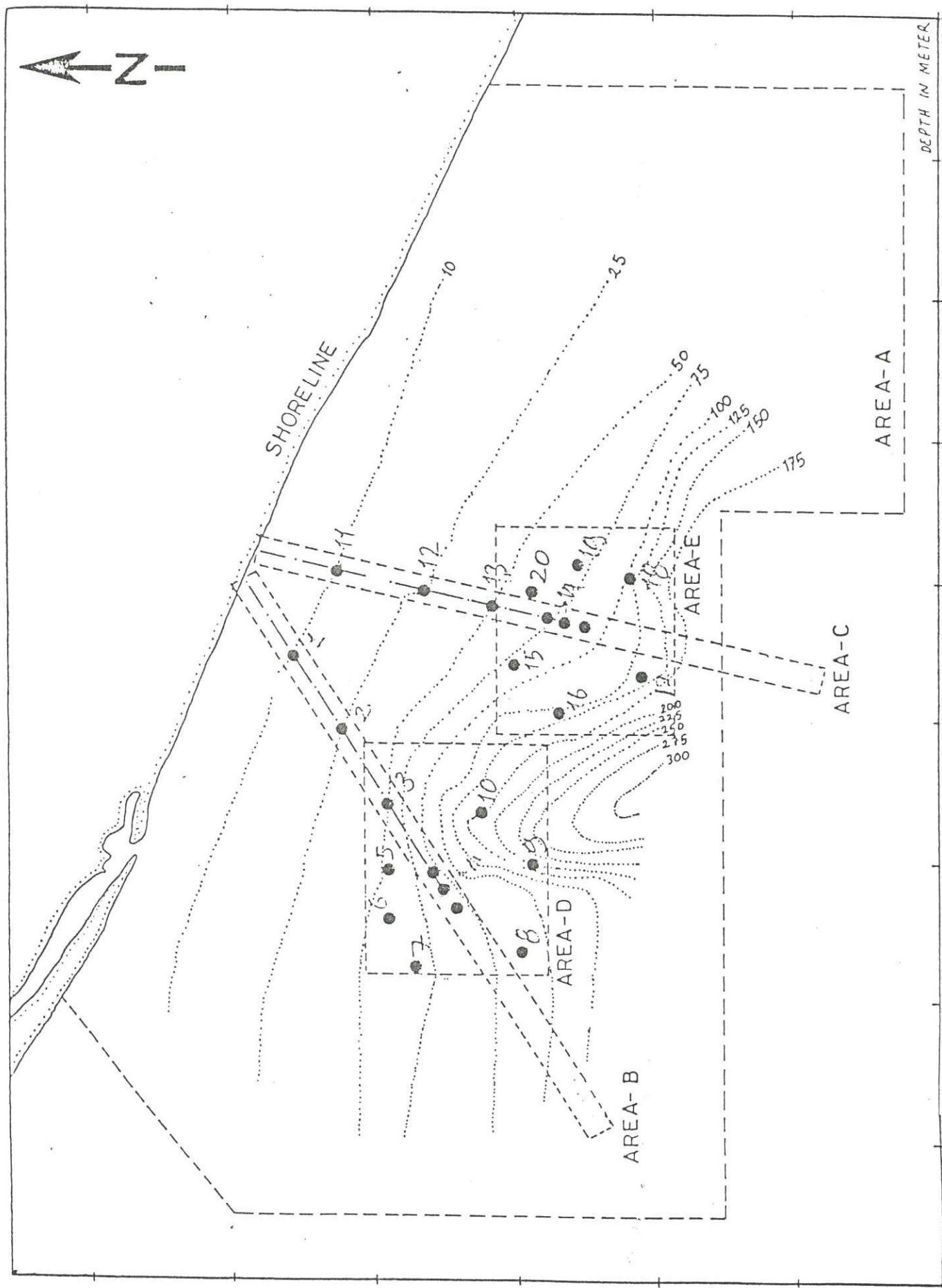


Fig. 1. Core Sampling Station  
Şek. 1. Örnek Alınan Lokasyonlar



M.E.T.U SOIL MECHANICS  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI

LABORATORY  
LABORATUVARI

PROJECT/PROJE: MAMANGAT DENİZ ALTı BORU HATTı  
YEAR: 1956

Sondaj Boring No	Numur Sample No	Derinlik Depth (m)	wn	en	$\gamma_n$	$\gamma_s$	Eşik analizi Sieve analysis + No 4	Atterberg limitleri/limits - No 200 (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Uniformluk katsayıları Uniformity coefficient Cc	USCS	Kanallı kesme deneyi Valve shear test			Konik penetrasyon testi Cone penetration test			Clay Kil %	Saturation Doygunluk Degree %	
														Usi/Top	Oria/Mid	At/Bot	Ust/Avg	Orta/Avg	Alt/Bot			
2	36	0.931	1.880	2.679	0	64	NP					ML	0.041	0.059	0.014	0.038	0.19	0.08	0.11	0.127	13	99
3	60	1.508	1.650	2.730	0	99	38	23	15			CL	0.05	0.078	0.069	0.066	0.04	0.17	0.06	0.090	27	98
4	41	1.322	1.750	2.720	0	99	37	22	15			CL	0.05	0.087	-	0.069	0.055	0.07	-	0.063	28	100
5	57	1.360	1.730	2.710	0	98	36	23	13			CL	0.05	0.078	0.078	0.069	0.05	0.04	0.06	0.050	25	100
6	50	-	1.776	2.753	0	95	36	23	13			CL	0.06	0.11	-	0.085	0.037	0.104	-	0.071	25	-
7	55	1.214	1.750	2.763	0	97	37	21	16			CL	0.078	0.087	0.031	0.065	0.035	0.135	0.11	0.093	25	92
8	47	1.462	1.730	2.750	0	96	36	22	14			CL	0.069	0.106	0.069	0.081	0.038	0.116	0.096	0.073	35	98
9	53	-	1.709	2.770	0	98	39	22	17			CL	0.059	0.087	0.055	0.067	0.044	0.085	0.071	0.067	35	-
10	56	1.256	1.735	2.667	0	95	39	23	16			CL	0.05	0.059	-	0.055	0.03	0.067	0.198	0.098	32	97
13	53	1.359	1.670	2.686	0	97	36	25	11			CL	0.059	0.096	0.115	0.090	0.036	0.139	0.15	0.108	24	94
14	50	1.379	1.760	2.740	0	97	38	23	15			CL	0.069	0.082	0.073	0.075	0.058	0.095	0.154	0.102	25	100
15	52	1.437	1.760	2.750	0	97	36	23	13			CL	0.082	0.078	0.064	0.075	0.062	0.101	0.154	0.106	29	100
16	47	1.452	1.720	2.730	0	97	38	22	16			CL	0.078	0.087	-	0.083	0.06	-	-	0.06	36	97
17	47	-	1.770	2.730	0	99	40	20	20			CL	0.078	0.069	-	0.074	0.052	-	-	0.052	34	-
18	54	1.617	1.720	2.740	0	99	39	24	15			CL	0.059	0.064	-	0.062	0.034	-	-	0.034	33	100
19	52	-	1.690	2.740	0	99	37	22	15			CL	0.096	0.082	-	0.089	0.09	-	-	0.09	34	-
20	50	-	1.720	2.690	0	97	34	23	11			CL	0.055	0.078	-	0.067	0.02	-	-	0.02	24	-
SPT-1	-	-	-	-	-	0	79															
SPT-11	-	-	-	-	-	0	76															
SPT-12	-	-	-	-	-	0	91															

Sondaj Boring No	Numur Sample No	Derinlik Depth (m)	wn	en	$\gamma_n$	$\gamma_s$	Eşik analizi Sieve analysis + No 4	Atterberg limitleri/limits - No 200 (%)	LL (%)	PL (%)	PI (%)	Uniformluk katsayıları Uniformity coefficient Cc	USCS	Kanallı kesme deneyi Valve shear test			Konik penetrasyon testi Cone penetration test			Clay Kil %	Saturation Doygunluk Degree %	
														Usi/Top	Oria/Mid	At/Bot	Ust/Avg	Orta/Avg	Alt/Bot			
2	36	0.931	1.880	2.679	0	64	NP					ML	0.041	0.059	0.014	0.038	0.19	0.08	0.11	0.127	13	99
3	60	1.508	1.650	2.730	0	99	38	23	15			CL	0.05	0.078	0.069	0.066	0.04	0.17	0.06	0.090	27	98
4	41	1.322	1.750	2.720	0	99	37	22	15			CL	0.05	0.087	-	0.069	0.055	0.07	-	0.063	28	100
5	57	1.360	1.730	2.710	0	98	36	23	13			CL	0.05	0.078	0.078	0.069	0.05	0.04	0.06	0.050	25	100
6	50	-	1.776	2.753	0	95	36	23	13			CL	0.06	0.11	-	0.085	0.037	0.104	-	0.071	25	-
7	55	1.214	1.750	2.763	0	97	37	21	16			CL	0.078	0.087	0.031	0.065	0.035	0.135	0.11	0.093	25	92
8	47	1.462	1.730	2.750	0	96	36	22	14			CL	0.069	0.106	0.069	0.081	0.038	0.116	0.096	0.073	35	98
9	53	-	1.709	2.770	0	98	39	22	17			CL	0.059	0.087	0.055	0.067	0.044	0.085	0.071	0.067	35	-
10	56	1.256	1.735	2.667	0	95	39	23	16			CL	0.05	0.059	-	0.055	0.03	0.067	0.198	0.098	32	97
13	53	1.359	1.670	2.686	0	97	36	25	11			CL	0.059	0.096	0.115	0.090	0.036	0.139	0.15	0.108	24	94
14	50	1.379	1.760	2.740	0	97	38	23	15			CL	0.069	0.082	0.073	0.075	0.058	0.095	0.154	0.102	25	100
15	52	1.437	1.760	2.750	0	97	36	23	13			CL	0.082	0.078	0.064	0.075	0.062	0.101	0.154	0.106	29	100
16	47	1.452	1.720	2.730	0	97	38	22	16			CL	0.078	0.087	-	0.083	0.06	-	-	0.06	36	97
17	47	-	1.770	2.730	0	99	40	20	20			CL	0.078	0.069	-	0.074	0.052	-	-	0.052	34	-
18	54	1.617	1.720	2.740	0	99	39	24	15			CL	0.059	0.064	-	0.062	0.034	-	-	0.034	33	100
19	52	-	1.690	2.740	0	99	37	22	15			CL	0.096	0.082	-	0.089	0.09	-	-	0.09	34	-
20	50	-	1.720	2.690	0	97	34	23	11			CL	0.055	0.078	-	0.067	0.02	-	-	0.02	24	-
SPT-1	-	-	-	-	-	0	79															
SPT-11	-	-	-	-	-	0	76															
SPT-12	-	-	-	-	-	0	91															

B.Tuncay ALİMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Mah.

TABLE 1 : Test Results  
TABLO 1 : Deney Sonuçları

## MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

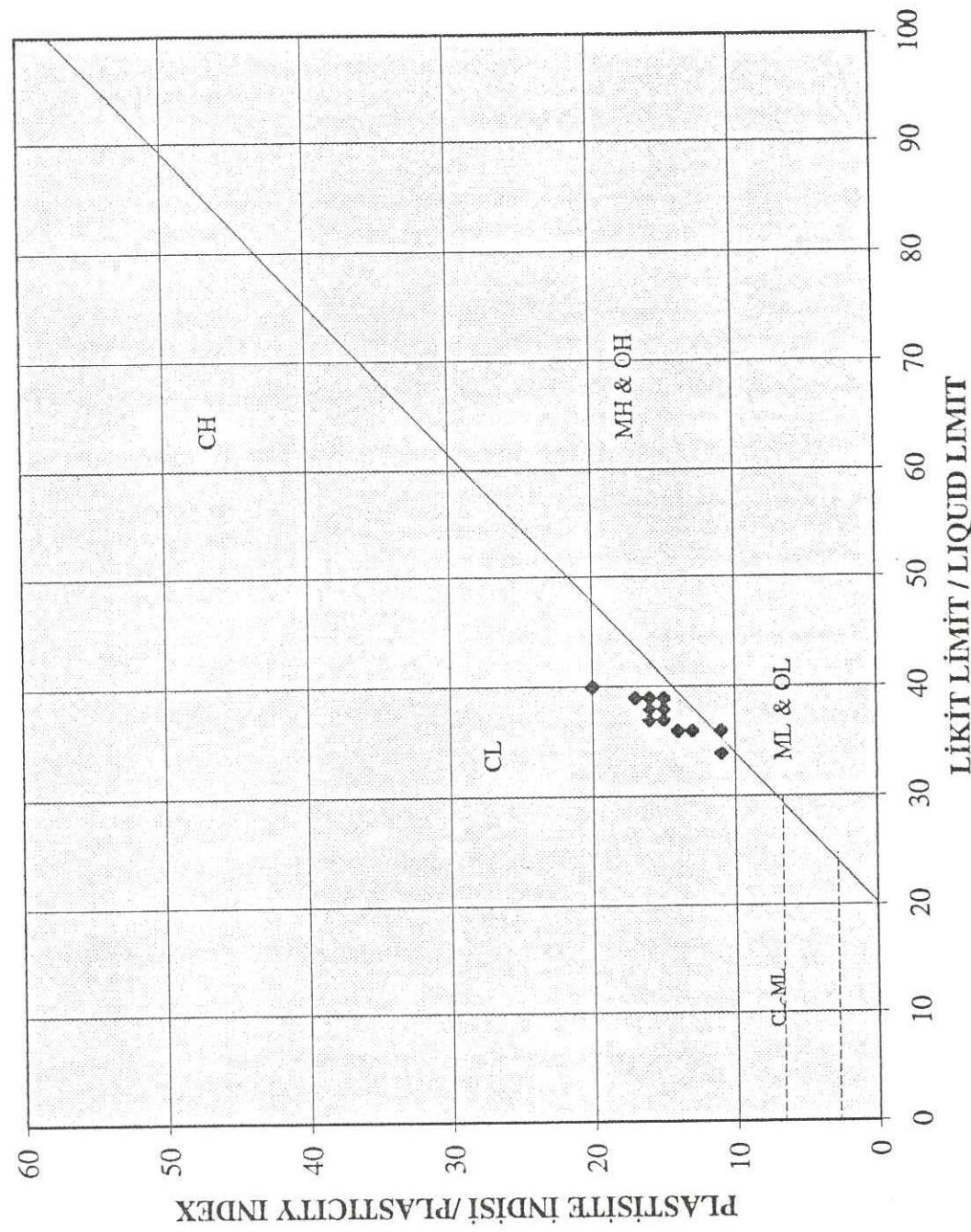


Fig. 2. Plasticity Characteristics  
Şek. 2. Zeminlerin Plastiklik Özellikleri

MANAVGAT DENİZ ALTI BORUHATTI  
KIL-SILT-KUM ORANLARI/CLAY-SILT-SAND PERCENT

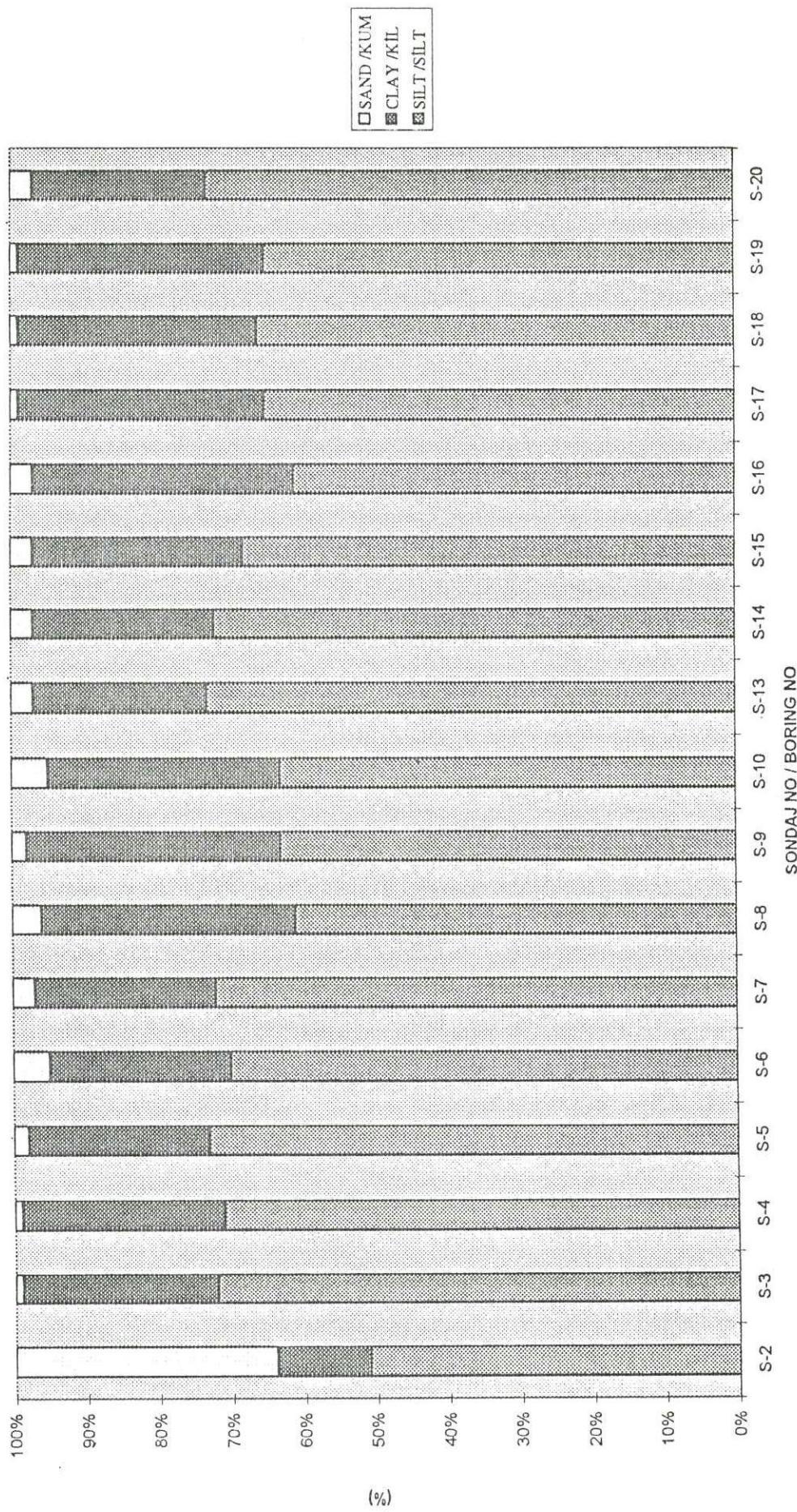
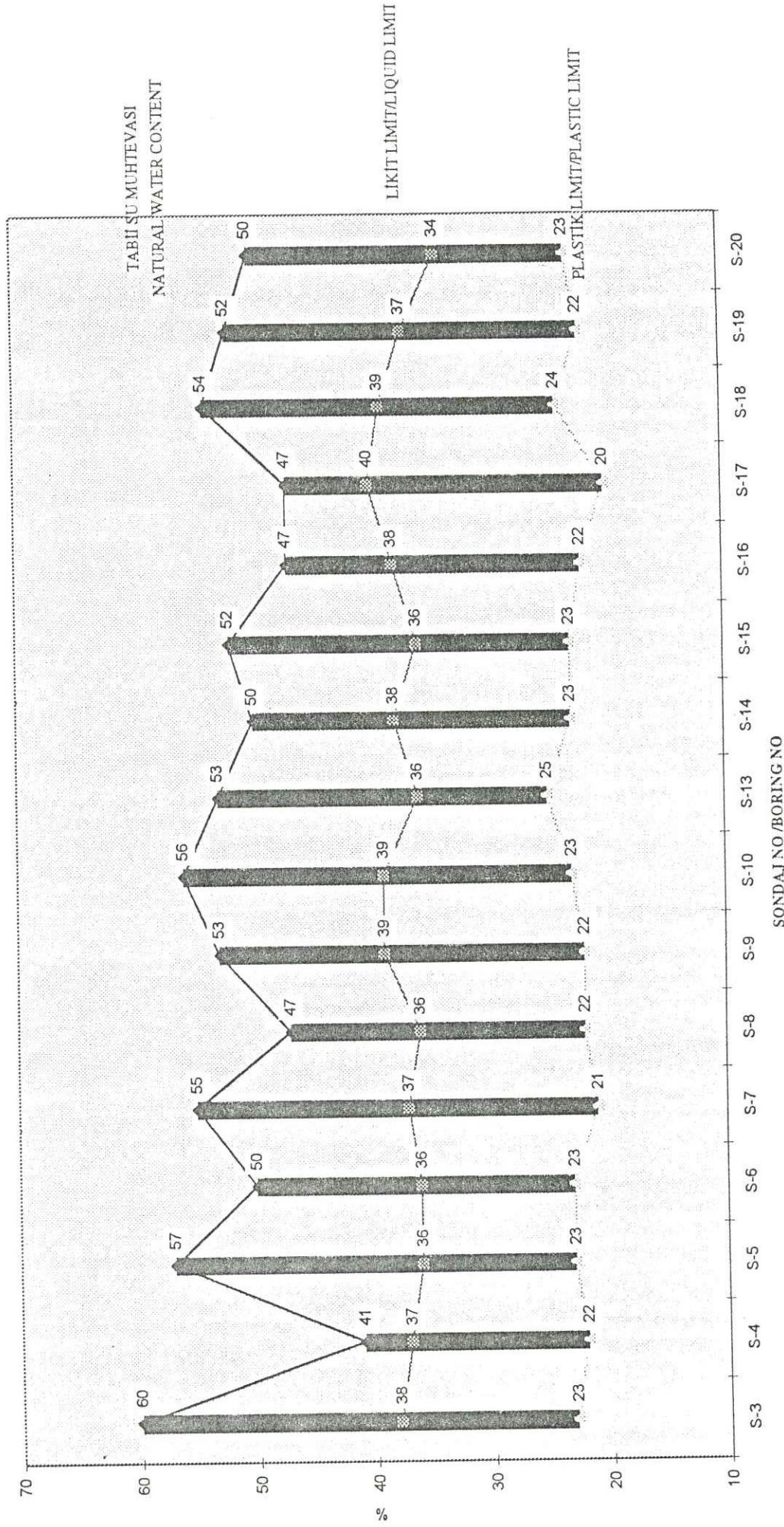


Fig. 3. Grain Size Distribution Characteristics  
Şek. 3. Dane Boyu Dağılımı Özellikleri

**MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI**  
**KIVAM LİMİTLERİ-TABİİ SU MUHTEVASI**  
**CONSISTENCY LIMITS - NATURAL WATER CONTENT**



**Fig. 4. Natural Water Contents relative to Consistency Limits**  
**Şek. 4. Tabii Su İçeriklerinin Kivam Limitleri ile Kiyaslanması**

**MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI**  
**TABİİ BİRİM HACIM AĞIRLIĞI / NATURAL UNIT WEIGHT**

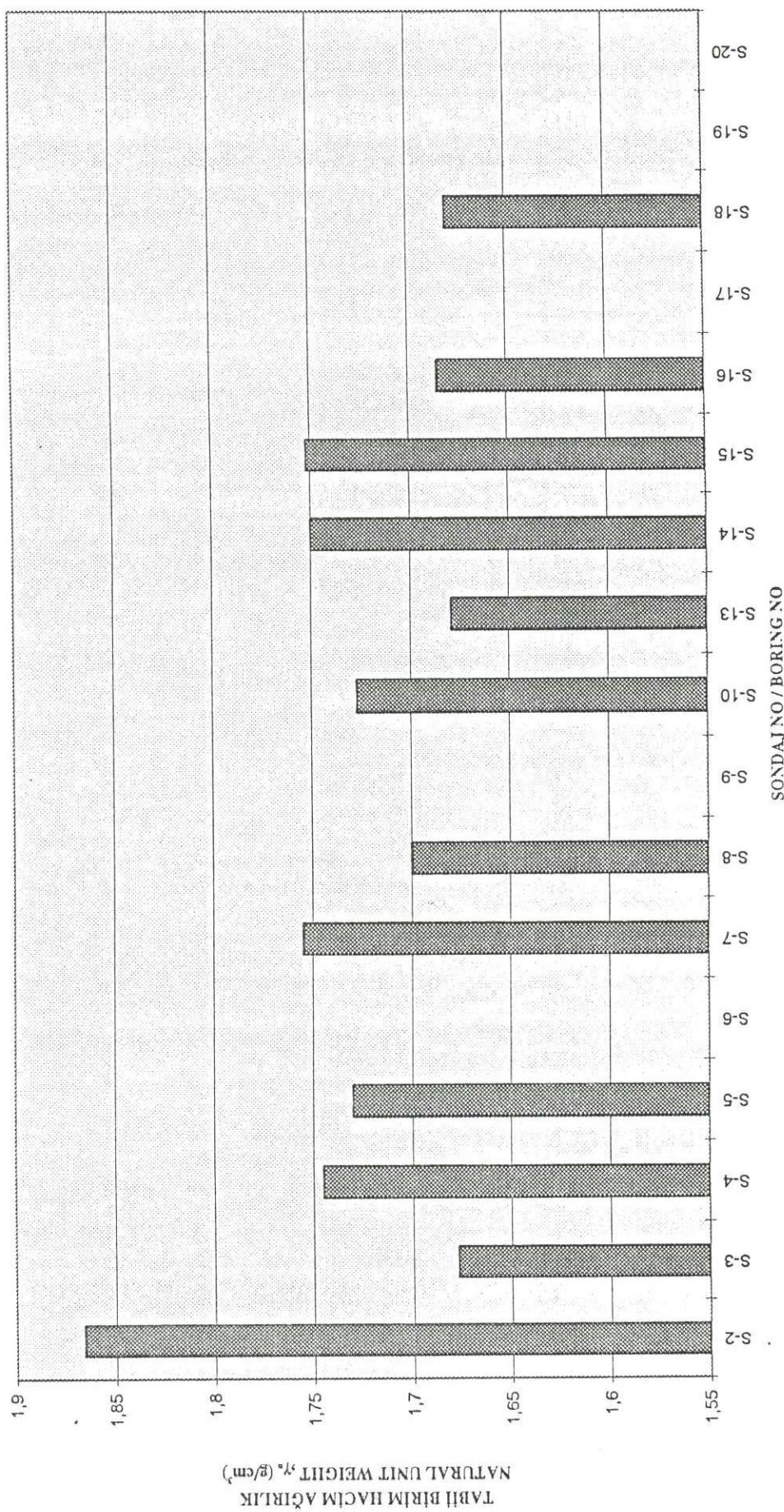
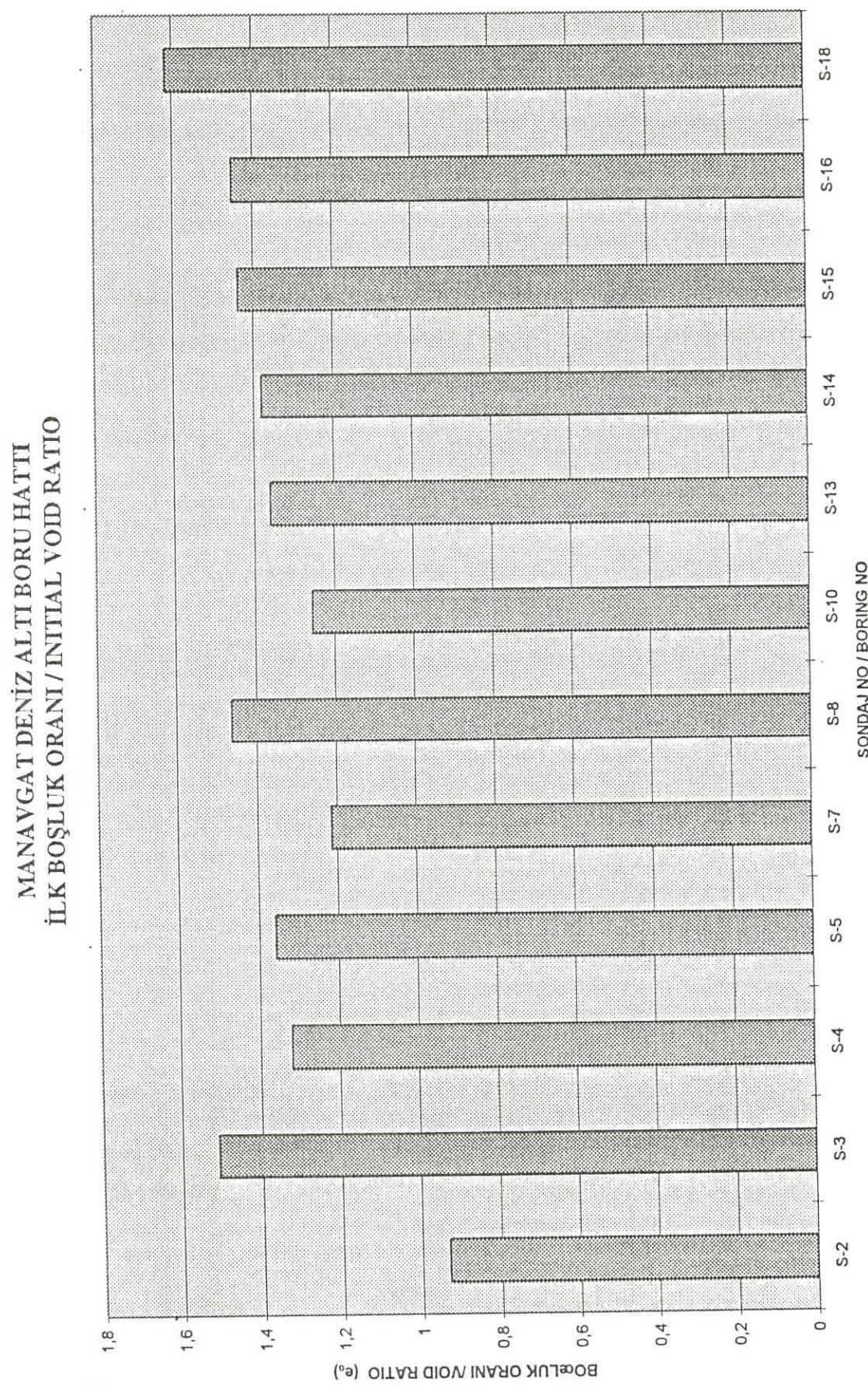
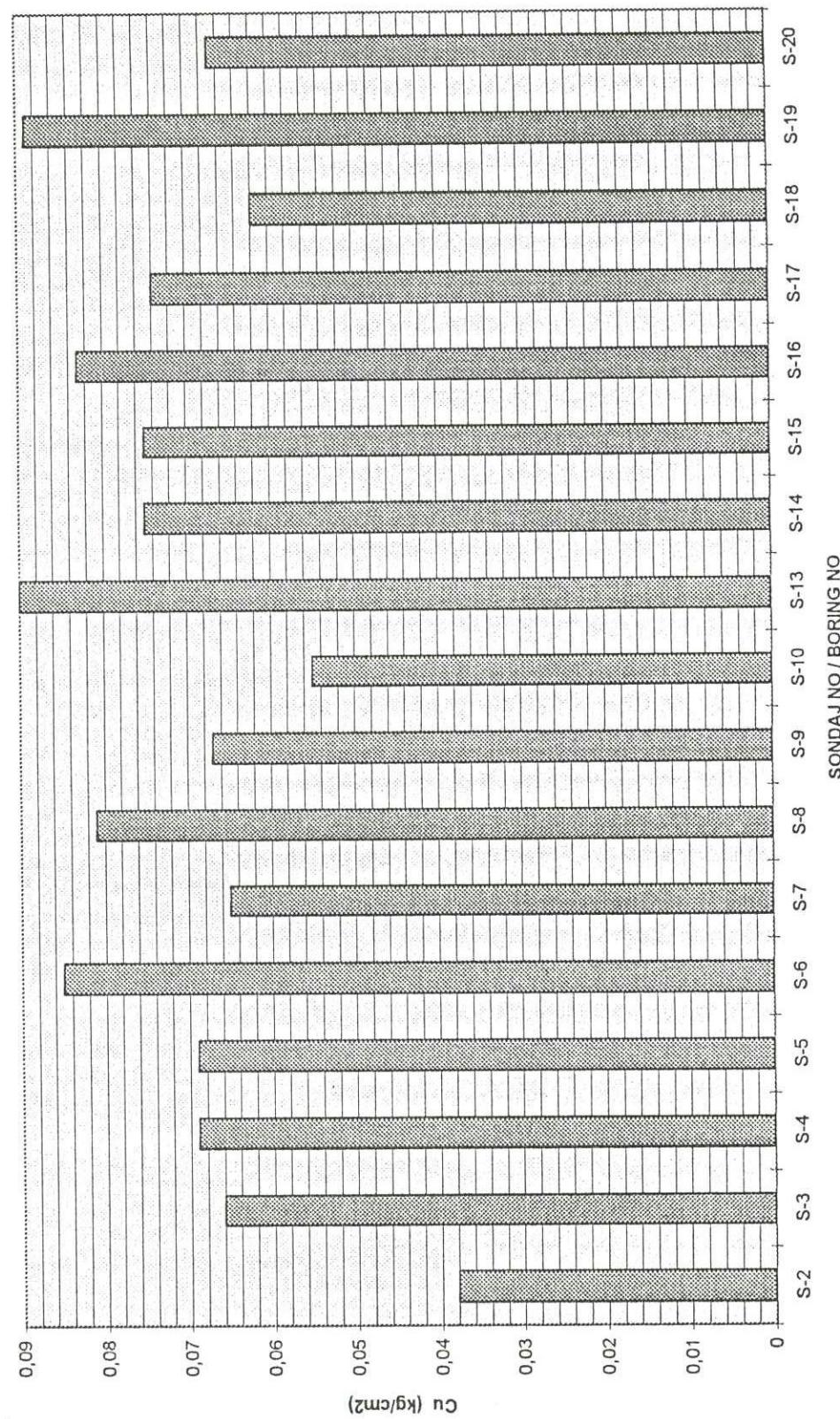


Fig. 5. Saturated Unit Weights  
 Şek. 5. Doygun Birim Ağırlıkları



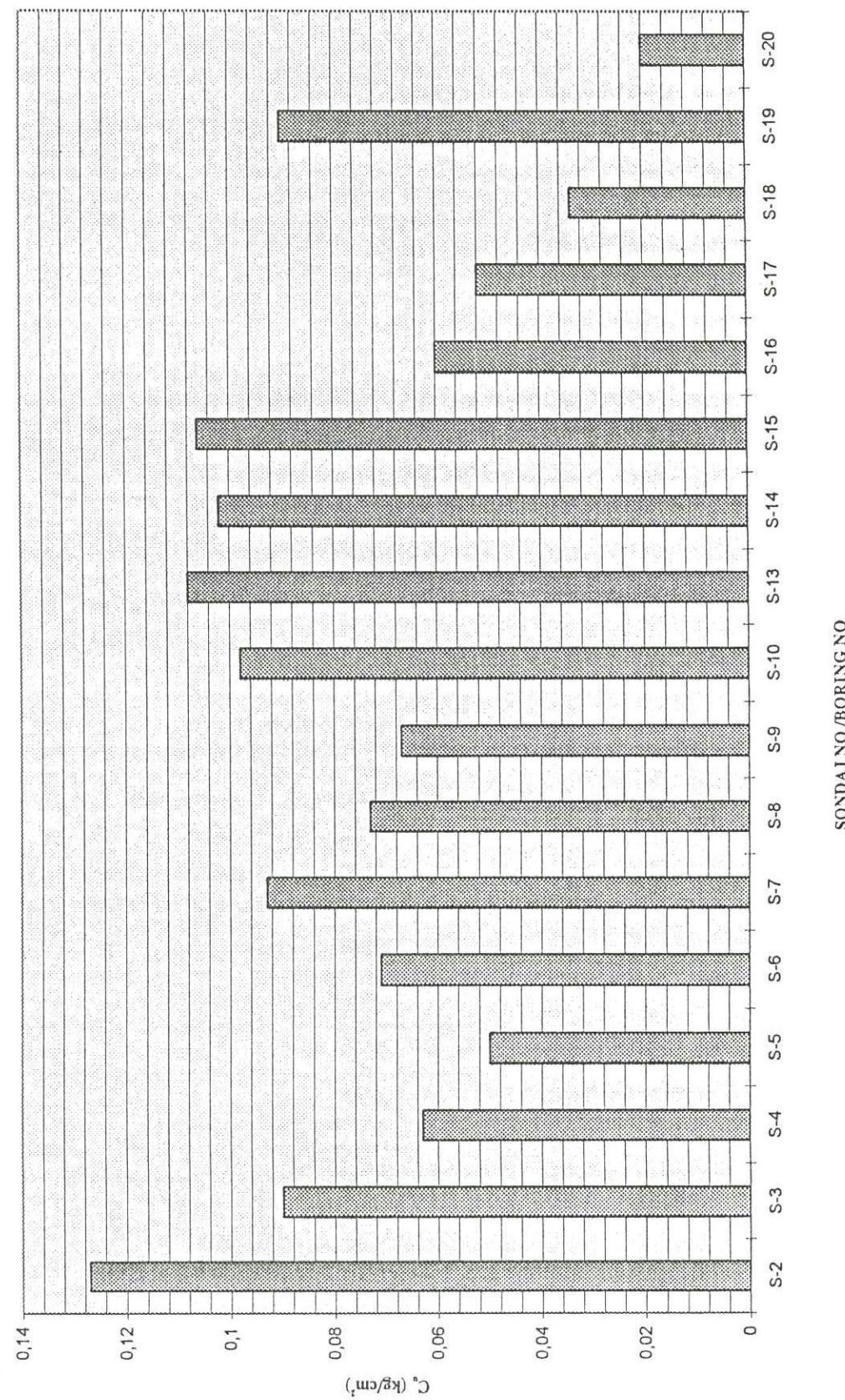
**Fig. 6. Initial Void Ratios**  
**Şek. 6. Boşluk Oranları**

**MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI**  
**DRENAJSIZ KAYMA MUKAVEMETİ / UNDRAINED SHEAR STRENGTH**  
**VANE DENEY SONUÇLARI / RESULTS OF VANE TESTS**



**Fig. 7. Undrained Shear Strength of the samples from Vane Tests**  
**Şek. 7. Veyn Deneylerinden elde edilen Drenajsız Kayma Dayanımı**

**MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI**  
**DRENAJSIZ KAYMA MUKAVEMETİ / UNDRAINED SHEAR STRENGTH**  
**KONİ PENETRASYON DENEY SONUÇLARI / RESULTS OF CONE PENETRATION TESTS**



SONDAJ NO / BORING NO

**Fig. 8. Undrained Shear Strength from Fall Cone Tests**  
**Şek. 8. Düşen Koni Deneylerinden elde edilen Drenajsız Kayma Dayanımı**

MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI  
SIKİŞMA İNDİSİ DEĞERLERİ / COMPRESSION INDEX VALUES

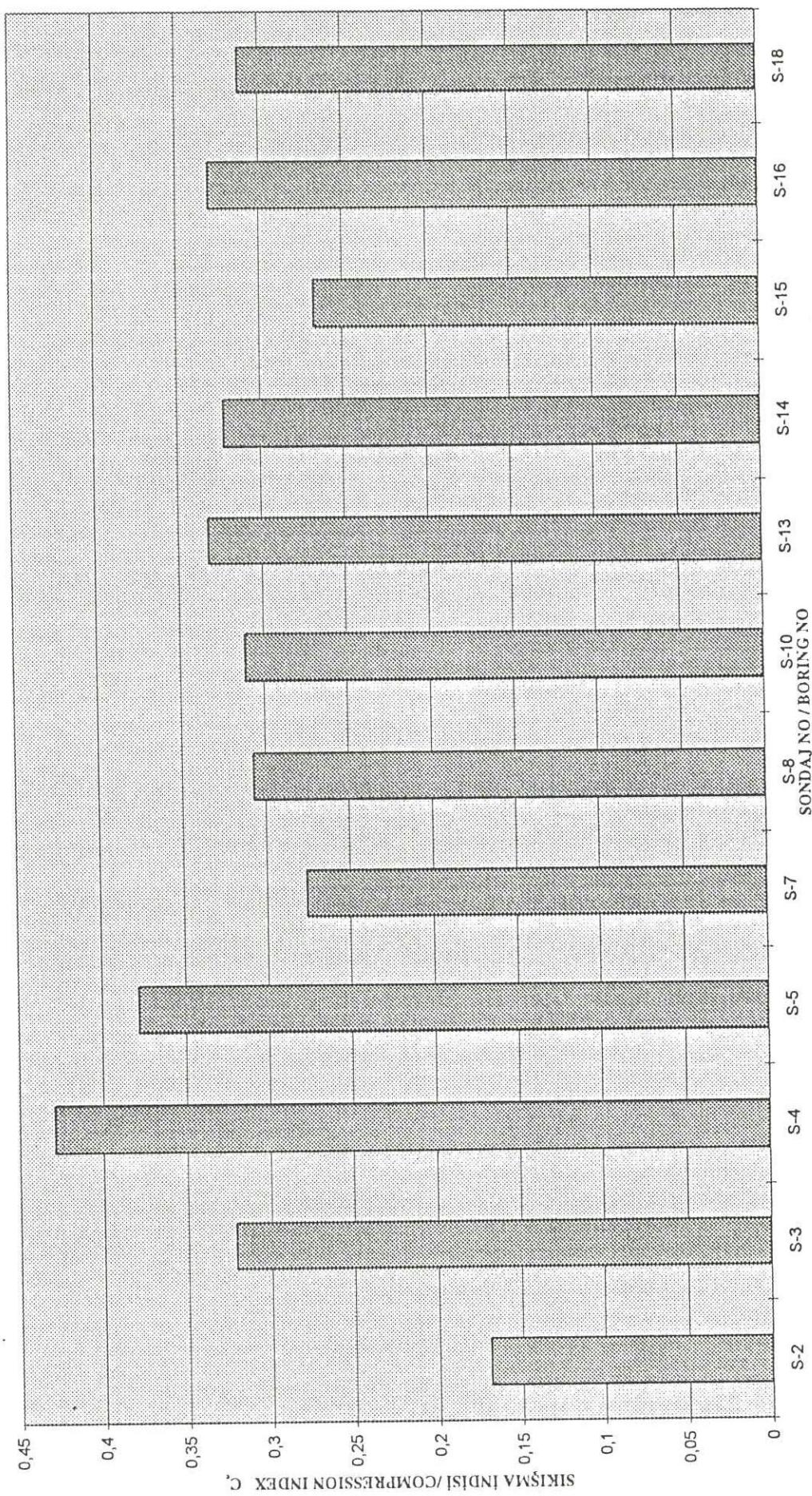
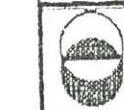


Fig. 9. Compression Index,  $C_c$   
Şek. 9. Sıkışma Endisi Değerleri,  $C_c$

**APPENDIX 1 : RESULTS OF LABORATORY TEST**  
**EK - 1 : LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI**

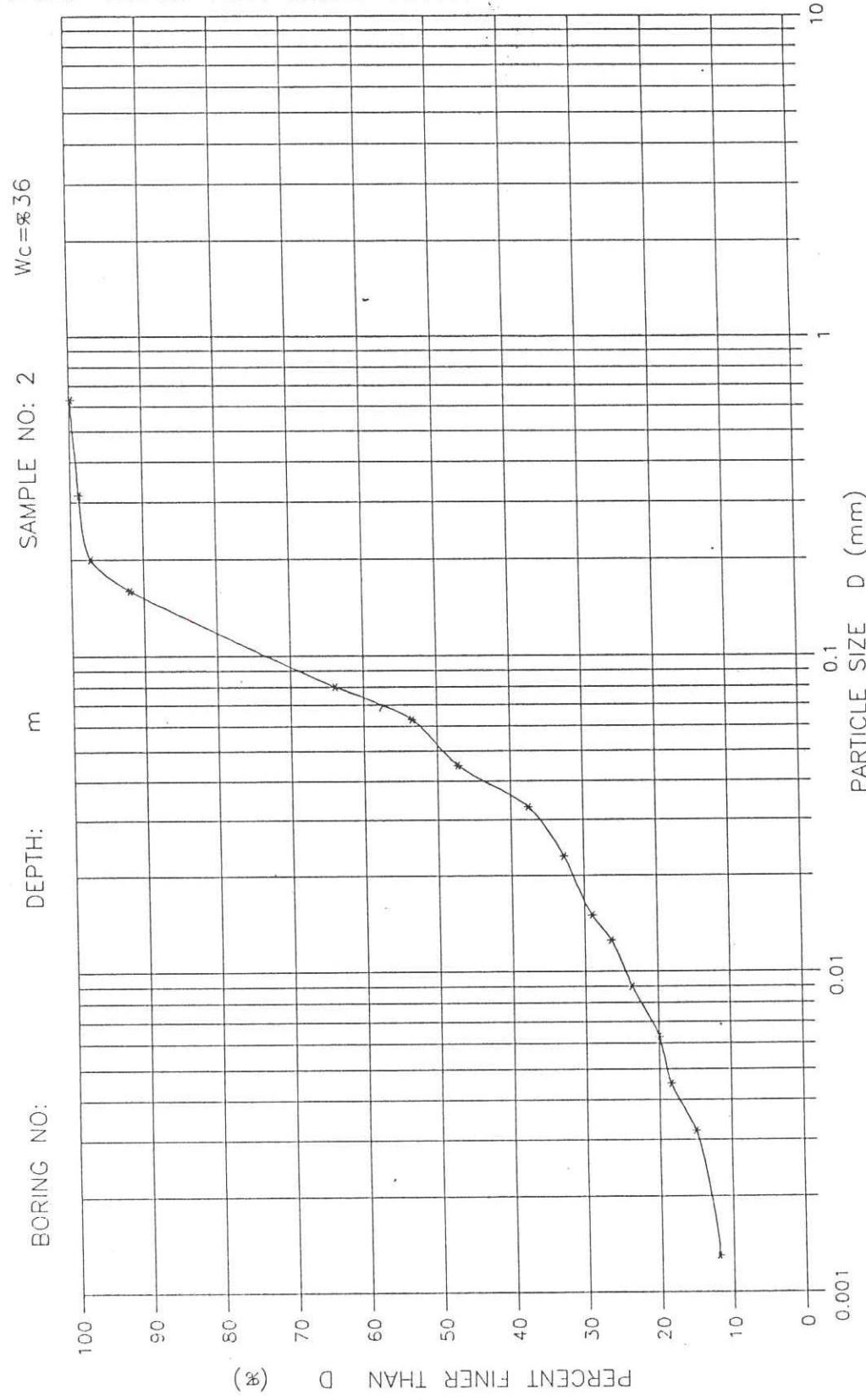


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 13

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

### VANE SHEAR TEST

## KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

PROJE

BORE HOLE: 2

SONDAJ NO:

**SAMPLE:**

2

### ÖRNEK NO:

DATE: 5/TEMMUZ/1995

TARIH

**DEPTH:**

DER ÖNLÖK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)	TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
----------------------------	---	--------------------------	-----------------------------	--------------------

TEST: 1

OKUMA	SAPMA				
0	6	0	0		
10	8,5	2,5	0,946	2,619	0,027
20	10	4	1,439	3,986	0,041
30	10	4	1,439	3,986	0,041
40	10	4	1,439	3,986	0,041
50	10	4	1,439	3,986	0,041

TEST:2

0	7	0	0		
10	10	3	1,110	3,075	0,031
20	12	5	1,768	4,897	0,050
30	13	6	2,097	5,808	0,059
40	13	6	2,097	5,808	0,059
50	13	6	2,097	5,808	0,059
60	13	6	2,097	5,808	0,059

TEST :3

0	6,5	0	0		
10	10	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,5	5	1,768	4,897	0,050
30	12,5	6	2,097	5,808	0,059
40	14	7,5	2,590	7,175	0,073
50	14	7,5	2,590	7,175	0,073
60	15	8,5	2,919	8,086	0,082
70	15	8,5	2,919	8,086	0,082
80	15	8,5	2,919	8,086	0,082
90	15	15	5,057	14,009	0,143

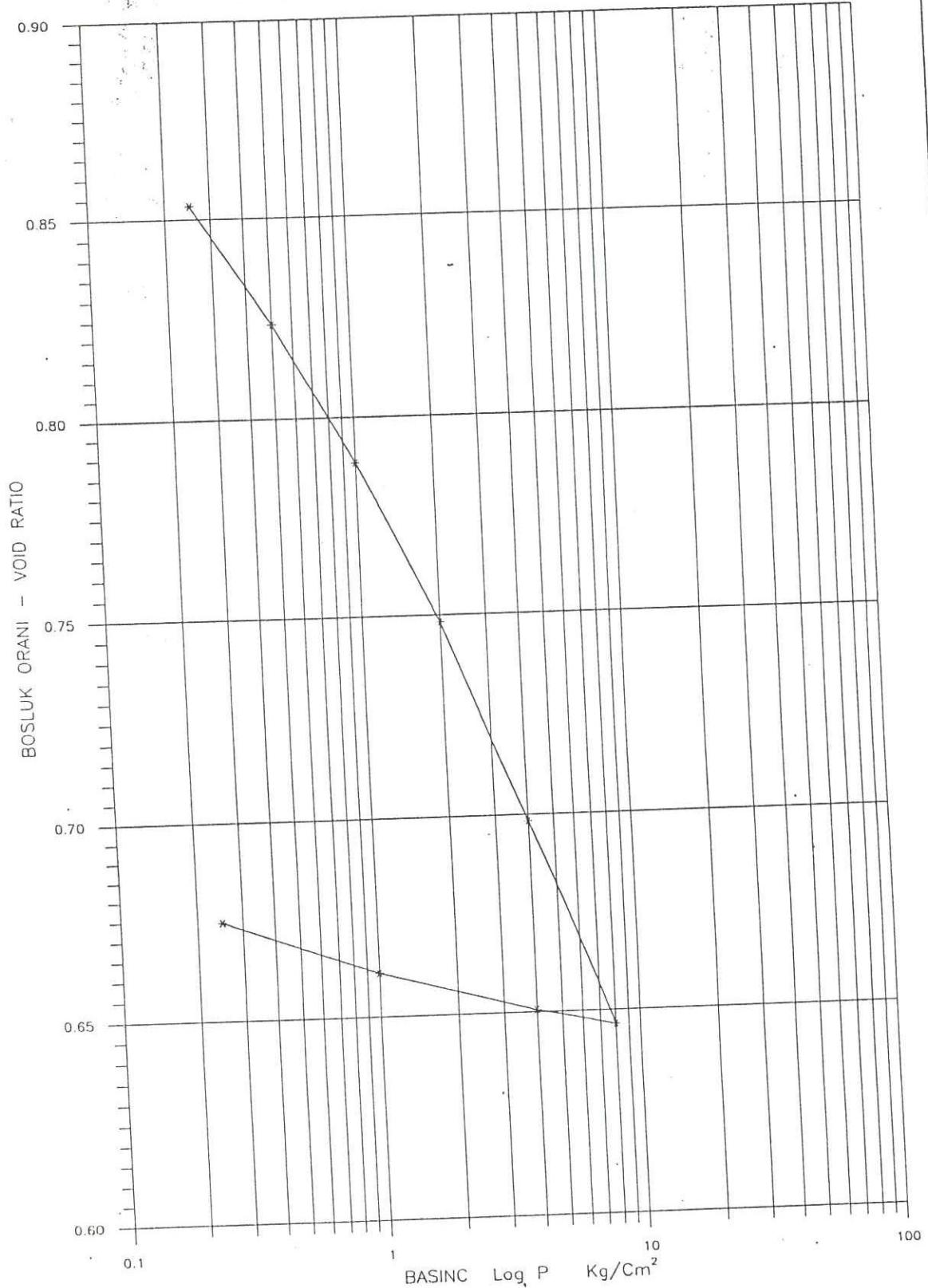
B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Leopoli Y. Müh.

CONSOLIDATION TEST				KONSOLIDASYON DENEYİ				DATE/TARIH:	
PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI				Initial Bølling	Final Son	Borehole no: Örnek no:	Sample no: 2	Sample depth: 2Ho=W/G·A	Depth: mm Denizlik:
Ring no.	9	Mass of ring + wet sample	g	645,00	636,10	Katı tanelerin eşdeğer yüksekliği Equivalent height of solid			9,842 mm
Halıka no.		Yaz Örnek+halika ağırlığı							
Internal diameter of ring	cm	Mass of ring-dry soil	g	616,20	616,20	Initial bulk density	g/ml		1,866 g/ml
Halika iç çapı		Kuru Örnek+halika ağırlığı							
Area of ring	$\lambda$ cm <sup>2</sup>	Mass of ring	g	532,70	532,70	Initial Dry density	g/ml		1,388 g/ml
Halika iç alanı		Halika ağırlığı							
Initial height of specimen	2H <sub>0</sub>	Mass of moisture	g	28,80	19,90	Final Dry density	g/ml		1,600 g/ml
Örnekin boylanmış kalınlığı	mm	Su ağırlığı							
Initial volume of specimen	$V_0$ ml	Mass of dry soil	Ws	83,50	83,50	Test sonundaki kuru birim ağırlık	g/ml		5r1 %
Örnekin boylanmış hacmi		Kuru Örnek ağırlığı	g						
Specific gravity solid particles	$G_s$	Moisture content	m			Initial degree of saturation	%		5r2 %
Zemin boyasız yüz unlusu		Su içeriği	%	34%	24%	Final degree of saturation	%		100 %
Applied pressure	Pressure Increment	Final dial reading	Dial change	Height of specimen	Void ratio	Change in void ratio	Coff. of compres.	Fitting time	Coff. of consolidation
Uygulanan basıncı	$\Delta P$ Kg/cm <sup>2</sup>	Son sıkışma okuması.	$\Delta h$	Örnek kalınlığı $2H=2H_0-\Delta h$	$e=2H_0/2H_0$	$\Delta e=\Delta e/\Delta P$	Sıkışma katayı	Etkime süresi	Konsolidasyon katayı
	0	200	0,76	9,158	0,9305	0,0772	0,3089	0,1600	$E=6.1H^2$ 19712
	0,25	276	0,29	18,2400	8,398	0,8533	0,0295	0,1179	$t_{50}$
	0,25	305	0,35	17,9500	8,108	0,8238	0,0356	0,0711	
	0,50	340	0,393	17,6000	7,7581	0,7883	0,0399	0,0390	
	1,00	379,3	0,492	17,2070	7,3651	0,7483	0,0399	0,0223	
	2,00	428,5	0,51	16,7150	6,8731	0,6984	0,0500	0,0250	
	4,00	475,5	-0,04	16,2050	6,3631	0,6465	0,0518	0,0130	
	8,00	4,00	479,5	16,2450	6,4031	-	-	-	
	4,00	-4,00	475,5	-0,1	16,3450	6,5031	0,6506		
	1,00	-3,00	465,5	-0,135	16,4800	6,6381	0,6608		
	0,25	-0,75	452	-4,52			0,6745		

B.Turgay ALEM DAROĞLU  
Jenoturj. Müh.

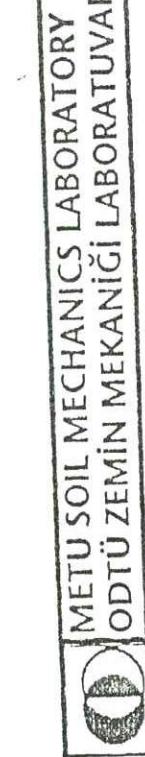


PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borehole no: Sample no: Depth:  
Sondaj no: Ornek no: 2 Derinlik:

B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

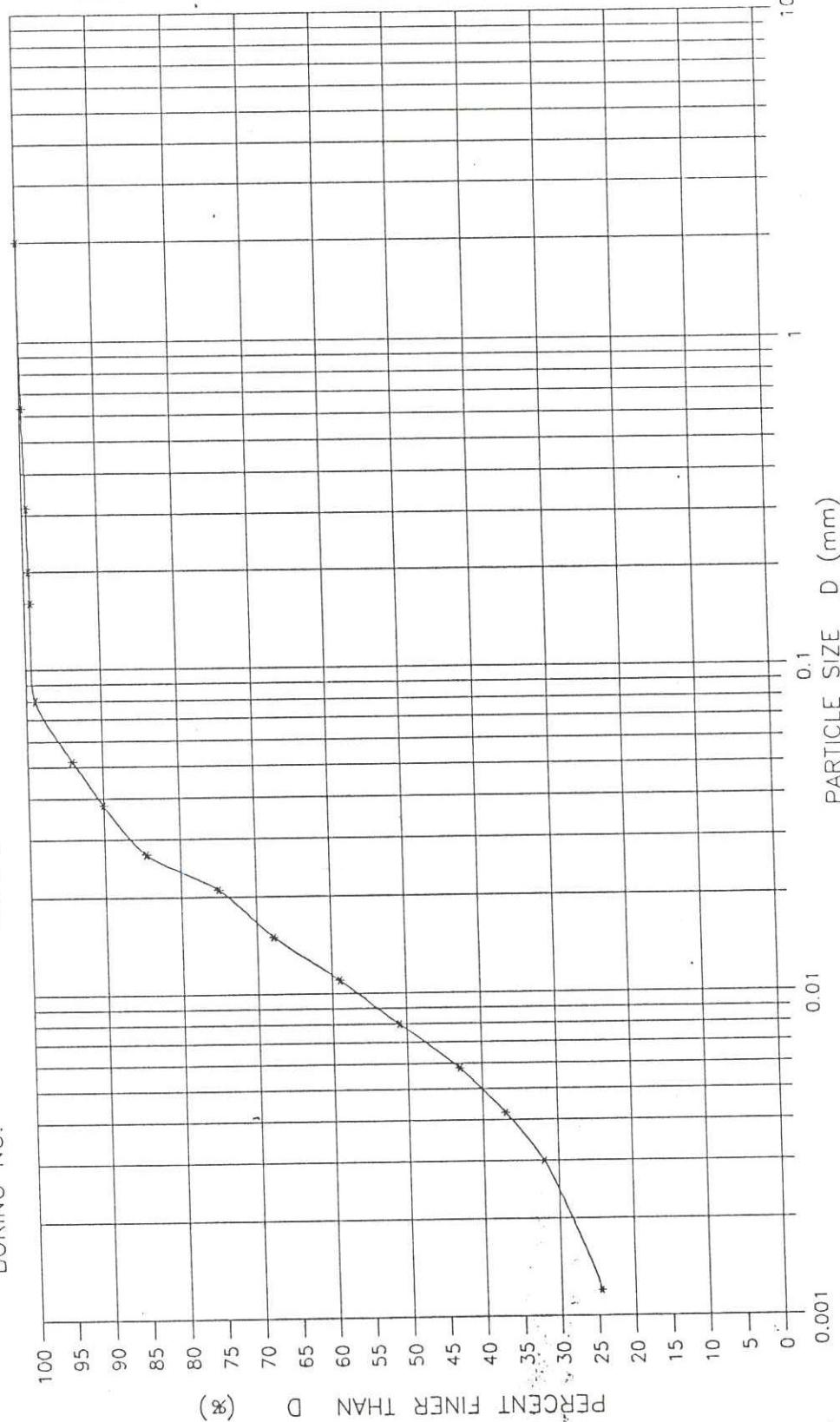


SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS      CLAY-KIL % = 27

ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

BORING NO:      DEPTH: m  
                        100    95    90    85    80    75    70    65    60    55    50    45    40    35    30    25    20    15    10    5    0



B. Turan ALFMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE:

DEPTH:

SONDAJ NO:

DERİNLİK:

3

SAMPLE:

3

ÖRNEK NO:

TEST: 1

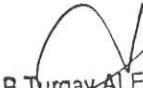
TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
70					
80					

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078

TEST :3

0	7,0	0,0	0		
10	9,5	2,5	0,946	2,619	0,027
20	11,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
40	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	13,5	6,5	2,261	6,264	0,064
60	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVAR

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENYEYİ

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEY

UDIOZELMIN MICHICHI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEY

Initial Final Borehole no: Sample no: Sample depth:

PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI		CONSOLIDATION TEST KONSOLIDASYON DENEYİ				DATE/TARİH: 18/TEMMUZ/1995	
PROJE :	ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI	Initial Bağlantıyaç	Final Son	Borehole no: Örnek n	Sample no: Örnek n	Sample depth: 2Ho=W/G <sub>s</sub> A mm	
Ring no	3	Mass of ring + wet sample	g	594,50	580,00	Equivalent height of solid Kuru tanelerin eğdeğeri yükselişti	7,576
Halka no		Yağ örnek+halka ağırlığı					
Internal diameter of ring	cm	Mass of ring+dry soil	g	559,10	559,10	Initial bulk density	1,677
Halka iç çapı	cm	Kuru örnek+halka ağırlığı	g				
Area of ring	$\lambda$ cm <sup>2</sup>	Mass of ring	g	493,60	493,60	Initial Dry density $\gamma_d = 100 \& 1/m^3$	1,089
Halka iç alanı		Halka ağırlığı					
Initial height of specimen	2H1 mm	Mass of moisture	g	35,40	20,90	Final Dry density $\delta_d = 100 \& 1/m^3$	1,444
Örnekten bağlantı kalınlığı		Su ağırlığı					
Initial volume of specimen	V <sub>o</sub>	Mass of dry soil	Ws			Initial degree of saturation	51
Örnekten bağlantı hacmi	ml	60,171	Kuru örnek ağırlığı	g	65,50	Baglantıyaçlı doygunluk derecesi	98
Specific gravity solid particles	G <sub>s</sub>	Moisture content	m%	54%	32%	Final degree of saturation	51/2
Zemin yoğunluğu yolu u		2,730	Sügeriği				100

CONSOLIDATION TEST  
ONSO IDASYON DENEYI  
DATE/TARİH: 18/TEMMUZ/1995

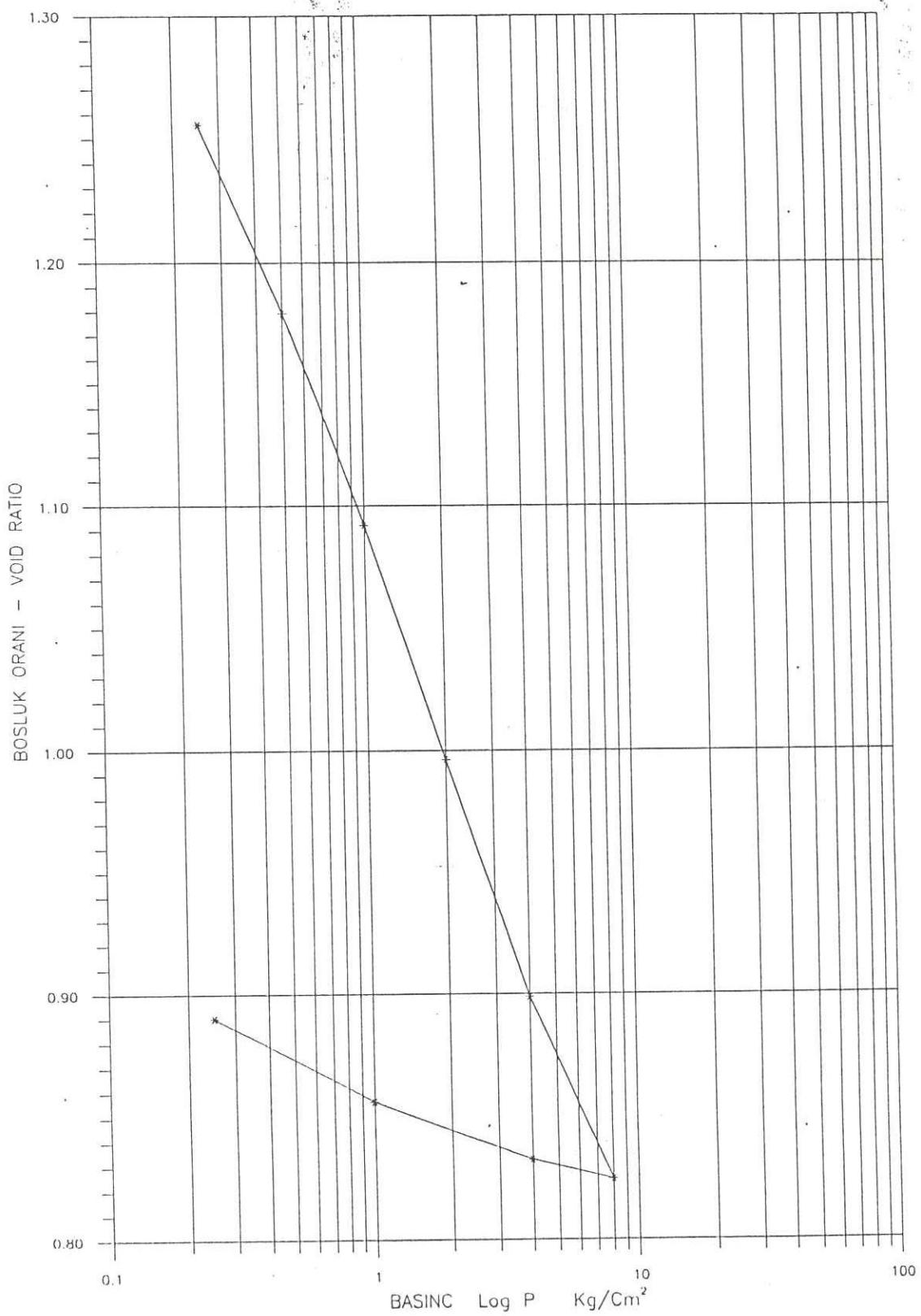
Initial	Final	Borehole no:	Sample no:	Sample depth:
---------	-------	--------------	------------	---------------

Change in void ratio	Coff. of compres.	Coff. of volume ch.	Fitting time	Coff. of consolidation	Permeability
$\Delta e$	$S_{\text{kişma}}$	$Hacimel$	$t_{90}$	$B4B-H2$	$mV = Cr^{\gamma} \eta V$
$\Delta e$	$k_{\text{atayıcı}}$	$\sigma_{\text{kişma}}$	$t_{50}$	$t_{50}$	$k$
$\Delta e$	$\Delta e = \Delta e / \Delta p$	$mV = \pi r^2 / 4e$			$\text{cm}^2/\text{sec}$
0.2521	1.0084	0.4021			

مکالمہ اسلامیہ



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borehole no:      Sample no:      Depth :  
Sondaj no:      Ornek no: 3      Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



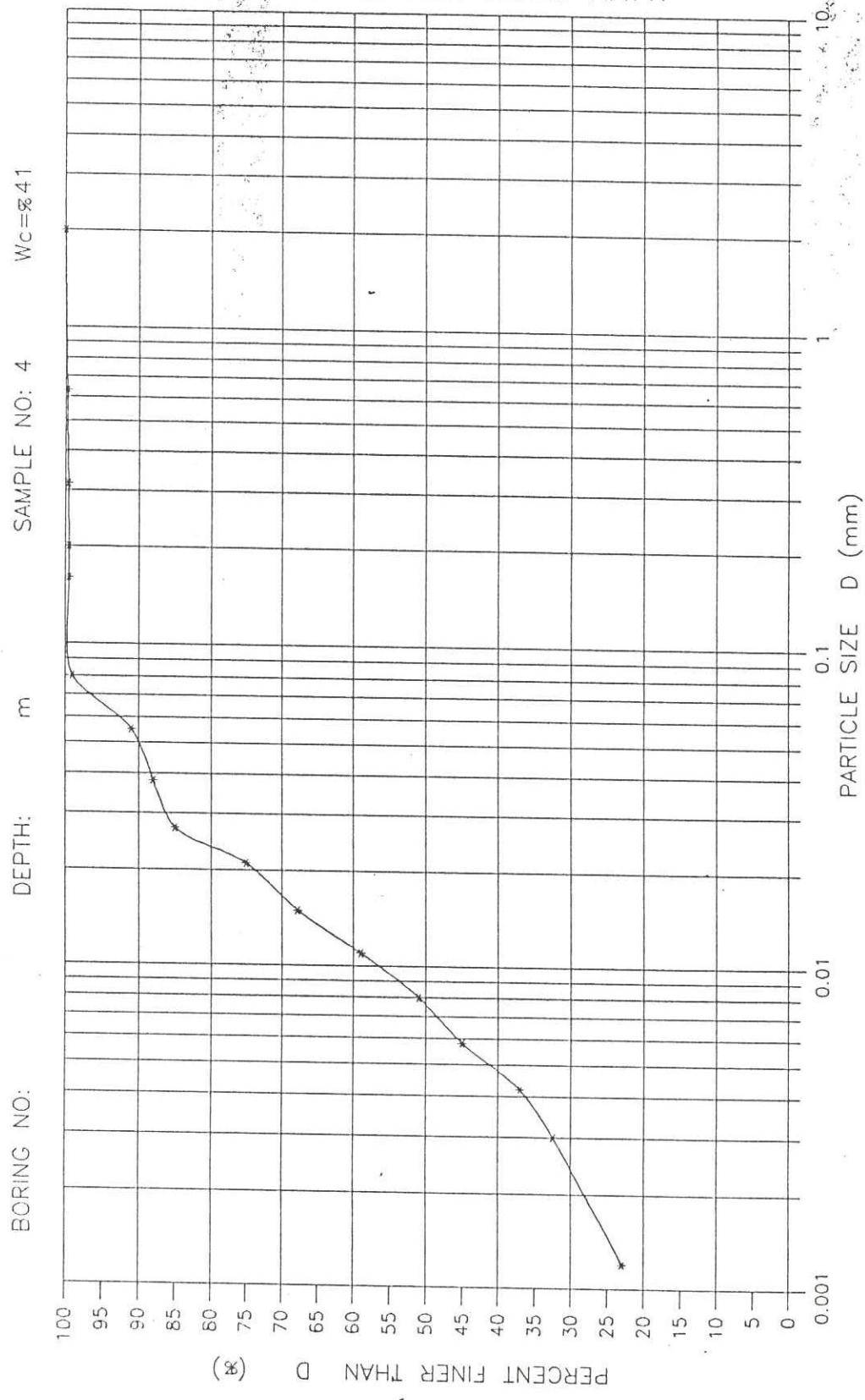
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % =

28

MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

PROJE

BOREHOLE: 4

SONDAJ NO:

SAMPLE: 4

ÖRNEK NO:

DATE: 14/TEMMUZ/1995

TARIH

DEPTH:

DERİNLİK:

TEST: 1

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
70	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
80					
90					

TEST:2

0	7,0	0,0	0		
10	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	16,0	9,0	3,084	8,542	0,087
60	16,0	9,0	3,084	8,542	0,087
70	16,0	9,0	3,084	8,542	0,087
80	16,0	9,0	3,084	8,542	0,087
90					

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

24/TEMMUZ/1995

PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BÖRÜ HATTI

PROJE :

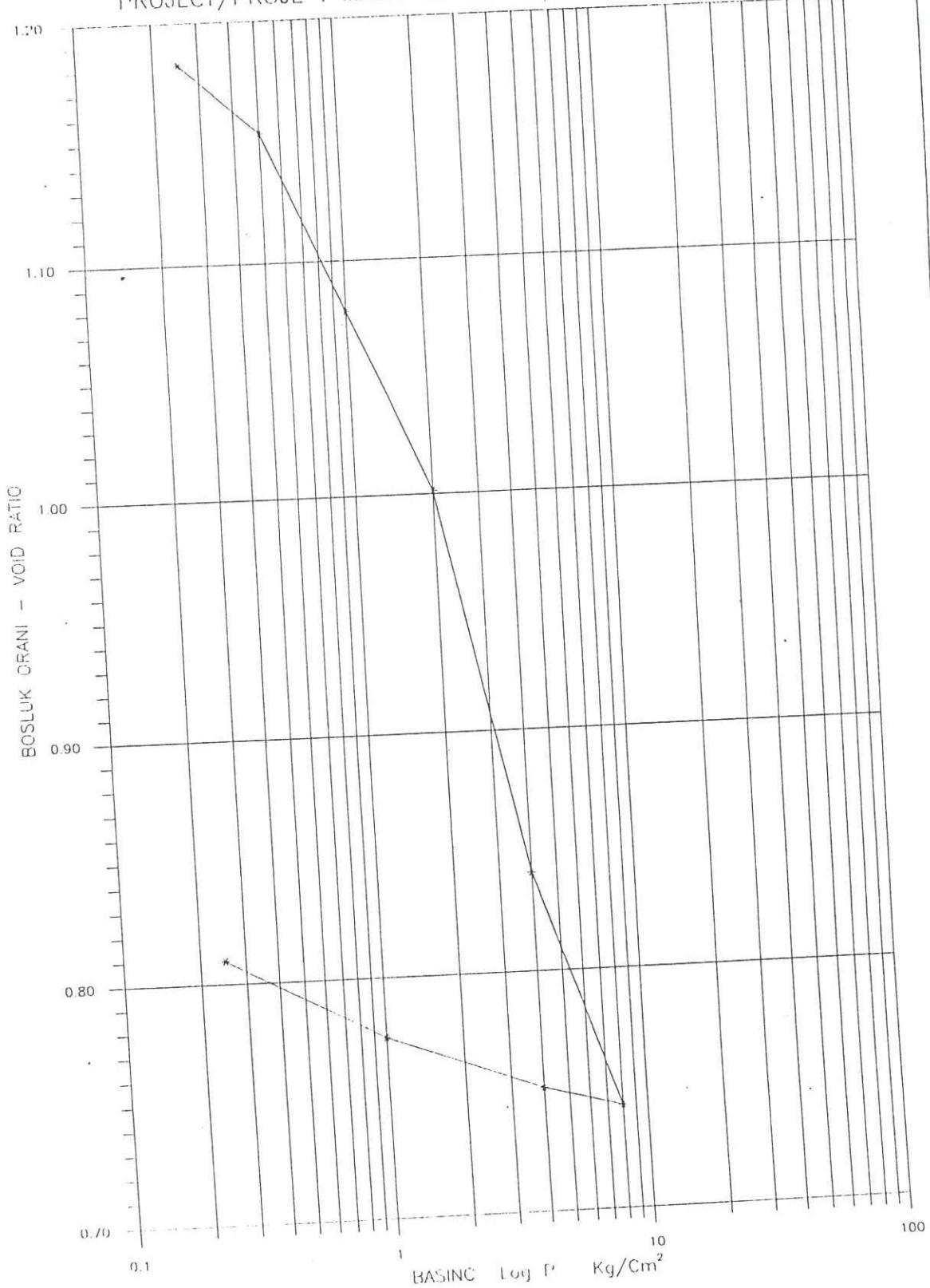
Ring no	Mass of ring + wet sample	Initial Büzgülüç Son	Final Büzgülüç Son	Borohole no:	Sample no:	DATE/TARİH:
Halka no	Yaz örnök+halka ağırlığı			Sondaj no:	Örnök n	
internal diameter of ring Halka iç çapı	15 cm	15 g	184,00 g	170,00	Kata tanelerin eşdeğer yükseklüğü Initial bulk density	240=W/G <sub>o</sub> A mm
Mass of ring+soil Halka iç ağırlığı	6,35 g	9 g	149,50 g	149,50	Bağlantıdaki yağ birim ağırlığı Initial Dry density $\gamma_d = 100 & 1/m^3$	1,745 g/ml
Mass of ring Halka ağırlığı	1,669 g	9 g	79,00 g	79,00	Bağlantıdaki Kuru birim ağırlık Final Dry density $\gamma_d = 100 & 1/m^3$	1,172 g/ml
Initial height of specimen Örnekin başlangıç kalınlığı	2H <sub>0</sub> mm	1,9 cm	34,50 cm	20,50 cm	Test sonundaki Kuru birim ağırlık Initial degree of saturation	1,503 g/ml
Initial volume of specimen Örnekin başlangıç hacmi	V <sub>0</sub> ml	60,171 g	70,50 g	70,50	Initial degree of saturation	5r1 %
Specific gravity solid particles Zer - 285.95 - 285.95	G <sub>s</sub>	Moisture content Su içeriği	m%	29%	Final degree of saturation	5r2 %
	2,720	%	49%		Test sonundaki doygunluk	100 %

Applied pressure Uygulanan basınç kg/cm <sup>2</sup>	Pressure Increment Basing kademesi $\Delta P$ kg/cm <sup>2</sup>	Final dial reading Son siklama okuması.	Dial change Siklama $\Delta h$	Height of specimen Örnekleniği 2H=2H <sub>0</sub> -Δh	Void ratio Boşluk oranı $e=2H_0/2H$	Change in void ratio Boşluk oranı değişimi $\Delta e$	Coff. of compres. Sıkışma katsayı $mv=\Delta e/\Delta p$	Coff. of volume ch. Sıkışma katsayı $t_{90}$	Fitting time Etkime süresi $t_{90}$	Coff. of consolidation Konsolidasyon katsayı $t_{90}$	Permeability mv=C <sub>v</sub> w k cm <sup>2</sup> /sec
0,00	0	100	1,14	17,8600	9,676	1,3215	0,1393	0,5572	0,2400		
0,25	0,25	214	0,235	17,6250	9,441	1,1822	0,0287	0,1149	0,0526		
0,50	0,25	237,5	0,615	17,0100	8,8257	1,1535	0,0751	0,1503	0,0698		
1,00	0,50	299	0,63	16,3600	8,1957	1,0014	0,0770	0,0770	0,0370		
2,00	1,00	362	1,315	15,0650	6,8807	0,1607	0,0803	0,0401			
4,00	2,00	493,5	0,8	14,2650	6,0807	0,0977	0,0244	0,0133			
8,00	4,00	573,5	-0,073	14,3380	6,1537	0,7430					
4,00	8,00	566,2	-0,19	14,5280	6,3437	0,7519					
1,00	4,00	547,2	-0,282	14,8100	6,6257	0,7751					
0,25	1,00	-0,75	519	-5,19	0,8096						

*Ö. Turgay ALTINDAROĞLU  
Geoloji Y. Müh.*



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borehole no:  
Sondaj no:

Sample no:  
Ornek no: 4 Depth :

Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



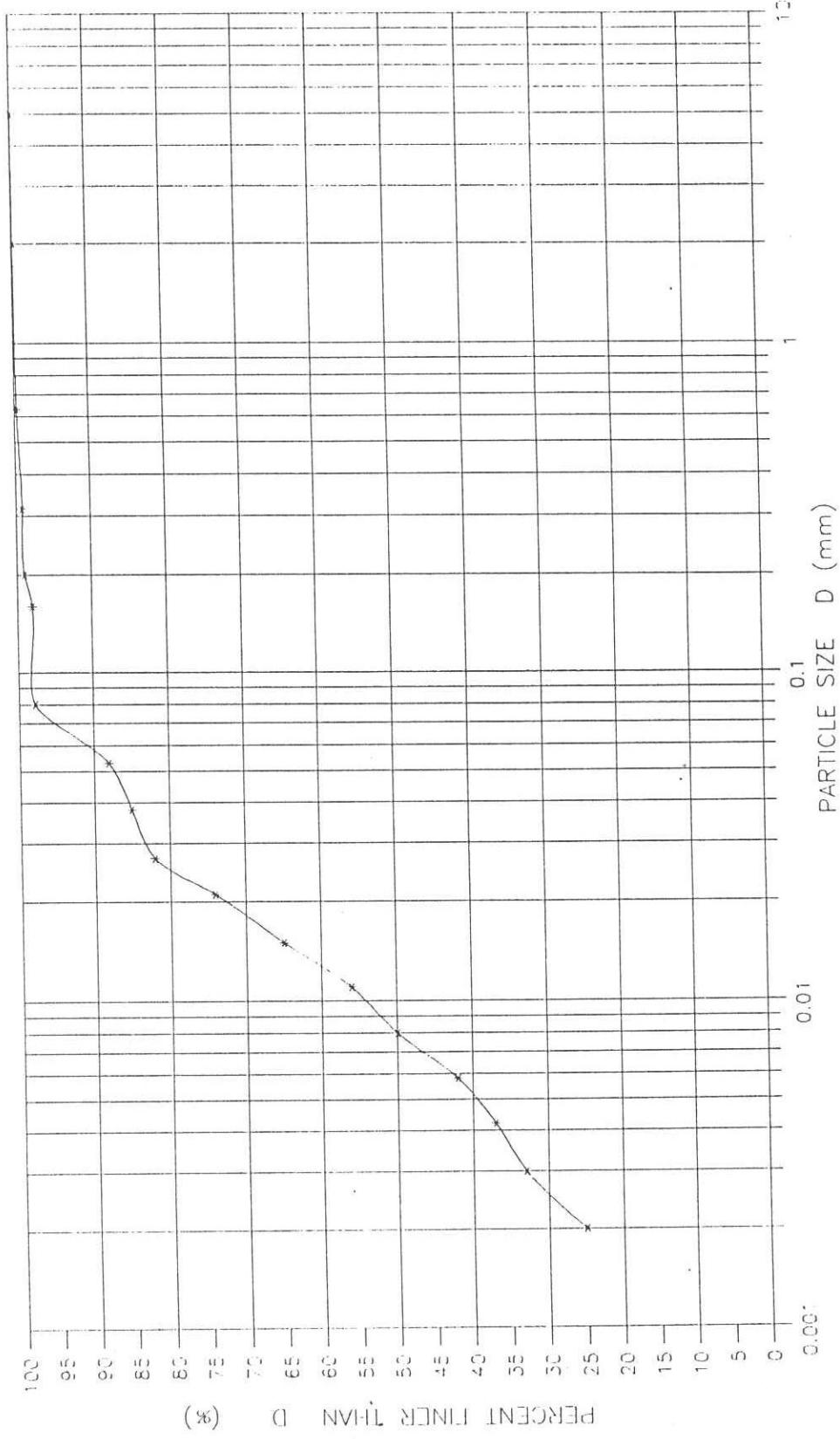
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 25

MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı

BORING NO: 5      SAMPLE NO: 5       $\eta_c = \text{K}^{5.7}$



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

PROJE:

BOREHOLE:

5

SAMPLE:

5

SONDAJ NO:

DATE: 14/TEMMUZ/1995

TARIH

DEPTH:

DERİNLİK:

TEST: 1

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		NPa	kg/cm <sup>2</sup>
0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
70					
80					
90					

TEST: 2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70					
80					
90					

TEST : 3

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80					
90					

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

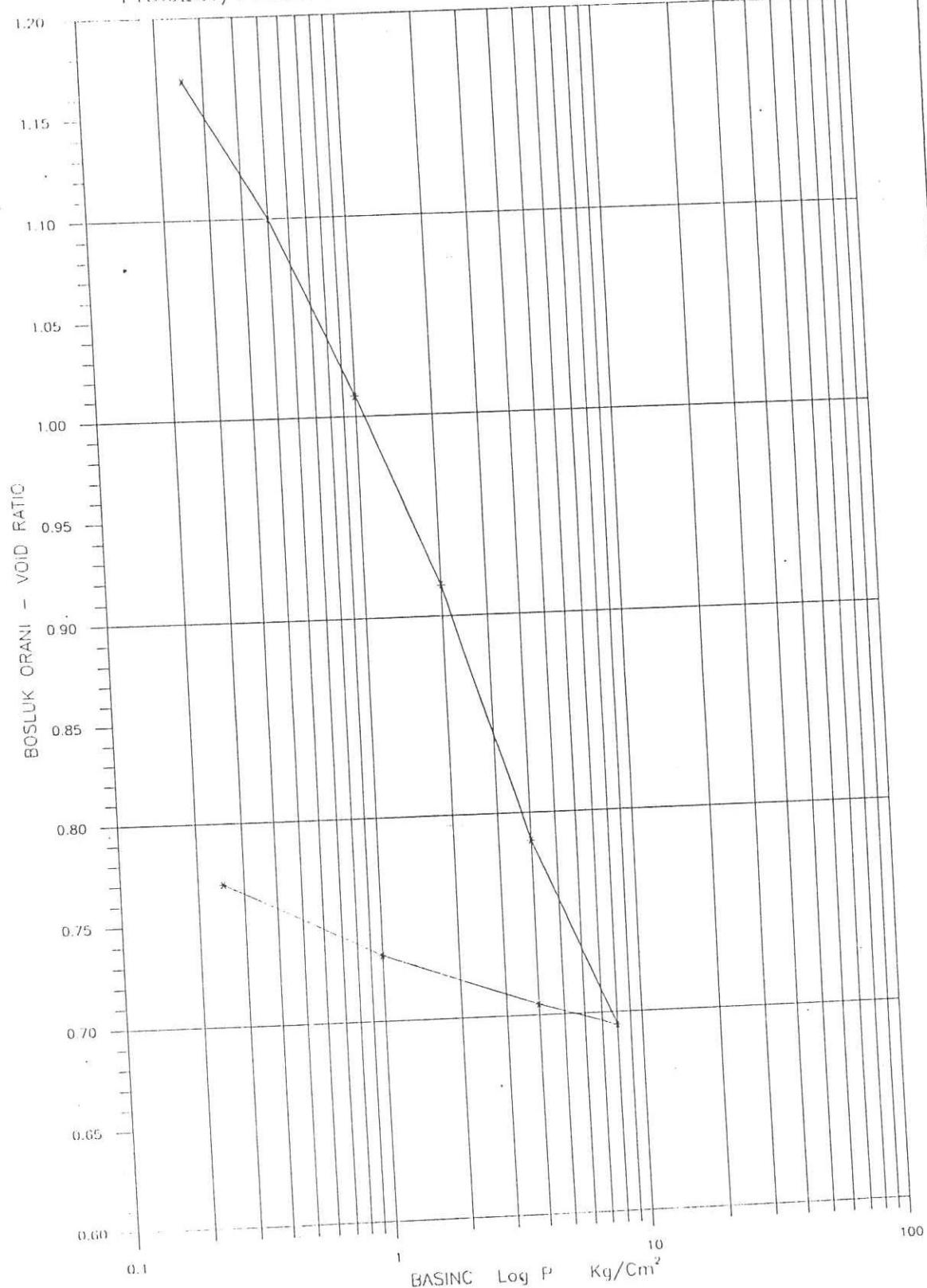


CONSOLIDATION TEST						KONSOLIDASYON DENEYİ						DATE/TARIH:					
PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI			ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI			Initial Borehole no: Örnek no: Sample no: 5			Final Borehole no: Sondaj no: Sample no: 5			Sample depth: 2Hc=N/G * h mm			Depth: 5 mm		
PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI	ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI	Ring no	14	Mass of ring + wet sample Yaz Örnek+halka ağırlığı	g	Initial Borehole no: Sondaj no: 182,70	Final Son	Sample no: Örnek no: 168,50	Equivalent height of solid Kotu tanelerin eşdeğer yükseliği	mm	5	Depth: 5 mm	2Hc=N/G * h	5	Depth: 5 mm	2Hc=N/G * h	5
Proj. no		Internal diameter of ring	cm	Mass of ring-dry soil Kuru örnek+ halka ağırlığı	g	147,70	147,70	147,70	Initial bulk density Bağlantıdaki yoğunluk ağırlığı	g/ml	1,730						
Halka iç. alemi		Halka iç. çapı	cm <sup>2</sup>	Mass of ring Halka ağırlığı	g	78,60	78,60	78,60	Initial Dry density Bağlantıdaki kuru birim ağırlığı	g/ml	1,148						
Area of ring*	A	Initial height of specimen	mm	Mass of moisture Su ağırlığı	g	35,00	35,00	20,80	Test sonundaki kuru birim ağırlık Bağlantıdaki kuru birim ağırlığı	g/ml	1,531						
Halka iç. alemi		Initial height of specimen	mm	Mass of dry soil Mass of dry soil	W <sub>d</sub>	69,10	69,10	69,10	Initial degree of saturation Bağlantıdaki doygunluk derecesi	%	100						
Önceden bağıltı kalınlığı	V <sub>d</sub>	Initial volume of specimen	ml	60,171 Kuru örnek ağırlığı	g	69,10	69,10	69,10	Final degree of saturation Test sonundaki doygunluk	%	100						
Örnekten bağıltı hacmi	G <sub>s</sub>	Specific gravity solid particles	Z=2,710 Su içeriği	Moisture content % Z=2,710 Su içeriği	m	51%	51%	30%	Test sonundaki doygunluk Doygunluk %								
Permeability																	
Applied pressure Uygulanan basıncı	Kg/cm <sup>2</sup>	Final dial reading Basing kademesi $\Delta p$	N	Dial change Sıkılaşma okuması. $\Delta h$	Height of specimen Örnek kalınlığı $2H = 2H_0 - \Delta h$	Void ratio Boşluk oranı $c = 2H_0 / 2H$	Change in void ratio Boşluk oranı $c = 2H_0 / 2H_0 - \Delta c$	Coff. of compr. Sıkışma katsayı $mv = \Delta v / \Delta p$	Coff. of volume ch. Boşluk oranı $t_{30}$	Coff. of volume ch. Boşluk oranı $t_{50}$	Coff. of volume ch. Boşluk oranı $t_{30}$	Coff. of volume ch. Boşluk oranı $t_{50}$	Coff. of consolidation Konsolidasyon kat sayısı $t_{30}$	Coff. of consolidation Konsolidasyon kat sayısı $t_{50}$	mv <sup>2</sup> Cv <sup>2</sup> N <sup>2</sup>	k	cm <sup>2</sup> /sec
0.00	0	0.25	254.2	0.543	16,9150	8,864	1,1683	0,0674	0,2698	0,1244			197H2	B4-B1H2			
0.25	0.25	0.25	308.5	0.705	16,2100	8,1586	1,0133	0,0876	0,1751	0,0834			t <sub>30</sub>	t <sub>50</sub>			
0.50	0.50	0.50	379	0.79	15,4200	7,3686	0,9152	0,0981	0,0981	0,0487							
1.00	1.00	1.00	458	1.04	14,3800	6,3286	0,7860	0,1292	0,0646	0,0337							
2.00	2.00	2.00	562	0.745	13,6350	5,5836	0,6935	0,0925	0,0231	0,0130							
4.00	4.00	4.00	636.5	-0.095	13,7300	5,6786	0,7053										
8.00	-4.00	-4.00	627	-0.22	13,9500	5,8986											
4.00	-3.00	605	-0.3		14,2500	6,1986	0,7326										
1.00	-0.75	575	-5.75				0,7699										
0.25																	

B.Turgay ALEM/ARŞİF  
Jeloloji Y. Müh.



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

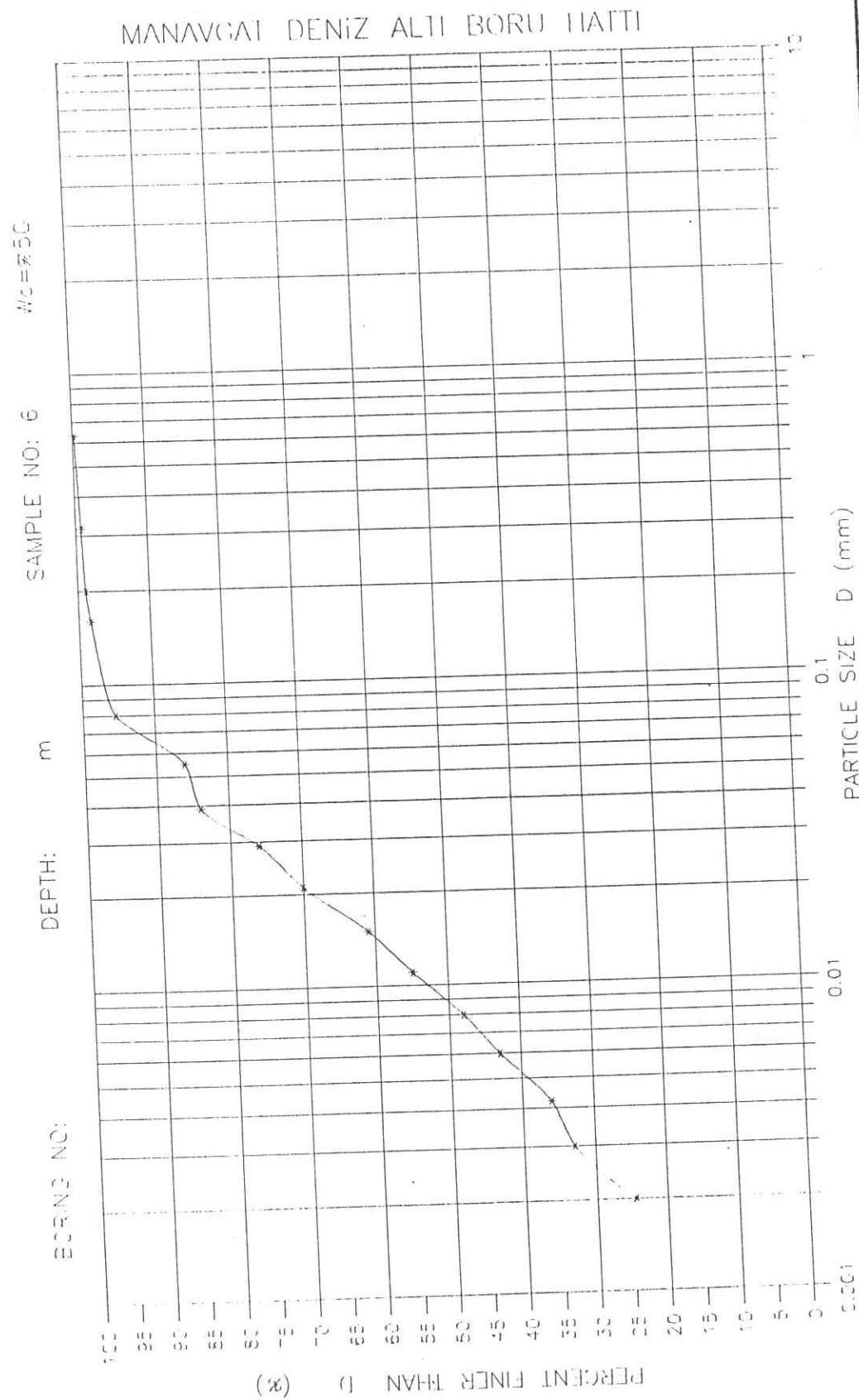


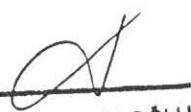
Borehole no:  
Tondaj no:

Sample no:  
Ornek no: 5

Depth:  
Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Geoloji Y. Müh.



  
 B.Turgay ALEMDOĞLU  
 Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

PROJE

BOREHOLE: 6

SAMPLE: 6

DATE: 14/TEMMUZ/1995

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

TARİH

DEPTH:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Saniye)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm²

TEST: 1

0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
80	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059

TEST:2

0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,5	5,0	1,768	4,897	0,050
30	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
40	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
50	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
60	16,0	9,5	3,248	8,997	0,092
70	17,0	10,5	3,577	9,909	0,101
80	18,0	11,5	3,906	10,820	0,110
90	18,0	11,5	3,906	10,820	0,110
100	18,0	11,5	3,906	10,820	0,110

TEST :3

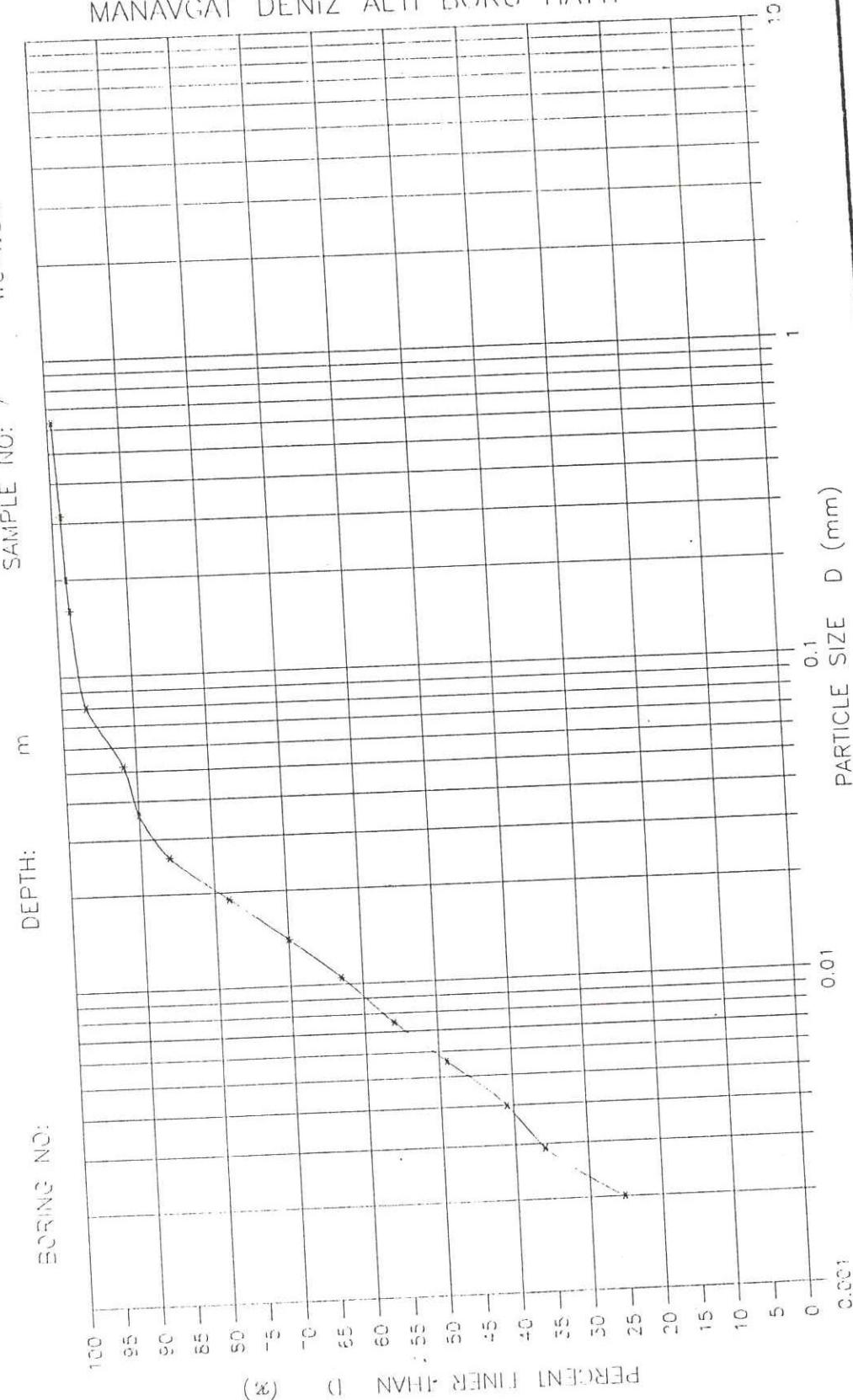
0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeotekji Y. Müh.

METU SOIL MECHANICS LABORATORY ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI	SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ	CLAY-KIL % = 25
	V/C = % 25	

MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARIH

BOREHOLE: 7

DEPTH:

SONDAJ NO:

SAMPLE: 7

DERİNLİK:

ÖRNEK NO:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm²

TEST: 1

	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,5	4,5	1,603	4,442	0,045
30	11,5	5,5	1,932	5,353	0,055
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	13,5	7,5	2,590	7,175	0,073
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
90	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
40	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
50	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
60	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
70	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
80					
90					

TEST :3

0	7,0				
10	9,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
30	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
40	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
50	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
60					
70					
80					
90					

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

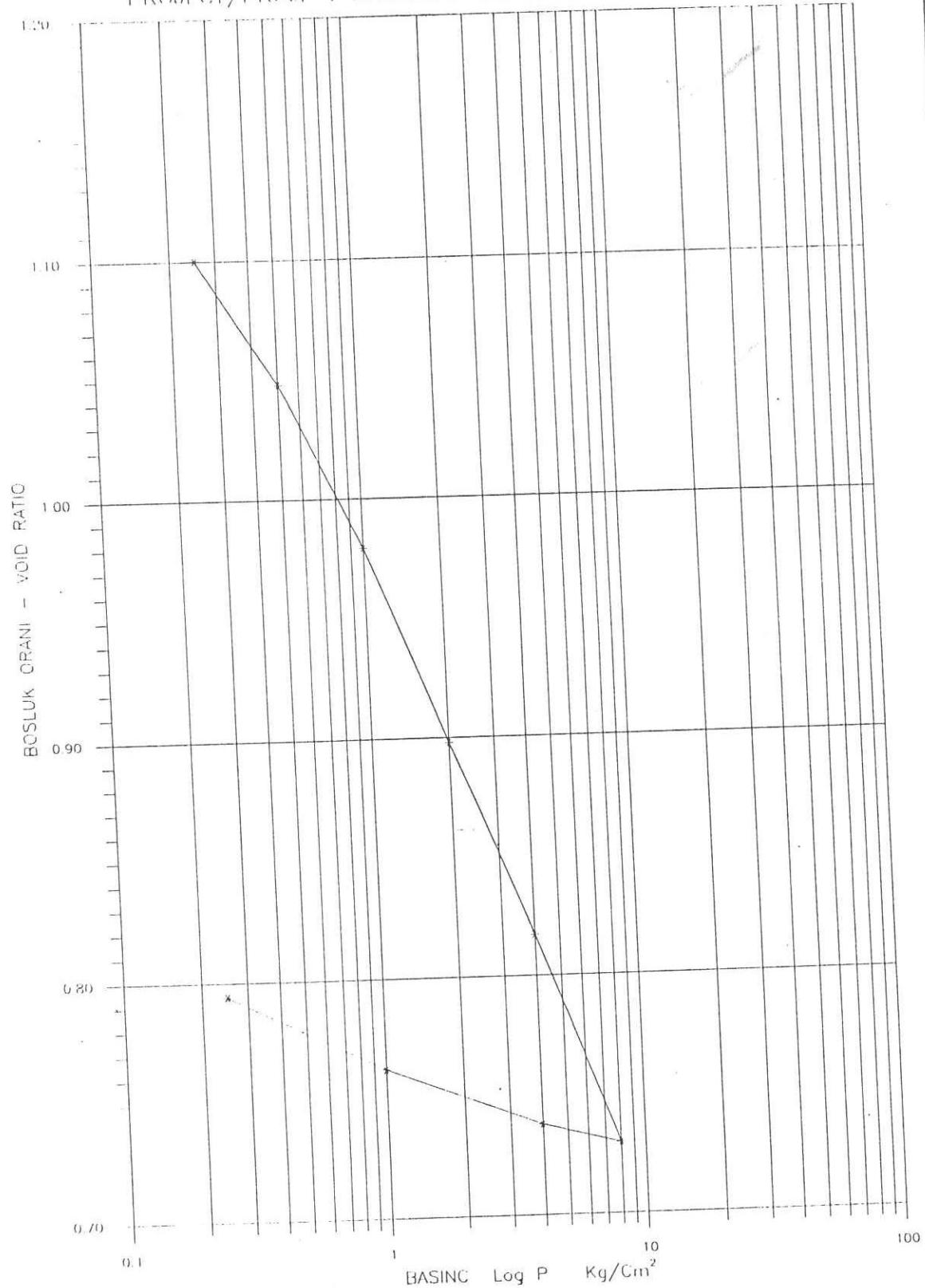
DATE/TARİH:  
18/TEMMUZ/1995

PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI			CONSOLIDATION TEST			KONSOLIDASYON DENEYİ			DATE/TARİH:		
PROJE :	MAVİ GÖL		Initial Borolongıç	Final Son	Borehole no:	Sample no:	Örnek n	7	Sample depth:	$2H_0/N_c/G_c \cdot k$	mm
Ring no	2	Mass of ring + wet sample Yazış Örnek + halka ağırlığı :	9	620,50	611,40	Katı tanelerin egdeğeri yükselişliği					8,583
Halka no		Mass of ring+ dry soil Yazış Örnek + halka ağırlığı :	9	590,00	590,00	İnital bulk density					1,755
Internal diameter of ring Halka iç çapı	cm	6,35	Kuru Örnek + halka ağırlığı Mass of ring	9	514,90	Bağlantıdaki yaş birim ağırlığı Initial Dry density	$\gamma_b = 100\Delta z / 1 + ml$	g/ml			1,248
Area of ring Halka iç alanı	$\text{cm}^2$	31,669	Halka ağırlığı Mass of moisture	9	30,50	Bağlantıdaki Kuru birim ağırlık Final Dry density	$\gamma_d = 100\Delta z / 1 - ml$	g/ml			1,540
Initial height of specimen Örnekin başlangıç kalınlığı	mm	2H1	Su ağırlığı Mass of dry soil	W <sub>d</sub>	75,10	Test sonundaki Kuru birim ağırlık Initial degree of saturation	$\text{Sr}_1$	%			92
Initial volume of specimen Örnekin başlangıç hacmi	$\text{cm}^3$	$V_c$	Kuru örnek ağırlığı Moisture content	g	41%	75,10	Initial degree of saturation	$\text{Sr}_2$	%		100
Specific gravity of solid particles Zemindeki toz parçacıkları yeşil ağırlık yesili ağırlık	$G_c$	2,763	Su ağırlığı 2,763		28%	Test sonundaki doygunluk Final degree of saturation					
Applied pressure Uygulanan basing basing $\Delta p$	Kg/cm <sup>2</sup>	Final dial reading Son sikisma okuması.	Dial change Sikisma $\Delta h$	Height of specimen Örnek kalınlığı $2H = 2H_1 - \Delta h$	Void height Boşluk yük. $e = 2H_1 / 2H_0 - 2H$	Void ratio Boşluk oranı $e = 2H_1 / 2H_0 - 2H$	Change in void ratio Sıkışma değişimini $\Delta e = \Delta e / \Delta p$	Coff. of compression, Sıkışma katsayı $m = \Delta e / \Delta p$	Coff. of volume ch., Hacimelik etkisi $t_{50}$	Fitting time Etkime süresi $t_{50}$	Coff. of consolidation Konsolidasyon katsayı $t_{50}$
0	0	100	0,975	18,0250	9,442	1,1002	0,0524	0,4544	0,2053	$\frac{197,12}{t_{50}}$	
0,25	0,25	197,5	0,45	17,5750	8,992	1,2138	0,1136	0,2097	0,0599		
0,50	0,25	242,5	0,585	16,9900	8,4073	1,0477	0,0682	0,1363	0,0666		
1,00	0,50	301	0,7	16,2900	7,7073	0,9796	0,0816	0,0816	0,0412		
2,00	1,00	371	0,695	15,5950	7,0123	0,8980	0,0810	0,0405	0,0213		
4,00	2,00	440,5	0,745	14,8500	6,2673	0,868	0,0217	0,0119			
8,00	4,00	515	-0,07	14,9200	6,3373	0,7302	-	-	-		
4,00	-3,00	487	-0,21	15,1300	6,5473	0,7384					
1,00	-0,75	460	-4,6	15,4000	6,8173	0,729					
0,25											

B.Turgay ALEM DARDOGU  
Jenofit Y. Msc.

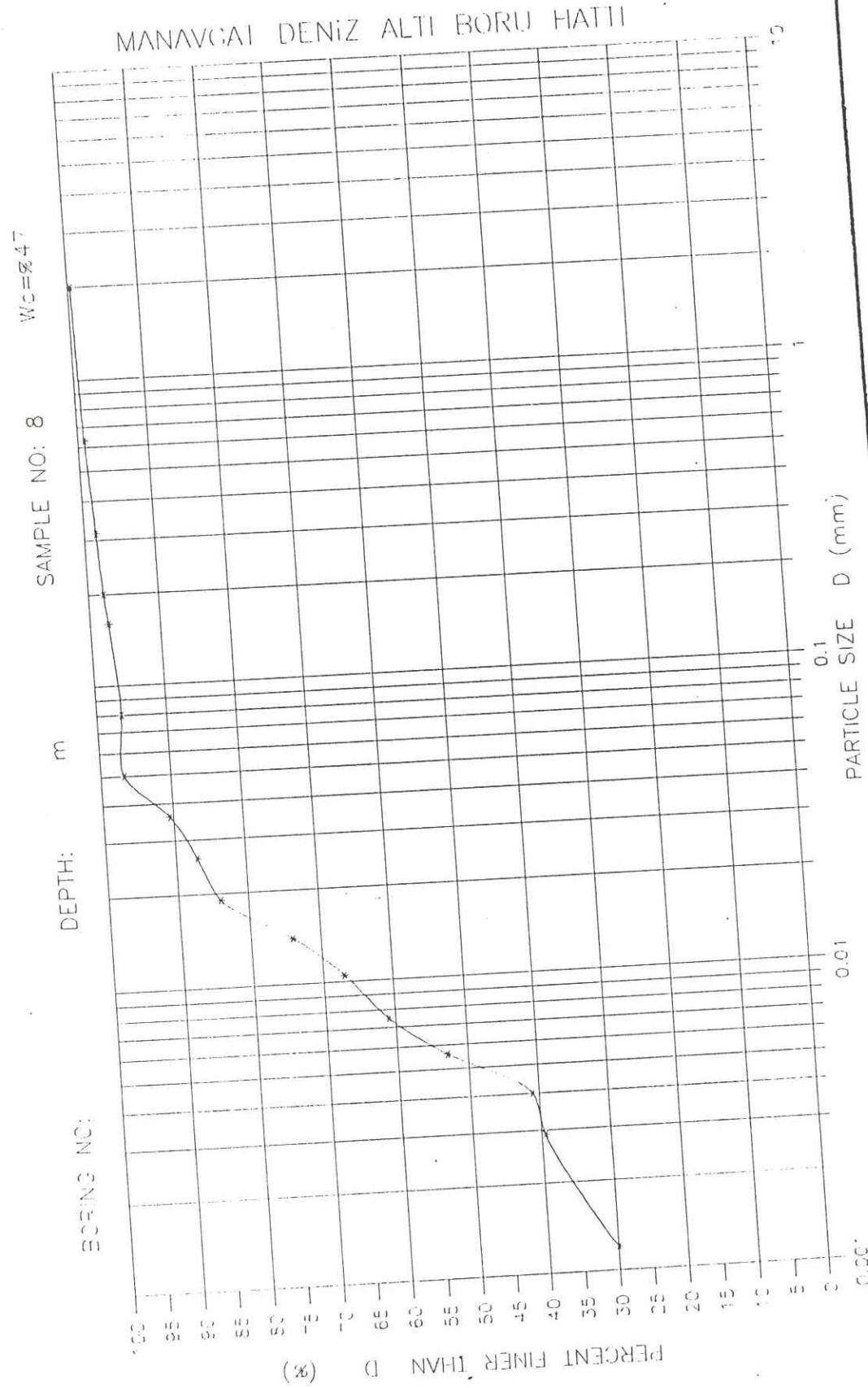


PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borehole no: Sample no: Depth :  
Borodaj no: Örnek no: 7 Derinlik:

B. Turgay ADEMBAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



B.Turgay ALEMDA  
Jeoloji Y.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE:

8

SAMPLE:

8

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sü.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
40	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
60	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
90					

TEST:2

	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	8,0	0,0	0		
10	11,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	13,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
40	16,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	17,0	9,0	3,084	8,542	0,087
60	18,0	10,0	3,413	9,453	0,096
70	19,0	11,0	3,741	10,364	0,106
80	19,0	11,0	3,741	10,364	0,106
90	19,0	11,0	3,741	10,364	0,106

TEST :3

	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	6,0				
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
60	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80					
90					

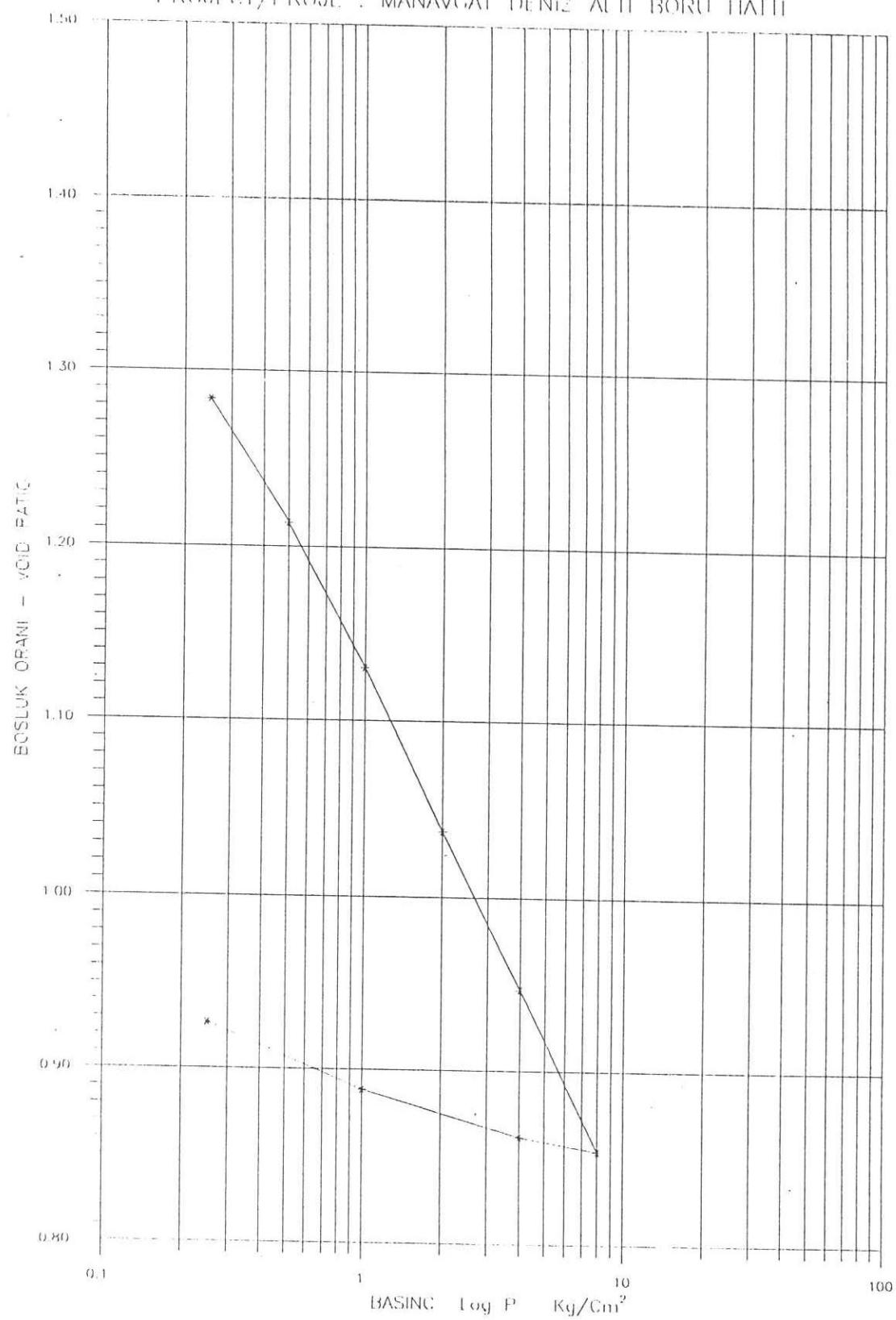


B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI		CONSOLIDATION TEST		KONSOLIDASYON DENEYİ		DATE/TARIH:		
METU SOIL MECHANICS LABORATORY ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI		Initial Borongılıg	Final Son	Borehole no: Sondaj no:	Sample no: Örnek n	Sample depth: $2H_0 = W/G_s \cdot h$ mm		
PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI		Mass of ring + wet sample	9	623,50	610,00	Kontanelerin eğdeğeri yüzeyseldeği		
PROJE :		7	Yaz örnek + halka ağırlığı	9	588,40	Initial bulk density	g/ml	
Ring no		Mass of ring+dry soil	9	588,40	Baglantıdaki yağ birim ağırlığı	g/ml	1,700	
Halka no		6,35	Kuru örnek + halka ağırlığı	9	521,20	Initial Dry density	g/ml	1,117
Internal diameter of ring	cm	Mass of ring	9	521,20	Baglantıdaki kuru birim ağırlık	g/ml		
Halka iç çapı	cm	31,669	Halka ağırlığı	9	35,10	Final Dry density	g/ml	1,427
Area of ring	A	1,9	Mass of moisture	9	35,10	Test sonundaki kurum birim ağırlık	g/ml	98
Halka iç alanı	mm	Mass of dry soil	W <sub>0</sub>	67,20	Initial degree of saturation	%		
Initial height of specimen	mm	Kuru örnek ağırlığı	g	67,20	Baglantıdaki doygunluk derecesi	S <sub>0</sub> /2	100	
Örnekin baglantı kalınlığı		Moisture content	ml	52%	Final degree of saturation	%		
Initial volume of specimen	V <sub>0</sub>	Örnekin baglantı hacmi	G <sub>0</sub>	2,750	32% Test sonundaki doygunluk			
Specific gravity of solid particles	Zem = 2,65 yz = 1,00	2,750	Sıvıgenliği					
Applied pressure	Pressure Increment	Final dial reading	Dial change	Height of specimen	Void ratio	Coff. of compres.	Coff. of consolidation kat sayısı	
Uygulanan təsəng	Basing kefəməsi ΔP	Son sıkışma okuması.	ΔH	Ör.kalınlığı $2H_0 = 2H_1 - \Delta H$	Bölgük oranı $e = 2H_0/2H_1$	Sıkışma katayı	$\frac{B+G}{H_2}$ · H <sub>2</sub>	
kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>			19	11,284	$\Delta e = \Delta e/\Delta p$	t <sub>90</sub>	
0,00	0,25	200	1,38	17,6200	9,904	0,1788	0,7154	
0,25	0,25	338	0,54	17,0800	9,364	0,1624	0,2905	
0,50	0,50	392	0,642	16,4380	8,7219	0,12835	0,1226	
1,00	1,00	456,2	0,718	15,7200	8,0039	0,0700	0,0752	
2,00	2,00	528	0,695	15,0250	7,3089	0,0832	0,1664	
4,00	4,00	669,8	0,723	14,3020	6,5859	0,0931	0,0437	
8,00	-4,00	663,5	-0,205	14,5700	0,9472	0,0937	0,0120	
4,00	-3,00	643	-0,295	14,3650	6,6459	0,0450	0,0221	
1,00	-0,75	613,5	-6,135	14,8650	7,1489	0,0234		
0,25				14,8265	0,9255			

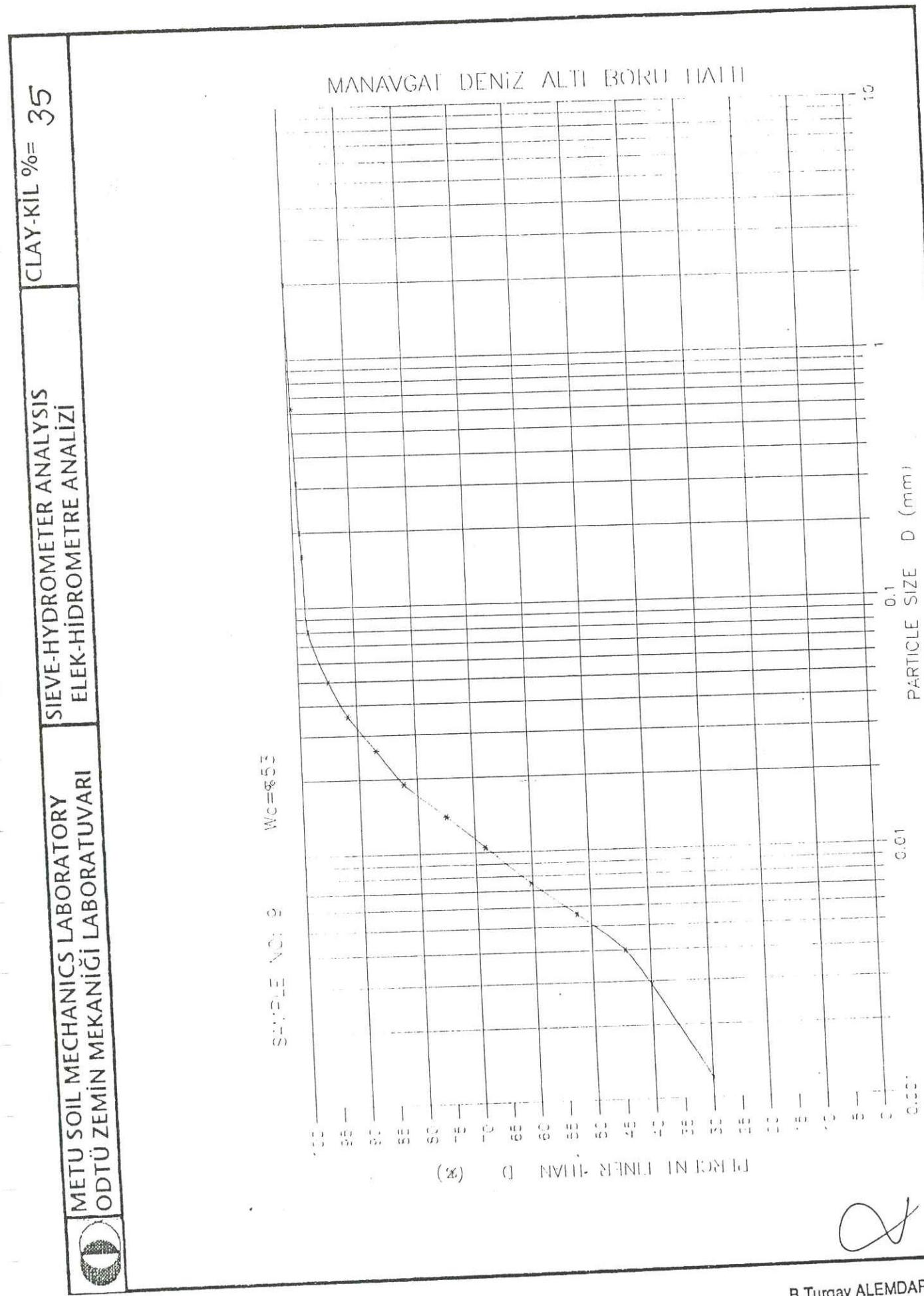


PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



\* Borehole no: Sample no: Depth:  
Sondaj no: Örnek no: 8 Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHIFAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 9

SAMPLE: 9

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHFİZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm²

TEST: 1

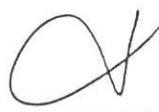
0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,5	4,5	1,603	4,442	0,045
40	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
80	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
90					

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
70	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
80	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
90					

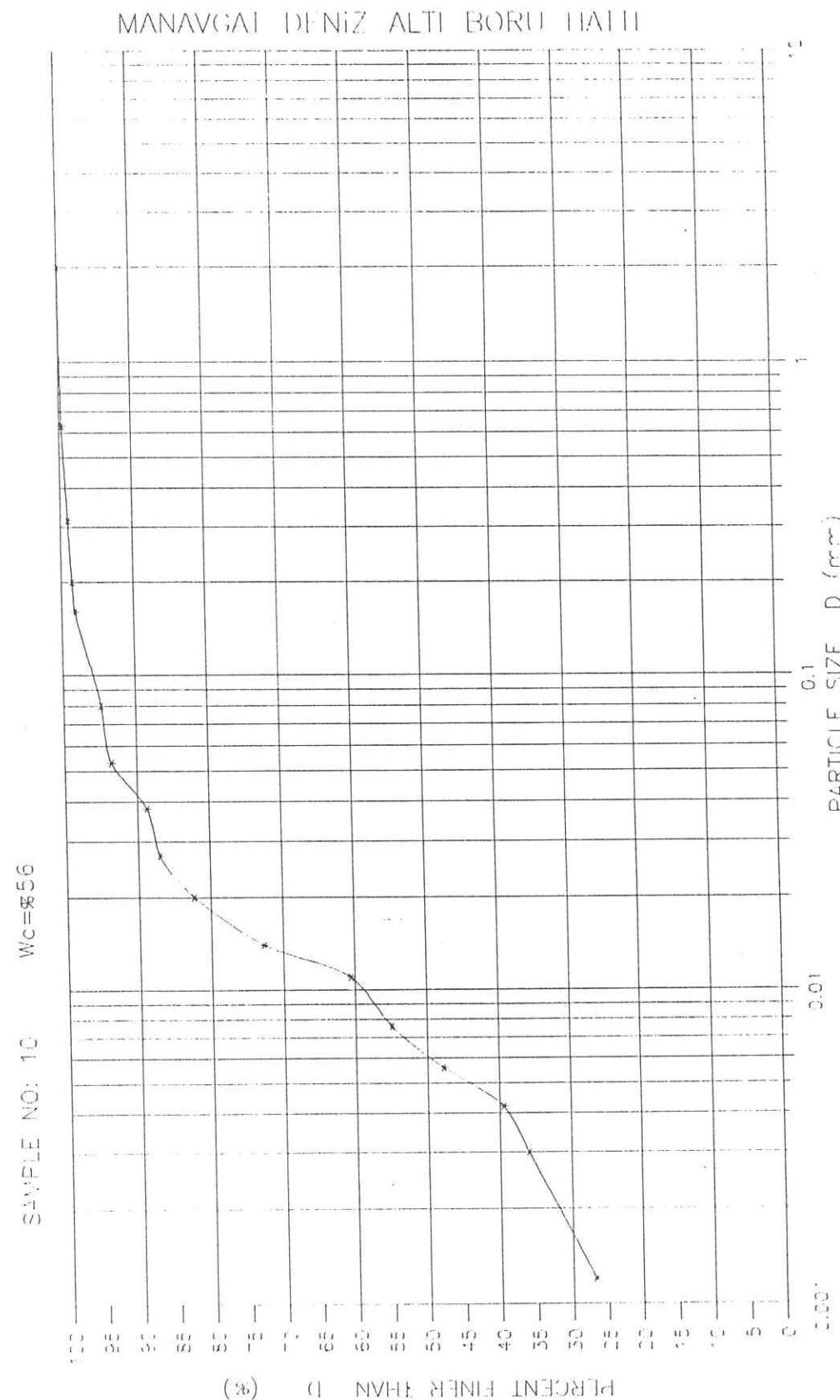
TEST :3

0	7,5				
10	10,0	2,5	0,946	2,619	0,027
20	11,0	3,5	1,274	3,530	0,036
30	12,0	4,5	1,603	4,442	0,045
40	13,0	5,5	1,932	5,353	0,055
50	13,0	5,5	1,932	5,353	0,055
60	13,0	5,5	1,932	5,353	0,055
70	13,0	5,5	1,932	5,353	0,055
80					
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

METU SOIL MECHANICS LABORATORY ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI	SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ
CLAY-KIL % = 32	



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.F.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 10

SAMPLE: 10

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sü.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

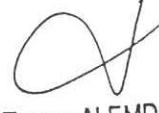
0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
70	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
80					
90					

TEST:2

0	7,0	0,0	0		
10	7,5	0,5	0,288	0,797	0,008
20	8,0	1,0	0,452	1,252	0,013
30	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
40	11,5	4,5	1,603	4,442	0,045
50	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
80	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
90					

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					



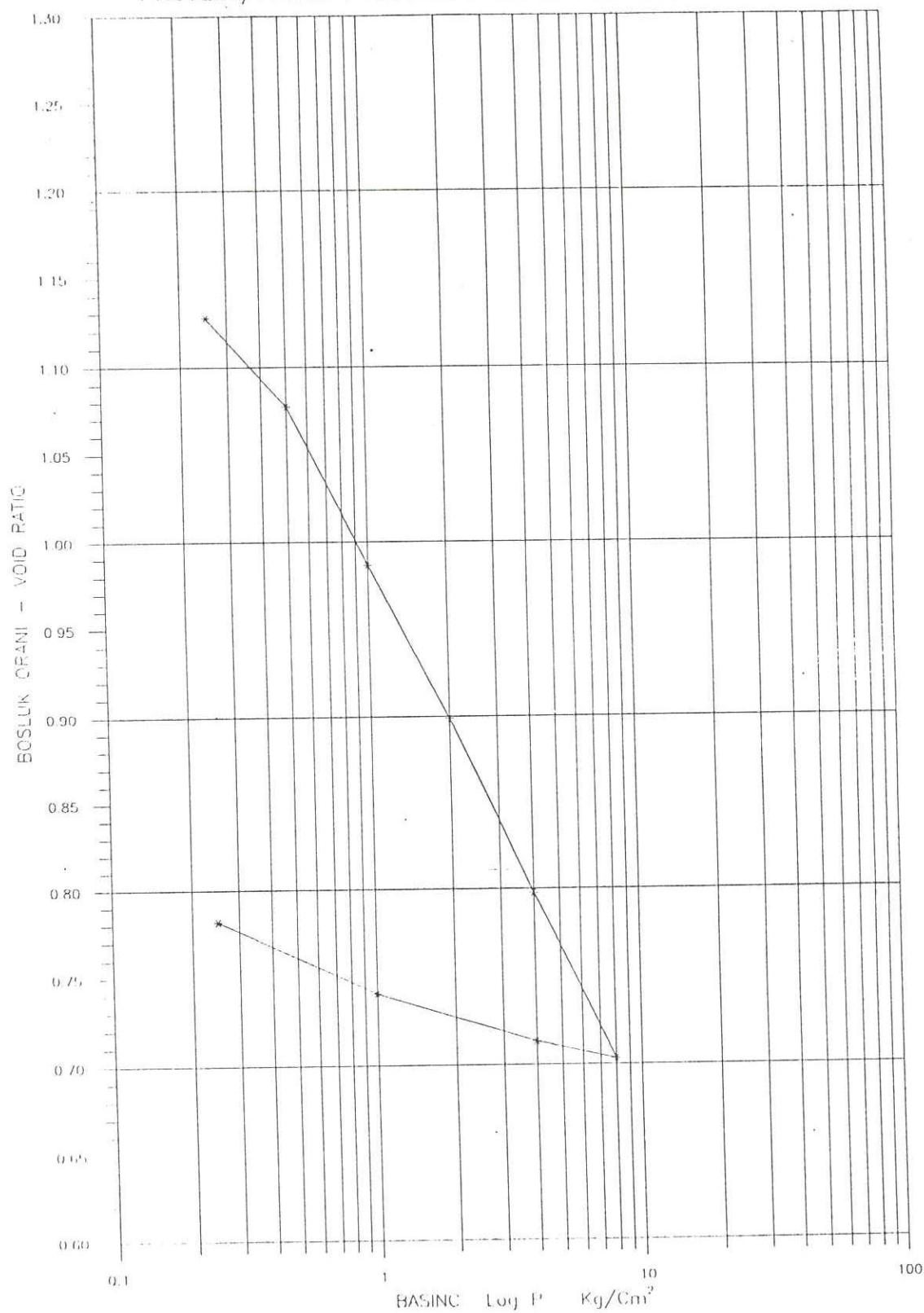
B. Turgay ALMDAROGLU  
Jeoloji Y. Müh.

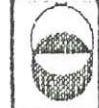


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
DÖRTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLİDAŞYON DENEYİ

## PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BÖRÜ HATTI

Borehole no:  
Sondaj no:Sample no:  
Örnek no: 10Depth:  
Derinlik:B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



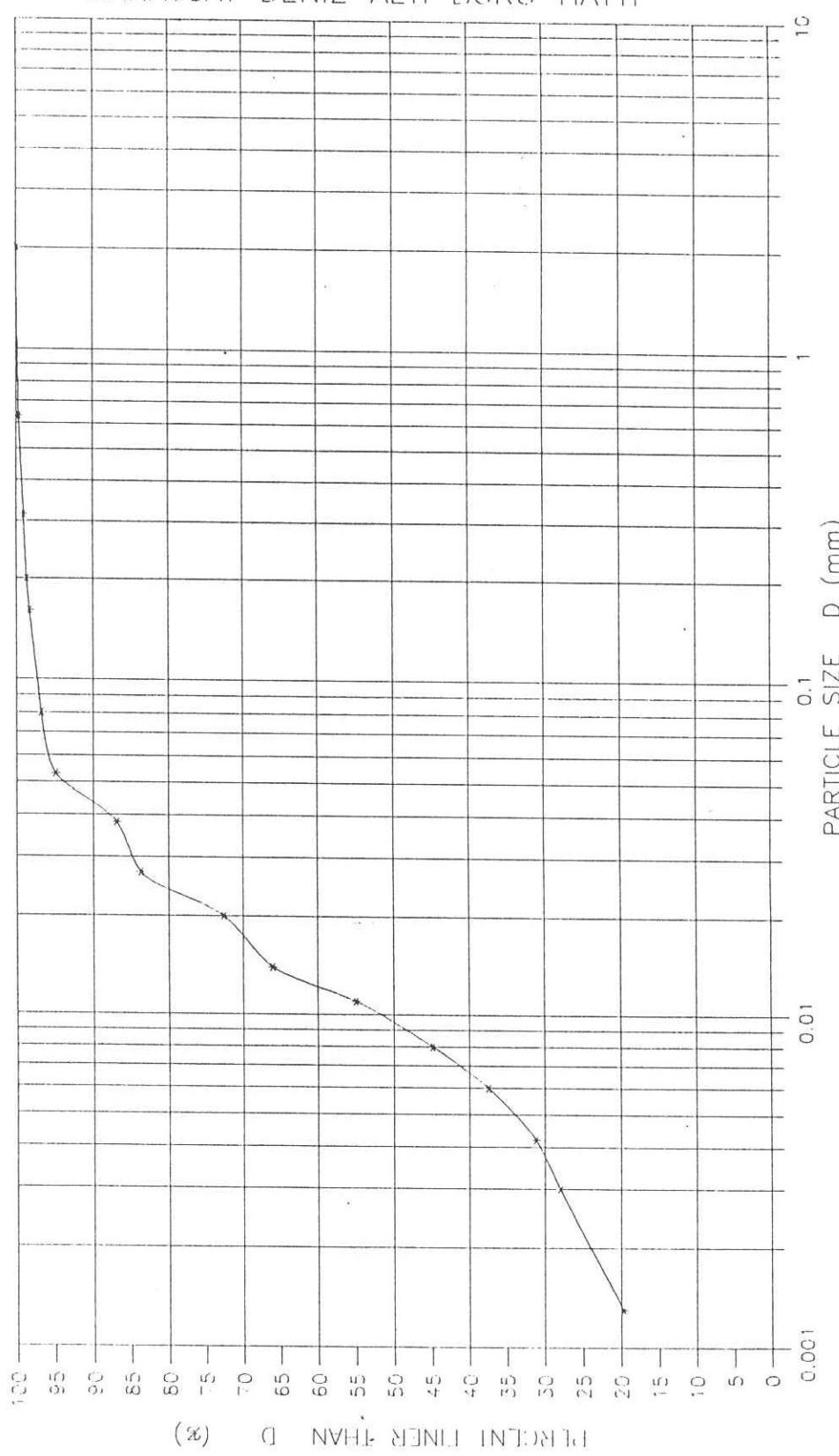
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 24

SAMPLE NO: 43

WC=53



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE:

TARİH

BOREHOLE: 13

SAMPLE: 13

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
40	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
80	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
90					

TEST: 2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	13,5	7,5	2,590	7,175	0,073
40	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
50	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
60	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
70	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
80	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
90					

TEST :3

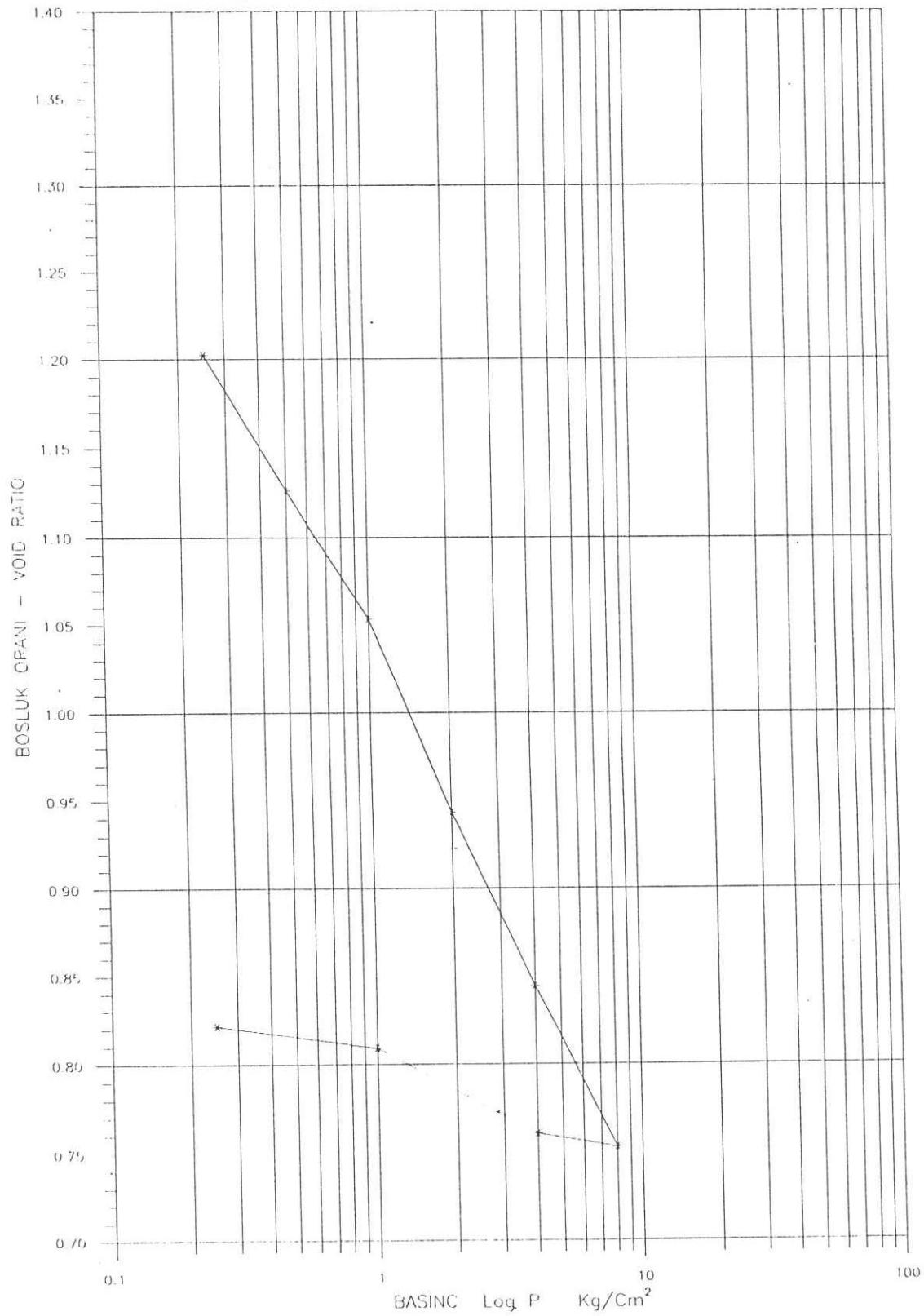
0	6,0				
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,5	5,5	1,932	5,353	0,055
30	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
40	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
50	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
60	17,0	11,0	3,741	10,364	0,106
70	18,0	12,0	4,070	11,275	0,115
80	18,0	12,0	4,070	11,275	0,115
90	18,0	12,0	4,070	11,275	0,115

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.





PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



• Borohole no.: Sample no.: Depth :  
Boruh no.: Örnek no.: 13 Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



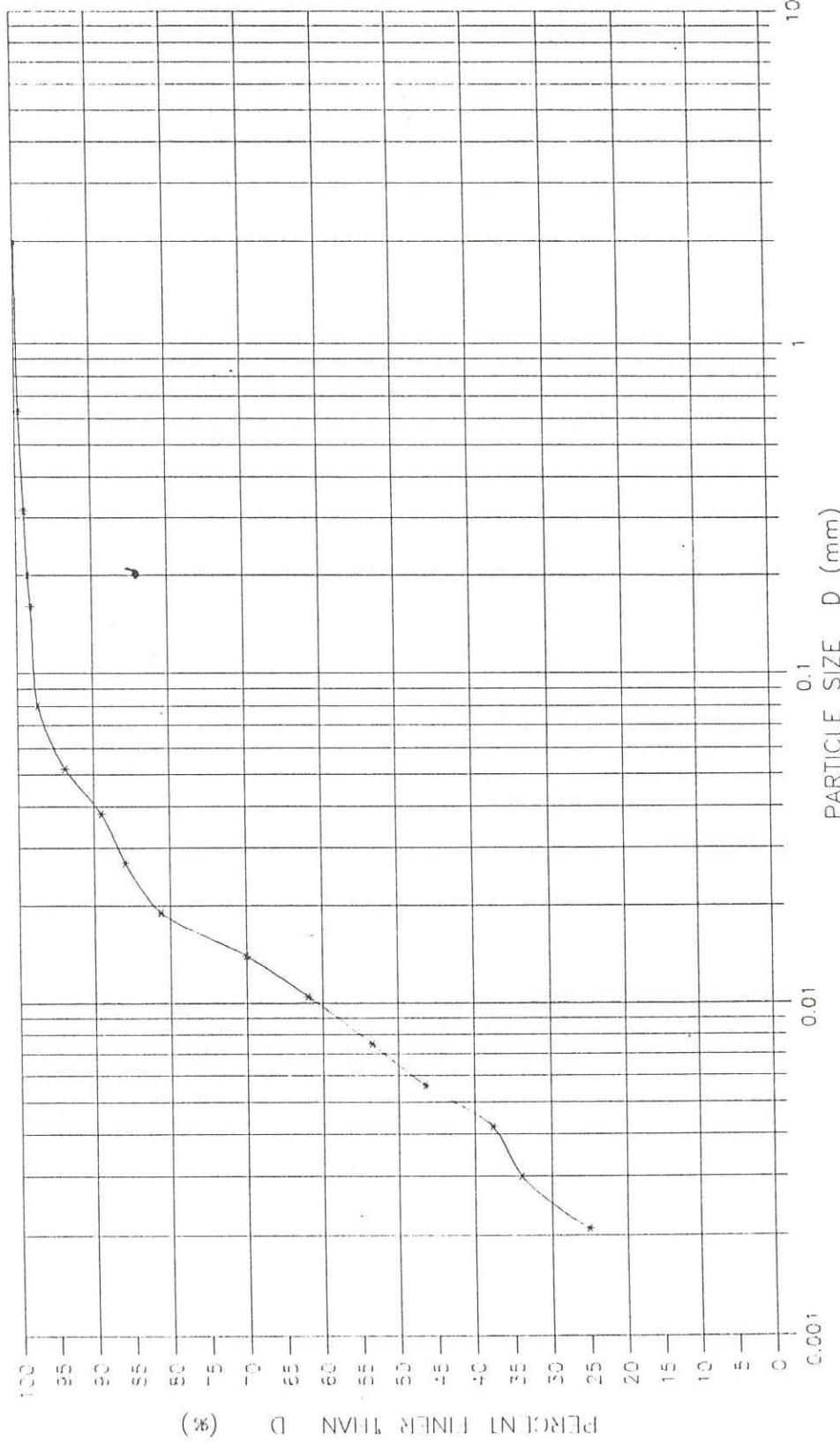
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 25

MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı

SAMPLE NO: 14       $W_c = 50$



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 14

DEPTH:

SONDAJ NO:

SAMPLE: 14

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sü.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm²

TEST: 1

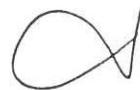
0	7,0	0,0	0		
10	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
30	11,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
90	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069

TEST:2

0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
30	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
40	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
50	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
60	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
70	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
80	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
90	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082

TEST :3

0	6,5				
10	9,0	2,5	0,946	2,619	0,027
20	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
30	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
40	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
50	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
60	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
70	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
80					
90					

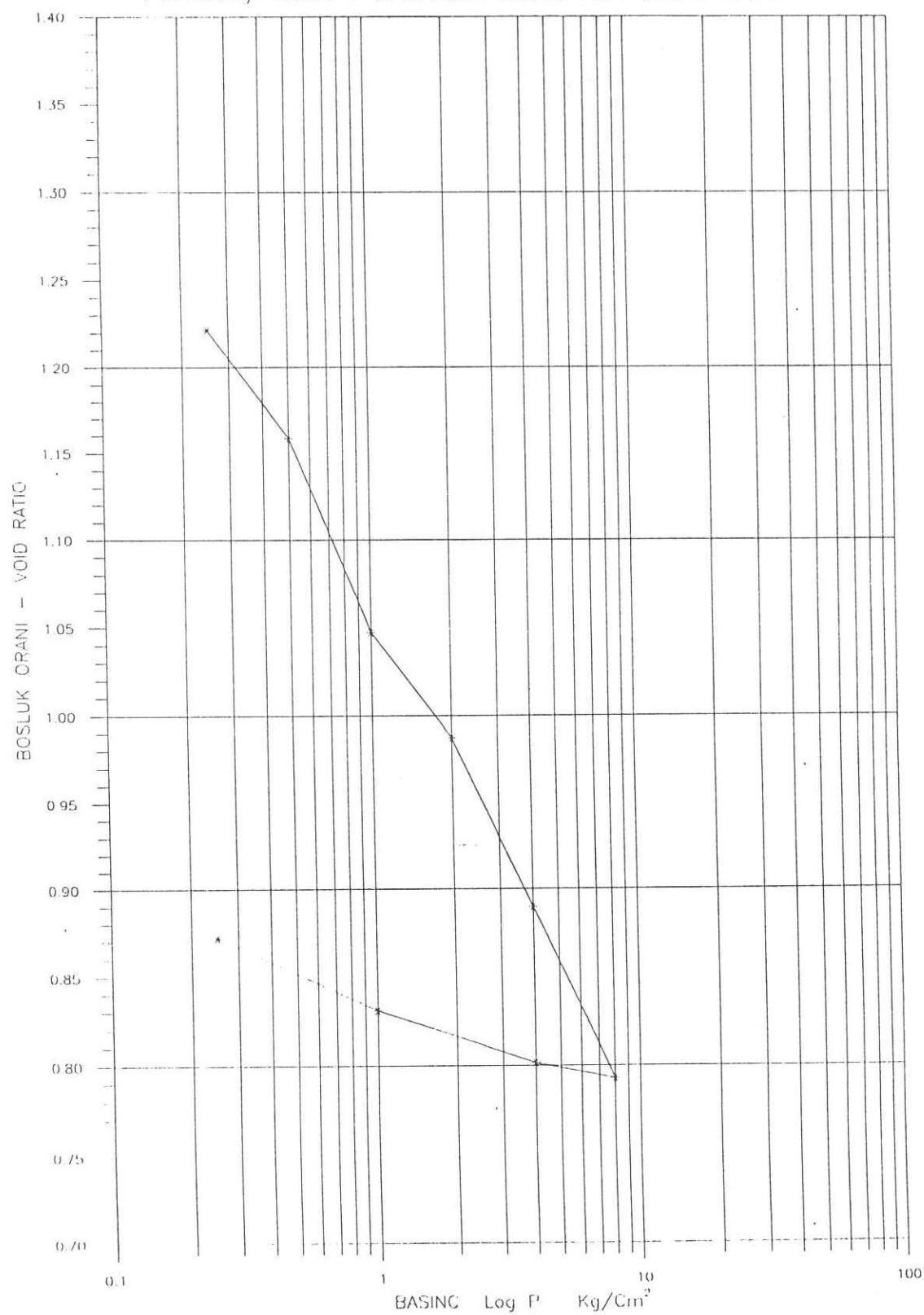


B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.





PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



• Borehole no: Sample no: Depth :  
Tondaj no: Ornek no: 14 Derinlik:

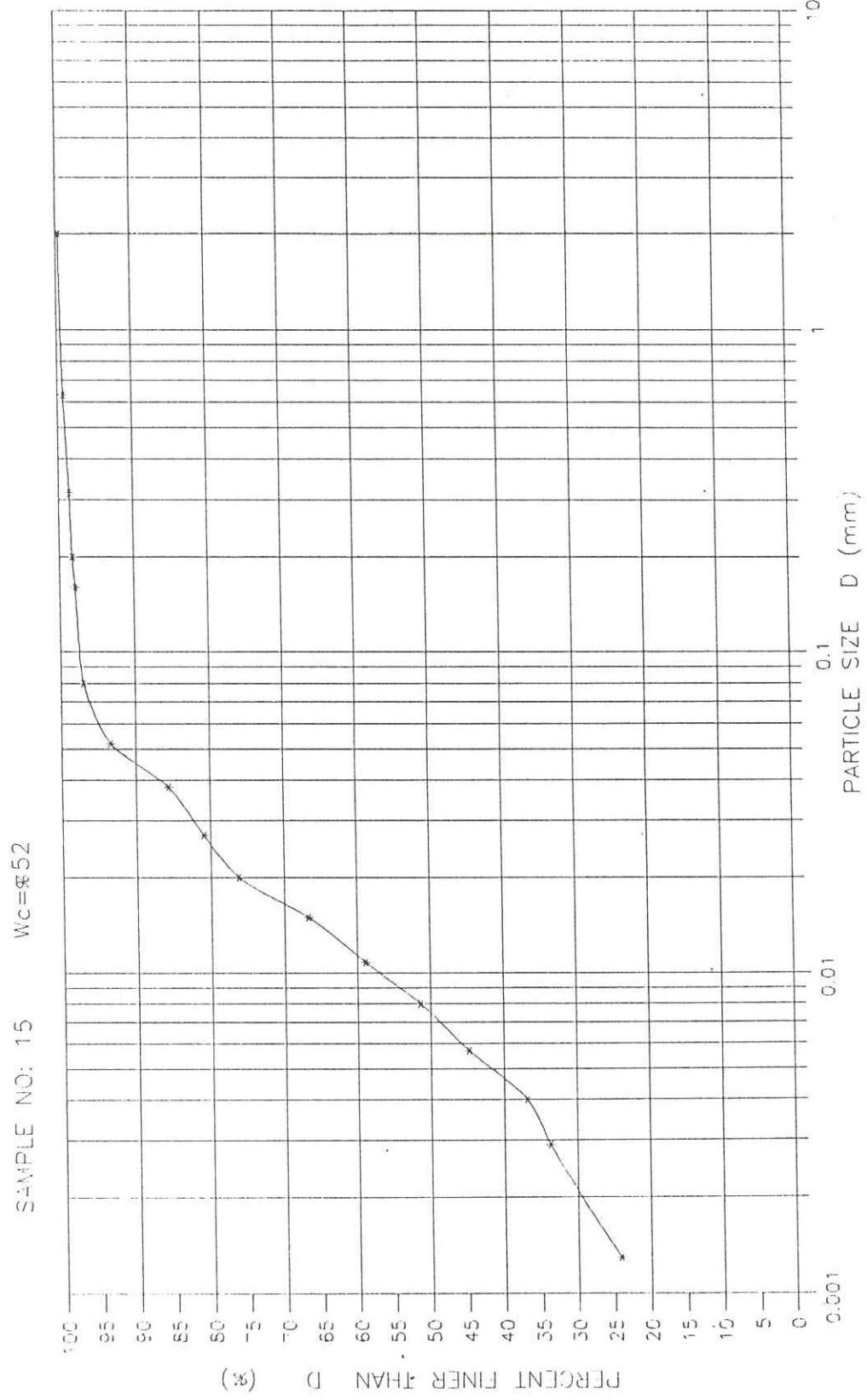


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 29

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 15

DEPTH:

SONDAJ NO:

SAMPLE: 15

DERİNLİK:

ÖRNEK NO:

TEST: 1

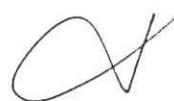
TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
30	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
40	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
50	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
60	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
70	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
80	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078

TEST :3

0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
30	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
40	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
50	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
60	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



MİMETU SOİL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVAR

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

MANAVGAT DENİZ ALTI BÖRYU HATTI

PROJE :									
Ring no		Mass of ring + wet sample	Sondaj no:	Örnек n	15	Derinlik:			
Halka no		Yaz Örnek+halka ağırlığı				2Ho=W/G <sub>s</sub> *k			7,797
internal diameter of ring		cm	3	Bağlantıd	Son	Equivalent height of solid			
Halka iç çapı				g	599,00	Kuru tanelein çözdeger yüksekliği			
Area of ring :	A	cm <sup>2</sup>	6,35	Mass of ring+dry soil	563,00	Initial bulk density	mm		
Halka iç alanı				g	561,50	Bağlantıdaki yaş birim ağırlığı			1,752
initial height of specimen	H	mm	31,669	Mass of ring	561,50	Initial Dry density	g/ml		
Örneğin bağlantı kalınlığı	V <sub>d</sub>	mm	1,9	Halka ağırlığı	493,60	Bağlantıdaki Kuru birim ağırlık	g/ml		1,128
initial volume of specimen	V <sub>o</sub>	ml	60,171	Mass of moisture	493,60	Final Dry density	& <sub>d</sub> =1000/ $\Delta$ +ml		
Örneğin bağlantı hacmi	G <sub>w</sub>	g	2,750	Su ağırlığı	37,50	Test sonundaki Kuru birim ağırlık	g/ml		1,454
Specific gravity solid particles				Mass of dry soil	67,90	Initial degree of saturation	Şr 1		100
Zer - 29.05.95 SC unlu				g	67,90	Bağlantıdaki doğruluk derecesi	%		
				m	%	Final degree of saturation	Şr 2		100
				%	55%	Test sonundaki doğruluk	%		

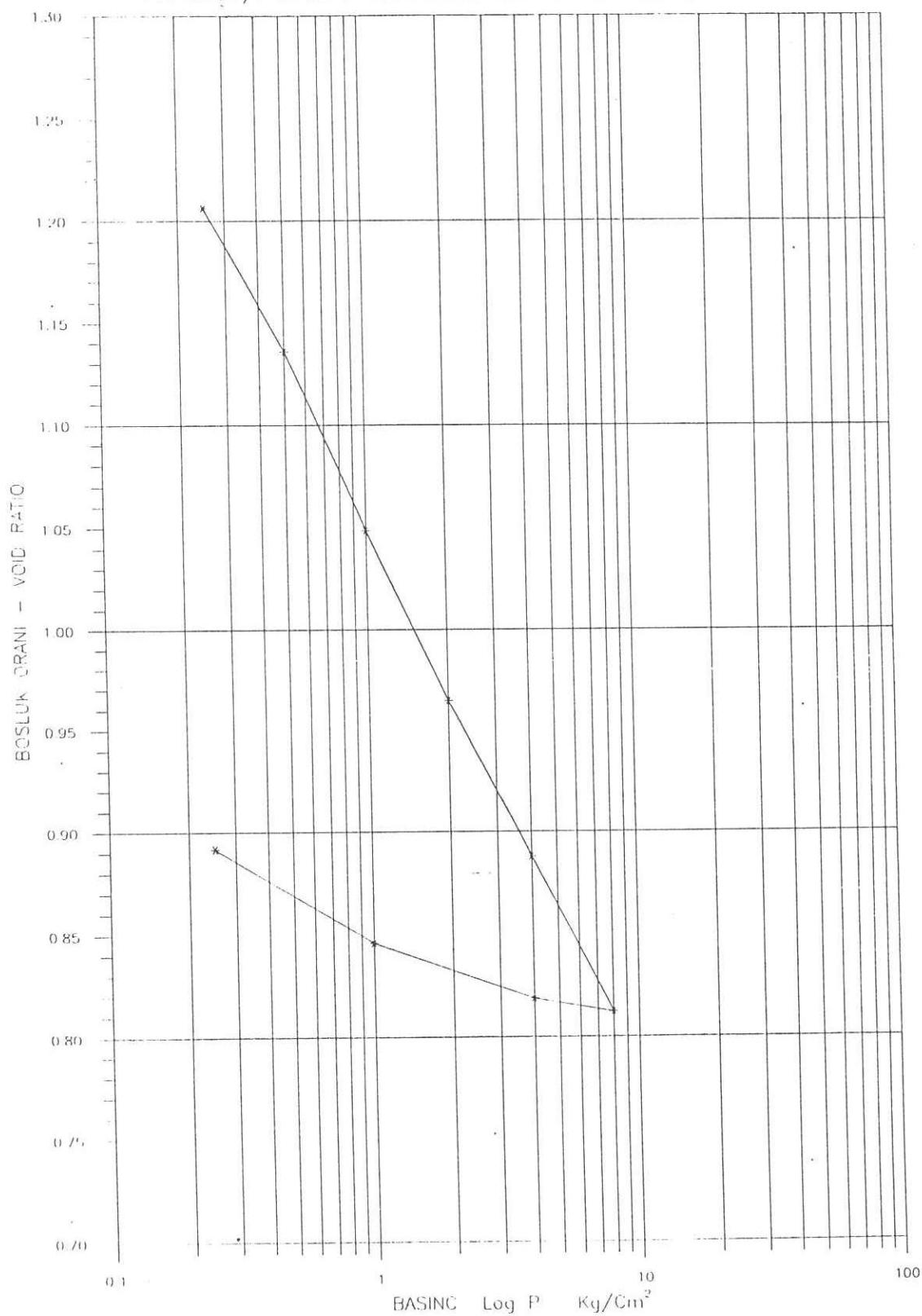
DATE/TARİH: 24/TEMMUZ/1995

KONSOLIDASYON DENEYİ

MANAVGAT DENİZ ALTI BÖRYU HATTI



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

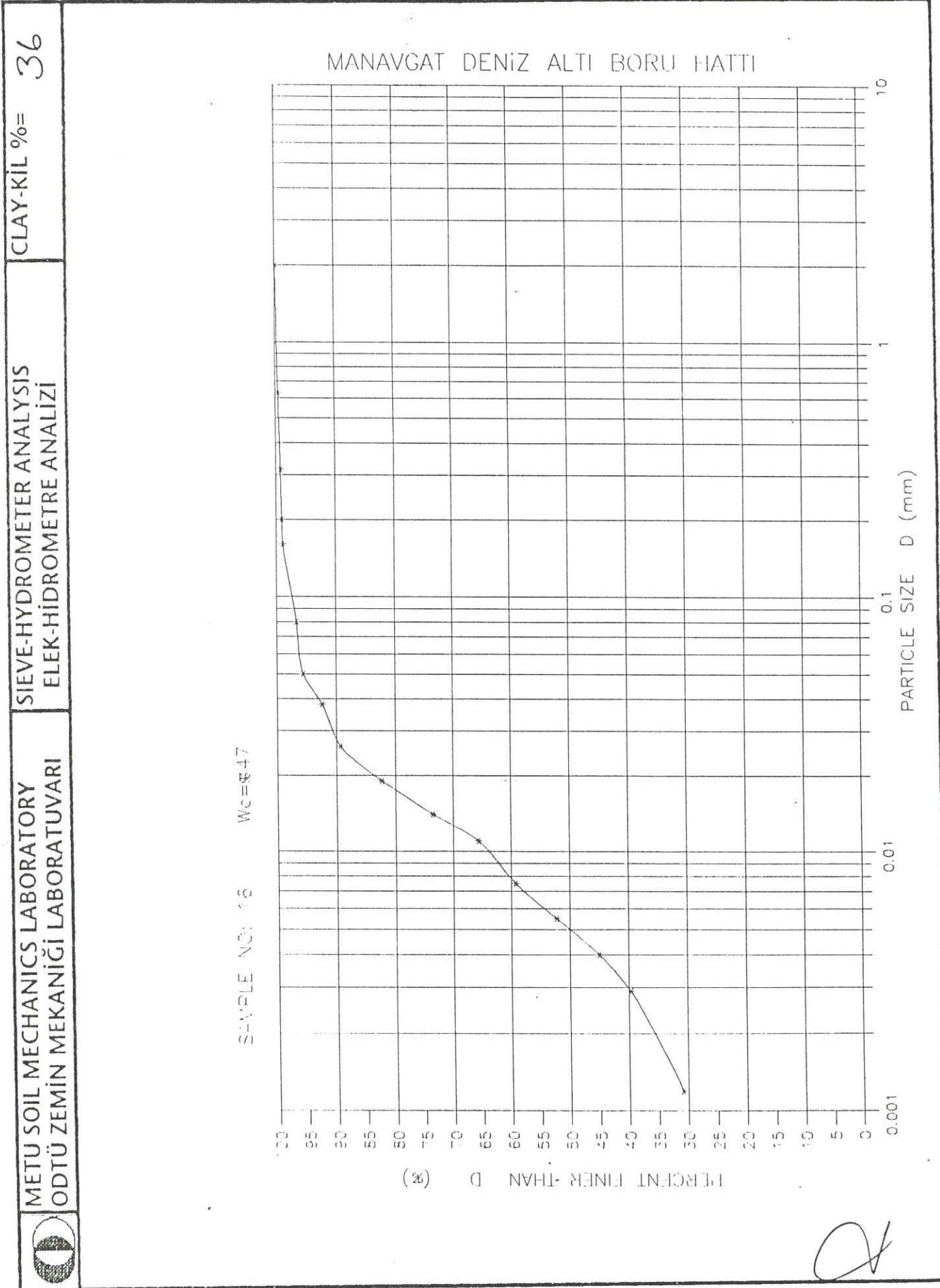


Borehole no:  
Tondaj no:

Sample no:  
Örnek no: 15

Depth  
Derinlik

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



B.Turgay ALEMDOĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
GÖKTÜRK ÇEVRE VE İNŞAAT MÜHENDİSLİĞİ LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 16

SAMPLE: 16

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

0	7,0	0,0	0		
10	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
40	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
90					

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
70	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
80	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
90	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087

TEST :3

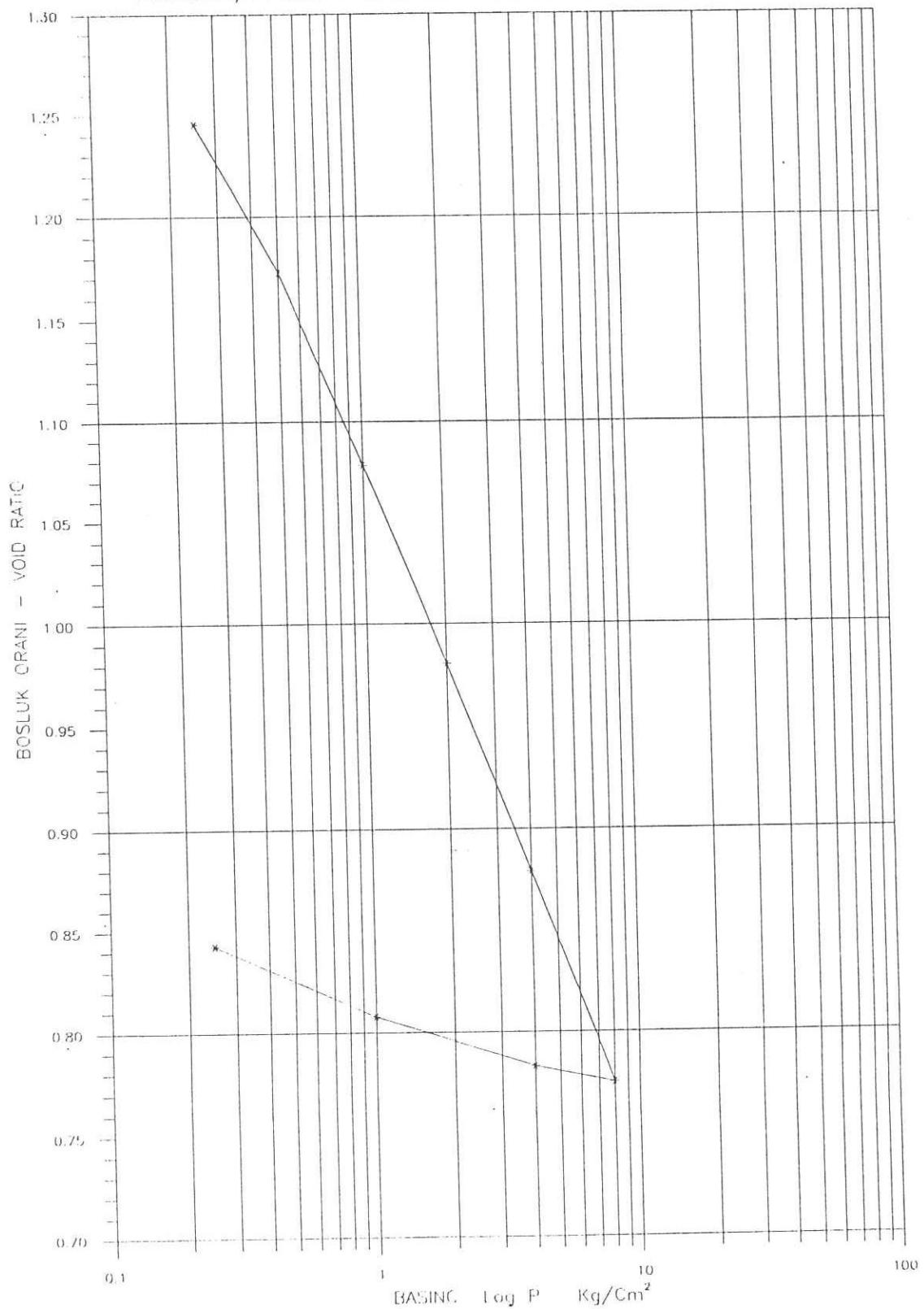
0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					



B. Turgay ALMEDAROGLU  
Jeoloji Y. Müh.



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borohole no:  
 sondaj no:

Sample no:  
 Örnek no: 16

Depth:  
 Derinlik:

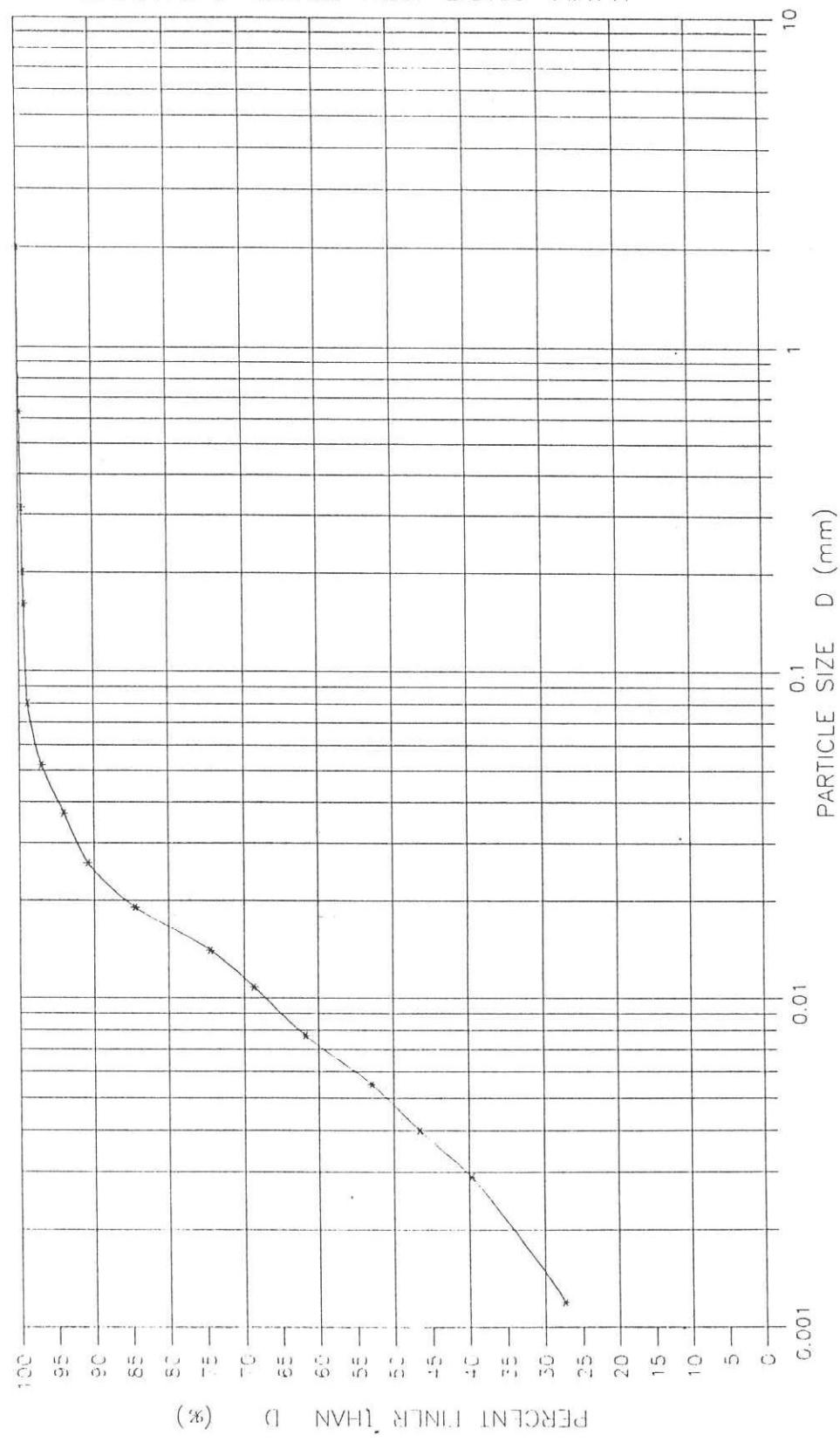


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 34

SAMPLE NO: 17       $W_c = 84.7$



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 17

SAMPLE: 17

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON kPa Kg/cm²	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm²

TEST: 1

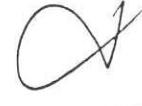
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
90					

TEST:2

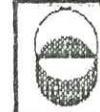
0	8,0	0,0	0		
10	11,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	12,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	13,5	5,5	1,932	5,353	0,055
40	14,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
60	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
90	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					



Turgay ALEMDAROĞLU  
Geoloji Y. Müh.

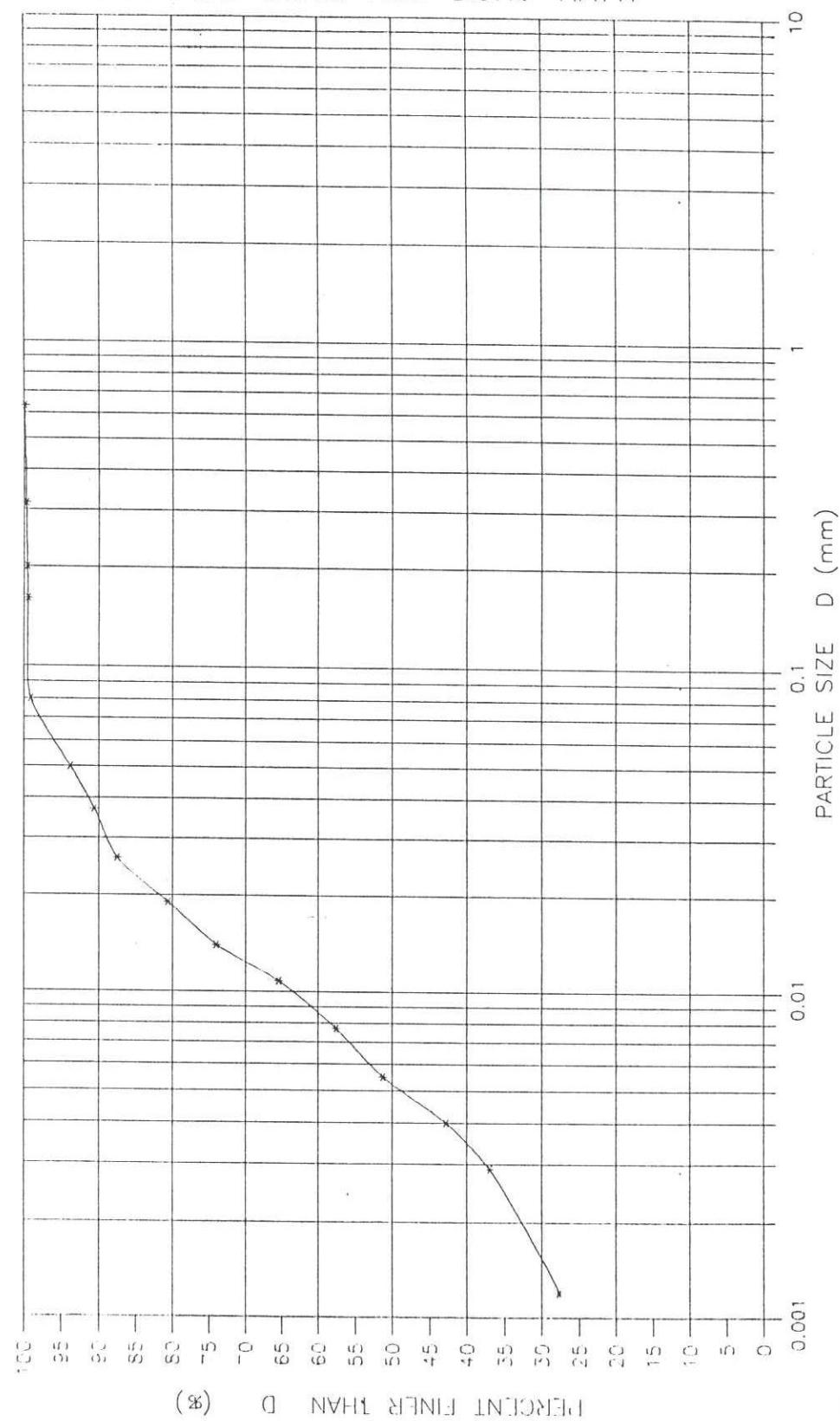


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

33

SAMPLE NO: 18      WC=85.4



B.Turgay ALEMDOĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 18

SAMPLE: 18

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Saniye)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70					
80					
90					

TEST:2

	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	6,5	0,0	0		
10	9,0	2,5	0,946	2,619	0,027
20	10,5	4,0	1,439	3,986	0,041
30	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
40	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
50	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
60	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
70	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
80					
90					

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

DATE/TARIH:

24/TEMMUZ/1995

PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

PROJE :

TEST NUMBER : 1,1200 of ring + wet sample

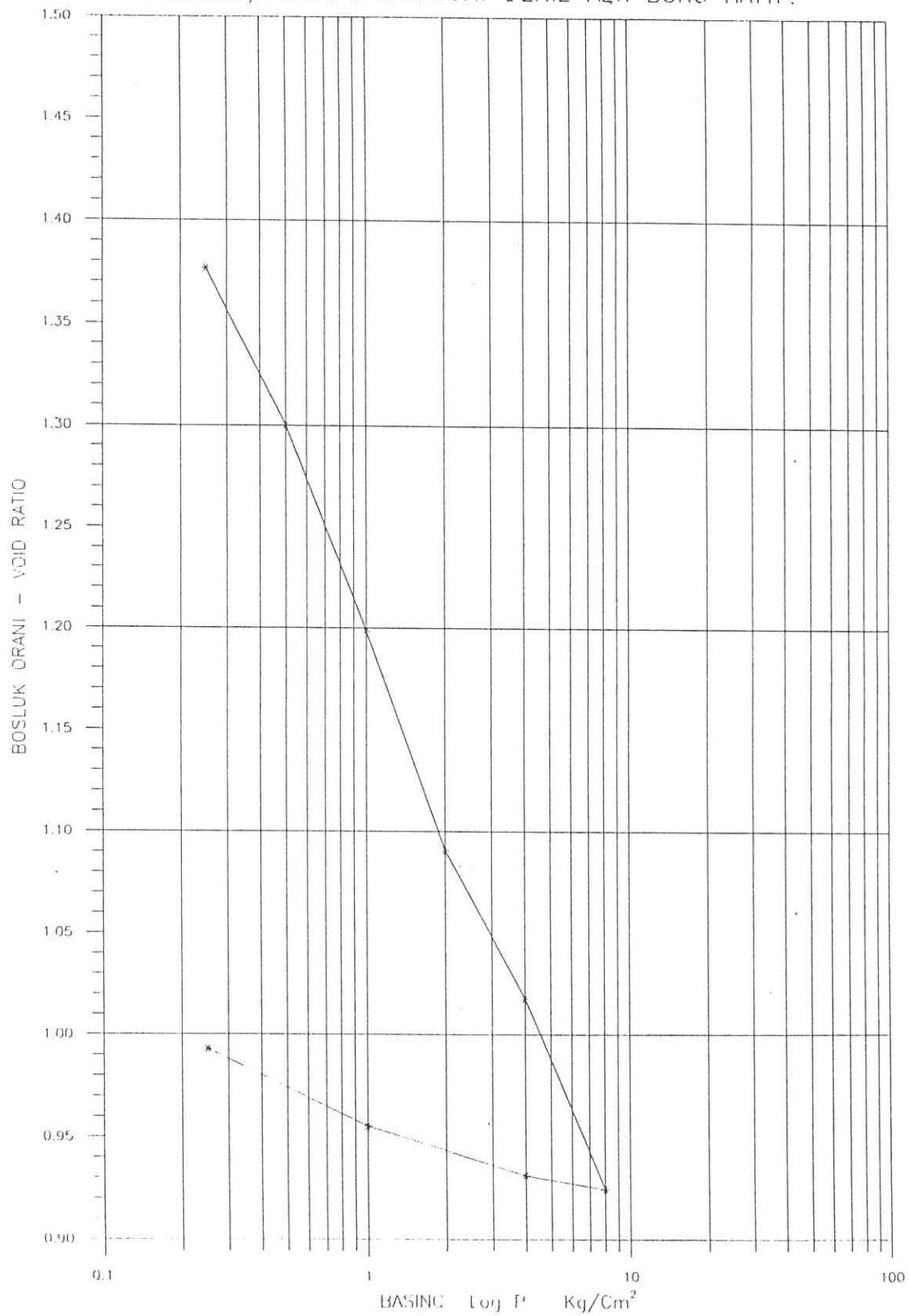
Ring no	Ring no	Height of ring + wet sample	Initial Baslangic	Final Son	Borehole no:	Sample no:	Sample depth:
Halka no	Halka no	2 Yağ örnek+Halka ağırlığı	9	616,00	Sondaj no:	Ömek n	Denitlik:
Internal diameter of ring	cm	1,1200 of ring+dry soil	9	600,00	Katu zanerlerin eşdeğer yüzeyleği		mm
Halka iç çapı	cm	6,35 Kuru örnek+ Halka ağırlığı	9	577,90	Initial bulk density	g/ml	1,680
Area of ring	A	cm <sup>2</sup>	9	577,90	Bozlangıştaki yaş birim ağırlığı	g/ml	
Halka iç alanı	A	31,669 Halka ağırlığı	9	514,90	Initial Dry density $\gamma_d = 100 & 1 + m_1$	g/ml	1,047
Initial height of specimen	2H1	Mass of moisture	9	514,90	Bozlangıştaki Kuru birim ağırlık	g/ml	
Örneğin başlangıç kalınlığı	mm	1,9 Su ağırlığı	9	38,10	Final Dry density $\gamma_d = 100 & 1 + m_1$	g/ml	1,375
Initial volume of specimen	V <sub>s</sub>	Mass of dry soil	W <sub>s</sub>	22,10	Test sonundaki Kuru birim ağırlık	g/ml	
Örneğin başlangıç hacmi	ml	60,171 Kuru örnek ağırlığı	g	63,00	Initial degree of saturation	S <sub>r</sub> %	100
Specific gravity solid particles	G <sub>s</sub>	Moisture content	m	63,00	63,00 Bozlangıştaki doygunluk derecesi	S <sub>r</sub> %	
Zorunlu -25 gr 25 gr		Suyu ağırlığı	%	60%	Final degree of saturation	S <sub>r</sub> %	100

Applied pressure	Pressure	Final dial reading	Dial change	Height of specimen	Void ratio	Coff. of compres.	Coff. of volume ch.	Fitting time	Coff. of consolidation	Permeability
Uygulanılan basing kademesi	Son sikisma okurusu.	Sikisma	Height	Bölgelük orani	Bozluksu orani	Sıkışma katasyarı	Hacimel sikisma katasyarı	Etkime süresi	Konsolidasyon katasyarı	mv=Cv * $\frac{1}{H}$
kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	okurusu.	Δh	$2H_b=2H_i-\Delta h$	$\epsilon=2H_b/2H_o$	$\Delta e$	$\Delta v=\Delta e/\Delta p$	$t_{50}$	$t_{90}$	$t_{90}/t_{50}$
0	0	200	1,745	19	11,740	1,6170	0,2403	0,9614	0,3674	197H2
0,00	, 0,25	374,5	0,555	17,2550	9,995	1,3766	0,0764	0,3058	0,1287	
0,25	0,25	430	0,74	16,7000	9,440	1,3002				
0,50	0,50	504	0,78	15,9600	8,6997	1,1983	0,1019	0,2038	0,0886	
1,00	1,00	582	0,53	15,1800	7,9197	1,0908	0,0730	0,0365	0,0175	
2,00	2,00	635	0,678	14,6500	7,3897	1,0178	0,0934	0,0233	0,0116	
4,00	4,00	702,8	-0,048	13,9720	6,7117	0,9244				
8,00	8,00	698	-0,175	14,0200	6,7597	0,9311				
4,00	4,00	680,5	-0,275	14,1950	6,9347	0,9552				
1,00	1,00	653	-0,75	14,4700	7,2097	0,9930				
0,25										

B.Turgay ALEM DARIOĞLU  
Tardüji Y. M.S.A.



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı



Borehole no:  
Çardak no:

Sample no:  
Örnek no: 18

Depth:  
Derinlik:

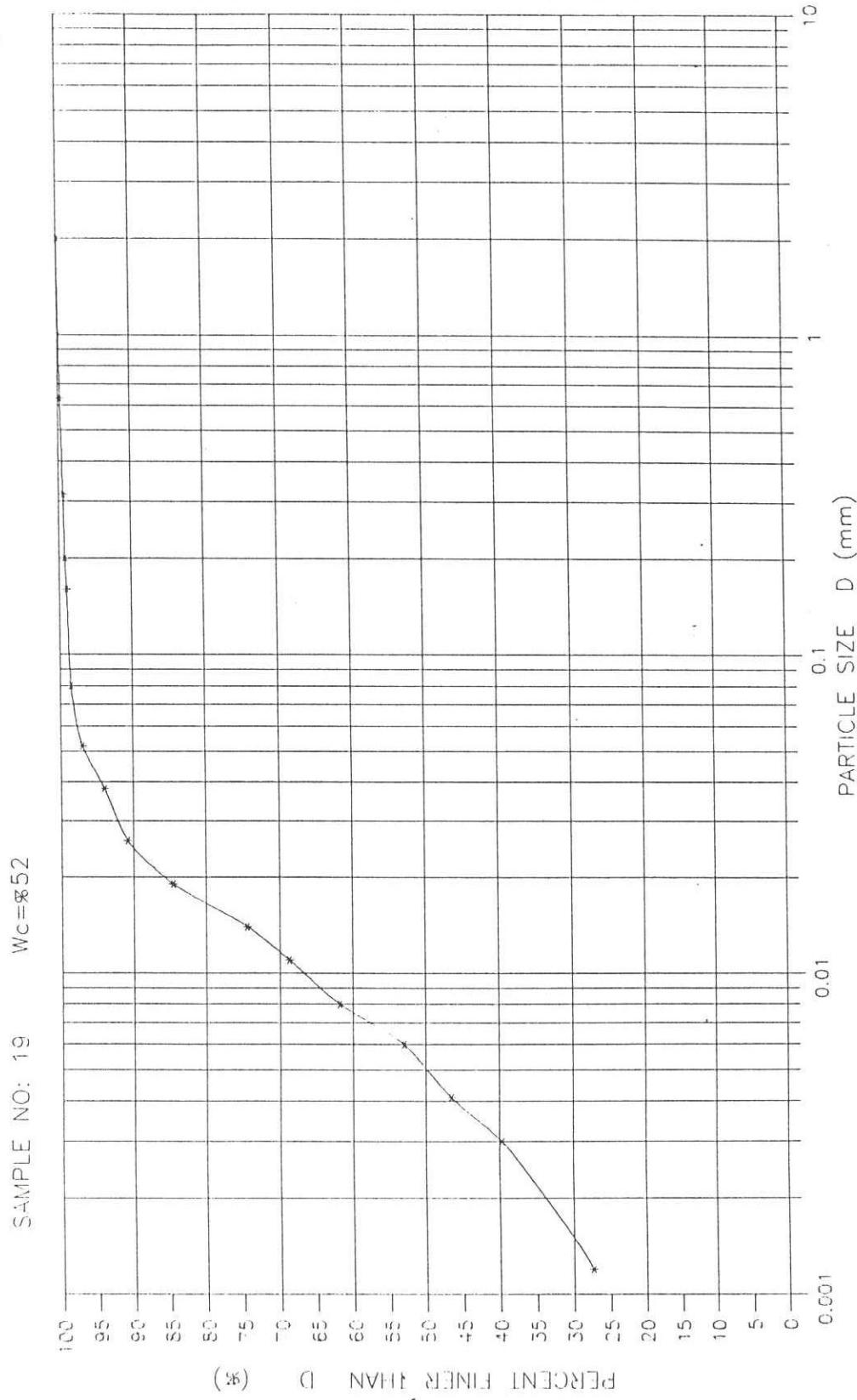


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KİL % = 34

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARIH

BOREHOLE: 19

19

SAMPLE:

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sü.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm²

TEST: 1

0	6,0	0,0	0		
10	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
20	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
30	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
40	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
50	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
60	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
70	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
80	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096

TEST:2

0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
30	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
40	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
50	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
60	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
70	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
80	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
90	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					

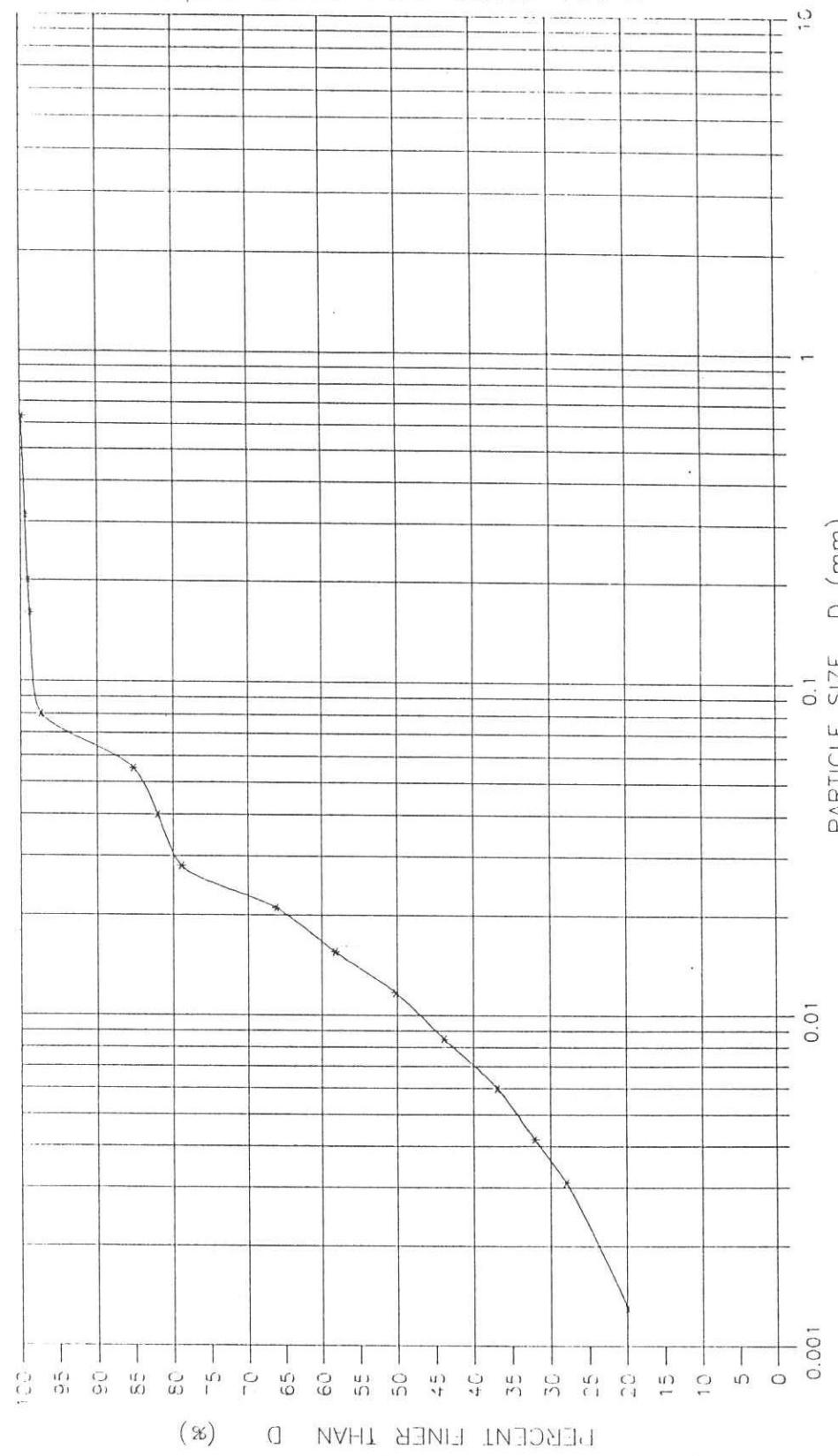


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 24

SAMPLE NO: 20       $W_c = 50$



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARIH

BOREHOLE: 20

DEPTH:

SONDAJ NO:

SAMPLE: 20

DERİNLİK:

TEST: 1

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
0	6,5	0,0	0		
10	9,0	2,5	0,946	2,619	0,027
20	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
30	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
40	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
50	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
60	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
70	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055

TEST: 2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
30	12,5	6,5	2,261	6,264	0,064
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078

TEST :3


B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

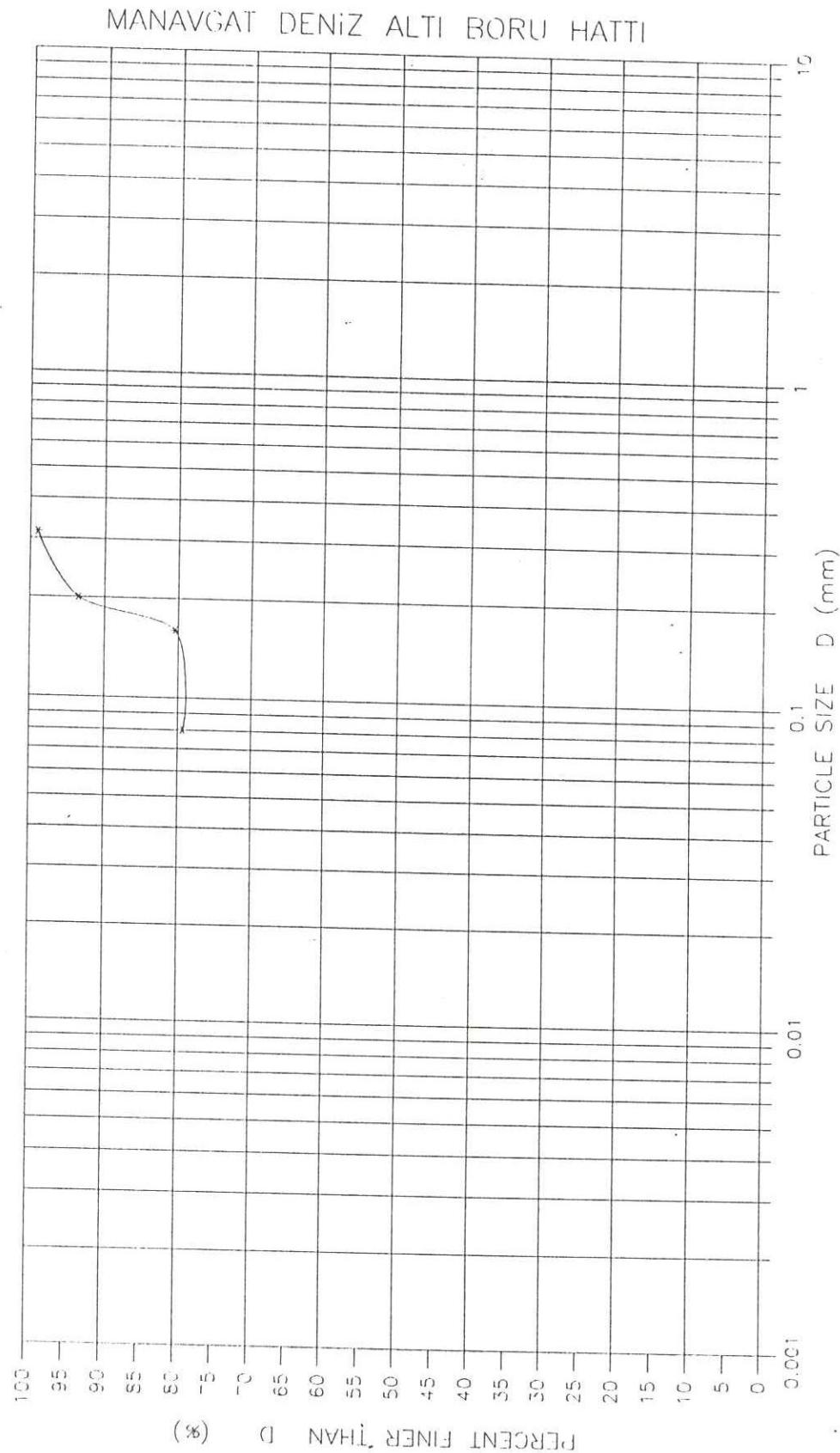


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

SAMPLE NO: SPT-1

WC = 8



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



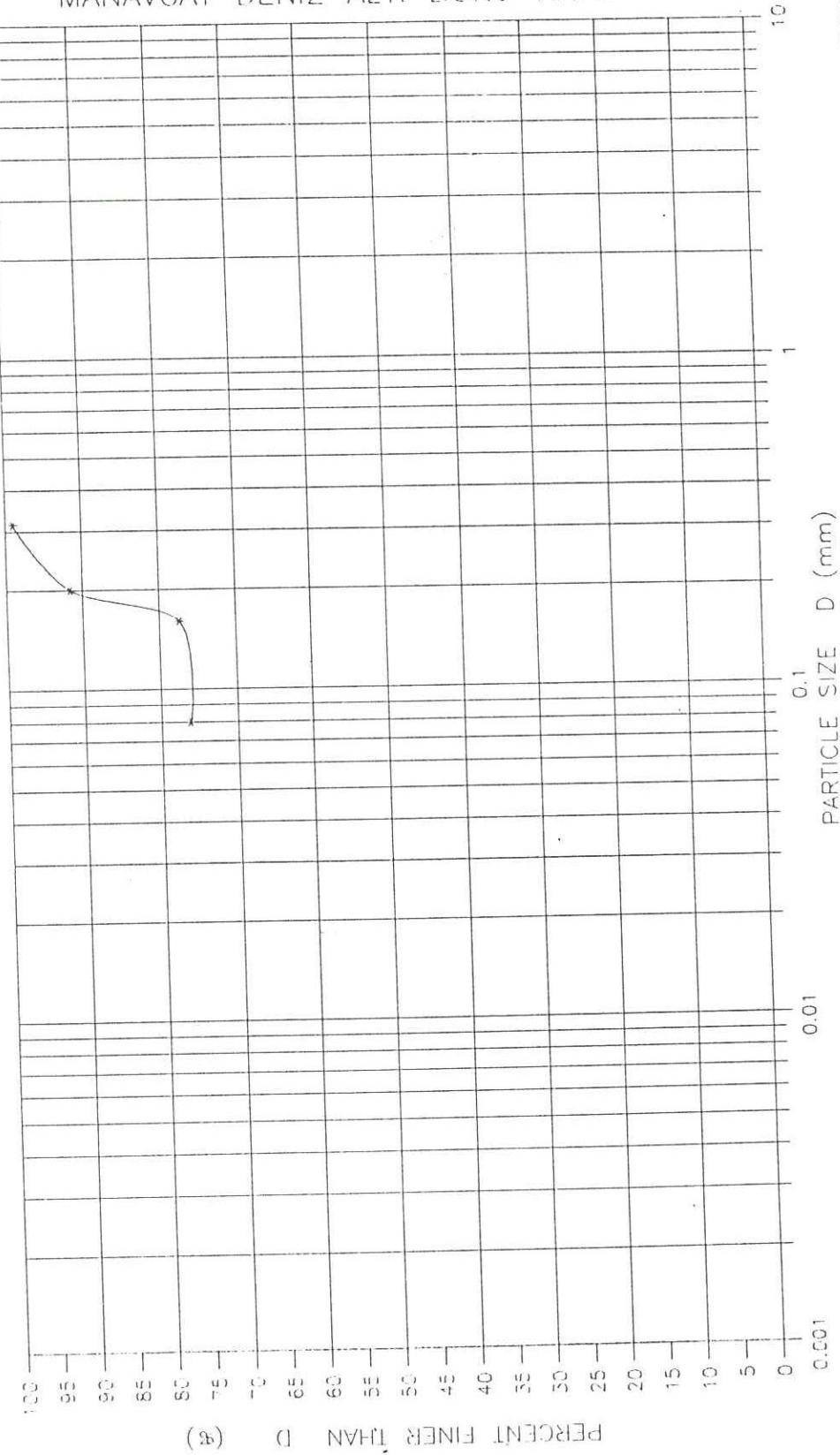
CLAY-KIL %

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

SAMPLE NO:SPT-11

WC = 8



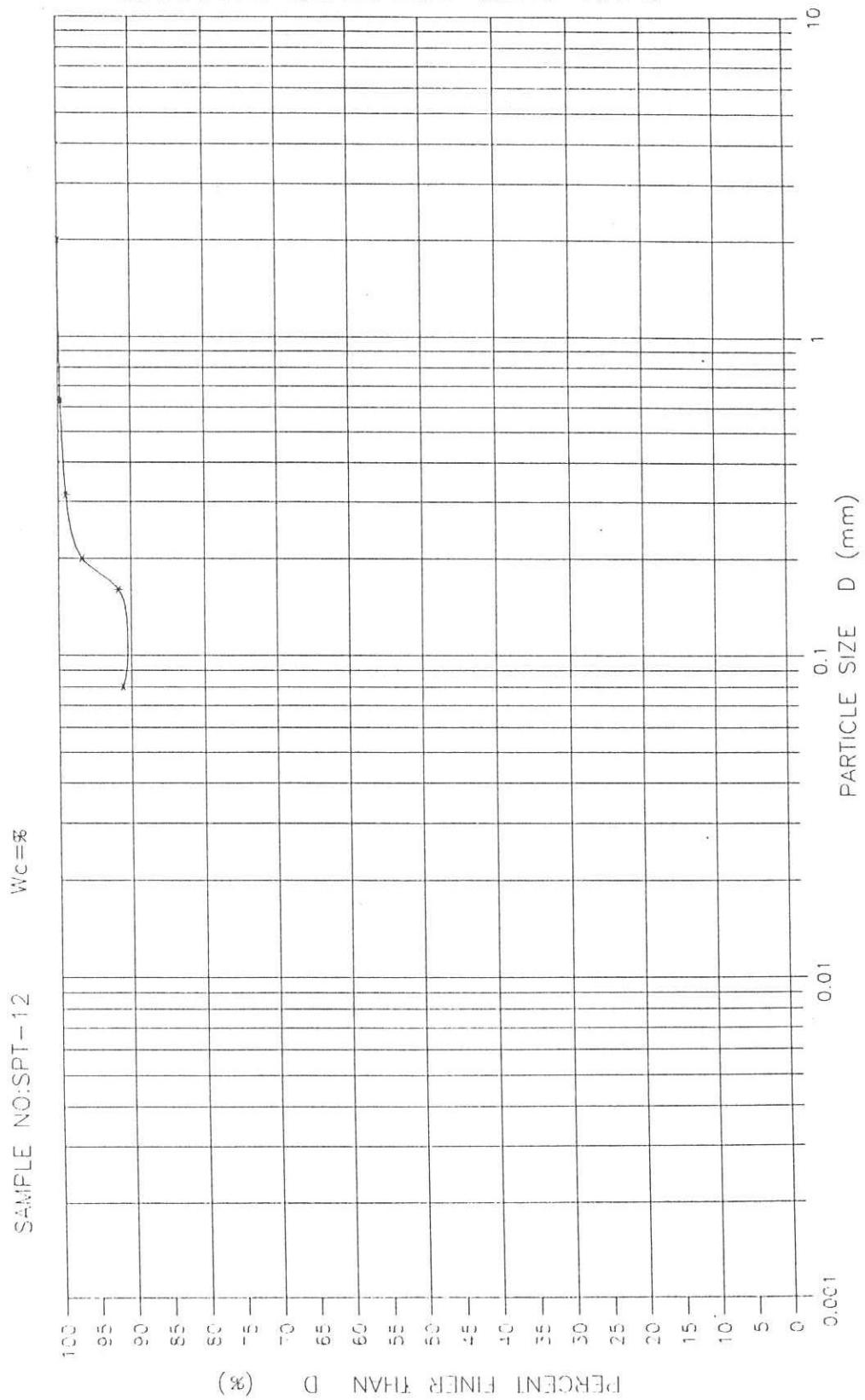
B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

**APPENDIX 2 : STANDARD TEST PROCEDURES**

**EK - 2 : STANDART DENEY YÖNTEMLERİ**

SML 2 (a)

STANDARD LABORATORY METHOD FOR DETERMINING MOISTURE CONTENT

*OBJECT*

To determine the moisture content of soil as a percentage of its dry mass.

*APPARATUS*

- (1) A drying oven capable of maintaining a temperature of 105 to 110°C.
- (2) A balance readable and accurate to 0.01 g.
- (3) An air-tight metal container.
- (4) A desiccator containing anhydrous silica gel.

*PROCEDURE*

- (1) Clean a metal container, dry, and weigh it to the nearest 0.01 g ( $M_C$ ). Crumble a sample of at least 30 g of the soil, and place it loosely in the container, replacing the lid. Weigh the container and contents to the nearest 0.01 g ( $M_W$ ).
- (2) Remove the lid, and place the container and contents in the oven to dry at 105-110°C.\*
- (3) After a period of 16 to 24 hours, remove the container from the oven, and place it in the desiccator to cool.
- (4) Replace the lid and weigh the container and contents to the nearest 0.01 g ( $M_d$ ).

*CALCULATIONS*

Calculate the moisture content ( $m$ ) of the soil from the following formula:

$$m = \frac{M_W - M_d}{M_d - M_C} \times 100 \quad (1)$$

where,

$M_W$  = mass of container and wet soil (g);

$M_d$  = mass of container and dry soil (g);

$M_C$  = mass of container (g).

*REPORTING OF RESULTS*

Report the moisture content ( $m$ ) of the soil to two significant figures for values up to 10%. For moisture contents above 10%, report the results to the nearest whole number.

---

\*Note. For organic soils and soils containing gypsum, a temperature of not more than 80°C, possibly kept for a longer period than 24 hours is advisable to avoid oxidation and loss of water of crystallization.

SML 3 (a)

ATTERBERG LIMIT TESTS

A. LIQUID LIMIT TEST

OBJECT

To determine the liquid limit of the air-dried soil, i.e. the moisture content at which a soil passes from the plastic to the liquid state, as determined by the closure of the groove over 13 mm by 25 bumps in the Casagrande liquid limit device.

APPARATUS

- (1) Liquid limit device.
- (2) Grooving tool.
- (3) A glass plate.
- (4) Two palette knives
- (5) Moisture content test apparatus (see SML 2(a)).
- (6) 400 micron sieve (ASTM No.40).

PROCEDURE

- (1) Adjust the height to which the cup of the liquid limit device is lifted, so that, when the cup is raised to its maximum height, the 10 mm gauge will just pass between it and the base.
- (2) Take at least 200 g of the air-dried soil passing the 400 micron sieve, and place it on the glass plate. Add distilled water very slowly, and using the palette knives mix up the soil thoroughly until it becomes a thick, homogeneous paste. Be careful not to add too much water.
- (3) Allow the paste to stand in an airtight container for about 24 hours to let the water permeate through the soil mass. (NOTE. This step may be omitted for instruction purposes, and for soils of low clay content.)
- (4) Place a portion of the soil-water mixture in the cup (the cup resting on the base), and by means of a palette knife, level the surface parallel to the base.
- (5) Divide the soil in the cup by drawing the grooving tool along the diameter through the centre of the hinge, at the same time holding it normal to the surface of the cup with the chamfered edge facing the direction of movement. (If the ASTM type of grooving tool is used, the excess material, which bulges above the original smoothed surface of the soil, must be scraped off from the upper edges of the groove.)

(6) Turn the crank at the rate of two revolutions per second until the two parts of the soil come into contact at the bottom of the groove along a distance of 13 mm. If the number of drops is between 40 and 60 when this happens, take about 10 g of the soil from the portions of the sample that have just flowed together, using a palette knife, and place this in a suitable container for subsequent determination of the moisture content (see SML 2(a)).

(7) Repeat operations (2) to (6) at least four times using the same sample to which further increments of distilled water have been added. The amount of water added must be such that when the moisture contents are plotted, they will be evenly distributed over a range between 50 and 10 blows. The test must always proceed from the drier to the wetter condition of the soil (i.e. in no case must the soil-water mixture be allowed to dry in order to obtain a higher blow count than the one obtained last). Each time the soil is removed from the cup for the addition of more water, the cup and the grooving tool must be cleaned and dried. During testing of the soil in the cup, keep the remainder of the sample covered with a damp cloth to prevent rapid drying.

#### CALCULATIONS

Calculate the moisture contents and plot these as ordinates on the linear scale of a semi-logarithmic chart with the corresponding number of blows as abscissae on the logarithmic scale. Draw the best straight line through the plotted points. This is called the 'flow curve'.

#### REPORTING OF RESULTS

Take the moisture content, corresponding to the intersection of the 'flow curve' with the ordinate representing 25 blows, as the liquid limit ( $w_L$ ) of the soil and express this to the nearest whole number.

### B. PLASTIC LIMIT TEST

#### OBJECT

To determine the plastic limit of soil, i.e., the minimum moisture content at which the soil can be rolled into a thread 3 mm in diameter without breaking.

#### APPARATUS

- (1) A glass plate.
- (2) A palette knife.
- (3) Moisture content apparatus.
- (4) 400 micron sieve.
- (5) A non-corrodible airtight container.

*PROCEDURE*

- (1) Take about 20 g of the air-dried soil passing the 400 micron sieve, and mix it with distilled water until it can be formed into two balls. Place one of the balls in the airtight container, and roll the other between the hand and the glass plate to form the soil into a thread. When the thread reaches a diameter of 3 mm, knead the thread together into a ball and roll out again. Repeat this procedure until the thread crumbles when its diameter reaches 3 mm.
- (2) Place the crumbled soil thread into a suitable container for moisture content determination. Sufficient material must be used to ensure that each wet moisture content sample weighs at least 5 g.
- (3) Repeat the test using the second ball.

*CALCULATIONS AND REPORTING OF RESULTS*

Calculate the average of the moisture contents determined in the two tests and report this as the plastic limit ( $w_p$ ) of the soil, expressing it to the nearest whole number.

**C. DETERMINATION OF THE PLASTICITY INDEX**

*OBJECT*

To calculate the plasticity index of a soil.

*PROCEDURE*

Determine the liquid limit ( $w_L$ ) and plastic limit ( $w_p$ ) by the procedures given in Sections A and B.

*CALCULATIONS*

Calculate the plasticity index ( $I_p$ ) from the formula :

$$I_p = w_L - w_p$$

*REPORTING OF RESULTS*

Report the numerical difference so determined as the plasticity index ( $I_p$ ) except under the following conditions:

- (1) When the plastic limit cannot be determined or when the plastic limit is equal to or greater than the liquid limit, report the material as non-plastic (NP).
- (2) For some soils the liquid limit cannot be determined although a value can be obtained for the plastic limit. In such cases if a measure of the plasticity index is required, it can be obtained by the use of the linear shrinkage test given in the next section.

SML 4 (b)

DETERMINATION OF SPECIFIC GRAVITY OF SOIL PARTICLES

(b) Method for medium-and coarse-grained soils.

OBJECT

To find the specific gravity of the soil particles of medium-and coarse-grained soils.

APPARATUS

- (1) A pycnometer consisting of a 1-litre glass jar with a brass conical cap, fitted with rubber sealing washer, screwed on top.
- (2) A thermostatically controlled drying oven, capable of maintaining a temperature of 105-110°C (75-80°C for soils containing gypsum).
- (3) A balance readable and accurate to 0.5 g.
- (4) A desiccator containing anhydrous silica gel.
- (5) A glass rod about 30 cm long and 6 mm diameter.
- (6) A thermometer, to cover the range 0-50°C, readable and accurate to 1°C.
- (7) A source of vacuum.
- (8) At least 5 litres of water which has been allowed to stand in the laboratory for about 24 hours.

PROCEDURE

- (1) Obtain 400-500 g of the air-dried sample by quartering or riffling. Break down any stones larger than 40 mm diameter until they become smaller than this diameter. Oven-dry the sample at 105-110°C. (If the soil contains gypsum, drying should be carried out at 75-80°C and for a longer period of time.)
- (2) Dry the pycnometer and weigh it to the nearest 0.5 g ( $M_1$ ).
- (3) Allow the soil to cool in the desiccator. Remove the cap of the pycnometer, and introduce about 400-500 g of the soil into it. Weigh the pycnometer together with the cap and contents to the nearest 0.5 g ( $M_2$ ).
- (4) Add water, at a temperature  $\pm 2^\circ\text{C}$  of the average room temperature during the test, to the soil until the jar is about half-full, and stir the mixture thoroughly with the glass rod to remove entrapped air. Then replace the cap, taking care that this is water-tight, and that it is always tightened to the same position (make locating marks on the can and the glass jar to aid this), making the volume of the pycnometer constant throughout the test. Fill the pycnometer with water. Remove any remaining air by shaking the pycnometer, holding one finger over

the hole in the cap. Then top up the pycnometer with water. Dry the pycnometer on the outside, and weigh it to the nearest 0.5 g ( $M_3$ ).

(5) Then empty the pycnometer, wash it out thoroughly, and fill it completely with water at room temperature until the surface of the water is flush with the hole in the cap. Dry the pycnometer on the outside and weigh it to the nearest 0.5 g ( $M_4$ ).

(6) Repeat the above procedure for a second sample of the same soil, and obtain two values of the specific gravity.

*CALCULATIONS*

Calculate the specific gravity of the soil particles ( $G_s$ ) from the formula:

$$G_s = \frac{M_2 - M_1}{(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)}$$

where

$M_1$  = mass of pycnometer (g);

$M_2$  = mass of pycnometer and soil (g);

$M_3$  = mass of pycnometer, soil and water (g);

$M_4$  = mass of pycnometer full of water only (g).

*REPORTING OF RESULTS*

Take the average of the values obtained as the specific gravity of the soil particles, and report this to the nearest 0.01.

If the two results differ by more than 0.03, repeat the tests.

SML 6 (a)

DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF  
MEDIUM - AND COARSE - GRAINED SOILS

(a) *Analysis by wet sieving*

*OBJECT*

To determine the particle size distribution in a soil down to the fine sand size.

*REAGENT*

Sodium hexametaphosphate.

*APPARATUS*

Same as for SML 6 (b).

*PROCEDURE*

- (1) Same as for SML 6 (b).
- (2) Place the reduced sample on a 20 mm test sieve, and brush the retained particles, to remove finer material adhering to them, using a wire brush or similar stiff brush. Take care when dealing with soft materials to ensure that the brushing is not removing parts of the large particles.
- (3) Place the material passing the 20 mm test sieve in a large tray, and cover with water.
- (4) To the soil-water mixture add sodium hexametaphosphate at the rate of 2 g per litre of water, and stir. Allow the soil to stand for at least one hour in this solution, and stir frequently.
- (5) Then wash the sample through a 2.5 mm sieve, placed over a 63 micron sieve, allowing the material passing the 63 micron sieve to run to waste. If the material on any of the two sieves is likely to exceed the maximum sieve loads given in the last column of the data sheet given at the end of SML 6 (b), the material should be washed in parts.
- (6) Continue the washing until the water passing the 63 micron sieve is virtually clear.
- (7) Tip all the material retained on the sieves into trays or evaporating dishes, and dry in the oven at 105 - 110° C.
- (8) When dry, sieve the sample, including any material retained on the 20 mm sieve, as in SML 6 (b). Weigh the amounts retained on each sieve.
- (9) Determine the amount passing the 63 micron sieve by adding the masses of material retained on each of the sieves used and subtracting the total from the total mass recorded in step (1).

*CALCULATIONS*

Making use of the table on the data sheet (given at end of SML 6 (b)), calculate the percentage (by mass) of the material retained on each sieve, as well as the percentage passing the 63 micron sieve. Finally calculate the cumulative percentage (by mass) of the material passing each of the sieves.

*REPORTING OF RESULTS:*

Report your results on a semi-logarithmic chart with the particle size (mm) as abscissae on the logarithmic scale, and the percentage passing as ordinates on the linear scale. Report that wet sieving was used.

or

SML 7 (a)

DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION  
OF FINE-GRAINED SOILS BY THE HYDROMETER

*OBJECT*

To determine quantitatively the particle size distribution in a soil from the coarse sand size down. The test is not applicable if less than 10 % of the material passes the 63 micron (ASTM No.200) sieve as measured by wet or dry sieving (SML 6 (a) or (b) ).

*APPARATUS*

- (1) A hydrometer calibrated to read density (g/ml)\* at 20°C, (e.g. ASTM 151 H).
- (2) Two 1000 ml graduated glass measuring cylinders about 7 cm in diameter and 33 cm high, marked at 1000 ml volume.
- (3) A thermometer to cover the range 0-50°C.
- (4) An electrically driven stirrer.
- (5) Test sieve sizes 2.5 mm, 630 µm, 200 µm, and 63 µm (ASTM No. 8, 30, 70, and 200 respectively), and a receiver.
- (6) A balance readable and accurate to 0.01 g.
- (7) A thermostatically controlled drying oven, capable of maintaining a temperature of 105 - 110°C.
- (8) A stop watch.
- (9) A desiccator containing anhydrous silica gel.

---

\* Some hydrometers (e.g. ASTM 152 H) are graduated to read concentration of soil particles in one litre of solution (g/litre), assuming a certain specific gravity  $G_{sh}$  for the soil grains. In such cases, the readings have to be converted into density (g/ml) by using the following formula :

$$R_h = R \left( \frac{\frac{G_{sh}}{G_{sh}} - 1}{G_{sh}} \right)$$

where  $R$ ,  $R_h$  = the reading obtained (after applying the meniscus correction) for hydrometers reading in g/litre and g/ml respectively, the latter being recorded as explained in Calculations, Para. 3.

- (10) A centimetre scale.
- (11) Four porcelain evaporating dishes.
- (12) A round-bottomed flask of 1000 ml capacity.
- (13) A 100 ml measuring cylinder.
- (14) A glass rod about 15-20 cm long and 5 mm in diameter.
- (15) A constant temperature bath.

*REAGENT*

Sodium hexametaphosphate solution, obtained by dissolving 33 g of sodium hexametaphosphate and 7 g of sodium carbonate in distilled water to make 1 litre of solution. (NOTE. This solution is unstable and must be freshly prepared approximately once a month. The date of preparation must be recorded on the bottle.)

*PROCEDURE*

*Calibration of hydrometer*

*(a) Volume*

Determine the volume ( $v_h$ ) of the hydrometer bulb by weighing the hydrometer to the nearest 0.1 g, and recording the mass in grams as the volume  $v_h$  in ml. This value includes the volume of the stem below the 1.000 graduation mark. For practical purposes the error due to the inclusion of this stem volume is negligible.

*(b) Calibration*

- (1) Determine the sectional area of a 1000 ml measuring cylinder in which the hydrometer is to be used by measuring the distance between two graduations (e.g. 100-900). The sectional area ( $\lambda$ ) is equal to the volume included between the two graduations divided by the measured distance in cm between them.
- (2) Measure and record the distances from the lowest calibration mark on the stem of the hydrometer to each of the other major calibration marks ( $r_h$ ).
- (3) Measure and record the distance from the neck of the bulb to the nearest calibration mark.
- (4) The distance  $n$ , corresponding to a reading  $r_h$ , is equal to the sum of the distances measured in (2) and (3).
- (5) Measure the distance ( $b$ ) from the neck to the bottom of the bulb, and record this as the height of the bulb.
- (6) Calculate the effective depth ( $h_r$ ) corresponding to each of the major calibration marks ( $r_h$ ) using the formula:

$$h_r = r_h + \frac{1}{2} \left( b - \frac{v_h}{\lambda} \right)$$

where  $H_I$  = length from neck of bulb to graduation  $R_h$  (cm) ;

$h$  = twice the length from neck of bulb to its centre of volume (cm);

$v_h$  = volume of hydrometer bulb (ml);

$A$  = area of measuring cylinder ( $\text{cm}^2$ ).

- (7) Plot the relationship between  $H_R$  and  $R_h$  as a smooth curve. Using this curve, construct a scale of  $R_H$  to the right of the  $H_R$  scale (right-most scale) on the attached nomographic chart (Fig.1) for the solution of Stokes' Law.

*(c) Meniscus correction*

- (1) Insert the hydrometer in a 1000 ml measuring cylinder containing about 700 ml water.
- (2) By placing the eye slightly below the plane of the surface of the liquid, and then raising it slowly until the surface seen as an ellipse becomes a straight line, determine the point where the plane intersects the hydrometer scale.
- (3) By placing the eye slightly above the plane of the surface of the liquid, determine the point where the upper limit of the meniscus intersects the hydrometer scale.
- (4) Record the difference between the two readings in (2) and (3) above as the meniscus correction  $c_m$ .

*TEST PROCEDURE*

- (1) Of the air-dried soil, obtain by riffling two subsamples weighing 50-100 g approximately. The actual amount of soil required will vary according to the type of soil, e.g. 50 g with a clay soil and 100 g with a sandy soil. Determine the moisture content ( $m_a$ ) of one sample. Weigh the other accurately to the nearest 0.01 g ( $M_a$ ), and place in an evaporating dish.
- (2) To the soil in the evaporating dish add 100 ml of sodium hexametaphosphate solution, and warm the mixture gently for about 10 minutes.
- (3) Transfer the mixture to the dispersing cup of the mixer, by means of a jet of distilled water from a wash-bottle. Do not use more than 150 ml of water for this operation. Then stir the soil suspension for 15 minutes by means of the mechanical mixer.
- (4) Transfer the suspension immediately to the 63 micron test sieve placed on the receiver, and wash the soil on the sieve using a jet of distilled water from the wash-bottle. Take particular care to wash off all traces of suspension adhering to the dispersion cup

and baffle wires. Do not use more than 500 ml of water for this operation. Transfer the suspension that has passed through the sieve to the 1000 ml measuring cylinder and make up to exactly 1000 ml with distilled water.

(5) Transfer the material retained on the 63 micron sieve to an evaporating dish, and dry in the oven at 105 - 110°C. After drying, sieve this material on the 2.5 mm, 630  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , and 63  $\mu\text{m}$  test sieves. Weigh the material retained on each sieve and record the masses ( $m_g$ ,  $m_c$ ,  $m_m$  and  $m_f$  respectively).

(6) Insert a rubber bung in the mouth of the measuring cylinder, shake this vigorously until a uniform suspension is formed, and finally invert it end over end. Immediately the shaking has ceased, allow the measuring cylinder to stand, and start the stop watch. Immerse the hydrometer to a depth slightly below its floating position, and then allow it to float freely. Take the hydrometer readings after periods of 1/2, 1, 2 and 4 minutes. Then remove the hydrometer slowly, rinse it in distilled water, and keep it in a cylinder of distilled water at the same temperature as the soil suspension.

(7) Re-insert the hydrometer in the suspension and take readings after periods of 8, 15 and 30 minutes, 1, 2 and 4 hours after the shaking. Remove the hydrometer, rinse it and place it in the distilled water after each reading. In taking all readings, insert and withdraw the hydrometer carefully to avoid disturbing the suspension unnecessarily, allowing about 10 seconds for each operation. After 4 hours' sedimentation, take readings once or twice daily, noting the exact period of sedimentation.

(8) Read and record the temperature of the suspension once during the first 15 minutes and then after every subsequent reading, with an accuracy of at least  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ .

(9) Place exactly 50 ml of the dispersing agent solution in a weighed beaker, and place this in the oven at 105-110°C until the water evaporates. Hence calculate the mass ( $m_d$ ) of the dispersing agent. Calculate the dispersing agent correction ( $x$ ) from the formula:

$$x = 2 m_d$$

This correction should be approximately 4, if the recommended concentration of sodium hexametaphosphate has been used.

CALCULATIONS

- (1) Calculate the dry mass of the material taken for the sedimentation analysis from the formula :

$$M_b = \frac{M_a}{1 + m_a}$$

- (2) Use the mass  $M_b$  for the calculation of the percentages of material retained on each sieve using formulae such as :

$$\text{Material retained on } 2.5 \text{ mm sieve} = \frac{M_g}{M_b} \times 100 \quad (\%)$$

Express these as cumulative percentages passing each sieve.

- (3) Perform the necessary calculations for the sedimentation stage of the test by completing the table on the data sheet attached.

In this table,

$R_h$  = the hydrometer reading at the upper rim of the meniscus.

Record this value by reading the decimals only and placing a decimal point between the the third and fourth decimal places. For example, record the density 1.0285 as

$$R'_h = 28.5;$$

$c_m$  = meniscus correction;

$M_t$  = temperature correction given in Fig.2;

$x$  = dispersing agent correction.

- (4) Determine the equivalent particle diameter ( $d$ ) by means of the nomographic chart (Fig.1) for the solution of Stokes' Law. To do this, obtain a value of the constant  $B$  by placing a straightedge across the specific gravity ( $G_s$ ) and temperature ( $T$ ) scales at the appropriate values. Note the value of  $B$  so obtained. Then obtain a value of velocity ( $v$ ) by placing a straightedge across the hydrometer reading ( $R_h$ ) and time ( $t$ ) scales at the appropriate values. Finally, read off the value of the equivalent particle diameter ( $d$ ) by placing a straightedge across the velocity and  $B$  scales at the points corresponding to the values of  $v$  and  $B$  already found.

- (5) Calculate the percentage ( $\kappa$ ) by mass of the particles smaller than the corresponding equivalent particle diameter using the formula :

$$\kappa = \frac{100 G_s}{M_b (G_s - 1)} (R_h + M_t - x)$$

where  $M_b$  = total dry mass of the soil taken for the sedimentation analysis.

$G_s$  = specific gravity of soil particles.

*REPORTING OF RESULTS*

Plot the cumulative percentages of particles passing each sieve obtained from the results of fine sieving, and the values of  $\kappa$  obtained from the sedimentation analysis on a semi-logarithmic chart with the particle size  $D$  (mm) as abscissae on the logarithmic scale and the percentages finer than  $D$  as ordinates on the linear scale.

SML 22

### CONSOLIDATION TEST ON AN UNDISTURBED CLAY

#### OBJECT

The object of this experiment is to determine, for an undisturbed saturated, cohesive soil, the relationship between the effective pressure and void ratio and the time-settlement characteristics.

#### PROCEDURE

1. Weigh the consolidometer ring and measure its depth and internal diameter, entering these values in Data Sheet I. Then extract a specimen by driving a special, thin-walled ring (with the over-drive piece attached) into the undisturbed soil sample, and trim the ends as follows :

(a) For the Soiltest Inc. consolidometer (Fig.4), the thickness of the specimen should be slightly less than the depth of the ring in order to accommodate the porous stone. While the specimen is still in the thin-walled ring, trim one end; then, using the extruder, push the specimen through the ring for a few millimetres and cut the other end flush with the edge of the ring. Measure the height of the specimen, and transfer it into the consolidometer ring.

(b) For the Karol-Warner Inc. consolidometer (Fig.5), there is no need for such a clearance. The specimen is therefore transferred into the consolidometer ring and the ends trimmed flush with the ends of this ring. Measure the height of specimen.

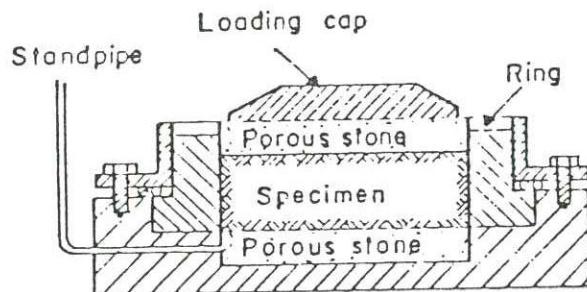


FIG. 4.

SOIL TEST INC. CONSOLIDOMETER  
C-280

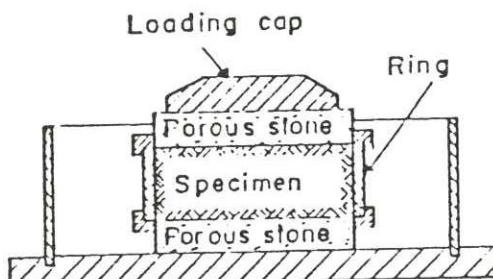


FIG.5.

KAROL-WARNER INC. CONSOLIDOMETER  
MODEL 301

2. Take samples for the determination of the specific gravity of the soil.
3. Place the specimen with its ring in an evaporating dish and weigh.
4. With filter paper discs (these may be wet for soft clays but must be dry for stiff, overconsolidated clays) placed on top and bottom of the specimen, assemble the ring in the consolidation cell and mount this on the loading device.
5. Adjust the deflection dial to give sufficient travel under the proposed increment of load, and to record a small amount of swelling.

*6. Loading sequence*

(a) Select the sequence of loading to be followed from the following range of pressures (kPa) :  
10, 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200. The initial pressure to be applied should be large enough to prevent swelling of the specimen; this should be around the effective overburden pressure at the depth from which the sample was taken for stiff clays, and as low as 10 kPa for very soft clays.

(b) Having recorded the initial dial reading, apply the initial pressure selected above, and instantaneously start the stopwatch. Take further readings of the compression gauge at 4, 8.5, 15, 23.5, and 34 seconds, and then at 1, 2.25\*, 4, 6.25, 9, 12.25, 16, 25\*\*, 36, 49, 64, 81, 100, 121 minutes, etc. (The times suggested facilitate the use of the "square root of time fitting" method. Readings taken at other intervals can also be plotted.)

(c) After about 24 hours, record the final readings of compression and time. Record also the daily maximum and minimum temperature of the room. Then increase the pressure to the next higher value in the sequence given in (a), and repeat the previous procedure.

(d) Use an adequate number of stages of loading (not less than 4), ensuring that the maximum pressure on the specimen is greater than the effective pressure expected in situ due to the overburden and the proposed structure.

---

\*The specimen should be flooded with water as soon as possible after the application of pressure. If this causes the specimen to swell, or the compression to almost cease within a short time, increase the pressure to the next higher value in the range given in (a), and re-start reading the compression gauge at the suggested time intervals. If swelling continues, the pressure should be increased further until the specimen continues to consolidate under the new load.

\*\*See NOTE following step 7.

7. Unloading

(a) After completing the readings under the maximum applied pressure, decrease the pressure to a quarter of the maximum pressure, and then to 10 kPa, leaving each pressure on for at least 4 hours.

(No intermediate readings are normally taken during the rebound stages of the test.)

(b) After taking the final reading under the 10 kPa pressure, quickly dismantle the apparatus. Remove the filter papers, dry the excess water on the surface of the specimen, and weigh the specimen while still inside the ring.

(c) Place the specimen and ring in an evaporating dish and dry in the oven to constant weight.

*NOTE (for instruction purposes only).* The proper consolidation test takes over one week to complete. In order to obtain a rough effective stress-void ratio curve in a 50 - minute instruction period, the following procedure is suggested:

After the 25-min reading under the first pressure, apply the remaining pressures in sequence, leaving each pressure on for a period of 3 minutes. Do not take time - compression readings; just record the last reading of the dial gauge, before applying the next load. After applying the last pressure and keeping it on for 3 min, take a final reading of the dial gauge, remove all loads, and apply the rest of the procedures in Step 7 (b) and (c).

*CALCULATIONS*

1. Perform the necessary calculations in order to complete Data Sheet I.
2. From the readings recorded on Data Sheet II, plot curves of the dial gauge readings against the square root of time. From these curves, determine  $t_{90}$ , the time for 90 % consolidation, using Taylor's square root of time fitting method. This is done by extending the straight portion of the compression-time curve to intersect the compression axis at the corrected origin. Through this point, a second straight line is plotted having all abscissae 1.15 times the corresponding values on the first curve. The point of intersection of this second straight line with the laboratory curve gives  $t_{90}$ . Making use of the  $t_{90}$  values determine the coefficient of consolidation,  $c_v$ , using the relation  $c_v = \frac{0.848 H^2}{t_{90}}$  where  $H$  is one half of the average of thickness values at the beginning and at the end of a load increment.
3. Use the information on Data Sheet I and the corrected compression-time curves in order to complete the table on Data Sheet III.

4. Plot the void ratio of the specimen as ordinate on a linear scale, and the corresponding applied pressure,  $p$ , in kPa as abscissa on a logarithmic scale, for different stages of the test.
5. Calculate the coefficient of volume change  $m_v$  in  $\text{m}^2/\text{kN}$  for a pressure increment of 100 kPa in excess of the effective overburden pressure at the depth from which the sample was taken. Use the semi-logarithmic plot obtained in (4), and the following equation:

$$m_v = \frac{de}{dp} \left( \frac{1}{1+e_o} \right) = \frac{de}{100(1+e_o)}$$

where  $de$  = change in void ratio corresponding to the increment of 100 kPa;  
 $e_o$  = void ratio under the present effective overburden pressure.

6. Plot a curve showing the variation of coefficient of consolidation  $c_v$  with average consolidation pressure  $p$ .
7. Determine the preconsolidation pressure by applying Casagrande's construction (see, e.g., Craig, 1983) to the semi-logarithmic plot obtained in (4).
8. Discuss your results.

REFERENCE

Craig, R.F. (1983). *Soil Mechanics*, 3rd edition, Van Nostrand Reinhold.

SML 23

LABORATORY VANE TEST

*OBJECT*

To determine the peak and residual undrained shear strength of a soft, undisturbed or remoulded clay, assumed as saturated, using the laboratory vane apparatus.

*THEORY*

Using your lecture notes, derive the following expression:

$$T = \frac{\pi}{2} D^2 \cdot H \cdot \left(1 + \frac{D}{3H}\right) \cdot c$$

where  $D$  = diameter of circle circumscribing vanes;

$H$  = height of vanes;

$c$  = mobilized shear stress in the clay sample when the vane is pushed well into the clay, and a torque  $T$  is applied to it.

*APPARATUS*

Give a line diagram, and describe the main features of the laboratory vane apparatus. This instruction is for the use of the Wykeham Farrance device, although the general procedure applies for the use of other equipment.

*PROCEDURE*

(a) *Calibration*

1. Apply a known torque to the vertical shaft carrying the vane and read off the angular deflection of the spring. The required torque can be applied by means of a thread wound round the 9.5-mm diameter section of the vane shaft, and pulled horizontally by passing it over a pulley supported independently on a horizontal axis, and placing weights on a hanger attached to its end.
2. Readings should be taken for loading and unloading stages and the mean spring deflection determined in order to eliminate the effect of friction at the pulley.

(b) *Testing Procedure*

1. If an undisturbed sample is available, transfer this into a Proctor or other suitable mould\*. Otherwise, remould about 1 kg of Ankara Clay with distilled water to a consistency corresponding to a water content of about 35 %. Fill a C.B.R. mould with this clay, taking care not to trap any air in the sample. Place the sample so prepared on the base plate of the vane apparatus, centrally below the vane.

\*If the Karol-Warner device is to be used, the sample can be tested directly while in the sampling tube.

2. Rotation of the handle, having a horizontal axis, rotates a graduated disc which is coupled with the top of a helical spring. (Four springs of varying stiffness are available, and the one giving as wide a range of readings as possible must be chosen according to the consistency of the sample tested, provided that the spring deflection does not exceed 180°). The lower end of this spring is coupled with the vane shaft and also with two pointers. The shorter of these pointers reads against the graduated disc and hence registers the relative angular motion between the top and bottom of the spring, that is, the "spring deflection". The longer pointer reads against a stationary graduated dial and hence gives the angular rotation of the vane.
3. Set the two pointers in contact with each other, with the longer pointer reading a value close to zero. Take the initial readings of both pointers.
4. By turning the handle at the top of the screw spindle anticlockwise, lower the vane until it is just in contact with the top of the sample. Then give it 12 more turns so that the vane penetrates the sample by about three times its own height,  $H$ , in order to avoid the surface irregularities of the sample. Take the pointer readings once more to check whether any twist of the vane has taken place as it entered the soil.
5. Then apply a torque to the vane by a steady clockwise rotation of the appropriate handle at a speed of one-quarter of a revolution every 10 seconds. During this process, take readings of the spring deflection (inner dial) and of the angular rotation of the vane (outer dial) at intervals of 10 seconds. Continue until the sample fails, this being indicated by a reduction in the spring deflection. If the spring deflection reaches 100°, stop the test and repeat with a stiffer spring.
6. Rotate the vane rapidly through two complete revolutions; then reduce the speed of rotation of the handle to the value used in (5), and take a final reading of the spring deflection and the angular rotation.
7. Raise the vane out of the sample by rotating the vertical spindle clockwise. Wipe the blades clear of adhering soil. Shift the sample so that the vane can be lowered to a point at least 30 mm from the point of the previous test and repeat Steps (4) to (6).
8. Repeat (7) for at least one more point of the sample.
9. Take two samples for water content determination.

*COMPUTATIONS*

1. Plot the calibration curves, for the springs used, in the form of graphs of applied torque against the average angular spring deflection.
2. For each shear test performed, convert the values of the spring deflection to mobilized shear stress in the sample by using the calibration curve for the spring used and the formula given above. Plot these values against the angular rotation of the vane, thus obtaining a set of stress-strain curves. Read off the values of peak and residual undrained shear strength.
3. Obtain the average of the values of peak and residual undrained shear strength of the soil.
4. Discuss your results.

R219/95-08

C.1

MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY  
INSTITUTE OF MARINE SCIENCES, ERDEMLİ/İÇEL

OFFSHORE GEOPHYSICAL AND GEOTECHNICAL  
SURVEY FOR THE MANAVGAT RIVER  
WATER SUPPLY PROJECT  
-FINAL REPORT-

Assist Prof.Dr. Vedat EDİGER and Assist.Prof.Dr. Mahmut OKYAR

Sponsored by

EMT-Aydiner Joint Venture

August, 1995

ODTÜ-DBE KÜTÜPHANE  
METU-IMS LIBRARY

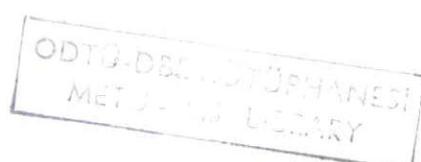
## ACKNOWLEDGEMENTS

This survey was carried out with the help of many members of the Institute of Marine Sciences, especially Prof.Dr. İlkay Salihoglu, Prof.Dr. Cemal Saydam, Prof.Dr. Muhammet A. Latif, Assist.Prof.Dr. Sükrü T. Beşiktepe, and Electronic Engineer Mehmet Demirel. We also thank Civil Engineers Ahmet Kanadıkırık and Doğan Yatan, from the EMT-Aydiner Joint-Venture, for their help during the various stages of this study.

The captain of the R/V BİLİM and his crew are sincerely thanked for their co-operation throughout the survey.

The Director of the Institute, Prof.Dr. Ümit Ünlüata is thanked for his efforts, and guidance.

We also acknowledge the assistance of the Civil Engineering Department of the Middle East Technical University during the Geotechnical studies and interpretations.



## TABLE OF CONTENTS

	Pages
<b>ACKNOWLEDGEMENTS</b>	1
<b>TABLE OF CONTENTS</b>	2
<b>CHAPTER: 1 INTRODUCTION</b>	4
1.1. Scope of the work	4
1.2. General characteristics of the study area	4
<b>CHAPTER: 2 SURVEY EQUIPMENT</b>	6
2.1. Survey Vessel	6
2.2. Navigation	6
2.2.1. Trisponder System	6
2.2.2. Global Positioning System (GPS)	7
2.3. Echo Sounding Systems	7
2.3.1. Raytheon DE-719B	8
2.3.2. Atlas DESO-10	8
2.3.3. JMC Echo-Sounder (Model V-144)	9
2.4. Uniboom Subbottom Profiling System	9
2.5. Side Scan Sonar System	11
2.6. Remotely Operational Vehicle (ROV)	12
2.7. Sea Bottom Sampling	16
<b>CHAPTER: 3 RESULTS AND DISCUSSIONS</b>	17
3.1. Bathymetry of the study area	17
3.2. Surface characteristics of the sea floor	18
3.3. Subsurface characteristics of the sea floor	19
3.3.1. Unit A	20
3.3.2. Unit B and total sediment thickness	21
3.3.3. Unit C	21
3.4. Geotechnical properties of the sea floor	23

## APPENDICES

### MAPS

- MAP 1: Sub bottom profiling trackline map
- MAP 2: Side scan sonar trackline map
- MAP 3: Echo sounding lines (DB, BB), ROV lines  
(ROV-1, 2, 3) and Sampling stations (1-20) map
- MAP 4: Bathymetric map
- MAP 5: Sonographs interpretation map
- MAP 6: Thickness map of Unit A
- MAP 7: Total sediment (Unit A+Unit B) thickness map.

### SEISMIC PROFILES

- Uniboom profile U2
- Uniboom profile U3
- Uniboom profile U8
- Uniboom profile U11 (between the fixes 1 and 13) (a)
- Uniboom profile U11 (between the fixes 58 and 65) (b)
- Uniboom profile U12 (between the fixes 8 and 17) (a)
- Uniboom profile U12 (between the fixes 50 and 56) (b)
- Uniboom profile U14

### SECTIONS

- SECTION 1: Cross section along the A1-SPM1 line
- SECTION 2: Cross section along the A2-SPM2 line

## **CHAPTER: 1 INTRODUCTION**

### **1.1. Scope of the work**

This survey was carried out for the EMT-Aydiner Joint Venture, based on the terms of contract number 95.07.01.04 with the Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University.

The scope of the survey is to obtain geophysical and geotechnical data for the design and installation of offshore Pipeline Routes, two Single Point Mooring (SPM) Locations, and Anchor Locations. For this aim, seismic data (echo-sounding data, high-resolution reflection profiles, and sonograph records), ROV (Remotely Operated Vehicle) video records, and sediment samples were collected. This report covers the results of the geophysical and geotechnical investigations for the Manavgat River Water Supply Project. The results are presented on 1/5000 scale maps.

The field work was carried out during 7-14 June, 1995.

### **1.2. General characteristics of the study area**

The survey area is located offshore of the Manavgat River Mouth in the Antalya Bay, Northeastern Mediterranean Sea, between the longitudes  $31^{\circ} 27' 00''$ -

31° 33' 00" E and latitudes 36° 41' 30"-36° 45' 00" N. It has a surface area of nearly 30 km<sup>2</sup>.

Geologically, this area has been subjected to various orogenic activities since the Paleozoic time. These are mainly the Hercynian and the Alpine Orogenesis. The Taurus Mountains, located in the north of the study area, were mainly formed during the Alpine Orogeny. In general the southern coast of Turkey is characterized by high mountains which plunge precipitously into the adjacent Mediterranean to form a coastline dominated by sea cliffs, but between Antalya and Alanya the mountains recede inland.

Manavgat River has cut a deep valley in the coastal mountain-belt. On the seaward side of the coastal mountains, there is a gently broad coastal plain composed of Quaternary sediments. The coast is fringed by broad sand and gravelly sand beaches with wide belts of high dunes on their landward sides. Fragments of recently cemented (by calcium carbonate) rock have been thrown up on the eastern nearshore of the survey area. This kind of soft rock are generally called beachrocks.

## **CHAPTER: 2 SURVEY EQUIPMENT**

### **2.1. Survey Vessel**

The Institute of Marine Science used its own research vessel R/V BİLİM for performing all aspects of the proposed route survey. The vessel is designed as an oceanographic vessel and was launched in 1983. It has a length of 40.36 m, and a beam of 9.47 m.

Additionally, a small boat was also used in nearshore surveys.

### **2.2. Navigation**

During this survey, the following accurate positioning systems were employed at both offshore and the shallow water areas.

#### **2.2.1. Trisponder System**

A DECCA Trisponder Navigation System was employed throughout the survey. This system consists of an onboard "master" unit and two onshore responder units. Short (0.5m sec) pulses of radio frequency signals are transmitted by the master unit, and responses of each of the onshore units are received. Using the time taken for a round trip, distance to each of the responders are measured and displayed by a

distance measuring unit. This operation continues at very short time intervals (few milliseconds).

For this study three onshore units (T1, T2 and T3) were set up on land (Maps 1-7). Their location was determined by a Distomat System provided by Contractor (EMT-Aydiner Joint Venture). Following this, the locations of the onshore units (T1, T2 and T3), were transferred on the 1/10000 and 1/5000 map scales of the Turkish National Grid (Maps, 1-7).

The trisponder system had been electronically calibrated at 700 m distance, before starting the survey.

### **2.2.2. Global Positioning System (GPS)**

The differential global positioning system, Trimble's NT200D model mounted on board R/V Bilim was also used for this survey. With its Smart Chart Reader option, this system displayed a real-time image of the survey vessel over an electronic chart of the surrounding marine environment.

## **2.3. Echo Sounding Systems**

Throughout the marine surveys, the following precision Echo-Sounders were utilized. All Echo-Sounders were calibrated for the speed of sound of 1470 m/sec in the water column. Additionally, their depth readings were also controlled with the bar check.

### **2.3.1. Raytheon DE-719B**

This system is a portable precision survey depth recorder. It consists of a recording unit and a 208 kHz transmitter/receiver transducer. The maximum depth measuring range of the echo-sounder is 123 meters. Its accuracy is 1.27% cm of indicated depth.

This system was mounted on a small boat and used during the inspection of the Municipal Sewer Line in the nearshore area. It was also employed for recording depths during the ROV video recording surveys along the Pipeline Routes (Map 3).

### **2.3.2. Atlas DESO-10**

Atlas DESO-10 is a precision depth recorder mounted on R/V Bilim. The main components of this equipment are;

- recorder unit ATLAS-DESO 10
- control unit ATLAS-DESO 10
- transducers (1 transducer, 33 kHz; 1 transducer, 210 kHz)
- ATLAS-EDIG 10 (Depth indication, for digital data acquisition)

The maximum depth measuring range of the Atlas Deso-10 equipment is 1400 meters. With its digital data acquisition unit (Atlas Edig-10), all depth readings are recorded in digital form.

This system was used throughout the surveys (Maps 1-3).

### **2.3.3. JMC Echo-Sounder (Model V-144)**

JMC is also a vessel mounted precision survey depth recorder. This equipment produces conventional paper graph recordings using thermal paper and a multi-stylus head. Its maximum depth reading capability is 2600 m. It uses two different frequencies (28, 200 kHz) depending on operational conditions. The depth is also displayed on a color monitor.

The JMC Echo-Sounder was used along with the Atlas DESO-10 system (Maps 1-3).

## **2.4. Uniboom Subbottom Profiling System**

An EG&G Uniboom high resolution seismic reflection profiling system was utilized for investigating subbottom structures along the seismic tracklines (Map, 1). The main components of this system are:

- Model 230-1 Uniboom Unit Pulse Boomer
- Model 234 Energy Source
- Model 265 Hydrophone
- Model 255 Seismic Recorder

The Uniboom system generates an acoustic pulse of 0.2 millisecond (ms) with a band width of 400-14000 Hz at an

out-put level of 300 Joules. The depth of penetration can be upto 75 m, depending on material properties.

The reflected signals are picked by a hydrophone array of eight sensitive (sensitivity= -8 db/v/microbar) elements, filtered for very high frequency noise (>7 kHz), and recorded by a precision graphic recorder unit as a function of two-way travel time.

The electro-mechanic transducer is mounted on a catamaran, and towed at the sea surface. It is equipped with a shield to prevent reverberation as a result of reflection of the signal at the water-air interface. This is important for the achievement of high resolution, especially near the seafloor. The catamaran is towed astern on one side of the ship's wake and the hydrophone array on the other side. This eliminates multiple reflection interference with primary reflections from the subsurface.

In this survey the catamaran and hydrophone were towed 40 m behind the R/V BİLİM. This difference in distance between the ship's position and the hydrophone was eliminated by shifting the fixes lines on the analog seismic records.

During the seismic data interpretations depth conversion from the time sections were made using seismic velocities of 1500 m/sec in water and 1700 m/sec in sediments. Bar scales

for these values were also displayed on seismic sections (U2, U3, U8, U11, U12 and U14).

## 2.5. Side Scan Sonar System

An EG&G Side Scan Sonar system was utilized for imaging the sea floor along the tracklines (Map 2). The basic components of the system and their operational characteristics are given below.

The system consists of two basic elements: a towed unit (fish) which contains two transducers, and a dual-channel recorder unit. The recorder also has the controls of the system. The tow fish transducers send short pulses (0.1 millisecond) of high frequency ( $\sim 105$  kHz) acoustic energy in a fan-shaped beam on each side of the towing unit. The reflected signals from the seafloor are received by the same transducers, processed by the recorder unit and recorded on chart on the corresponding side. In this manner, the record covers a strip of the seafloor. Depending on their material composition, dimensions and geometrical relationships with the towing unit, different objects or features on the seafloor reflect the acoustic energy with different intensities. This results in their appearance on the record with different shapes and different patterns of tonalities.

The horizontal resolution (parallel to the cruise line) of the beam is determined by its angular width ( $1.2^\circ$ ) and the range of the record. Perpendicular to the cruise track (range resolution), the resolution of the record is theoretically determined by the length of the pulse (0.1 millisecond). In practice this is limited by the width of the record on each side, which is 125 mm here.

## 2.6. Remotely Operational Vehicle (ROV)

Benthos' MKII Remotely Operational Vehicle (ROV) was utilized for video recording along both the pipe-line routes and municipal sewer line (Map 3).

This system consist of a control console, a videographic data display, a hand controller, an underwater vehicle unit and an umbilical cable. The system is capable of visual examination to a maximum depth of 300 m.

In this survey the ROV was towed behind the R/V BİLİM. Water depths were checked by Raytheon depth recorder. Since the depth calibration of the ROV has not been applied to this work, bathymetric contours (Map 4) along the ROV tracklines (Map 3) must be considered during the playback operation of the video records. The position of the ship and the corresponding video recording times are given in Tables 1, 2 and 3.

TABLE 1: Fixes and corresponding video recording times along the ROV-1 line.

ROV-1 LINE											
Fixes			Times			Fixes			Times		
	H	M	S		H	M	S		H	M	S
1	7 09		21	34 11		41	57 45				
2			22	35 14		42	59 10				
3			23	37 01		43	1 00 38				
4	10 46		24	37 55		44	1 01 47				
5	11 55		25	39 02		45	1 03 25				
6	13 33		26	40 07		46	1 04 53				
7	14 58		27	41 19		47	1 06 07				
8	16 20		28	43 55		48	1 07 01				
9	17 09		29	44 45		49	1 07 44				
10	18 36		30	45 29		50	1 08 40				
11	20 24		31	46 26		51	1 10 03				
12	22 05		32	48 36		52	1 11 30				
13	23 54		33	49 32		53	1 12 38				
14	25 26		34	50 27		54	1 13 47				
15	27 16		35	51 25		55	1 15 11				
16	28 16		36	52 16		56	1 16 42				
17	29 44		37	53 27		57	1 17 46				
18	30 48		38	54 25		58	1 18 50				
19	31 46		39	55 40		59	1 20 26				
20	33 28		40	56 38		60	1 22 22				

TABLE 2: Fixes and corresponding video recording times along the ROV-2 line.

ROV-2 LINE										
	Fixes	Times				Fixes	Times			
		H	M	S			H	M	S	
	1	0	38			21	25	27		
	2	1	52			22	26	24		
	3	2	56			23	27	16		
	4	4	04			24	29	03		
	5	5	03			25	30	17		
	6	6	27			26	31	47		
	7	7	09			27	33	14		
	8	8	25			28	34	58		
	9	9	33			29	36	53		
	10	10	50			30	38	56		
	11	12	28			31	42	00		
	12	14	02			32	43	08		
	13	15	21			33	44	31		
	14	16	19			34	46	14		
	15	17	47			35	47	00		
	16	19	04			36	48	34		
	17	20	16			37	50	19		
	18	21	53			38	51	57		
	19	22	54			39	52	48		
	20	23	56			40	54	17		

TABLE 3: Fixes and corresponding video recording times along the ROV-3 line.

ROV-3 LINE										
	Fixes	Times				Fixes	Times			
		H	M	S			H	M	S	
	1	57	40			6	1	10	51	
	2	58	24			17	1	11	25	
	3	59	05			18	1	12	28	
	4	59	35			19	1	13	29	
	5	1	00	28		20	1	14	28	
	6	1	01	17		21	1	15	37	
	7	1	02	25		22	1	16	20	
	8	1	03	12		23	1	17	26	
	9	1	04	29		24	1	19	07	
	10	1	05	29		25	1	20	17	
	11	1	06	21		26	1	21	03	
	12	1	07	13		27	1	22	45	
	13	1	08	11		28	1	23	51	
	14	1	08	57		29	1	25	27	
	15	1	10	15		30	1	26	49	
						31	1	27	58	

## **2.7. Sea Bottom Sampling**

For sea floor sampling, a Gravity Corer was used. However, Dietz Lafonde grab (surface) sampler was also utilized at some sampling stations where the sea bottom was covered with coarse material (in sand size). Locations of the sampling stations are plotted on Map 3. Depth measurements at each sampling stations were done using echo sounding systems (Atlas DESO-10 and JMC).

The gravity corer is 90 cm long (coring length), 5 cm in diameter and weighs about 20 kg (extra weights are: 4x25kg). The corer assembly consists of a main body tube (upper assembly or weight stand), an adapter, a bail, a collar (4 to 6 cast lead weights, 25kg each), a coring tube (5 cm inside diameter, and 90 cm length), a core catcher, a core cutting edge, and plastic tubes. The corer achieves its penetration by gravity. Specific gravity of the device is great enough to cause the corer to free-fall rapidly through the water and strike the bottom with enough force to penetrate the sea bottom.

## **CHAPTER: 3 RESULTS AND DISCUSSIONS.**

### **3.1. Bathymetry of the study area**

Depth readings obtained from the echo sounding data along all seismic survey lines (Maps 1, 2, and 3) were plotted on a composite map and a bathymetric map (Map 4) was prepared. The maximum sea level fluctuations during the survey were within the range of  $\pm 17$  cm and are therefore neglected. In this map (Map 4), contour intervals are 1 meter between the depths of 7 and 100 m, and 5 meters at water depths greater than 100 m. Additionally, two cross sections along the proposed pipeline routes are also presented at map scale (Sections 1 and 2).

It is obvious that the morphology of the survey area is dominated by two submarine canyons, along the N-S and NE-SW directions. The submarine canyon along the N-S direction starts at about 50 m depth and reaches to a depth of 360 m. The second canyon extends from 100 m to 280 m water depths. These canyons are separated by a narrow rise in the study area. They probably join each other at greater depths, away from the study region. The morphological changes around the submarine canyons have been controlled by neotectonic movements and regional differences in the rate of sedimentation on the shelf.

The other striking feature of the morphology of the sea floor is the presence of shoal located on the eastern side of the area. This shoal, has a 6 m height rise from the sea bottom. Bathymetric contours at this locality shows closure at 9 and 11 meters. Based on sonographs data this area was interpreted as a rock outcrop (see next section).

The bathymetric contours are generally parallel to the coast. Towards the depth of 30 m the spacing between the contour lines is wide. Beyond this depths contours become narrow, indicating and increase in the slope of the sea floor.

On Section-1, average slope of the sea floor is about  $0.91^\circ$  from the shore to the depth of 23 m. Slope value reaches to  $1.93^\circ$  towards the 70.7 m.

On Section-2, change in the slope occurs at about 32 m depth. The slope value is about  $1.27^\circ$  between the shore and the water depth of 32 m. This value reaches to  $3.10^\circ$  towards the 80.8 m.

This measurements indicates that the eastern pipeline route is steeper than the western route.

### **3.2. Surface characteristics of the sea floor**

Based on side scan sonar data collected along the tracklines (Map 2), a sonographs interpretation map was prepared (Map 5).

The sea floor of the area is basically characterized by two sedimentary covers, which consist of sandy and muddy materials.

Sandy ground covers the shallower parts of the area, less than 25 m depth. Based on sonographs data and ROV video recordings in this zone some occurrences of sand ripples and sea grasses were also interpreted. The presence of sand materials and sand ripples reflect a high energy environment character (currents and wave activities).

The sea floor where the water depths are greater than 25 m is dominated by muddy materials. Deposition of mud at this region indicates low-energy settings.

Apart from these findings, the other characteristic of the sea floor is the existence of rock outcrop in the eastern part of the survey area. This rock outcrop has a 6 m height from the sea floor, (Sec. 3.1). This structure was surrounded by scattered rock fragments. Similar rock fragments were also observed at about 60 m depth in the eastern part of area.

### **3.3. Subsurface characteristics of the sea floor**

In order to obtain the detailed information from the subbottom in the survey area, high-resolution seismic reflection profiling data were collected along the tracklines

(Map 2). Interpretation of seismic data reveals the presence of three seismostratigraphic units from top to bottom (Units A, B, and C). These are discussed below.

### 3.3.1. Unit A

Unit A is the upper sedimentary unit (Uniboom profiles U2, U3, U8, U11, U12, and U14). Its top is defined as present sea floor. It consists mainly of unconsolidated recent sediment. Seismostratigraphically this unit is characterized by parallel reflection configurations.

Areal distributions of thickness of the Unit A is represented on Map 6. As seen on this map, the maximum thickness value is about 23 meters at the eastern pipeline area, and the minimum value is less than 1 meter at the western pipeline area.

Thickness variations of Unit A are controlled by the sedimentation rates and paleo-topography of the Unit B. The high values in the nearshore region suggest that a large parts of the terrigenous sediment delivered to the shelf has been trapped in the inner shelf zone and the modern beach-dune system.

The thickness variations of Unit A along the pipeline routes are given in Sections 1 and 2. The thickness of Unit-A along the east section is greater than the west section. In

general, the thickness of Unit A is greater than 5 m along the each sections.

### 3.3.2. Unit B and total sediment thickness

Unit B is the semi consolidated lower sedimentary unit (Uniboom profiles U2, U3, U8, U11, U12, and U14). This unit is covered by Unit A, and it overlies the Unit C.

Seismostratigraphically this unit is characterized by parallel/subparallel reflection configurations.

Areal distributions of thickness of the total sedimentary units (Unit A+Unit B) are presented in Map 7. As seen on this map, the maximum (63 m) and minimum (less than 1 m) thicknesses values are observed at the western pipeline area.

Total sediment thickness values have not been calculated at some seismic sections due to multiple reflections in nearshore areas and weak penetration in deep water areas.

### 3.3.3. Unit C

Seismostratigraphically, this unit is characterized by some chaotic and subparallel reflection configurations. It is interpreted as basement hard rock. Its upper surface reflects an erosional and faulted surface character. Traces of some old faults were observed within the basement rock. There is,

however, no evidence that the upper sedimentary units (Units A and B) were faulted. This indicates that the observed faults occurred long before the deposition processes commenced and are not active faults at present.

The most striking feature of this unit is that it gives an out crop from the sea bottom at the eastern part (Sections 3.1 and 3.2).

### **3.4. Geotechnical properties of the sea floor**

ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
DENİZ BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ, ERDEMLİ/İÇEL

MANAVGAT ÇAYI SU TEMİN PROJESİ İÇİN  
KIYI ÖTESİ DENİZ JEOFİZİĞİ VE JEOTEKNİĞİ  
ÇALIŞMALARI PROJESİ  
-SONUÇ RAPORU-

Y.Doç.Dr. Vedat EDİGER ve Y.Doç.Dr. Mahmut OKYAR

Destekleyen Kuruluş  
EMT-Aydiner Ortaklıgı

Ağustos, 1995

## **TEŞEKKÜR**

Deniz Bilimleri Enstitüsü personelince gerçekleştirilen bu çalışmada, özellikle Prof.Dr. İlkay Salihoglu, Prof.Dr. Cemal Saydam, Prof.Dr. Muhammet A. Latif, Y.Doç.Dr. Sükrü T. Beşiktepe, ve Elektronik Mühendisi Mehmet Demirel' e katkılarından dolayı teşekkür ederiz. Aynı zamanda, çalışmanın çeşitli aşamalarında yardımcılarını esirgemeyen EMT-Aydiner Ortaklıği'ndan İnşaat Mühendisleri Ahmet Kanadıkırık ve Doğan Yatan beylere de teşekkür ederiz.

R/V BİLİM araştırma gemisinin kaptan ve mürettebatına, çalışmalar sırasında göstermiş oldukları uyum ve anlayışlarından dolayı teşekkür ederiz.

Deniz Bilimleri Enstitüsü Müdürü sayın Prof.Dr. Ümit Ünlüata'ya, bu projenin gerçekleşmesi için sağladığı imkanlardan ve rehberliğinden dolayı teşekkür ederiz.

Aynı zamanda Jeoteknik incelemeler ve yorumlamaları ile bu projeye katkılarından dolayı Orta Doğu Teknik Üniversitesi İnşaat Mühendisliği Bölümüne'de teşekkür ederiz.

	İÇİNDEKİLER	SAYFALAR
<b>TEŞEKKÜR</b>		<b>1</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b>		<b>2</b>
<b>BÖLÜM: 1 GİRİŞ</b>		<b>4</b>
1. Çalışmanın amacı		4
1.2. Çalışma alanının genel özellikleri		4
<b>BÖLÜM: 2 ARAŞTIRMA CİHAZLARI</b>		<b>6</b>
2.1. Araştırma Gemisi		6
2.2. Mevki Bulma		6
2.2.1. Trisponder Sistemi		6
2.2.2. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)		7
2.3. Derinlik Ölçüm Sistemleri		8
2.3.1. Raytheon DE-719B		8
2.3.2. Atlas DESO-10		9
2.3.3. JMC Derinlik Ölçerr (Model V-144)		9
2.4. Uniboom Dipaltı Sismik Profil Alma Sistemi		10
2.5. Yanı Tarayan Sonar Sistemi		12
2.6. Uzaktan Kumandalı Denizaltı Cihazı (ROV)		13
2.7. Deniz Tabanı Örnekleme		17
<b>BÖLÜM: 3 SONUÇ VE ÖNERİLER</b>		<b>18</b>
3.1. Çalışma sahasının batimetrisi		18
3.2. Deniz tabanının yüzey özellikleri		20
3.3. Deniz tabanının dipaltı özellikleri		21
3.3.1. A Birimi		21
3.3.2. B Birimi ve toplam sediment kalınlığı		22
3.3.3. C birimi		23
3.4. Deniz tabanının Jeoteknik Özellikleri		24

- EKLER**
- HARİTALAR**
- HARİTA 1:** Dip altı profil alma hat haritası (Sub bottom profiling trackline map)
  - HARİTA 2:** Yanı tarayan sonar hat haritası (Side scan sonar trackline map)
  - HARİTA 3:** Derinlik Hatları (DB, BB), Uzaktan Kumandalı Denizaltı Hatları (ROV-1, 2, 3) ve Örnekleme İstasyonları (1-20) Haritası (Echo sounding lines (DB, BB), ROV lines (ROV-1, 2, 3) and Sampling stations (1-20) map)
  - HARİTA 4:** Batimetrik Harita (Bathymetric map)
  - HARİTA 5:** Sonar Kayıtları Yorum Haritası (Sonographs interpretation map)
  - HARİTA 6:** A Biriminin Kalınlık Haritası (Thickness map of Unit A)
  - HARİTA 7:** Toplam sediman (A birimi+B birimi) kalınlık haritası (Total sediment (Unit A+Unit B) thickness map).

**SİSMİK PROFİLLER**

- Uniboom U2 profili (Uniboom profile U2)
- Uniboom U3 profili (Uniboom profile U3)
- Uniboom U8 profili (Uniboom profile U8)
- Uniboom U11 profili (1 ve 13 fiksler arası) (Uniboom profile U11 (between the fixes 1 and 13))
- Uniboom U11 profili (58 ve 65 fiksler arası) (Uniboom profile U11 (between the fixes 58 and 65))
- Uniboom U12 profili (8 ve 17 fiksler arası) (Uniboom profile U12 (between the fixes 8 and 17))
- Uniboom U12 profili (50 ve 56 fiksler arası) (Uniboom profile U12 (between the fixes 50 and 56))
- Uniboom U14 profili (Uniboom profile U14)

**KESİTLER**

- KESİT 1:** A1-SPM1 hattı boyunca kesit (Cross section along the A1-SPM1 line)
- KESİT 2:** A2-SPM2 hattı boyunca kesit (Cross section along the A2-SPM2 line)

## **BÖLÜM: 1 GİRİŞ**

### **1.1. Çalışmanın Amacı**

Bu çalışma, Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından 95.07.01.04 nolu sözleşme kapsamında, EMT-Aydiner OrtaklıĞı adına gerçekleştirılmıştır.

Çalışmanın amacı, kıyıotesi boru hatlarının planlanması ve montajı için ve aynı zamanda iki adet tek noktalı şamandıra ve demirleme yerlerinin araştırılması için gerekli olan jeofiziksel ve jeoteknik verileri elde etmektir. Bu amaçla, sismik veriler (derinlik ölçümleri, yüksek ayırmalı yansıtma profilleri ve sonar kayıtları), uzaktan kumandalı denizaltı cihazı (ROV) ile video kayıtları ve sediman numuneleri toplanmıştır. Bu rapor, Manavgat Çayı Su Temin Projesi'nin, jeofiziksel ve jeoteknik araştırma sonuçlarını kapsamaktadır. Elde edilen sonuçlar, 1/5000 ölçekli haritalara aktarılarak sunulmuştur.

Saha çalışmaları, 7-14 Haziran 1995 de gerçekleştirılmıştır.

### **1.2. Çalışma alanının genel özellikleri**

Çalışma sahası, Kuzeydoğu Akdeniz'de yer alan Antalya Körfezi'ndeki Manavgat Çayı ağzının kıyıotesini

kapsamaktadır. Bu saha  $31^{\circ} 27' 00''$ - $31^{\circ} 33' 00''$  kuzey enlemleri ve  $36^{\circ} 41' 30''$ - $36^{\circ} 45' 00''$  doğu boyamları arasında bulunmaktadır. Çalışma alanı yaklaşık  $30 \text{ km}^2$  lik bir yüzey genişliğine sahiptir.

Jeolojik olarak, bu bölge Paleozoik zamandan beri çeşitli orojenik hareketlere maruz kalmıştır. Bunların başlıcaları Hersinyen ve Alpin orojenezleridir. Çalışma sahasının kuzeyinde yer alan Toros Dağları asıl olarak Alpin orojenezinde oluşmuşlardır. Genellikle, Türkiyenin güney kıyıları, denize dik bir eğimle dalarak kıyı kesiminde yarlar oluşturmaktadırlar, ancak Antalya ve Alanya arasındaki dağlar kıyıdan karaya doğru uzaklaşmaktadır.

Manavgat Çayı kıyıdaki dağ kuşağında derin bir vadiye sahiptir. Dağların denize bakan taraflarında Kuvaterner sedimanlarından oluşan az eğimli geniş kıyısal bir düzlık vardır. Kıyı, geniş kum ve çakıllı-kum plajları ile bu plajların kara kesimindeki geniş kumtepeleriyle çevrelenmiştir. Çalışma sahasının doğu tarafındaki kıyı kesiminde güncel çimentolaşmış (kalsiyum karbonat ile) kaya parçaları bulunmaktadır. Bu tür yumuşak kayaçlar genelde yalıkkayaşı olarak isimlendirilmektedir.

## **BÖLÜM: 2 ARAŞTIRMA CİHAZLARI**

### **2.1. Araştırma Gemisi**

Önerilen hatlar boyunca, gerekli çalışmaları gerçekleştirmek amacıyla, Deniz Bilimleri Enstitüsü'nün R/V BİLİM araştırma gemisi kullanmıştır. R/V BİLİM, oşinografik amaçlı bir araştırma gemisi olarak inşa edilmiş olup, 1983 yılında denize indirilmiştir. Uzunluğu 40.36 m, genişliği ise 9.47 m dir.

Ayrıca, kıyıya yakın yerlerdeki araştırmalar için küçük bir bot kullanılmıştır.

### **2.2. Mevki Bulma**

Bu çalışma süresince, aşağıda de濂ilen hassas konum belirleme sistemleri, hem kıyıotesinde hemde sıg sularda kullanılmıştır.

#### **2.2.1. Trisponder Sistemi**

Çalışma alanlarında, DECCA Trisponder Mevki bulma sistemi yaygın olarak kullanılmıştır. Bu sistem biri gemide bulunan bir "Master" ünitesi ile ikisi kıyıda bulunan kara ünitelerinden meydana gelmektedir. Gemide bulunan ünite aracılığıyla, 0.5 m sn lik kısa dalga boyunda radyo frekanslı sinyaller gönderilmekte ve bu gönderilen sinyaller karada bulunan her iki ünite tarafından algılanmaktadır. Sinyallerin

gidiş geliş süreleri kullanılarak, gemideki ünitenin her iki kara ünitesine olan mesafeleri, uzaklık ölçen ünite (DMU) tarafından anında hesaplanmaktadır. Bu işlemler, çok kısa zaman aralıklarıyla (milisaniye mertebesinde) devam etmektedir.

Bu çalışmada, üç adet kara ünitesi (T1, T2 ve T3) kıyuya kurulmuştur (Haritalar 1-7). Bu ünitelerin mevkileri yüklenici firma (EMT-Aydiner Ortaklısı) tarafından sağlanan Distomat sistemi ile belirlenmiştir. Bunu takiben, kıyıdaki ünitelerin mevkileri (T1, T2 ve T3), Türkiye Ulusal Girid Sistemi'ne sahip olan ve 1/10000, 1/5000 ölçekli olarak hazırlanan ve aynı zamanda çalışma alanını kapsayan haritalara aktarılmıştır (Haritalar, 1-7).

Trisponder sistemi, çalışmalar başlamadan önce 700 m lik bir uzaklık için elektronik olarak kalibre edilmiştir.

### **2.2.2. Global Konum Belirleme Sistemi (GPS)**

Bu çalışmalar sırasında, R/V Bilim gemisine monte edilmiş olan Trimble marka (NT200D) global konum belirleme sisteme kullanılmıştır. Bu sistemde bulunan elektronik bir kart yardımcı ile araştırma gemisinin deniz ortamındaki konumu, anında ekran üzerinde gözlenebilmiştir.

## **2.3. Derinlik Ölçüm Sistemleri**

Deniz araştırmaları sırasında, tüm çalışma alanlarında aşağıdaki hassas derinlik ölçerler kullanılmıştır. Tüm derinlik ölçerler, su kolonundaki 1470 m/sn lik ses hızı temel alınarak kalibre edilmiştir. Ayrıca, bu cihazların derinlik okuma değerleri çubuk yöntemi yardımı ile kontrol edilmiştir.

### **2.3.1. Raytheon DE-719B**

Bu sistem, taşınabilir hassas bir derinlik kayıtedici cihazdır. Cihaz bir kayıt edici ünite ile 208 kHz frekanslı alıcı/verici işlevini gören bir elemandan oluşmaktadır. Bu derinlik ölçerin derinlik okuma kapasitesi enfazla 123 metredir. Cihazın hassasiyeti derinlik değerinin 1.27% si kadardır.

Bu cihaz, sığ kesimde yer alan ve belediye'ye ait olan atıksu borusunun araştırılması için küçük bir bota monte edilerekte kullanılmıştır. Aynı zamanda bu cihaz, planlanan boru hatlarının doğrultuları boyunca ROV cihazı yardımı ile gerçekleştirilen video kayıtları sırasında da (Harita 3) kullanılmıştır.

### **2.3.2. Atlas DESO-10**

Atlas DESO-10, R/V BİLİM gemisine monte edili hassas bir derinlik kayıtedicidir. Bu cihazın temel parçaları şunlardır.

- kayıt ünitesi ATLAS-DESO 10
- kontrol ünitesi ATLAS-DESO 10
- alıcı/verici elemanlar (33 kHz ve 210 kHz frekanslarında)
- ATLAS-EDIG 10 (sayısal olarak veri toplayıcı)

Atlas Deso-10 cihazının azami derinlik okuma limiti 1400 metredir. Bu sistem, verileri sayısal olarak toplayan Atlas Edig-10 yardımı ile tüm derinlik okumaları sayısal olarak kayıt edebilmektedir.

Bu sistem araştırmaların her aşamasında kullanılmıştır (Haritalar 1-3).

### **2.3.3. JMC Derinlik Ölçer (Model V-144)**

JMC cihazıda gemiye monte edilmiş, hassas bir derinlik ölçerdir. Cihaz ışıyla hassas kağıt ve çok iğneli bir çizici aracılığı ile grafiksel olarak kayıt yapabilmektedir. Bu cihazın azami derinlik okuma limiti 2600 m dir. Bu cihaz, çalışma koşullarına bağlı olarak iki farklı frekans kullanabilmektedir (28, 200 kHz). Derinlikler aynı zamanda renkli bir monitörden gözlenebilmektedir.

JMC ve Atlas DESO-10 derinlik ölçerleri birlikte kullanılmıştır.

#### **2.4. Uniboom Dipaltı Sismik Profil Alma Sistemi**

Sismik hatlar boyunca (Harita 1), dipaltı yapılarının araştırılması için EG&G Marka Uniboom yüksek ayırmılı sismik yansıtma profil alma sistemi kullanılmıştır. Sistemin ana parçaları şunlardır:

- Model 230-1 Ses Kaynağı
- Model 234 Enerji Kaynağı
- Model 265 Alıcı
- Model 255 Sismik Kayıtlı

Uniboom sistemi, 300 Joule'lük çıkış seviyesinde, 400-1400 Hz'lik geniş bir frekans bandında ve 0.2 milisaniye uzunluğunda bir akustik darbe üretmektedir. Sinyalin penetrasyonu tabandaki malzemelerin özelliklerine bağlı olarak 75 m ye kadar ulaşabilmektedir.

Yansıyan sinyaller, sekiz elemanlı basınç değişiklerine hassas (hassasiyeti= -8 db/v/microbar) bir alıcı ile toplanmakta, yüksek frekanslı ( $>7$  kHz) gürültülere karşı süzülmekte ve gidiş geliş zamanının (two-way travel time)

fonksiyonu olarak grafik kayıtedici tarafından kayıt edilmektedir.

Bir katamaran üzerine monte edilmiş olan Elektromekanik ses kaynağı, deniz yüzeyinden çekilmektedir. Ses kaynağı deniz-hava ortamı arasında yansıyan sinyalleri elimine edecek şekilde tasarlanmıştır. Bu özellik, bilhassa deniz tabanına yakın yerlerde yüksek ayrımlılığın elde edilmesi bakımından önemlidir. Katamaran geminin dümen suyunun bir tarafında, alıcı ise diğer tarafta olacak şekilde geminin arkasından çekilmektedir. Bu da dipaltından gelen sinyalin birden fazla yansımmasına (multiple) engel olabilmektedir.

Bu çalışmada katamaran ve alıcı, R/V BİLİM gemisinin 40 m arkasından çekilmiştir. Geminin konumu ve alıcı arasındaki bu mesafe farkı, analog kayıtlar üzerindeki fiks çizgilerinin ölçekli olarak kaydırılmasıyla giderilmiştir.

Sismik verilerin yorumlanması esnasında, zaman birimlerinin derinlik ve kalınlık birimlerine çevrimi, sediman için 1700 m/sn ve su için 1500 m/sn lik ses hızı değerleri kullanılarak yapılmıştır. Bu değerler için çubuk ölçekler sismik kesitlerde gösterilmektedir (Uniboom U2, U3, U8, U11, U12 ve U14 profilleri).

## **2.5. Yanı Tarayan Sonar Sistemi**

Seyir hatları boyunca (Harita 2) deniz tabanını görüntülemek için EG&G marka yanı tarayan sonar sistemi kullanılmıştır. Bu sistemin ana parçaları ve çalışma özelliklerini aşağıda verilmektedir.

Sistem, alıcı/verici (tranducer) ihtiva eden bir adet yedekte çekilen balık ile çift kanallı bir kayıtediciden meydana gelmektedir. Kayıtedici, aynı zamanda sisteminin kontrolünü sağlamaktadır. Yedekte çekilen balıkta bulunan transducerler, hüzme şeklinde yüksek frekanslı ( $\sim 105$  kHz) ve kısa darbeli (0.1 milisaniye) akustik enerjilerini, balığın her iki tarafından göndermektedirler. Deniz tabanından yansıyan bu sinyaller aynı transducerler tarafından alınarak, kayıtedici cihaz tarafından proses edilmekte ve karşılık gelen tarafa kayıt edilmektedir. Bu şekilde kayıt, deniz tabanında kuşak şeklinde bir alanı kapsar. Deniz tabanı malzemelerinin içeriklerine, boyutlarına ve yedekte çekilen balıkla olan geometrik ilişkilerine bağlı olarak, deniz tabanının farklı özellikleri, akustik enerjileri farklı şiddetlerde olacak şekillerde yansıtılırlar. Bu da onların kayıt üzerinde farklı şekillerde ve farklı renk tonlarında görülmelerini sağlamaktadır.

Akustik hüzmenin yatay ayrımılığı (hatta paralel), hüzmenin açısı ( $1.2^\circ$ ) ve kayıtın menzili ile tayin

edilmektedir. Çalışma hattına dik (menzil ayrımlılığı) kayıtın ayrımlılığı, teorik olarak akustik darbenin uzunluğuyla (0.1 milisaniye) belirlenmektedir. Pratikte, bu da her iki taraftaki kayıt genişliğiyle sınırlanmaktadır ve bu mesafe 125 mm dir.

## 2.6. Uzaktan Kumandalı Denizaltı Cihazı (ROV)

Hem boru hatlarının rotaları boyunca, hemde belediye atıksu boru hattı üzerinde (Harita 3) video görüntü kayıtları elde edebilmek için, Benthos marka MKII Uzaktan Kumandalı Denizaltı Cihazı (ROV) kullanılmıştır. Geminin konumu ve buna karşılık gelen video kayıt-zamanları Tablolar 1, 2 ve 3 de verilmektedir.

Bu sistem; kontrol konsolu, video grafik veri görüntüleyicisi, elle kumanda birimi ve üzerical kablo dan meydana gelmektedir. Cihaz azami 300 m derinliğe kadar görsel inceleme yapma kapasitesine sahiptir.

Bu çalışmada, ROV cihazı R/V BİLİM gemisinin yedeğinde çekilmiştir. Deniz suyu derinlikleri Raytheon derinlik kayitedicisi ile kontrol edilmiştir. Video kayıtlarının incelenmesi sırasında, ROV cihazının derinlik kalibrasyonu yapılmadığından dolayı, ROV hatları boyuncaki derinlik ölçümleri için, batimetri konturları (Harita 4) kullanılmalıdır.

TABLO 1: ROV-1 hattı boyunca fiksler ve bunlara karşılık gelen video kayıt-zamanları.

ROV-1 LINE											
Fixes	Times			Fixes	Times			Fixes	Times		
	H	M	S		H	M	S		H	M	S
1	7	09		21	34	11		41	57	45	
2				22	35	14		42	59	10	
3				23	37	01		43	1	00	38
4	10	46		24	37	55		44	1	01	47
5	11	55		25	39	02		45	1	03	25
6	13	33		26	40	07		46	1	04	53
7	14	58		27	41	19		47	1	06	07
8	16	20		28	43	55		48	1	07	01
9	17	09		29	44	45		49	1	07	44
10	18	36		30	45	29		50	1	08	40
11	20	24		31	46	26		51	1	10	03
12	22	05		32	48	36		52	1	11	30
13	23	54		33	49	32		53	1	12	38
14	25	26		34	50	27		54	1	13	47
15	27	16		35	51	25		55	1	15	11
16	28	16		36	52	16		56	1	16	42
17	29	44		37	53	27		57	1	17	46
18	30	48		38	54	25		58	1	18	50
19	31	46		39	55	40		59	1	20	26
20	33	28		40	56	38		60	1	22	22

TABLO 2: ROV-2 hattı boyunca fiksler ve bunlara karşılık gelen video kayıt-zamanları.

ROV-2 LINE										
	Fixes	Times				Fixes	Times			
		H	M	S			H	M	S	
	1	0	38			21	25	27		
	2	1	52			22	26	24		
	3	2	56			23	27	16		
	4	4	04			24	29	03		
	5	5	03			25	30	17		
	6	6	27			26	31	47		
	7	7	09			27	33	14		
	8	8	25			28	34	58		
	9	9	33			29	36	53		
	10	10	50			30	38	56		
	11	12	28			31	42	00		
	12	14	02			32	43	08		
	13	15	21			33	44	31		
	14	16	19			34	46	14		
	15	17	47			35	47	00		
	16	19	04			36	48	34		
	17	20	16			37	50	19		
	18	21	53			38	51	57		
	19	22	54			39	52	48		
	20	23	56			40	54	17		

TABLO 3: ROV-3 hattı boyunca fiksler ve bunlara karşılık gelen video kayıt-zamanları.

ROV-3 LINE													
	Fixes			Times				Fixes			Times		
	H	M	S		H	M	S		H	M	S		
1		57	40			6	1	10	51				
2		58	24			17	1	11	25				
3		59	05			18	1	12	28				
4		59	35			19	1	13	29				
5	1	00	28			20	1	14	28				
6	1	01	17			21	1	15	37				
7	1	02	25			22	1	16	20				
8	1	03	12			23	1	17	26				
9	1	04	29			24	1	19	07				
10	1	05	29			25	1	20	17				
11	1	06	21			26	1	21	03				
12	1	07	13			27	1	22	45				
13	1	08	11			28	1	23	51				
14	1	08	57			29	1	25	27				
15	1	10	15			30	1	26	49				
						31	1	27	58				

## **2.7. Deniz Tabanı Örneklemesi**

Deniz tabanı örneklemesi için ağırlıklı sonda kullanılmıştır. Ancak, ağırlıklı sonda örnekleyicisinin kullanılamadığı, deniz tabanının kaba taneli (kum boyutunda) sedimanla kaplı olduğu kıyı istasyonlarında, Dietz Lafonde kepçe örnekleyiciside kullanılmıştır. Örnekleme istasyonlarının konumları Harita 3 de işaretlenmiştir. Her örnekleme istasyonundaki derinlik ölçümleri, derinlik ölçerler (Atlas DESO-10 and JMC) kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Ağırlıklı sonda 90 cm uzunluğunda (numune tüpünün uzunluğu), 5 cm çapında ve yaklaşık 20 kg ağırlığındadır (ilate ağırlık: 4x25kg dır). Ağırlıklı sonda cihazı; ana gövde tüpü (üst parça ve ağırlık taşıyıcı), adaptör, bağlantı kulpu, ağırlık tutucu (herbiri 25 kg olan 4 veya 6 tane kurşun ağırlık için), numune tutucu, numune kesme ağızı ve plastik tüpten meydana gelmektedir. Sondaj uzunluğu, sisteme eklenen ağırlıklara ve deniz tabanının yapısına bağlıdır. Aletin ağırlığı, sondanın su içerisinde serbest düşme yapmasına ve deniz tabanına çarparak yeterli derecede penetrasyon sağlamasına yardımcı olmaktadır.

## BÖLÜM: 3 SONUÇ VE ÖNERİLER

### 3.1. Çalışma sahasının batimetrisi

Tüm sismik araştırma hatları boyunca (Haritalar 1, 2, ve 3), derinlik ölçerlerden elde edilen derinlik okumaları bir baz harita üzerine işaretlenmiş ve bir batimetri haritası (Harita 4) hazırlanmıştır. Çalışma esnasındaki azami deniz seviyesi salınımları  $\pm 17$  cm civarında olmasından dolayı derinlik düzeltmeleri ihmal edilmiştir. Bu haritada (Harita 4) derinlik konturları aralıkları, 7 ve 100 m lik derinlikler arasında 1'er metre aralıklı, ve 100 m den daha büyük derinliklerde ise 5'er metre aralıklıdır. Buna ilaveten önerilen boru hatlarının rotaları boyunca elde edilen değerler kullanılarak, hazırlanan harita ölçüğünde iki adet kesit hazırlanmıştır (Kesitler 1 ve 2).

K-G ve KD-GB yönleri boyunca uzanan iki adet deniz altı kanyonu, çalışılan bölgenin temel morfolojik özelliğini yansıtmaktadır. K-G yönündeki deniz altı kanyonu yaklaşık 50 m lik su derinliğinde başlamakta ve 360 m ye kadar ulaşmaktadır. İkinci kanyon ise, 100 m den 280 m lik su derinliğine kadar uzanmaktadır. Bu kanyonlar birbirlerinden çalışma sahası içindeki dar bir yükselti ile ayrılmaktadırlar. Bu kanyonlar, muhtemelen çalışma alanının dışındaki daha derin alanlarda birbirleriyle birleşmektedirler. Denizaltı

kanyonlarının çevrelerindeki morfolojik değişiklikler şelfteki neotektonik hareketler ve faklı sedimentasyon miktarları tarafından kontrol edilmiştir.

Deniz tabanı morfolojisinin göze çarpan bir diğer özellikle bölgenin doğu tarafında bulunan sıglıktır. Bu sıglık deniz tabanından 6 m lik bir yüksekliğe sahiptir. Bu bölgedeki batimetrik konturlar 9 ve 11 m lerde kapanmaktadır. Sonar kayıtlarına dayanılarak bu bölge kaya mostrası olarak yorumlanmaktadır (bir sonraki bölüme bkz.)

Batimetrik konturlar genellikle kıyıya paraleldir. 30 m lik derinliğe doğru, kontur çizgilerinin aralıkları genişter. Bu derinliğin ötesinde konturların daralması deniz tabanının eğiminin arttığını işaret eder.

Kesit-1 üzerinde, kıyıdan 23 m lik su derinliğine kadar olan deniz tabanının ortalama eğimi yaklaşık  $0.91^\circ$  dir. Bu eğim değeri 70.7 m ye doğru  $1.93^\circ$  ye ulaşmaktadır.

Kesit-2 üzerinde, eğimdeki değişiklik 32 m de oluşmaktadır. Kıyı ile 32 mlik su derinliği arasındaki eğim yaklaşık  $1.27^\circ$  dir. Bu eğim değeri 80.8 m lik derinliğe doğru  $3.10^\circ$  ye ulaşmaktadır.

Bu ölçümler, doğu boru hattı rotasının batı boru hattı rotasından daha eğimli olduğunu belirlemektedir.

### **3.2. Deniz tabanının yüzey özellikleri**

Araştırma hatları boyunca (Harita 2) toplanan yanı tarayan sonar verilerine dayanarak, bir sonar kayıtları yorum haritası hazırlanmıştır (Harita 5).

Bölgelin deniz tabanı esas olarak kumlu ve kumlu çamur malzemeleri içeren iki sedimanter örtüyle karakterize edilmektedir (Harita 5).

Kumlu zemin, bölgenin 25 m den daha az derinliklerdeki sıçık kısımlarını kaplamaktadır. Sonar verilerine ve ROV video kayıtlarına dayanılarak, bu zonda kum dalgacıkları ve deniz otları gibi bazı oluşumların varlığı gözlenmiştir. Kumlu materyallerin ve kum dalgacıklarının mevcudiyeti yüksek enerjili ortam özelliğini yansıtır (akıntılar ve dalga aktiviteleri).

Deniz tabanının 25 m den daha derin olan bölgelerinde çamur ağırlıklı malzemeler daha yaygındır. Bu bölgede çamurun birikimi, düşük enerjili koşulların varlığını göstermektedir.

Bu bulgulardan başka, deniz tabanının diğer bir özelliğide çalışma alanının doğusunda yeralan bölgede bulunan kaya mostrasıdır. Bu kaya mostrasının, deniz tabanından itibaren 6 m lik bir yüksekliği vardır (bkz. 3.1). Bu yapı, dağınık halde kumlu zemin üzerinde yer alan kaya parçacıklarıyla çevrelenmiştir. Benzer, kaya parçaçıkları

bölgemin doğu tarafında yaklaşık 60 m lik derinliklerde de gözlenmiştir.

### **3.3. Deniz tabanının dipaltı özellikleri**

Çalışma sahasının dip altı yapısının ayrıntılı olarak incelenmesi için, yüksek ayırmalı sismik yansımaya profileri seyir hatları boyunca toplanmıştır (Harita 1). Sismik verilerin yorumlanması sonucunda, üstten alta doğru üç sismostratigrafik birimin (A, B, C) varlığı saptanmıştır. Bu birimlerin stratigrafik özellikleri aşağıda açıklanmaktadır.

#### **3.3.1. A Birimi**

A birimi en üsteki sediman birimidir (Uniboom U2, U3, U8, U11, U12, ve U14 profilleri). Bu birimin üst sınırı bugünkü deniz tabanı olarak tanımlanmaktadır. Temel olarak, sertleşmemiş güncel sediman depolanmalarını ihtiva etmektedir. Sismostratigrafik olarak bu birim paralel yansımıya şekilleriyle karekterize edilmektedir.

A biriminin kalınlığının alansal dağılımı Harita 6 da sunulmaktadır. Bu harita üzerinde görüldüğü gibi, en yüksek kalınlık değeri 23 metre olarak doğu bölgesi boru hattında, en düşük kalınlık değeri ise 1 metre olarak batı bölgesi boru hattında gözlenmiştir.

A biriminin kalınlığının alansal değişimi, sedimentasyon miktarındaki ve B biriminin paleo-topografyasındaki değişimlerce kontrol edilmektedir. Kıyıya yakın yerlerdeki yüksek kalınlıktaki sedimentasyon değerleri, şelfe taşınan sedimanların büyük bir kısmının şelfin iç kesimlerinde ve aynı zamanda güncel plaj-tepelerinde tutulduğu sonucunu yansıtır.

Diğer taraftan, boru hatlarının rotaları boyunca A biriminin kalınlık değişimleri Kesit 1 ve 2 de verilmektedir. Doğu kesiti boyunca A biriminin kalınlığının, batı kesitinden daha fazla olduğu gözlenmiştir. Genelde her iki kesit boyunca A biriminin kalınlığı 5 m den aşağı düşmemektedir.

### **3.3.2. B Birimi ve toplam sediman kalınlığı**

B birimi yarı sertleşmiş alttaki sedimanter birimdir (Uniboom U2, U3, U8, U11, U12, ve U14 profilleri). Bu birim A birimi tarafında örtülmekte ve C biriminin üzerinde uzanmaktadır. Sismostratigrafik olarak bu birim paralel/azparalel yansımı şekilleriyle karakterize edilmektedir.

Sedimanter birimlerin (A+B birimleri) toplam kalınlıklarının alansal dağılımı Harita 7 de sunulmaktadır. Bu harita üzerinde görüldüğü gibi en yüksek (63 m) ve en az

(1 m den az) kalınlık değerleri batı boruhattı bölgesinde gözlenmektedir.

Bazı sismik kesitlerde; kıuya yakın yerlerdeki tekrarlı yansımalar (multiple) ve derin sularda zayıf penetrasyonlar nedeniyle toplam sediman kalınlığı hesaplanamamıştır (Harita 7).

### 3.3.3. C birimi

Sismostratigrafik olarak bu birim, karmaşık ve azparalel yansırıma şekilleri ile karakterize edilmektedir. Bu birim zemin kaya olarak yorumlanmaktadır. Bunun üst yüzeyi bir aşınım ve faylanma özelliğini yansıtmaktadır. Bazı yaşlı fay izleri zemin kaya içerisinde gözlenmiştir. Ancak, üstteki sedimanter birimlerin (A ve B) faylanmasıyla ilgili herhangi bir belirti yoktur. Bu da gözlemlenen fayların, depolanmadan çok önce meydana geldiğini ve günümüzde aktif olmadıklarını göstermektedir.

Bu birimin en göze çarpan özelliği, çalışma alanının doğusunda ve deniz tabanında mostra vermesidir (bölüm 3.1 ve 3.2).

### **3.4. Deniz tabanının Jeoteknik Özellikleri**

ODTÜ-DBE KÜTÜPHANESİ  
METU - İMG LIBRARİ

**MANAVGAT UNDERSEA PIPELINE PROJECT  
SOIL INVESTIGATION  
PROJECT**

**Project No. : 95-03-03-03-15  
MIDDLE EAST TECHNICAL UNIVERSITY**

**Coordinator**

**Dr. Orhan EROL  
Prof. of Civil Engineering**

**August 1995  
ANKARA**

**ODTÜ-DBE KÜTÜPHANE  
METU - INT'L LIBRARY**

## MANAVGAT UNDERSEA PIPELINE PROJECT SOIL INVESTIGATION REPORT

Project No. : 95-03-03-03-15

The soil investigation includes recovering gravity core samples at 20 locations shown in Fig.1. From locations (2-10) and (13-20) inclusive the samples were received in plexy-glass tubes having diameter of 50 mm. The samples from locations 1,11 and 12 were received in jars in disturbed form.

On core samples the following tests were performed :

Specific gravity ( $\gamma_s$ )  
Saturated unit weight ( $\gamma_n$ )  
Natural water content ( $W_n$ )  
Liquid Limit (LL), Plastic Limit (PL) and Plasticity Index (PI)  
Laboratory Vane Shear Tests  
Fall cone tests to correlate to undrained shear strength ( $C_u$ )  
Consolidation test on remoulded samples  
Sieve analysis and Hydrometer tests

On disturbed jar samples only sieve analysis tests were performed.

The testing procedures and standards are given in Appendix 2. The following are some interpretations regarding the soil mechanics laboratory test results :

In general all samples have similar soil composition, plasticity, shear strength and compressibility characteristics.

### Plasticity Characteristics :

The plasticity characteristics of the samples are shown on Casagrande Plasticity Chart given in Fig.2. Majority of the samples are classified as clays of low plasticity (CL) according to unified soil classification system (USCS). Consistency limits vary over the following ranges :

<u>Property</u>	<u>Range</u>	<u>Average</u>
Liquid Limit, LL (%)	34-40	37
Plastic Limit, PL (%)	20-25	22
Plasticity Index, PI	11-17	15

Station 2 sample is classified as non-plastic silt (ML).

### **Grain Size Characteristics :**

Grain size distribution characteristics of the samples are shown in Fig.3. As shown in Fig.3 the samples primarily consist of silt size particles with some clay and minor amount of sand. The followings are the average sand-silt and clay fractions.

Sand : 4.5 %  
Silt : 67 %  
Clay : 28.5 %

The soils do not contain gravel size ( $>4.76$  mm) particles. Grain size distribution curves are given in Appendix 1.

### **Water Contents - Unit Weights :**

The natural water contents of the samples vary over a range from 47% to 57% which are well above the liquid limits of the samples. The natural water contents relative to the consistency limits of the samples are shown in Fig.4.

The saturated unit weights of the samples vary over a range from  $16.8 \text{ kN/m}^3$  to  $17.6 \text{ kN/m}^3$  as shown in Fig.5. The initial void ratios range from 1.2 to 1.6 as shown in Fig.6.

### **Shear Strength Characteristics :**

The samples were very soft in their natural state, therefore it was not possible to prepare standard shape triaxial test specimens.

The shear strength of the samples were determined using laboratory vane shear tests. The results are summarized in Table 1. The undrained shear strength of the samples as obtained from vane tests are also shown in Fig.7. The undrained shear strengths vary over a range from 6.5 kPa to 9.0 kPa averaging about 7.2 kPa.

Fall cone tests having weight  $W=80$  g and apex angle  $\theta = 30$  degrees have also been used to correlate shear strength to penetration of the cone. The cone factor of  $k=1$  is used to calculate the undrained shear strength. The undrained shear strengths obtained from fall cone tests are summarized in Table 1 and shown in Fig.8. The results are consistent with vane shear tests revealing an average undrained shear strength of  $C_u \approx 7.5$  kPa.

### **Compressibility Characteristics :**

The e-log P curves of the samples tested are given in Appendix 1. All samples show a normally consolidated behavior as expected. In general the compression index values ( $C_c = \Delta e / \Delta \log P$ ) vary over a range from 0.27 to 0.33 averaging about  $C_c = 0.3$  as shown in Fig.9.

### **Specific Gravity :**

The specific gravity of the samples are listed in Table 1. The specific gravities ranges from 2.68 to 2.75.

# **MANAVGAT SUALTI BORU HATTI PROJESİ**

## **ZEMİN DENEYLERİ RAPORU**

**Proje No. : 95-03-03-03-15**  
**ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**

**Kordinatör**

**Prof. Dr. Orhan EROL**

**Ağustos 1995**  
**ANKARA**

**MANAVGAT SUALTı BORU HATTı PROJESİ**  
**ZEMİN DENEYLERİ RAPORU**

Proje No. : 95-03-03-03-15

Zemin araştırması kapsamında Şekil 1'de gösterilen 20 değişik yerden ağırlık usulüyle karot numuneleri alınmıştır. (2-10) ve (13-20) nolu yerlerden alınan numuneler 50 mm çapındaki pleksiglas tüpler içerisinde, 1,11 ve 12 nolu lokasyonlardan alınan numuneler ise kavanozlar içinde getirilmiştir.

Karot numuneler üzerinde aşağıdaki deneyler yapılmıştır :

- Özgül ağırlık ( $\gamma_s$ )
- Doygun birim ağırlık ( $\gamma_n$ )
- Tabii su içeriği ( $W_n$ )
- Likit Limit (LL), Plastik Limit (PL) ve Plastisite İndisi (PI)
- Laboratuvar Veyn Deneyleri
- Drenajsız kayma dayanımı ( $C_u$ ) ile korelasyon amacıyla düşen koni deneyleri
- Yoğrulmuş numuneler üzerinde konsolidasyon deneyleri
- Elek analizi ve Hidrometre deneyleri

Bozulmuş kavanoz numuneleri üzerinde sadece elek analizi deneyleri yapılmıştır.

Denev usulleri ve standartları Ek-2'de verilmiştir. Aşağıda zemin laboratuvar deney sonuçları ile ilgili bazı değerlendirmelere yer verilmiştir.

Genel olarak bütün numuneler benzer yapı, plastisite, kayma mukavemeti ve sıkışabilirlik özelliklerine sahiptir.

**Plastiklik Özellikleri :**

Numunelerin plastiklik özellikleri Şekil 2'de verilen Casagrande Plastiklik grafiğinde gösterilmiştir. Numunelerin büyük bir bölümü Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine (USCS) göre düşük plastisiteki killar (CL) olarak sınıflandırılmışlardır. Kivam limitleri aşağıda verilen limitler arasında değişmektedir.

<b>Özellik</b>	<b>Sınır Değerler</b>	<b>Ortalama</b>
Likit Limit, LL (%)	34-40	37
Plastik Limit, PL (%)	20-25	22
Plastisite İndisi, PI	11-17	15

2 nolu lokasyondaki numune plastik olmayan silt (ML) olarak sınıflandırılmıştır.

### **Dane Boyu Dağılımı Özellikleri :**

Zemin numunelerinin dane boyu dağılımı özellikleri Şekil 3'de gösterilmiştir. Şekil 3'de gösterildiği gibi numuneler çoğunlukla silt boyutu parçacıklar az kıl ve çok az kum boyutu danelerden oluşmuştur. Aşağıda ortalama kum, silt ve kıl oranları verilmiştir.

Kum : 4.5 %  
Silt : 67 %  
Kıl : 28.5 %

Zeminde çakıl boyutu ( $>4.76 \text{ mm}$ ) malzeme bulunmamaktadır. Dane boyu dağılım eğrileri Ek-1'de verilmiştir.

### **Su İçeriği- Birim Ağırlık :**

Tabii su içerikleri 47% ve 57% arasında değişmektedir ve bu su içerikleri numunelerin likit limitlerinin epey üzerindedir. Şekil 4'de kıvam limitleri ve tabii su içerikleri verilmiştir.

Numunelerin doygun birim ağırlıkları  $16.8 \text{ kN/m}^3$  ile  $17.6 \text{ kN/m}^3$  arasında Şekil 5'de gösterildiği gibi değişmektedir. Başlangıç boşluk oranları 1.2 -1.6 arasında Şekil 6'da gösterildiği gibi değişmektedir.

### **Kayma Dayanımı Özellikleri :**

Zemin numuneleri doğal hallerinde çok yumuşak oldukları için standart üç eksenli deney numunelerinin hazırlanması mümkün olmamıştır.

Numunelerin kayma dayanımları laboratuvar veyn deneyi kullanılarak bulunmuştur. Sonuçlar Tablo 1'de özetlenmiştir. Veyn deneylerinden elde edilen drenajsız kayma dayanımları ayrıca Şekil 7'de gösterilmiştir. Drenajsız kayma dayanımları  $6.5 \text{ kPa}$  ile  $9.0 \text{ kPa}$  arasında ortalama  $7.2 \text{ kPa}$  değerini verecek şekilde değişmektedir.

Düzen koni deneyleri ağırlığı,  $W=80 \text{ g}$  ve açısı  $\theta =30$  derece olan koniler kullanılarak gerçekleştirilmiş ve koni penetrasyonu ile kayma dayanımı korelasyonu yapılmıştır. Drenajsız kayma dayanımının hesaplanması koni faktörü  $k=1$  kullanılmıştır. Düzen koni deneylerinden elde edilen drenajsız kayma dayanımları Tablo 1'de özetlenmiş ve Şekil 8'de verilmiştir. Ortalama  $C_u \approx 7.5 \text{ kPa}$  olan düzen koni deney sonuçları veyn deney sonuçları ile uyum içerisindeidir.

### **Sıkışma Özellikleri :**

Konsolidasyon deneyine tabi tutulan numunelerin e-log P eğrileri Ek-1'de verilmiştir. Bütün numuneler beklentiği gibi normal konsolidasyon özelliği göstermiştir. Genel olarak sıkışma indisi ( $C_c = \Delta e / \Delta \log P$ ) değerleri 0.27-0.33 arasında değişmiş ve Şekil 9'da gösterilmiştir. Ortalama sıkışma indisi değeri  $C_c = 0.3$  'dür.

### **Özgül Ağırlık :**

Numunelerin özgül ağırlıkları Tablo 1'de gösterildiği gibi 2.68 ile 2.75 arasında değişmektedir.

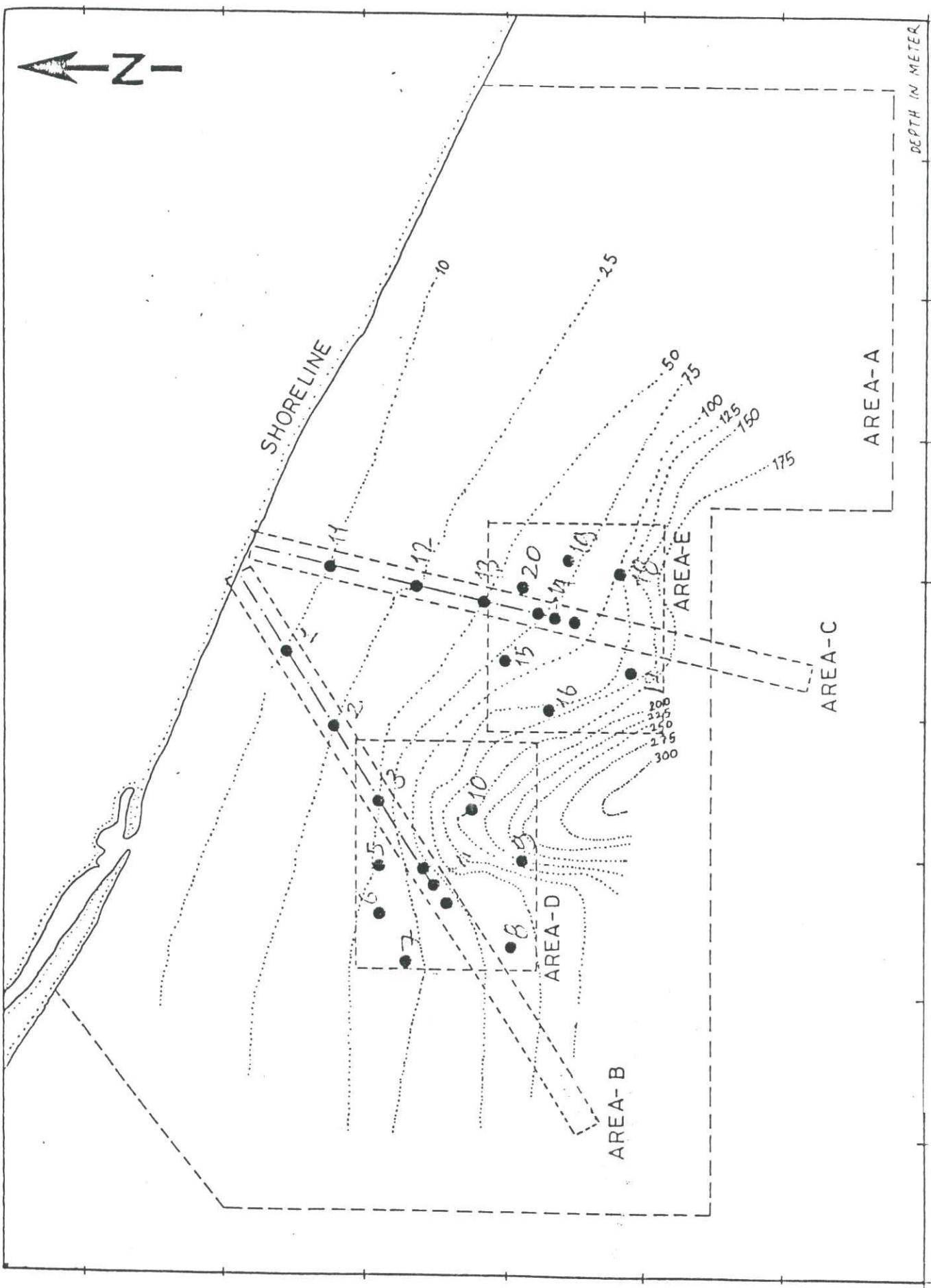


Fig. 1. Core Sampling Station  
Şek. 1. Örnek Alınan Lokasyonlar



M.E.T.U SOIL MECHANICS  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI

LABORATORY  
LABORATUVARI

1966

PROJECT/PROJE:

MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı

Sondaj Boring No	Numune Sample No	Derniklik Depth (m)	en (%)	γ <sub>n</sub> g/cm <sup>3</sup>	Etki analizi Sieve analysis			Atterberg limitleri/limits			Uniformluk katsayıları Uniformity coefficient			USCS	Kanatlı kesme deneyi Vane shear test			Konik penetrasyon testi Cone Penetration test			Clay Kil Degree % Saturation Döngülük Degree %					
					+No 4 (%)			-No 200 (%)			LL (%)				PI (%)			Cu			Ust/Top Orta/Mid Alt/Bot			Ust/Top Ort/Avg. Cu		
					2	36	0.931	1.880	2.679	0	64			ML	0.041	0.059	0.014	0.038	0.19	0.08	0.11	0.127	13	99		
3	60	1.508	1.660	2.730	0	99	38	23	15					CL	0.05	0.078	0.069	0.066	0.04	0.04	0.17	0.06	0.090	27	98	
4	41	1.322	1.750	2.720	0	99	37	22	15					CL	0.05	0.087	-	0.069	0.055	0.07	-	0.063	0.28	100		
5	57	1.360	1.730	2.710	0	98	36	23	13					CL	0.05	0.078	0.069	0.069	0.05	0.04	0.04	0.06	0.050	25	100	
6	50	-	1.776	2.753	0	95	36	23	13					CL	0.06	0.11	-	0.085	0.037	0.104	-	0.071	25	-		
7	55	1.214	1.750	2.763	0	97	37	21	16					CL	0.078	0.087	0.031	0.065	0.035	0.135	0.11	0.093	25	92		
8	47	1.462	1.730	2.750	0	96	36	22	14					CL	0.069	0.106	0.069	0.081	0.038	0.116	0.066	0.073	35	98		
9	53	-	1.709	2.770	0	98	39	22	17					CL	0.059	0.087	0.055	0.067	0.044	0.085	0.071	0.067	35	-		
10	56	1.256	1.735	2.667	0	95	39	23	16					CL	0.05	0.059	-	0.055	0.03	0.067	0.198	0.098	32	97		
13	53	1.359	1.670	2.686	0	97	36	25	11					CL	0.059	0.096	0.115	0.090	0.036	0.139	0.15	0.108	24	94		
14	50	1.379	1.760	2.740	0	97	38	23	15					CL	0.069	0.082	0.073	0.075	0.058	0.095	0.154	0.102	25	100		
15	52	1.437	1.760	2.750	0	97	36	23	13					CL	0.082	0.078	0.064	0.075	0.062	0.101	0.154	0.106	29	100		
16	47	1.452	1.720	2.730	0	97	38	22	16					CL	0.078	0.087	-	0.083	0.06	-	-	0.06	36	97		
17	47	-	1.770	2.730	0	99	40	20	20					CL	0.078	0.069	-	0.074	0.052	-	-	0.052	34	-		
18	54	1.617	1.720	2.740	0	99	39	24	15					CL	0.059	0.064	-	0.062	0.034	-	-	0.034	33	100		
19	52	-	1.690	2.740	0	99	37	22	15					CL	0.082	-	0.089	0.09	-	-	0.09	0.02	24	-		
20	50	-	1.720	2.690	0	97	34	23	11					CL	0.055	0.078	-	0.067	0.02	-	-	0.02	24	-		
SPT-1	-	-	-	-	-	0	79																			
SPT-11	-	-	-	-	-	0	76																			
SPT-12	-	-	-	-	-	0	91																			

B. Tuncay ALİMDAROĞLU  
Jeoloji V. Müh.

TABLE 1: Test Results  
TABLO 1: Deney Sonuçları

## MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

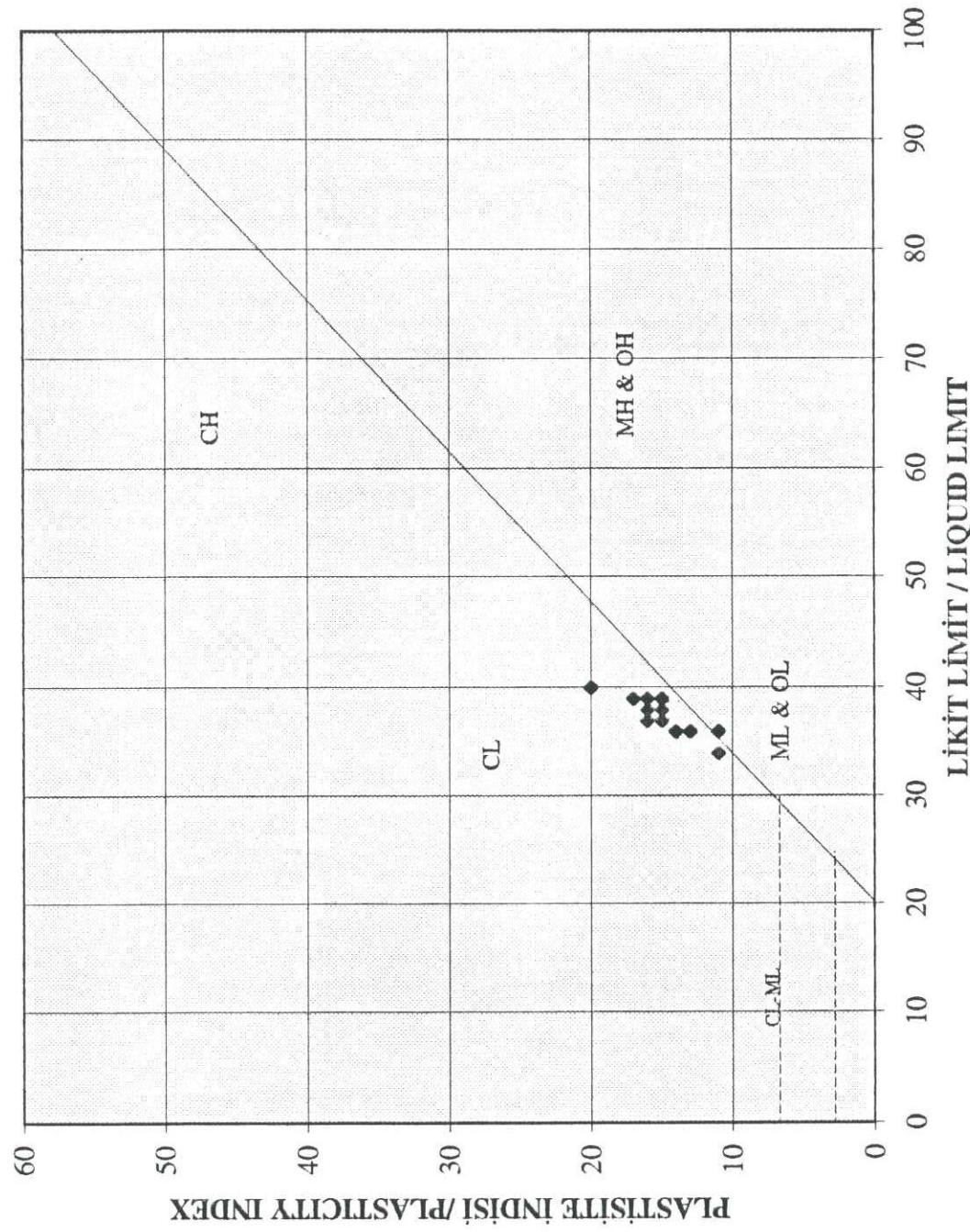


Fig. 2. Plasticity Characteristics  
Şek. 2. Zeminlerin Plastiklik Özellikleri

MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI  
KIL-SILT-KUM ORANLARI/CLAY-SILT-SAND PERCENT

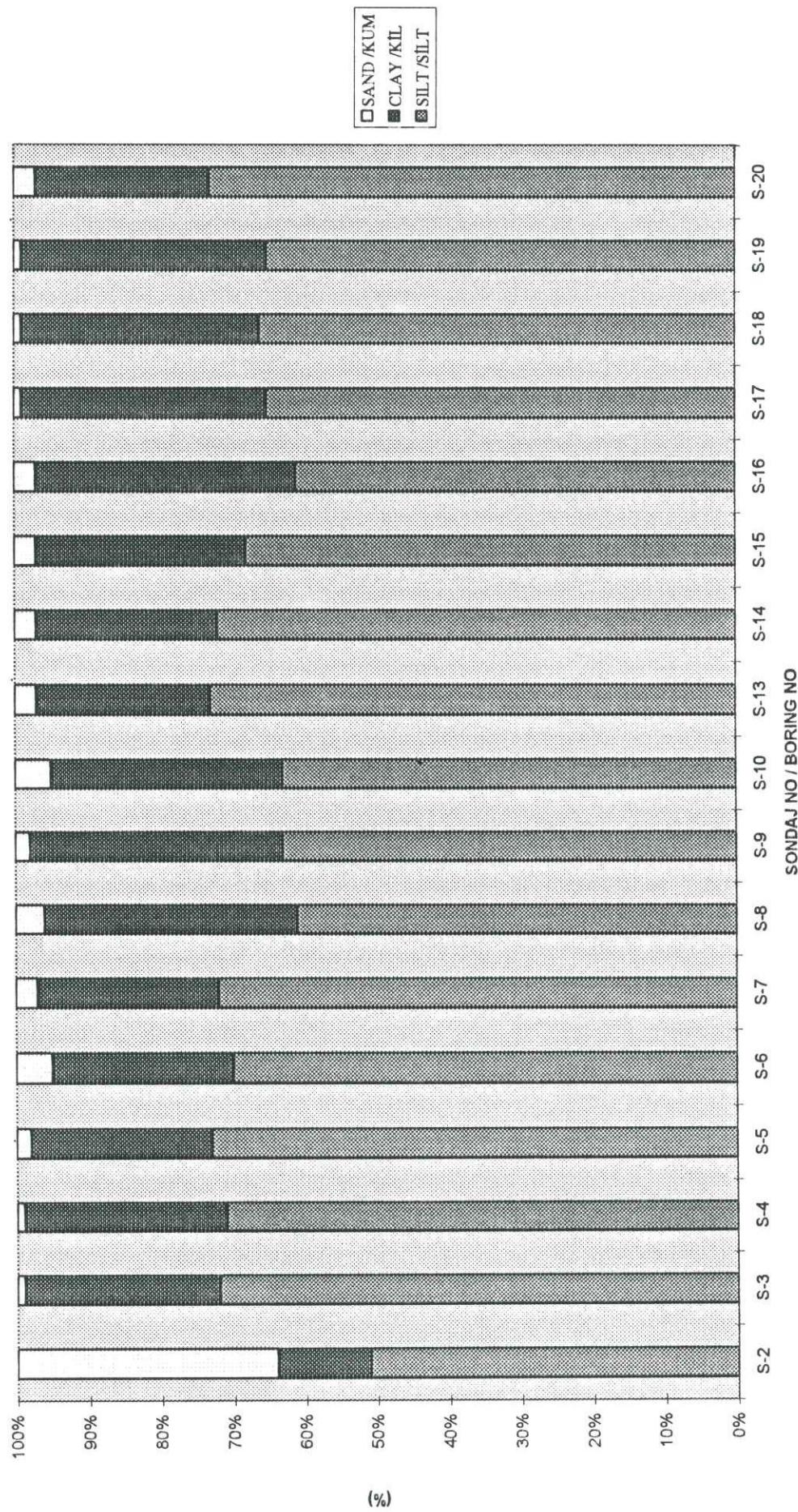
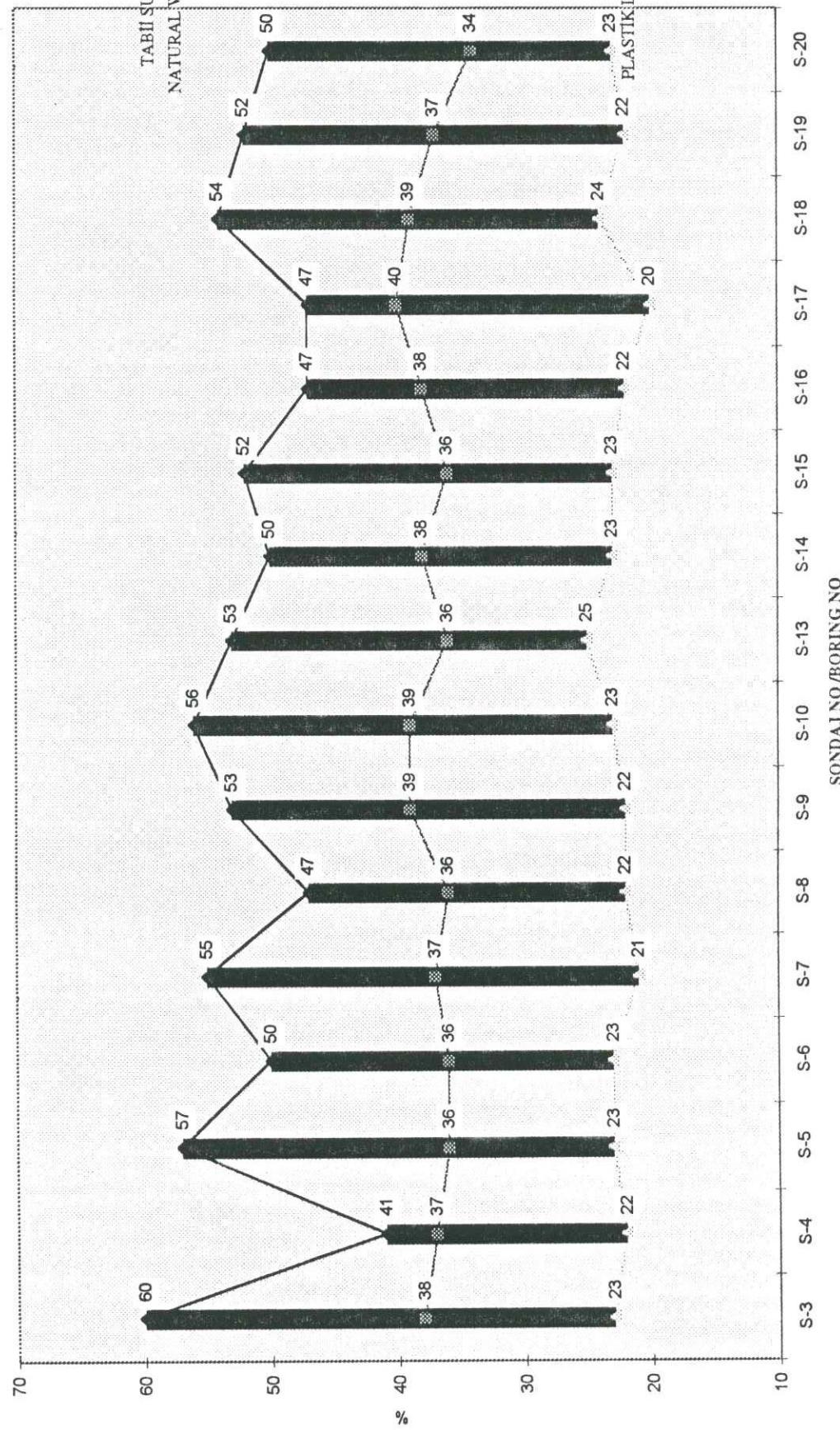


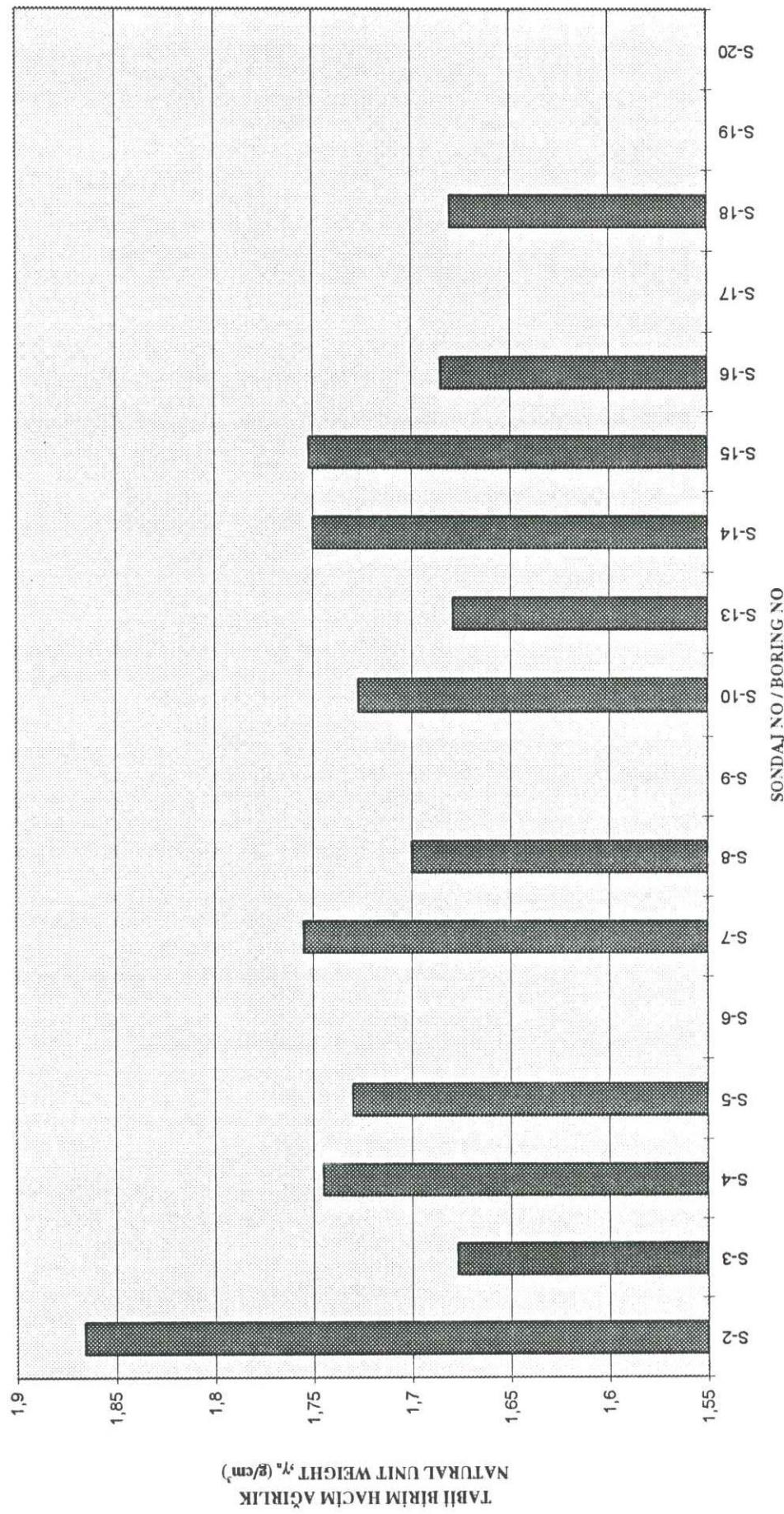
Fig. 3. Grain Size Distribution Characteristics  
Şek. 3. Dane Boyu Dağılımı Özellikleri

**MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI**  
**KIVAM LIMITLERİ-TABii SU MUHTEVASI**  
**CONSISTENCY LIMITS - NATURAL WATER CONTENT**



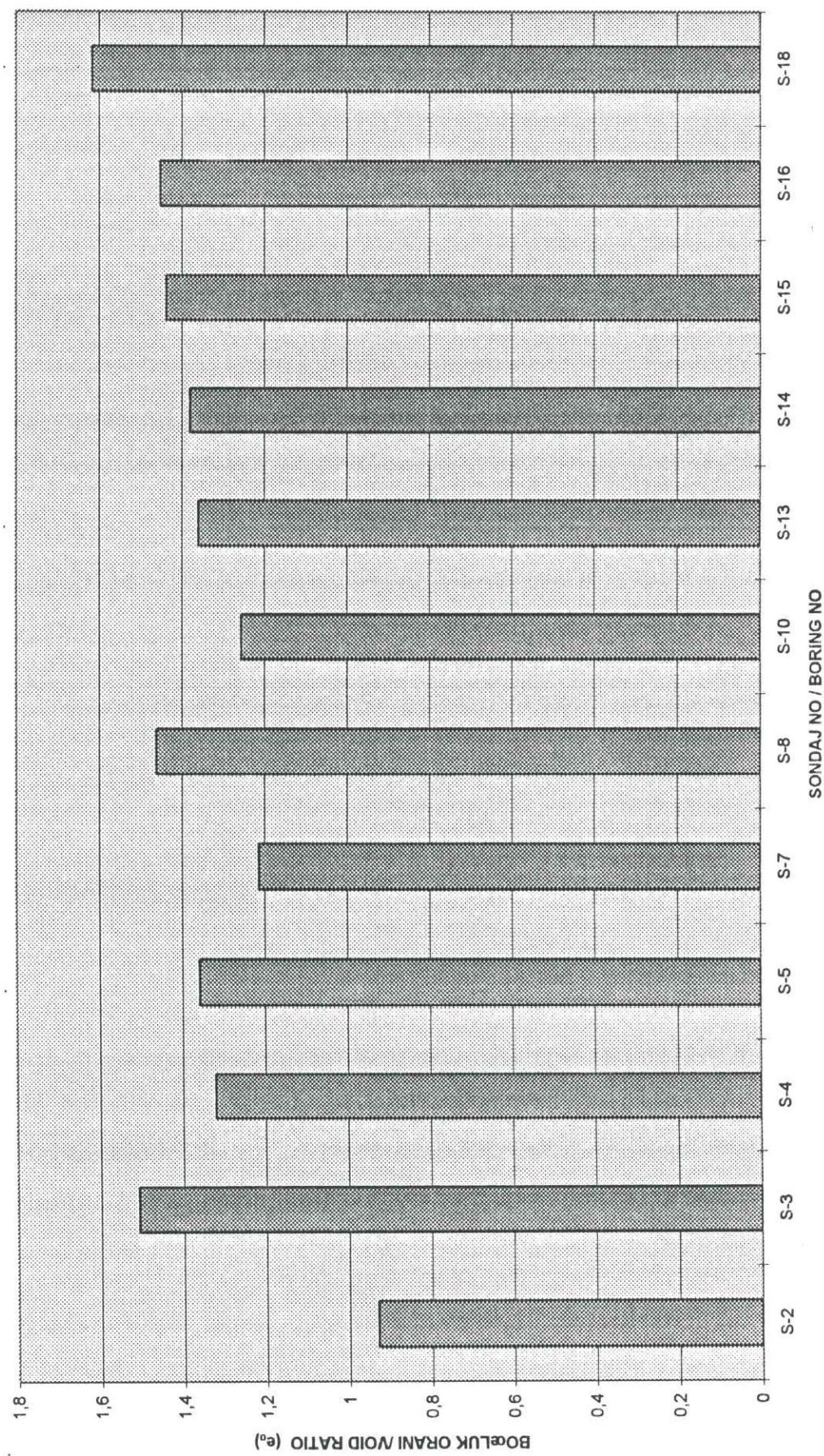
**Fig. 4. Natural Water Contents relative to Consistency Limits**  
**Şek. 4. Tabii Su İçeriklerinin Kiyam Limitleri ile Kiyaslanması**

**MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI**  
**TABİİ BİRİM HACIM AĞIRLIĞI / NATURAL UNIT WEIGHT**



**Fig. 5. Saturated Unit Weights**  
**Şek. 5. Doygun Birim Ağırlıkları**

**MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI  
İLK BOŞLUK ORANI / INITIAL VOID RATIO**



**Fig. 6. İlk Boşluk Oranları**  
**Şek. 6. Boşluk Oranları**

MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI  
DRENAJSIZ KAYMA MUKAVEMETİ / UNDRAINED SHEAR STRENGTH  
VANE DENEY SONUÇLARI / RESULTS OF VANE TESTS

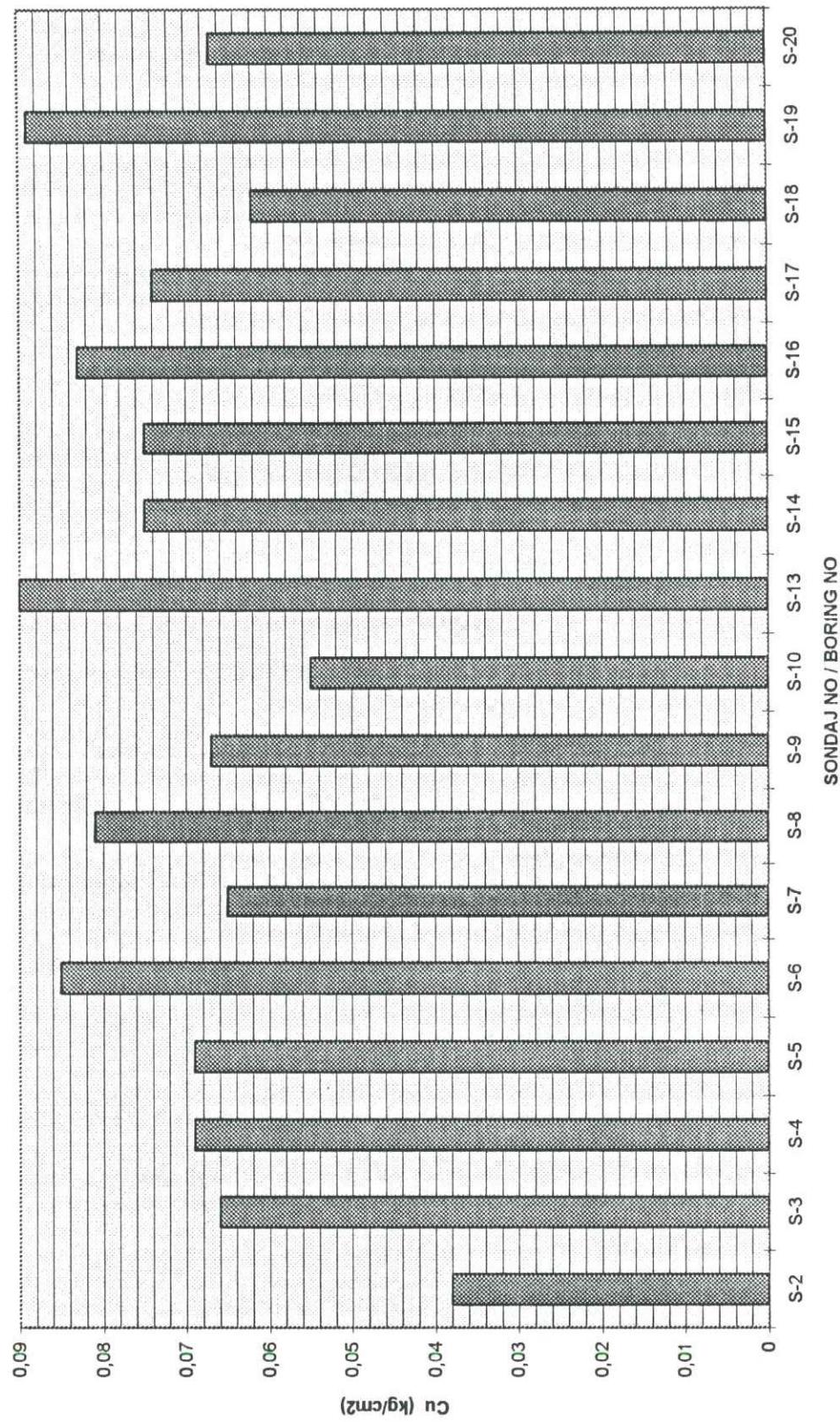


Fig. 7. Undrained Shear Strength of the samples from Vane Tests  
Şek. 7. Veyn Deneylerinden elde edilen Drenajsız Kayma Dayanımı

MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI  
 DRENajsız KAYMA MUKAVemetİ / UNDRAINED SHEAR STRENGTH  
 KONİ PENETrasyon DENEY SONUÇLARI / RESULTS OF CONE PENETRATION TESTS

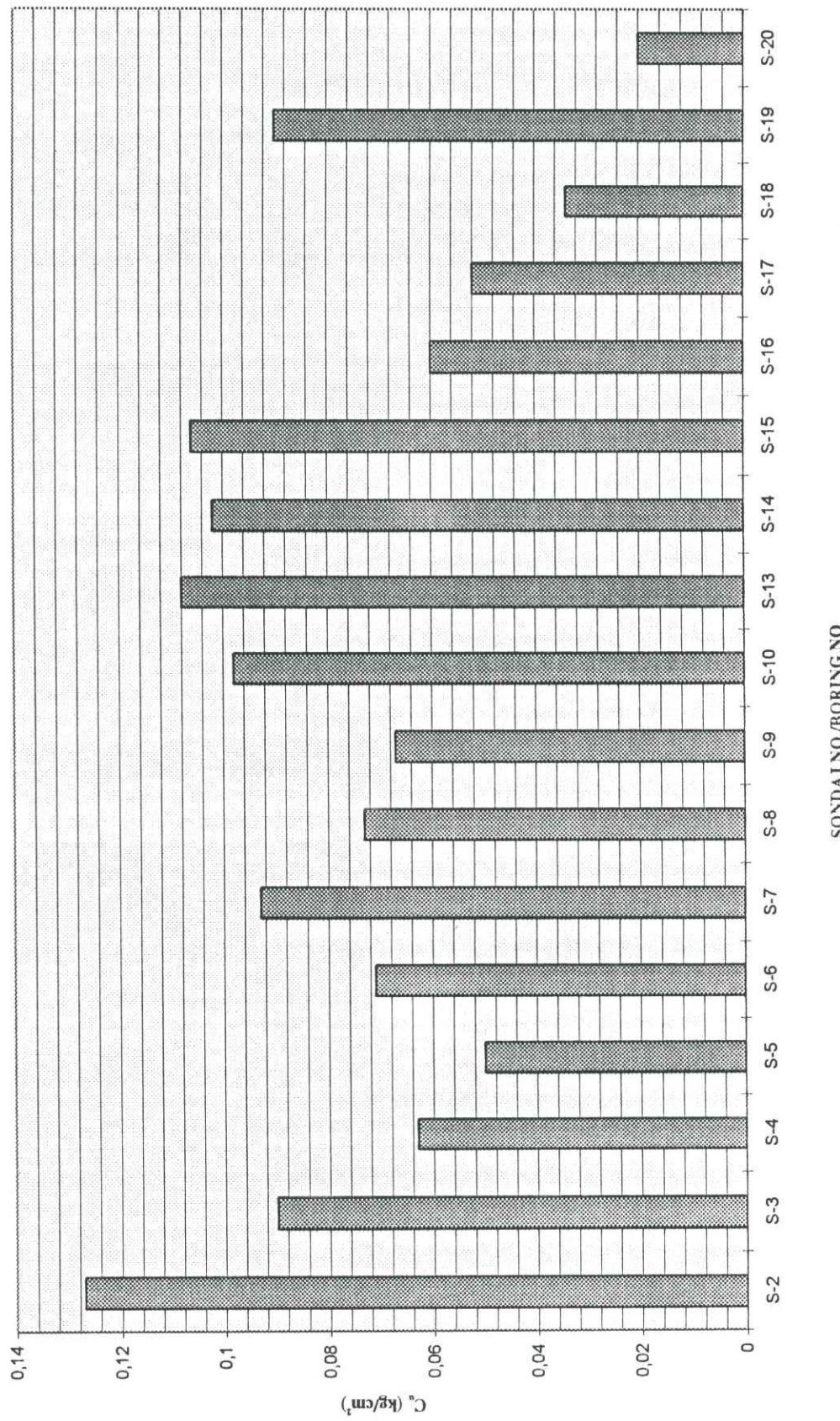


Fig. 8. Undrained Shear Strength from Fall Cone Tests  
 Şek. 8. Düşen Koni Deneylerinden elde edilen Drenajsız Kayma Dayanımı

MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI  
SIKİŞMA İNDİSİ DEĞERLERİ / COMPRESSION INDEX VALUES

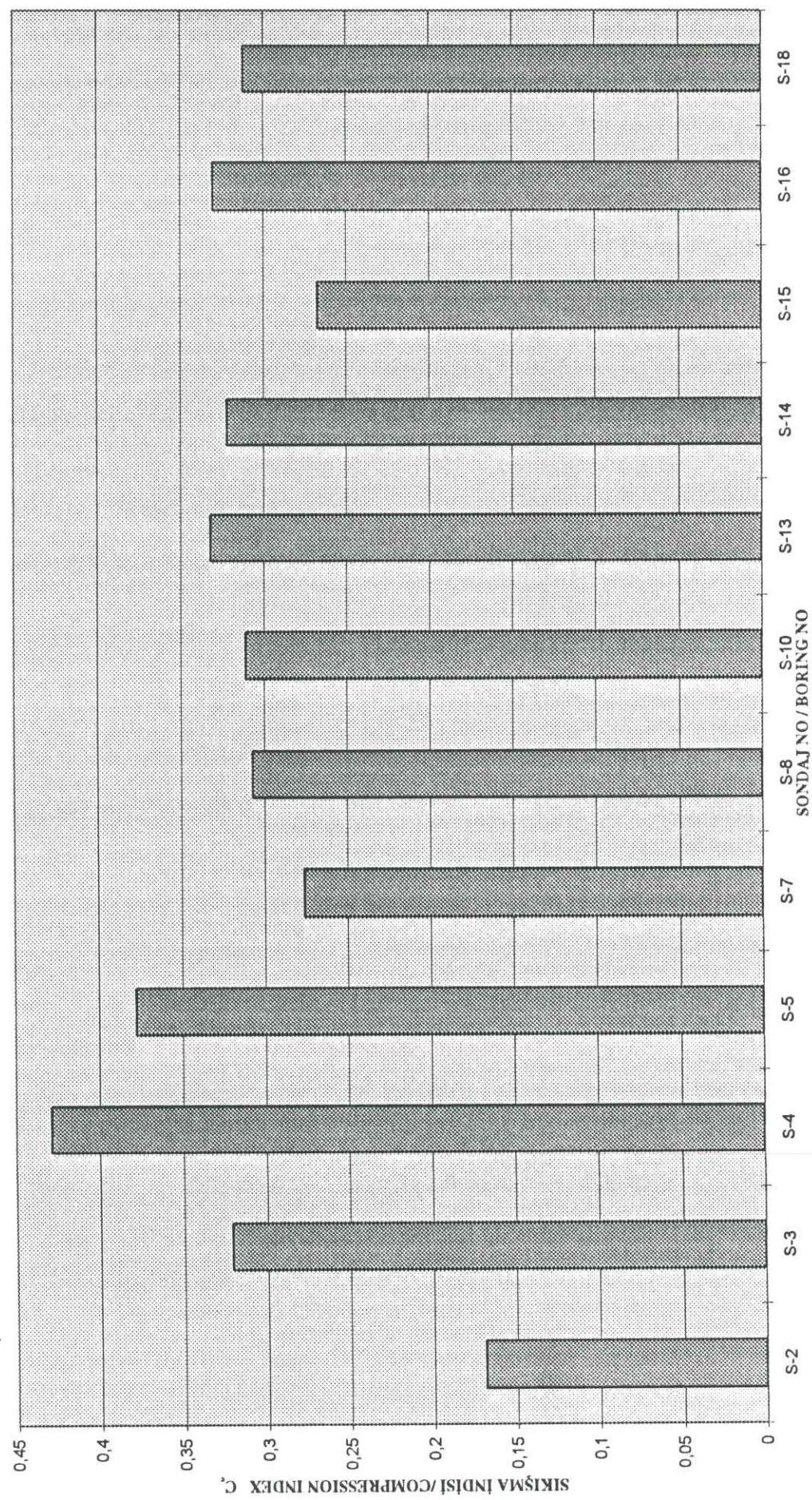


Fig. 9. Compression Index,  $C_c$   
Şek. 9. Sıkışma Endisi Değerleri,  $C_c$

**APPENDIX 1 : RESULTS OF LABORATORY TEST**

**EK - 1 : LABORATUVAR DENEY SONUÇLARI**

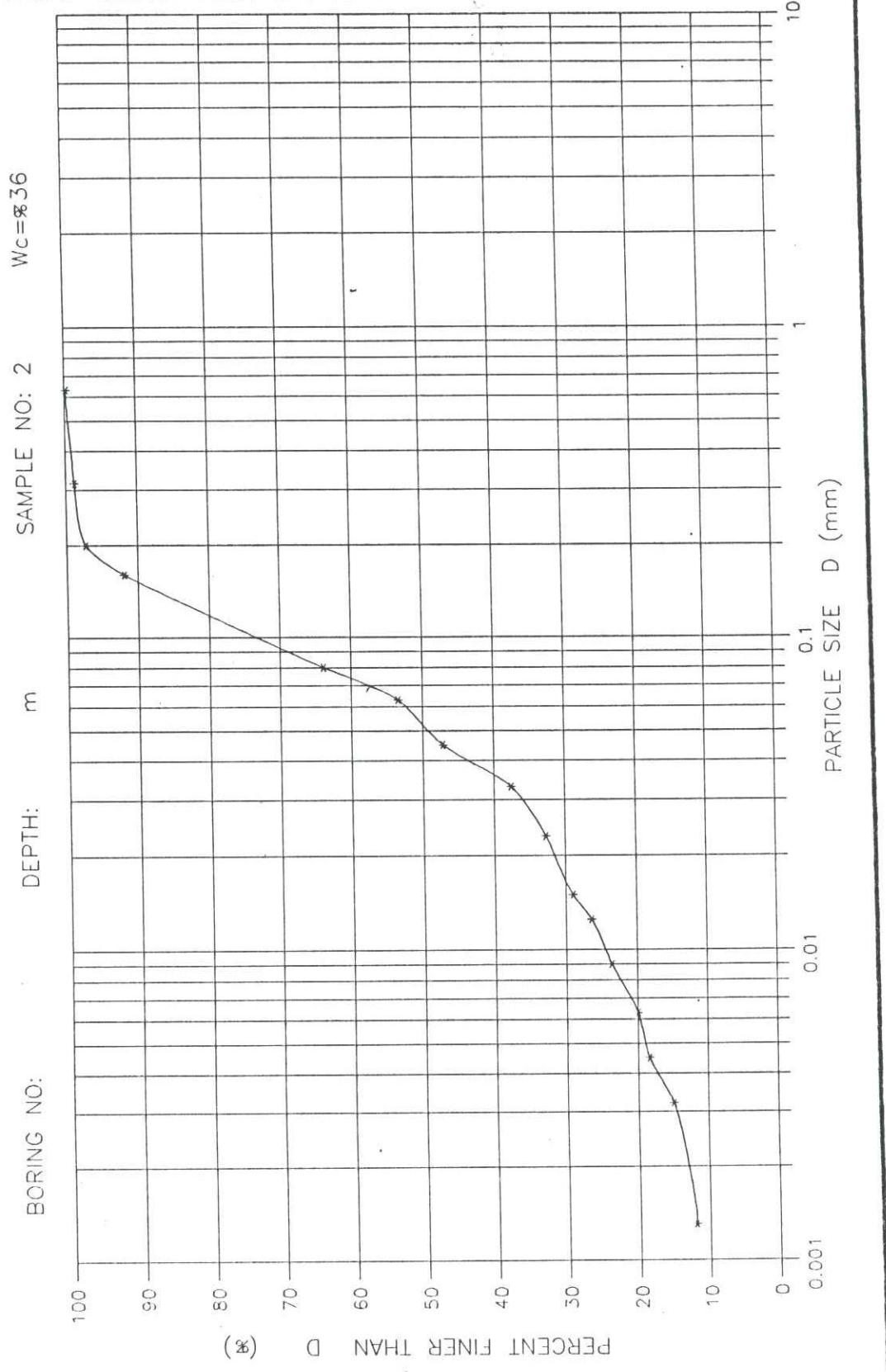


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 43

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDOĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

**M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI**
**VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ**

**PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI**  
**PROJE:**  
**BORE HOLE: 2**  
**SONDAJ NO:**

**DATE: 5/TEMMUZ/1995**  
**TARİH:**  
**DEPTH:**  
**DERƏNLİK:**

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

**TEST: 1**

0	6	0	0		
10	8,5	2,5	0,946	2,619	0,027
20	10	4	1,439	3,986	0,041
30	10	4	1,439	3,986	0,041
40	10	4	1,439	3,986	0,041
50	10	4	1,439	3,986	0,041

**TEST:2**

0	7	0	0		
10	10	3	1,110	3,075	0,031
20	12	5	1,768	4,897	0,050
30	13	6	2,097	5,808	0,059
40	13	6	2,097	5,808	0,059
50	13	6	2,097	5,808	0,059
60	13	6	2,097	5,808	0,059

**TEST :3**

0	6,5	0	0		
10	10	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,5	5	1,768	4,897	0,050
30	12,5	6	2,097	5,808	0,059
40	14	7,5	2,590	7,175	0,073
50	14	7,5	2,590	7,175	0,073
60	15	8,5	2,919	8,086	0,082
70	15	8,5	2,919	8,086	0,082
80	15	8,5	2,919	8,086	0,082
90	15	15	5,057	14,009	0,143



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



**CONSOLIDATION TEST**

**KONSOLIDASYON DENEYİ**

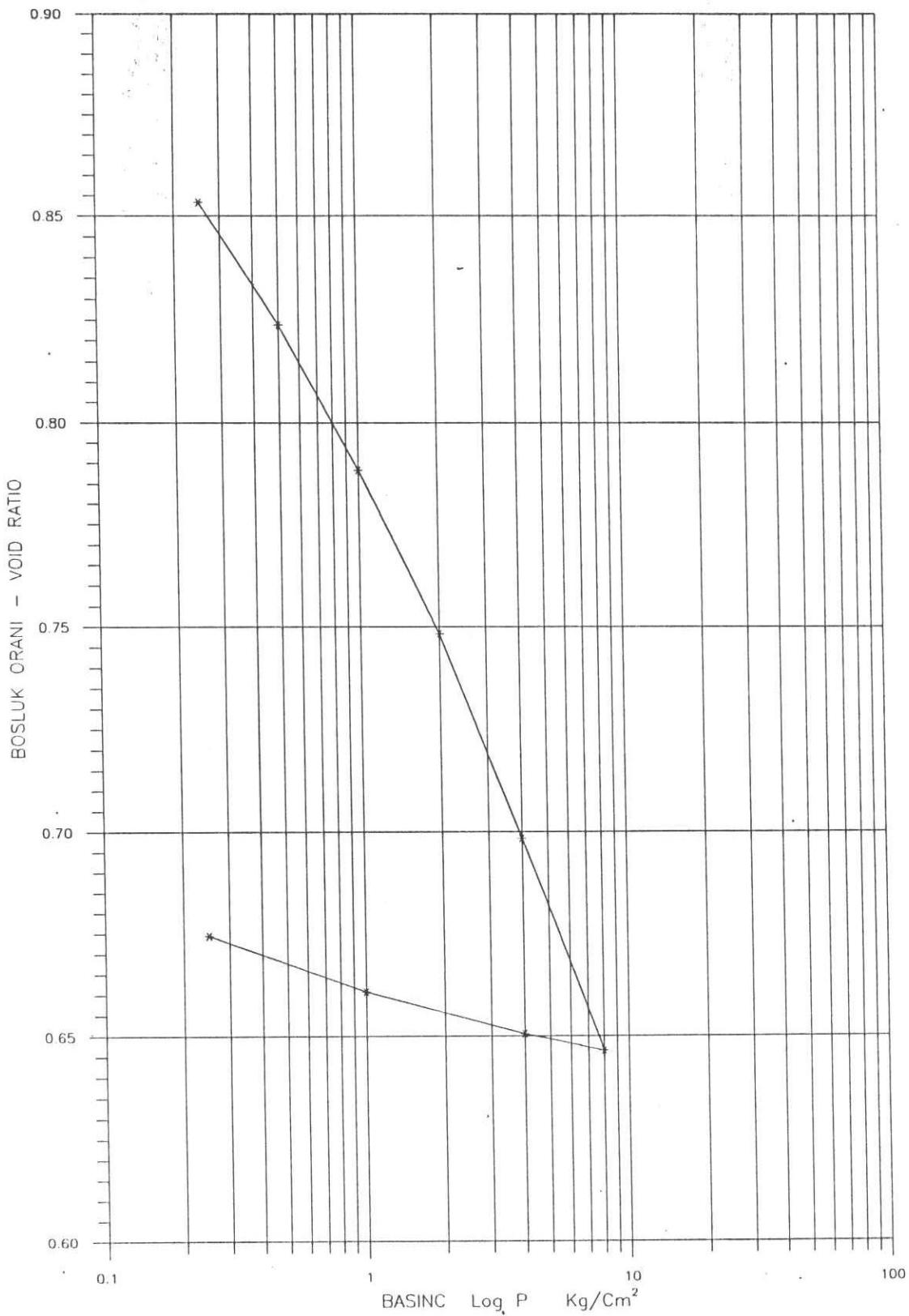
18/TEMMUZ/1995

PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI			TEST DATE/TARIH:								
PROJE :											
Ring no	9	Mass of ring + wet sample Yağ örmek+halka ağırlığı	Initial Bozlangıç	Final Son	Sample no: Örnek n						
Halca no		Mass of ring+dry soil	645,00	636,10	2						
Internal diameter of ring	cm	Kuru örmek+halka ağırlığı	616,20	616,20	Derinlik: $Z_{Ho} = W/G_e \cdot A$ mm						
Halca iç çapı	A	Mass of ring Halca ağırlığı	9	532,70	9,842						
Area of ring	$\text{cm}^2$	Mass of moisture Su ağırlığı	6,35	532,70	Initial bulk density Bozlangıçtaki Kuru birim ağırlığı g/ml						
Halca iç alanı		Mass of dry soil	1,9	28,80	Initial Dry density $\gamma_d = 100G_e / 1 + ml$ g/ml						
Initial height of specimen	2H <sub>1</sub>	Mass of dry soil Kuru örmek ağırlığı	9	83,50	Final Dry density $\delta_e = 100G_e / 1 + ml$ g/ml						
Örmeğin bozlangıç kalınlığı	mm	Moisture content	W <sub>o</sub>	83,50	Test sonundaki Kuru birim ağırlık g/ml						
Initial volume of specimen	V <sub>o</sub>		60,171		1,600						
Örmeğin bozlangıç hacmi	ml		9		Sr1						
Specific gravity solid particles	G <sub>s</sub>	Moisture content	m		%						
Zemin boyutları yolu unlu u		2,679 Su içeriği	%	34%	99						
				24%	Sr2						
					100						
APPLIED PRESSURE			COEFFICIENT OF CONSOLIDATION								
Uygulanan basıncı	Pressure Increment $\Delta P$ $\text{kg/cm}^2$	Final dial reading Son okuma okuması.	Dial change Sıkışma $\Delta h$	Height of specimen Örmeğin kalınlığı: $2H = 2H_1 - \Delta h$	Void ratio Bozluuk oranı $e = 2H_1 / 2H_o$	Change in void ratio Bozluuk oranı $e = 2H_1 / 2H_o$	Coff. of compres. Sıkışma $\Delta e = \Delta e / \Delta p$	Coff. of volume ch. Hacimel sıkışma $\alpha v = \Delta v / \Delta p$	Fitting time Etkime süresi $t_{50}$	Coff. of consolidation Konsolidasyon katesayı $Cv = \alpha v \cdot \gamma_w$ $\text{cm}^2/\text{sec}$	Permeability
0,00	0	200	0,76	19	9,158	0,9305	0,0772	0,3089	0,1600	1,9712	
0,25	0,25	276	0,29	18,2400	8,398	0,8533	0,0295	0,1179	0,0636		
0,50	0,25	305	0,35	17,9500	8,108	0,8238	0,0356	0,0711	0,0390		
1,00	0,50	340	0,393	17,6000	7,7581	0,7883	0,0399	0,0399	0,0223		
2,00	1,00	379,3	0,492	17,2070	7,3651	0,7483	0,0500	0,0250	0,0143		
4,00	2,00	428,5	0,51	16,7150	6,8731	0,6984	0,0518	0,0130	0,0076		
8,00	4,00	479,5	-0,04	16,2050	6,3631	0,6465	..	..	..		
4,00	-4,00	475,5	-0,1	16,2450	6,4031	0,6506					
1,00	-3,00	465,5	-0,135	16,3450	6,5031	0,6608					
0,25	-0,75	452	-4,52	16,4800	6,6381	0,6745					

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jenofji M.H.



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borehole no:  
Soñdaj no:

Sample no:  
Ornek no: 2

Depth :

Derinlik:

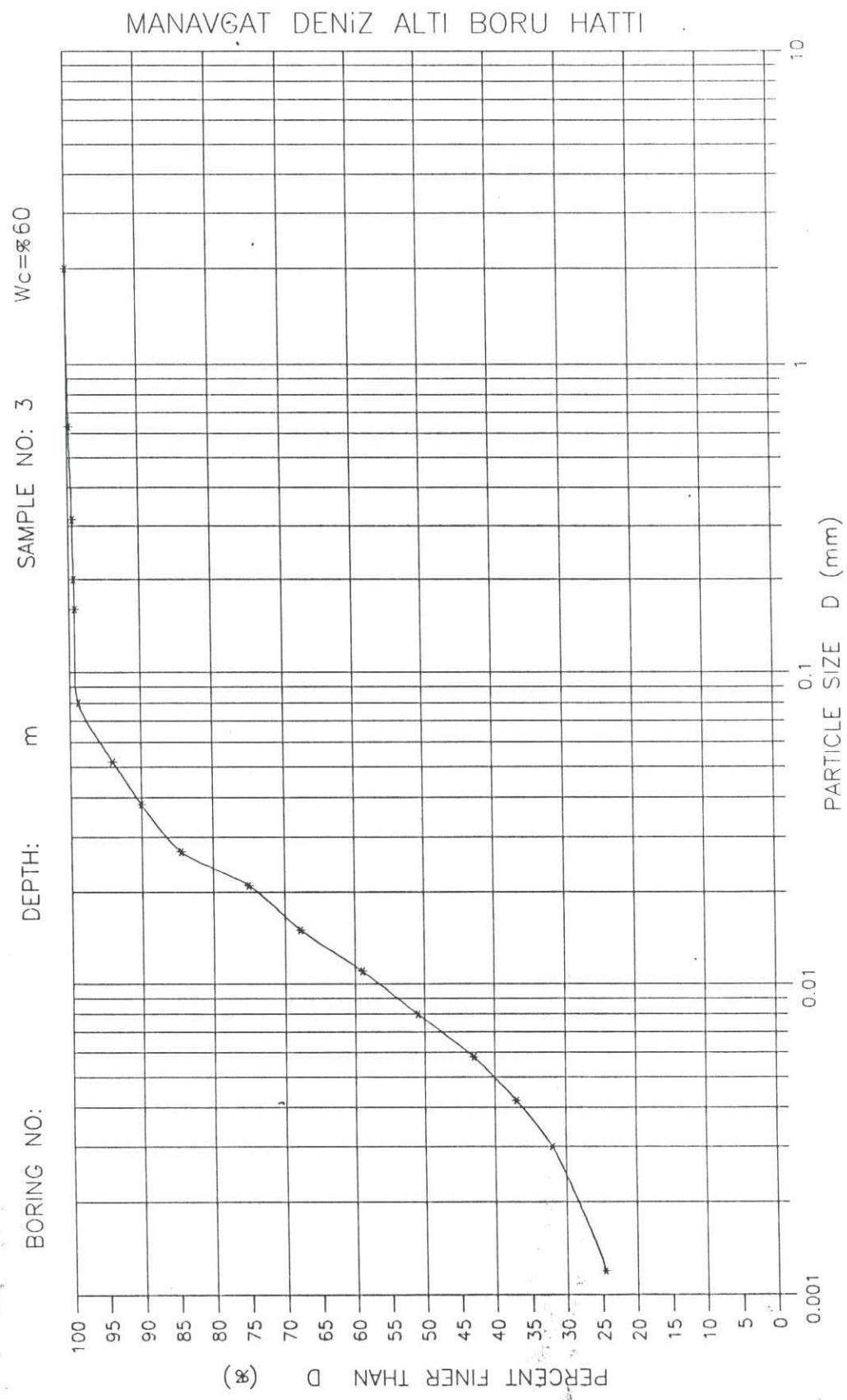
B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KİL % = 27



R.Turgay ALEMDOĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE:

3

SAMPLE:

3

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
70					
80					

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078

TEST :3

0	7,0	0,0	0		
10	9,5	2,5	0,946	2,619	0,027
20	11,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
40	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	13,5	6,5	2,261	6,264	0,064
60	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

18/TEMMUZ/1995

PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI  
PROJE :

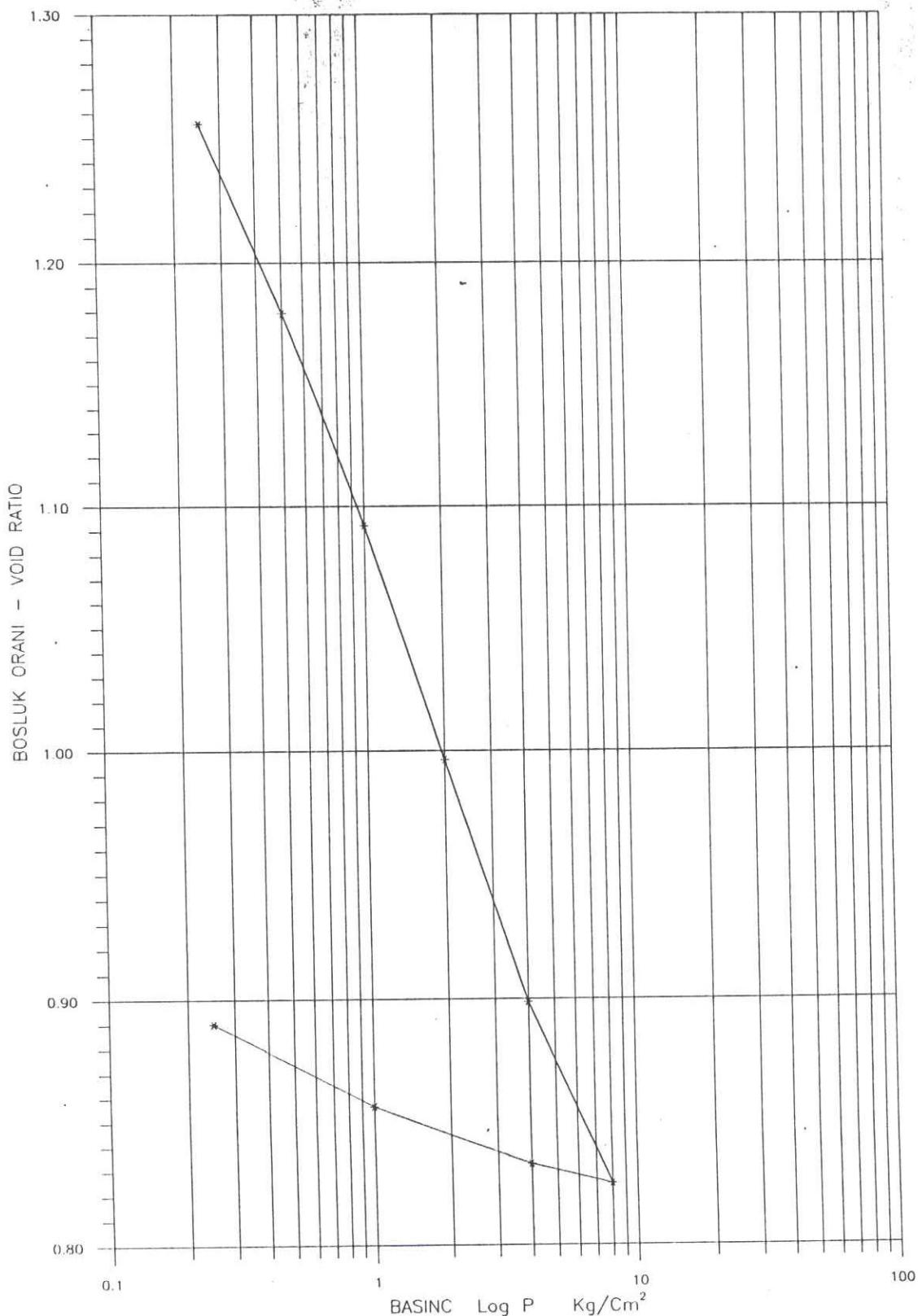
Ring no	Mass of ring + wet sample	Initial Boringsize	Final Son	Borehole no:	Sample no:	DATE/TARIH:
Halka no	3	Yağ ömrək+ halka ağırlığı	594,50	Sondaj no:	Örnek n	
Internal diameter of ring	cm	Mass of ring+dry soil	580,00	Katı tanelerin egedeğer yüzeyselinde		
Halka iç çapı	cm	6,35 Kuru ömrək+ halka ağırlığı	559,10	559,10 Baglantılı yağ birim ağırlığı		
Area of ring	A cm <sup>2</sup>	Mass of ring	559,10	Initial Dry density	$\gamma_d = 100 \text{ & } 1/m^3$	
Halka iç alanı		6,665 Halka ağırlığı	493,60	493,60 Baglantılı kuru birim ağırlık	g/ml	1,089
Initial height of specimen	2H <sub>1</sub>	Mass of moisture	9	Final Dry density	$\delta_d = 100 \text{ & } 1/m^3$	
Örmeğin baglantılı kalınlığı	mm	1,9 Su ağırlığı	35,40	20,90 Test sonundaki kuru birim ağırlık	g/ml	1,444
Initial volume of specimen	V <sub>0</sub>	Mass of dry soil	W <sub>0</sub>	Initial degree of saturation	sr <sub>1</sub>	
Örmeğin baglantılı hacmi	ml	60,17 Kuru ömrək ağırlığı	65,50	65,50 Baglantılı boyutluk derecesi	%	98
Specific gravity solid particles	G <sub>s</sub>	Moisture content	m%	Final degree of saturation	sr <sub>2</sub>	
Zemin baglantılı yo urulu	2,730	Su içeriği	54%	52% Test sonundaki boyutluk	%	100

Applied pressure Uygulanan basing kademesi kg/cm <sup>2</sup>	Pressure Increment Basing kademesi $\Delta p$ kg/cm <sup>2</sup>	Final dial reading Son sikisma okuması.	Dial change Sikisma okuması. $\Delta h$	Height of specimen Örm. kalınlığı 2H=2H <sub>1</sub> -Δh	Void ratio Boşluk oranı $e=2H_1/2H_0$	Change in void ratio Boşluk oranı değişimi $\Delta e$	Coff. of compres. Sıkışma katsayısı $\alpha v=\Delta e/\Delta p$	Coff. of volume ch. Hacimelik sıkışma katsayısı $\alpha v=\Delta v/1+\epsilon$	Permeability		
									Permeability Konsolidasyon katayılesi $t_{50}$	Fit time Etkime süresi $t_{50}$	Coff. of consolidation Konsolidasyon katayılesi $t_{50}$
0,00	0	100	1,91	19	11,424	1,5079	0,2521	1,0084	0,4021		
0,25	0,25	291	0,58	16,5100	8,934	1,2558	0,0766	0,3062	0,1358		
0,50	0,25	349	0,66	15,8500	8,2740	1,1792	0,0871	0,1742	0,0800		
1,00	1,00	415	0,725	15,1250	7,5490	1,0921	0,0957	0,0957	0,0457		
2,00	2,00	487,5	0,74	14,3850	6,8090	0,9964	0,0977	0,0468	0,0245		
4,00	4,00	561,5	0,56	13,8250	6,2490	0,8988	0,0739	0,0185	0,0097		
8,00	-4,00	617,5	-0,06	13,8850	6,3090	0,8248	-	-	-		
4,00	4,00	611,5	-0,18	14,0550	6,4890	0,8328	-	-	-		
1,00	-3,00	593,5	-0,255	14,3200	6,7440	0,8565	-	-	-		
0,25	-0,75	568	-5,68	-	-	-	-	-	-		

B. Turgut ALEMİNDAROĞLU  
jeelajı Y. Müh.



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borehole no: Sample no: Depth :  
Sondaj no: Ornek no: 3 Derinlik:

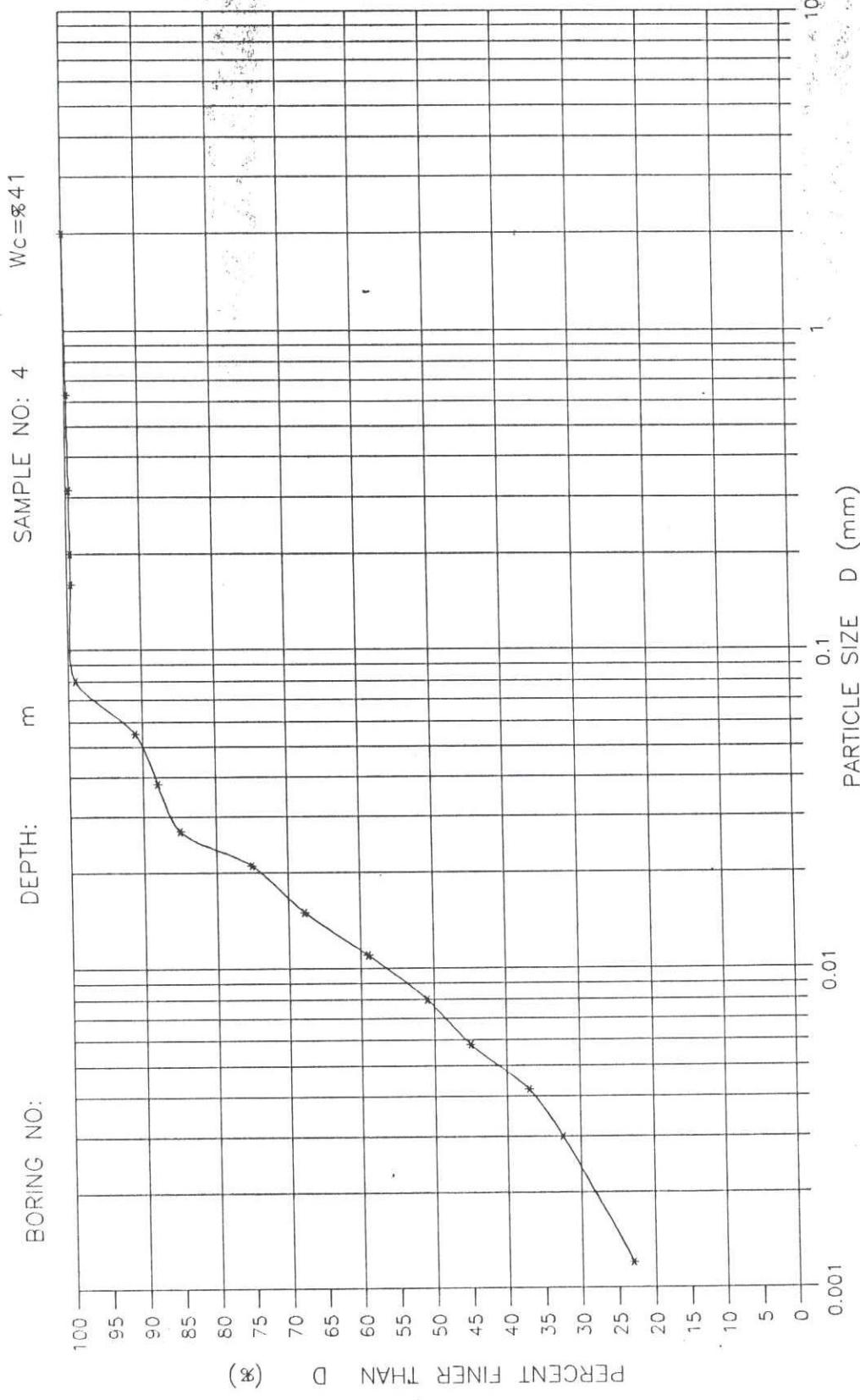


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CLAY-KIL % = 28

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 4

4

DEPTH:

SONDAJ NO:

SAMPLE:  
ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TEST: 1

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
70	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
80					
90					

TEST:2

0	7,0	0,0	0		
10	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	16,0	9,0	3,084	8,542	0,087
60	16,0	9,0	3,084	8,542	0,087
70	16,0	9,0	3,084	8,542	0,087
80	16,0	9,0	3,084	8,542	0,087
90					

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.


**KONSOLIDASYON DENEYİ**

 METU ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI  
 ODTÜ DENİZ ALTı BORU HATTı

24/TEMMUZ/1995

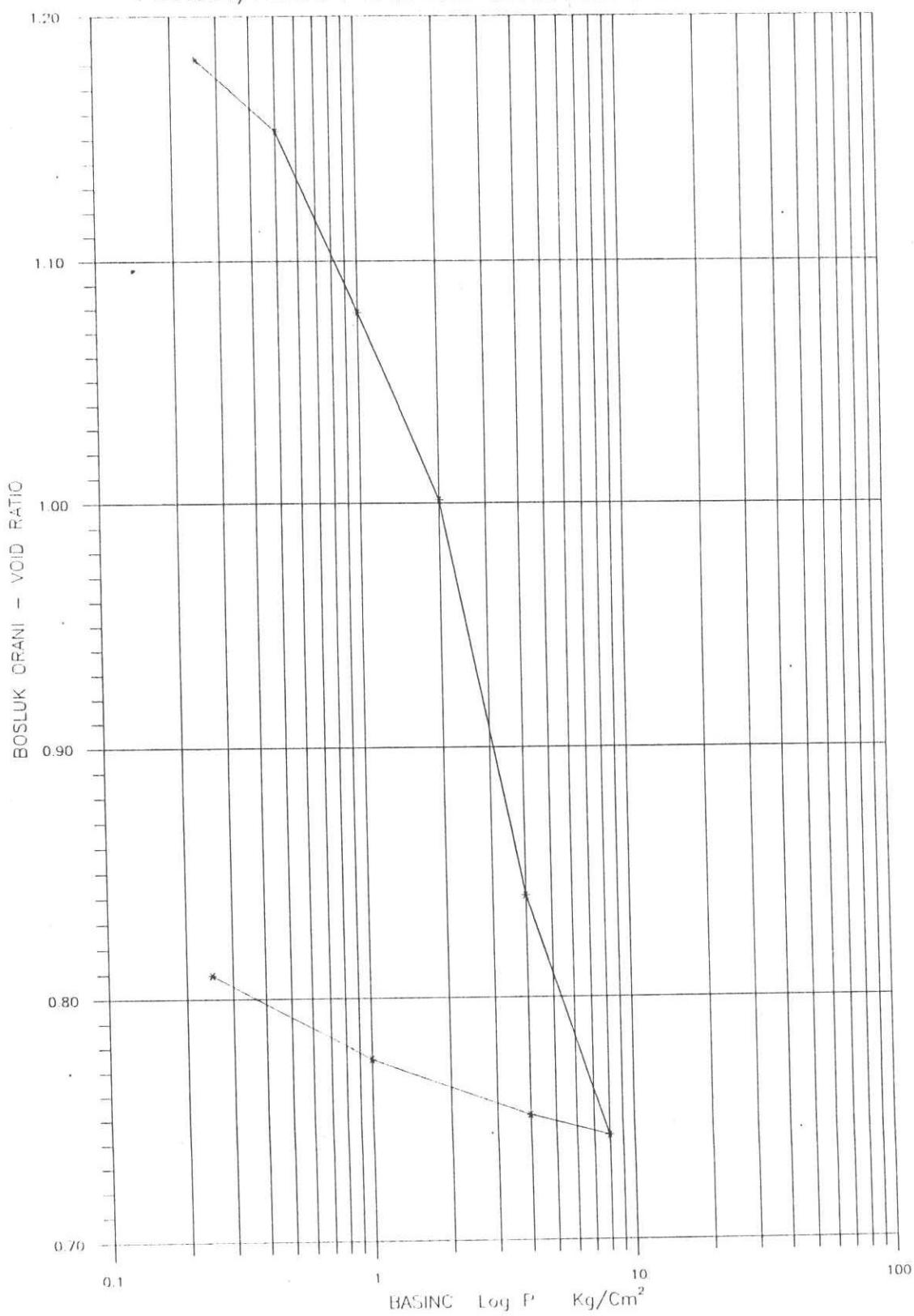
CONSOLIDATION TEST				KONSOLIDASYON DENEYİ				DATE/TARİH:			
								24/TEMMUZ/1995			
PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı	TEST NO :	15	Initial Bâlganç	Final Son	Borehole no: Sondaj no:	Sample no: Örnek n	Sample depth: 2H <sub>0</sub> =W <sub>0</sub> /G <sub>0</sub> *λ	DATE/TARİH:	24/TEMMUZ/1995		
Ring no			Mass of ring + wet sample	9	164,00	170,00	mm				
Halka no			Yag örtü+halka ağırlığı								
internal diameter of ring	cm	6,35	Mass of ring+dry soil	9	149,50	149,50	Initial bulk density				
Halka iç çapı	cm <sup>2</sup>		Kuru örtük+ halka ağırlığı				g/ml				
Area of ring	λ		Mass of ring	9	79,00	79,00	Initial Dry density	%=100& λ+m <sub>1</sub>			
Halka iç alanı		31,669	Halka ağırlığı				g/ml				
Initial height of specimen	mm		Mass of moisture	9	34,50	20,50	Final Dry density	& <sub>0</sub> =100& λ+m <sub>1</sub>			
Örnekin bâlganç kalınlığı		1,9	Su ağırlığı				g/ml				
Initial volume of specimen	V <sub>0</sub>		Mass of dry soil	W <sub>0</sub>	70,50	70,50	Initial degree of saturation				
Örnekin bâlganç hacmi	ml	60,171	Kuru örtük ağırlığı	g			Initial degree of saturation				
Specific gravity of solid particles	G <sub>s</sub>		Moisture content	m	49%	29%	Final degree of saturation				
Zem. əsaslılığı yüzdesi		2,720	Su içeriği	%			Final degree of saturation				
Applied pressure	Pressure increment	Final dial reading	Dial change	Height of specimen	Void ratio	Change in void ratio	Coff. of compression	Fitting time	Coff. of consolidation	Permeability	
Uygulanan basıncı	Başınç katemesi	Son okuma	Sıkılaşma	Örn.kalınlığı	Bögül orani	Sıkılaşma katayı	Hacimel. değişimi	Etkime süresi	Konsolidasyon katayı	mv <sup>2</sup> C <sub>c</sub> <sup>2</sup> /n <sub>0</sub>	
kg/cm <sup>2</sup>	ΔP	okuması.	Δh	2H <sub>0</sub> =2H <sub>1</sub> -Δh	e=2H <sub>0</sub> /2H <sub>1</sub>	Δv=Δe/ΔP	t <sub>90</sub>	t <sub>50</sub>	t <sub>30</sub>	k	cm <sup>2</sup> /sec
0	0	100	1,14	19	10,816	1,3215	0,1393	0,5572	0,2400		
0,00	-			17,8600	9,676	1,1822					
0,25	0,25	214	0,235	17,6250	9,441	0,0287	0,1149	0,0526			
0,50	0,25	237,5	0,615	17,0100	8,8257	1,1535	0,0751	0,1503	0,0696		
1,00	0,50	299	0,63	16,3800	8,1957	1,0784	0,0770	0,0770	0,0370		
2,00	1,00	352	1,315	15,0650	6,8807	1,0014	0,1607	0,0803	0,0401		
4,00	2,00	493,5	0,8	14,2650	6,0807	0,8407	0,0977	0,0244	0,0133		
6,00	4,00	573,5	-0,073	14,3380	6,1537						
4,00	-4,00	566,2	-0,19	14,5280	6,3437						
1,00	-3,00	547,2	-0,282	14,8100	6,6257						
0,25	-0,75	519	-5,19								

 G.Turgay ALİEMİDAROĞLU  
 Jeoloji Y. Mah.

*J.*



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



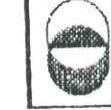
Borehole no:  
Sondaj no:

Sample no:  
Ornek no:

Depth :  
Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI



SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KİL % = 25

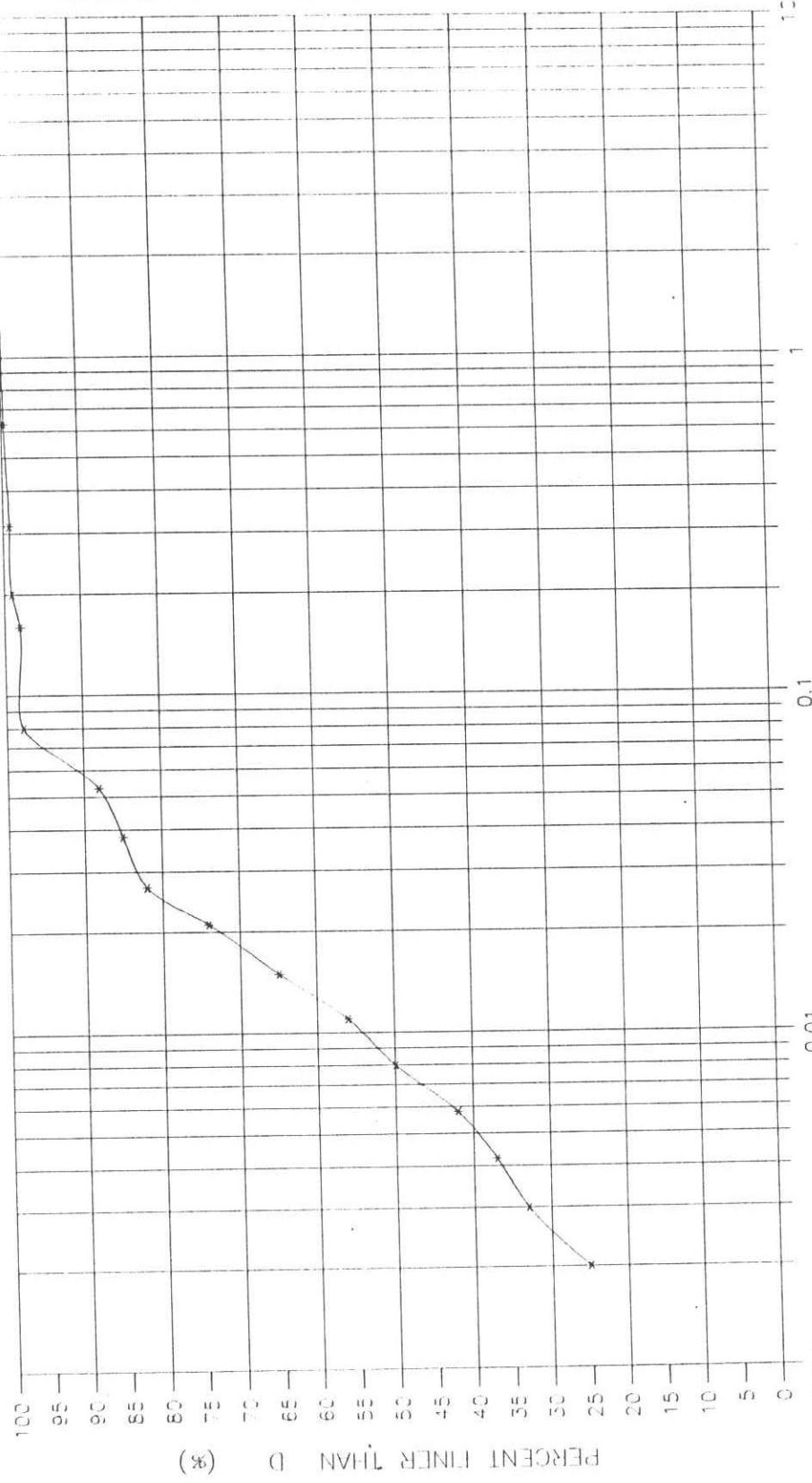
MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

H<sub>c</sub> = 85.7

SAMPLE NO: 5

DEPTH: m

BORING NO:



B.Turgay ALEMDOĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARIH

BOREHOLE:

5

SAMPLE:

5

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TEST: 1

TIME ZAMAN (Sec/Sü.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
70					
80					
90					

TEST: 2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70					
80					
90					

TEST :3

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80					
90					

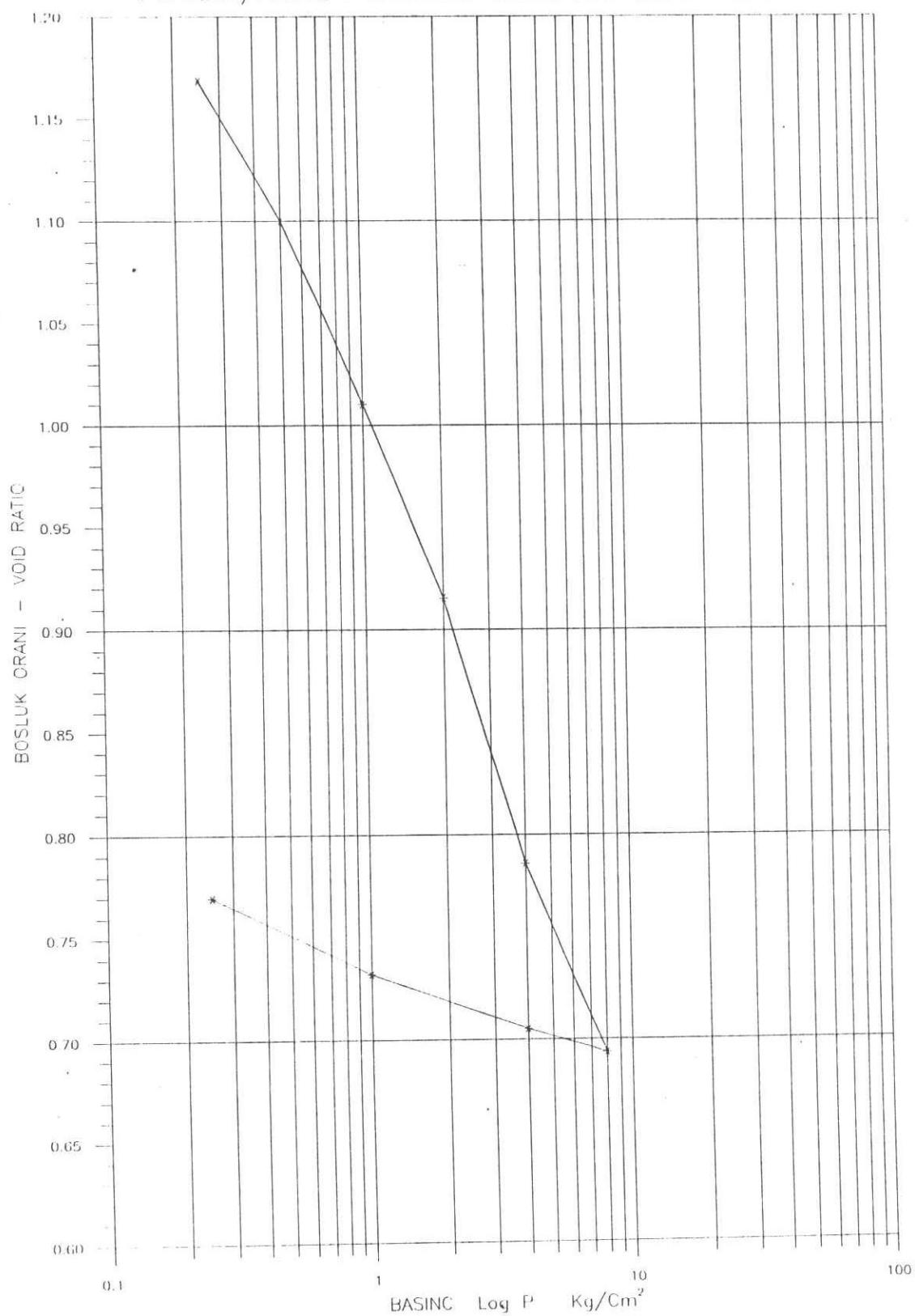


B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

METU SOIL MECHANICS LABORATORY			CONSOLIDATION TEST			KONSOLIDASYON DENEYİ			DATE/TARIH:	
PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı									24/TEMMUZ/1995	
Ring no		Mass of ring + wet sample	Initial	Final	Borehole no:	Sample no:			Sample depth:	
Halka no	14	Yag ömrerek + halka ağırlığı	182,70	168,50	Sondaj no:	Ömrerek n	5		Derinlik:	2Ho-W/G <sub>o</sub> *A mm
internal diameter of ring	cm	Mass of ring + dry soil	147,70	147,70	Koti tanelerinin egdeger yukselikligi					8,051
Halka iç çapı	6,35	Kuru ömrerek + halka ağırlığı			Initial bulk density					1,730
Area of ring	A cm <sup>2</sup>	Mass of ring	78,60	78,60	Baglantıstaki kuru birim ağırlığı					1,148
Halka iç alanı	31,669	Halka ağırlığı			Initial Dry density	Y <sub>d</sub> =100G <sub>o</sub> /A+m <sub>1</sub>				g/ml
Initial height of specimen	2H <sub>1</sub> mm	Mass of moisture	35,00	20,80	Baglantıstaki kuru birim ağırlık	&=100G <sub>o</sub> /A+m <sub>1</sub>				1,531
Ömrerek'in baglantıs kalinlığı	1,9	Su ağırlığı			Final Dry density	&=100G <sub>o</sub> /A+m <sub>1</sub>				g/ml
Initial volume of specimen	V <sub>1</sub> ml	Mass of dry soil	69,10	69,10	Test sonradaki kuru birim ağırlık					5r <sub>1</sub>
Ömrerek'in baglantıs hacmi	60,171	Kuru ömrerek ağırlığı			Initial degree of saturation					%
Specific gravity solid particles	G <sub>s</sub>	Moisture content	m	51%	Baglantıstaki doygunluk derecesi					5r <sub>2</sub>
Zemir'ün sağınlığı yüzdesi	2,710	Su içeriği	%	30%	Final degree of saturation					%
						Test sonradaki doygunluk			100	
Applied pressure	Pressure Increment	Final dial reading	Dial change	Height of specimen	Void ratio	Coff. of compres.	Coff. of volume ch.	Fitting time	Coff. of consolidation	
Uygulanan basınç	Başlangıç kademevi	Son sikisma okuması,	Sikisma okuması,	Ömrerek'in kalınlığı	Boşluk oranı	Sıkışma katısayısı	Hacimsel sıkışma katısayısı	Etkime süresi	Konsolidasyon katısayısı	mv=C <sub>c</sub> * $\gamma_w$
başlangıç Kg/cm <sup>2</sup>	ΔP	ΔP	Δh	2H <sub>1</sub> -2H <sub>1</sub> -Δh	c=2H <sub>1</sub> /2H <sub>0</sub>	Δv=Δv/1+e	mv=Δv/ΔP	t <sub>90</sub>	t <sub>90</sub>	t <sub>90</sub>
0	0	100	1,542	19	10,949	1,3598	0,1915	0,7661	0,3246	197H <sub>2</sub>
0,00	0,25	254,2	0,543	17,4580	9,407	1,1683	0,0674	0,2698	0,1244	
0,25	0,25	308,5	0,705	16,9150	8,864	1,1009	0,0876	0,1751	0,0834	
0,50	0,50	379	0,79	16,2100	8,1586	1,0133	0,0981	0,0981	0,0487	
1,00	1,00	458	1,04	15,4200	7,3686	0,9152				
2,00	2,00	562	0,745	14,3800	6,3286	0,1292	0,0646	0,0337		
4,00	4,00	636,5	-0,095	13,6350	5,5836	0,6935	0,0925	0,0231	0,0130	
8,00	-4,00	627	-0,22	13,7300	5,6786					
4,00	-3,00	605	-0,3	13,9500	5,8986					
1,00	-0,75	575	-5,75	14,2500	6,1986					
0,25					0,7699					

*Ö.J.*  
B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

## PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

Borehole no:  
(boring no.)Sample no:  
Ornek no: 5Depth :  
Derinlik:B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

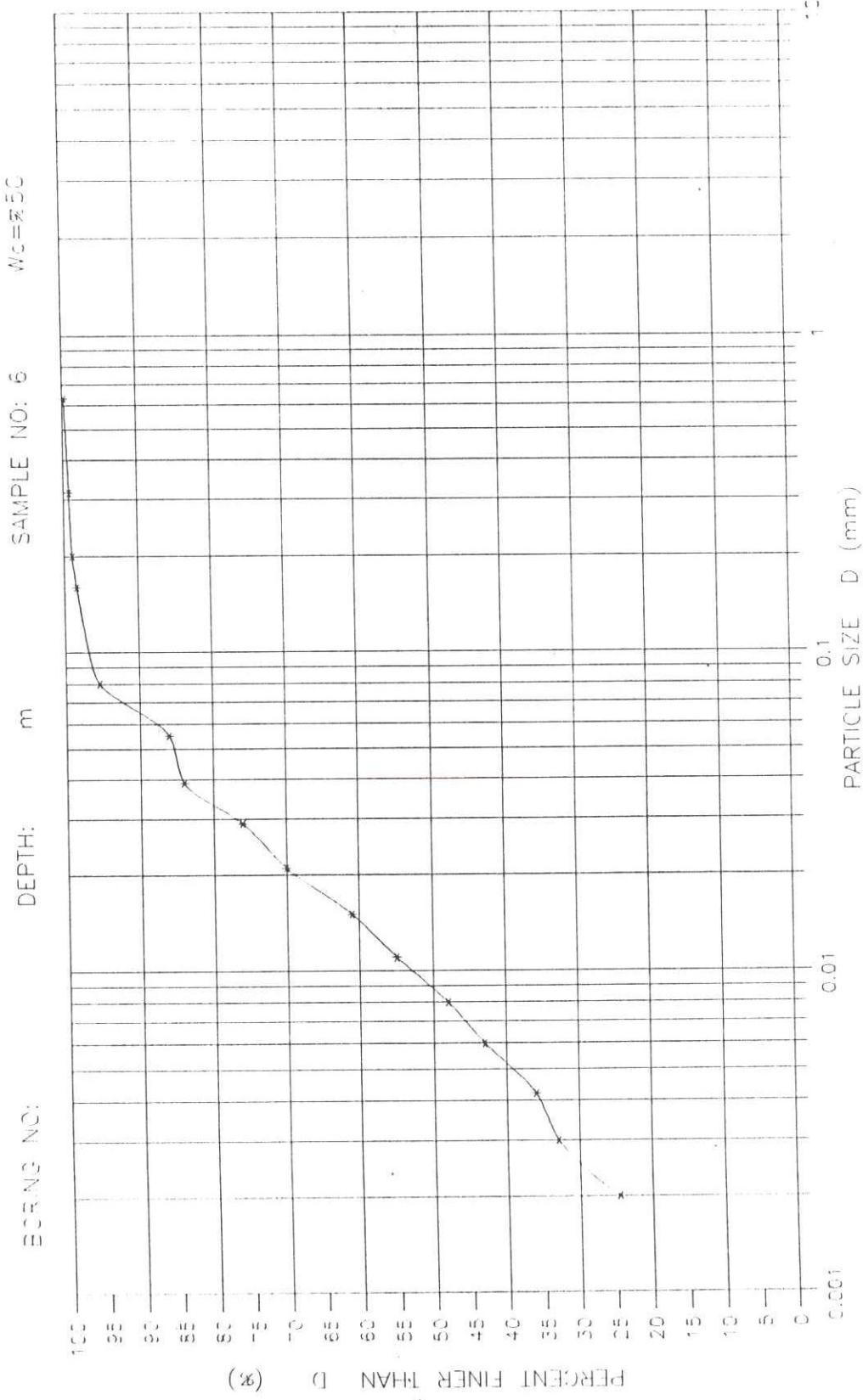
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI



SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 25

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

PROJE

BOREHOLE: 6

SAMPLE: 6

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DATE: 14/TEMMUZ/1995

TARIH

DEPTH:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
80	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059

TEST:2

0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,5	5,0	1,768	4,897	0,050
30	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
40	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
50	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
60	16,0	9,5	3,248	8,997	0,092
70	17,0	10,5	3,577	9,909	0,101
80	18,0	11,5	3,906	10,820	0,110
90	18,0	11,5	3,906	10,820	0,110
100	18,0	11,5	3,906	10,820	0,110

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jenotaj: Y. Mühr.

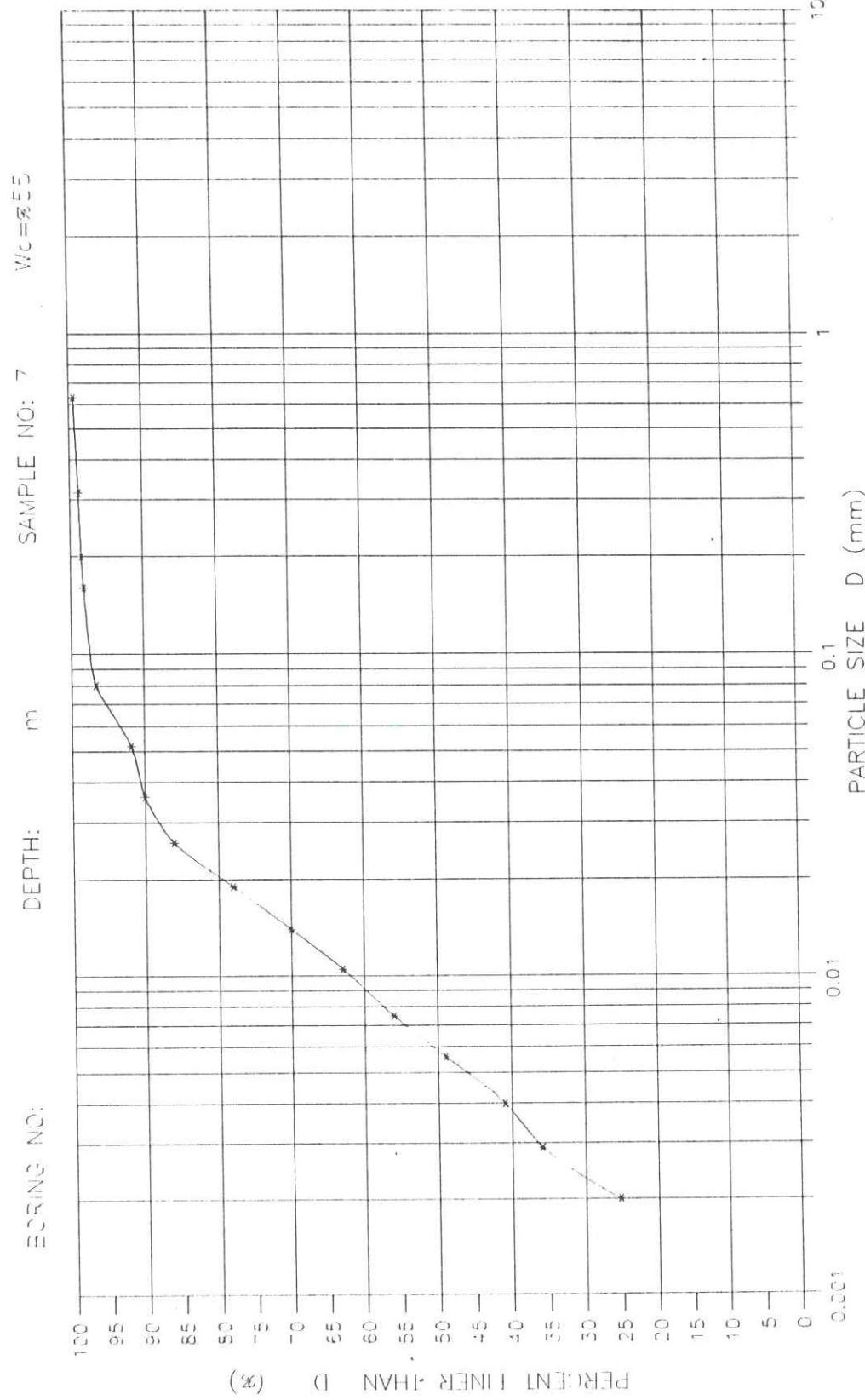


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CLAY-KIL % = 25

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

### MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı



B.Turgay ALEMDAROGLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE:

TARİH

BOREHOLE: 7

DEPTH:

SONDAJ NO:

SAMPLE: 7

DERİNLİK:

ÖRNEK NO:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

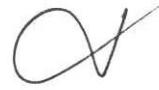
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,5	4,5	1,603	4,442	0,045
30	11,5	5,5	1,932	5,353	0,055
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	13,5	7,5	2,590	7,175	0,073
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
90	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
40	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
50	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
60	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
70	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
80					
90					

TEST :3

0	7,0				
10	9,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
30	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
40	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
50	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
60					
70					
80					
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

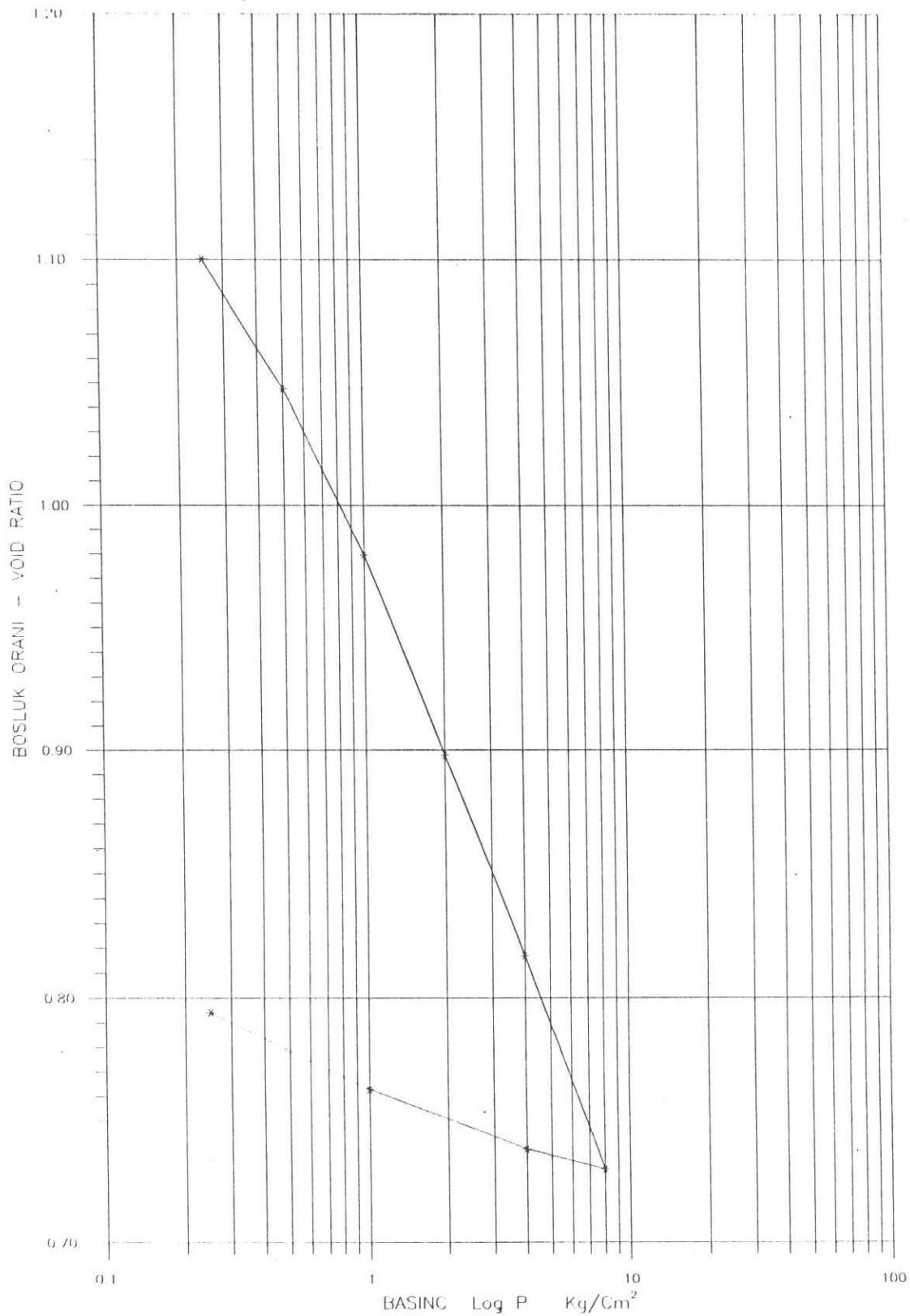
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ



PROJECT/PROJEL : MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı



Borehole no:  
Dondurulma no:

Sample no:  
Örnek no:

Depth:  
Derinlik:

B.Turgay ALİMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



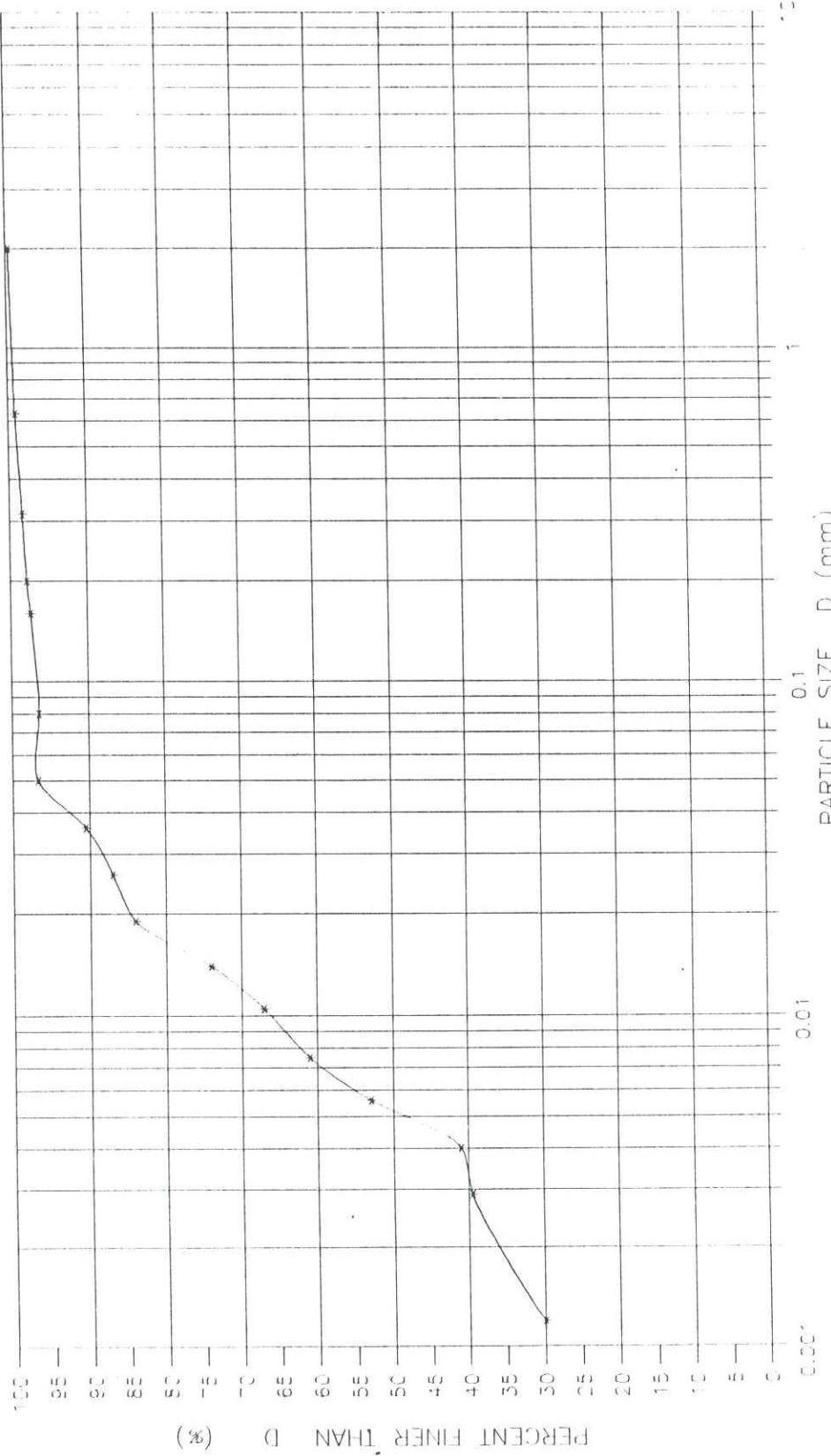
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CLAY-KIL % = 35

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

## MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DEPTH: m      DRYING NC:      SAMPLE NO: 8      W<sub>C</sub> = % 47



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 8

SAMPLE: 8

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLIK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
40	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
60	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
90					

TEST:2

0	8,0	0,0	0		
10	11,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	13,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
40	16,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	17,0	9,0	3,084	8,542	0,087
60	18,0	10,0	3,413	9,453	0,096
70	19,0	11,0	3,741	10,364	0,106
80	19,0	11,0	3,741	10,364	0,106
90	19,0	11,0	3,741	10,364	0,106

TEST :3

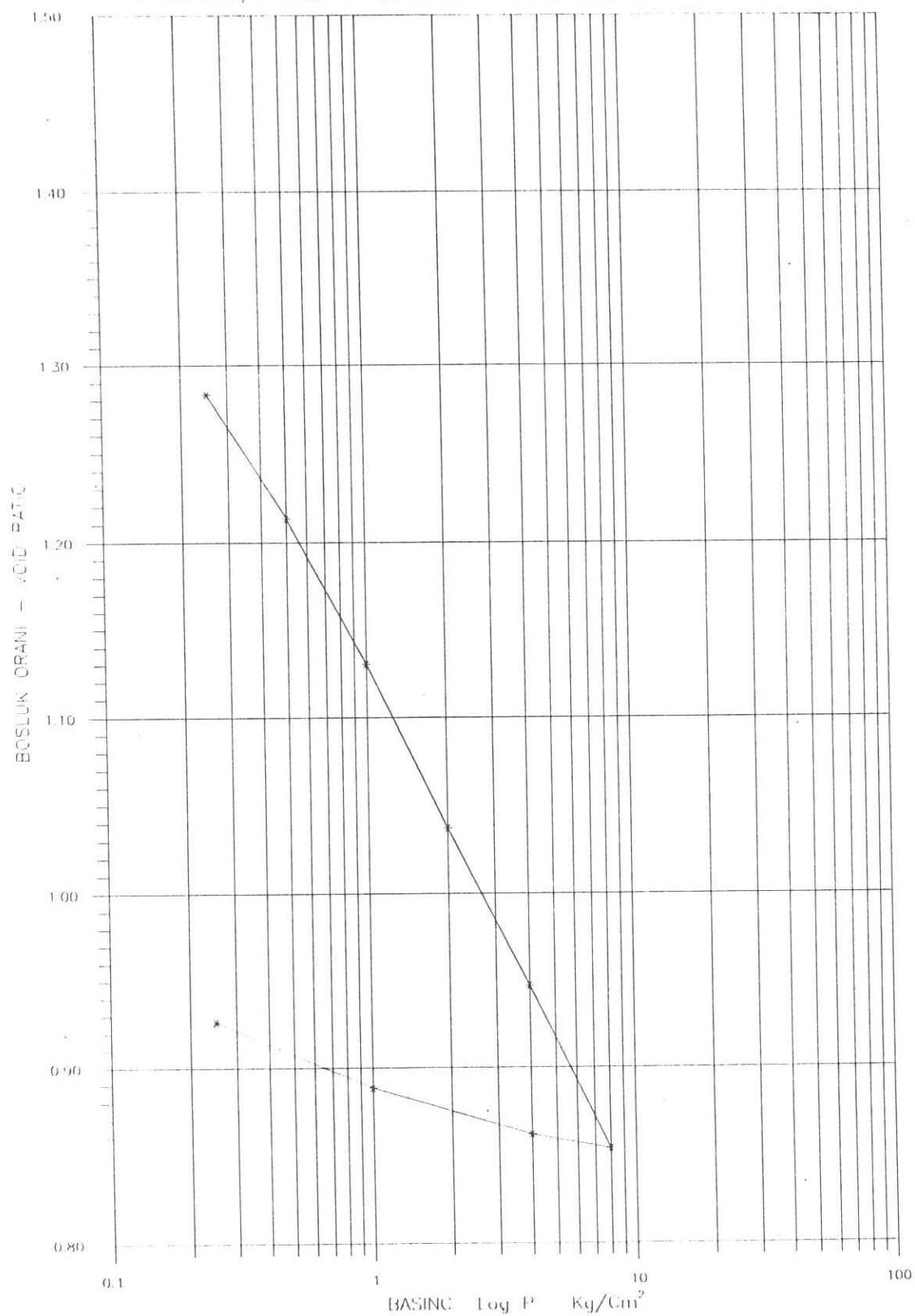
0	6,0				
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
60	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80					
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



## PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı



Borehole no: Sample no: Depth /  
Borudan no: Ornek no: 8 Derinlik:

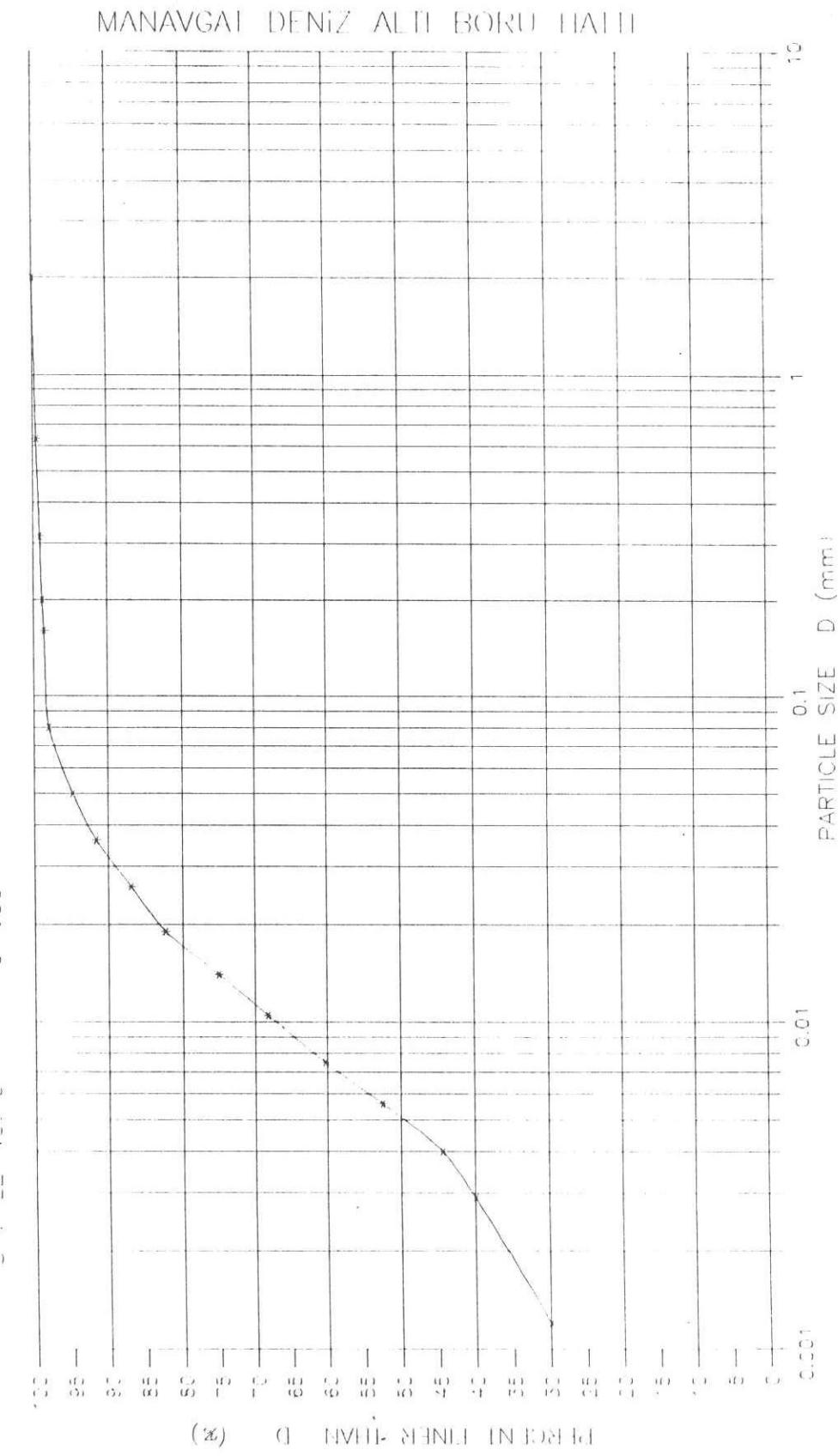
B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 35



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 9

SAMPLE: 9

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

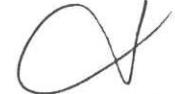
0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,5	4,5	1,603	4,442	0,045
40	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
80	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
90					

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
70	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
80	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
90					

TEST :3

0	7,5				
10	10,0	2,5	0,946	2,619	0,027
20	11,0	3,5	1,274	3,530	0,036
30	12,0	4,5	1,603	4,442	0,045
40	13,0	5,5	1,932	5,353	0,055
50	13,0	5,5	1,932	5,353	0,055
60	13,0	5,5	1,932	5,353	0,055
70	13,0	5,5	1,932	5,353	0,055
80					
90					



B. Turgay ALİMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

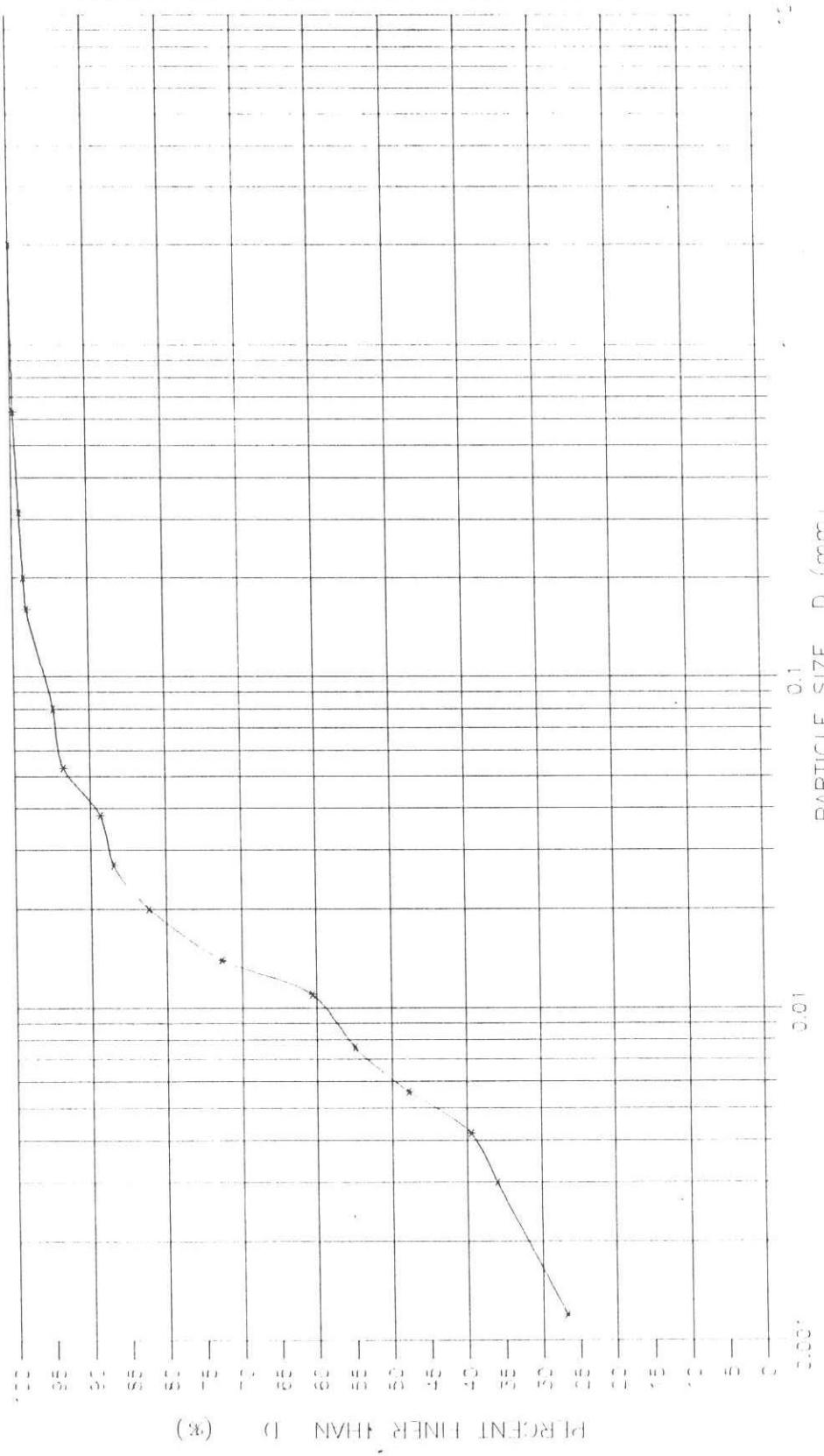
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CLAY-KIL % = 32

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ



SAMPLE NO: 10 WC=85.6



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

**M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY**  
**O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI**
**VANE SHEAR TEST**  
**KANATLI KESME DENEYİ**

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 10

DEPTH:

SONDAJ NO:

SAMPLE: 10

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
70	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
80					
90					

TEST:2

0	7,0	0,0	0		
10	7,5	0,5	0,288	0,797	0,008
20	8,0	1,0	0,452	1,252	0,013
30	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
40	11,5	4,5	1,603	4,442	0,045
50	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
60	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
80	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
90					

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					

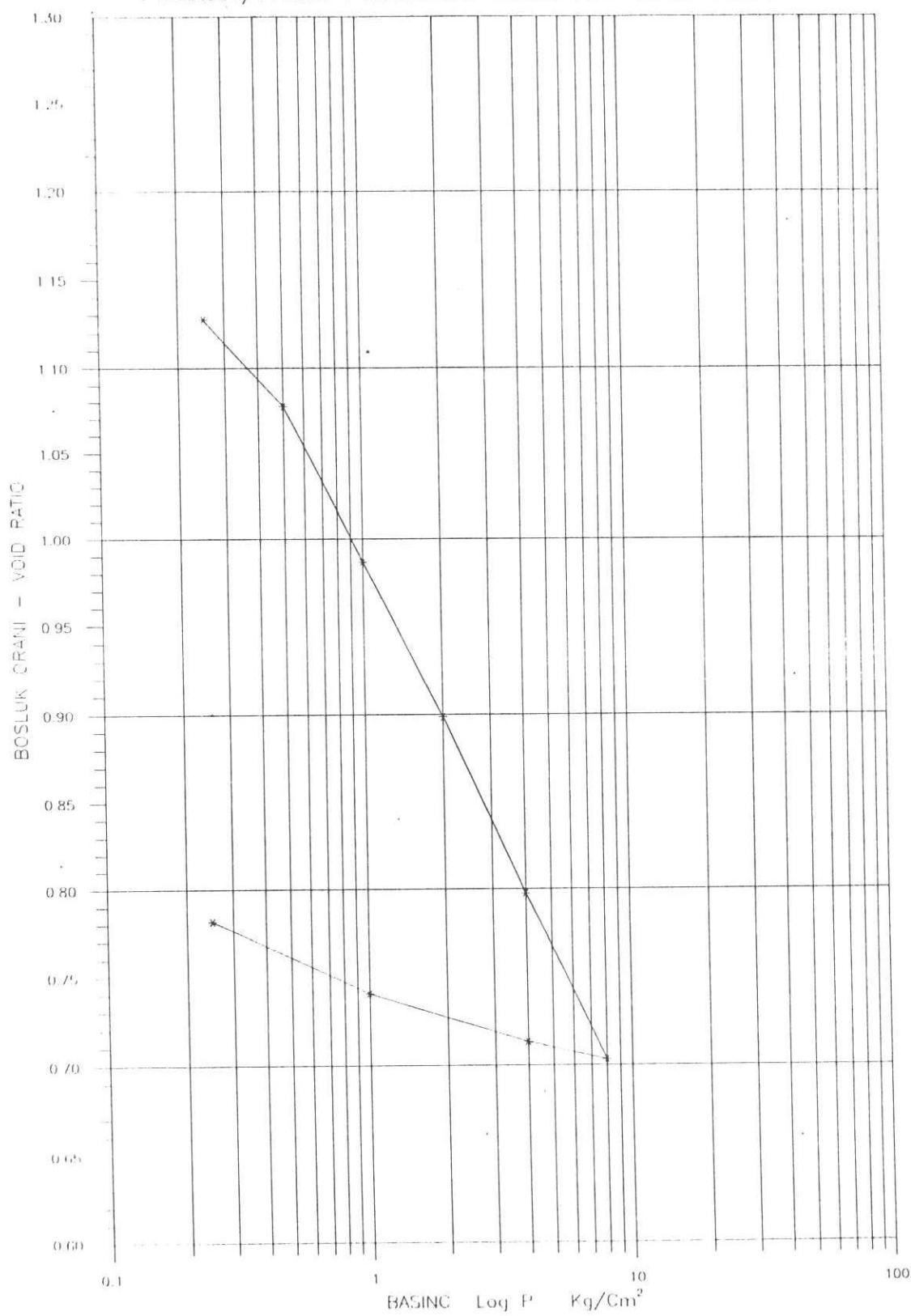
  
B. Turgay ALMDAROGLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
MÖSTÜ ZEMÁNEK MÉCHANIKAI LABORATORIUM

**KONSOLIDASYON TESTİ**

## PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

Borehole no:  
Sondaj no:Sample no:  
Ornek no: 10Depth :  
Derinlik:B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

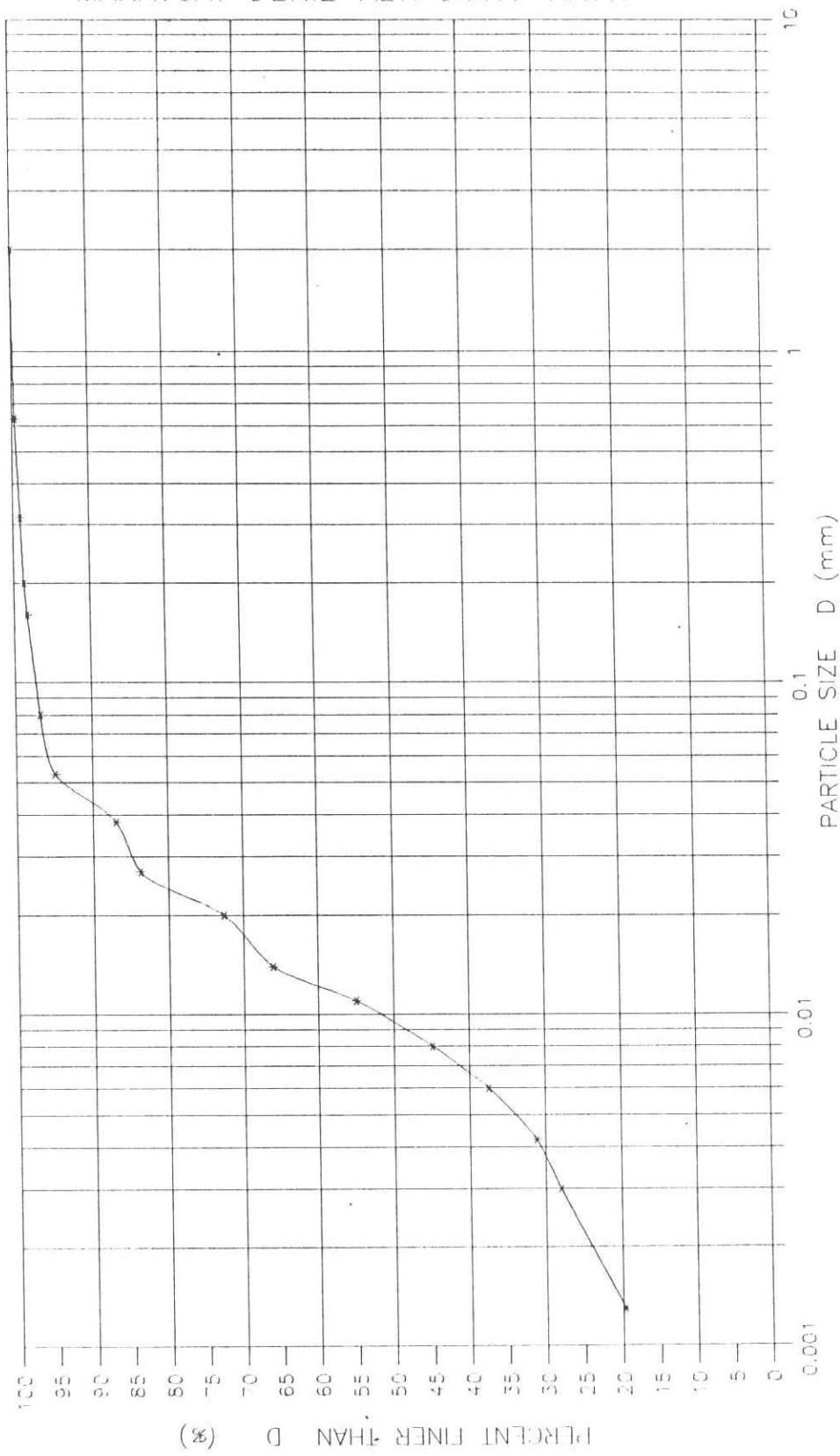


SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 24

SAMPLE NO: 13

WC = % 53



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE:

TARİH:

BOREHOLE: 13

SAMPLE: 13

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
40	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
80	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
90					

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	13,5	7,5	2,590	7,175	0,073
40	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
50	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
60	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
70	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
80	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
90					

TEST :3

0	6,0				
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,5	5,5	1,932	5,353	0,055
30	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
40	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
50	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
60	17,0	11,0	3,741	10,364	0,106
70	18,0	12,0	4,070	11,275	0,115
80	18,0	12,0	4,070	11,275	0,115
90	18,0	12,0	4,070	11,275	0,115

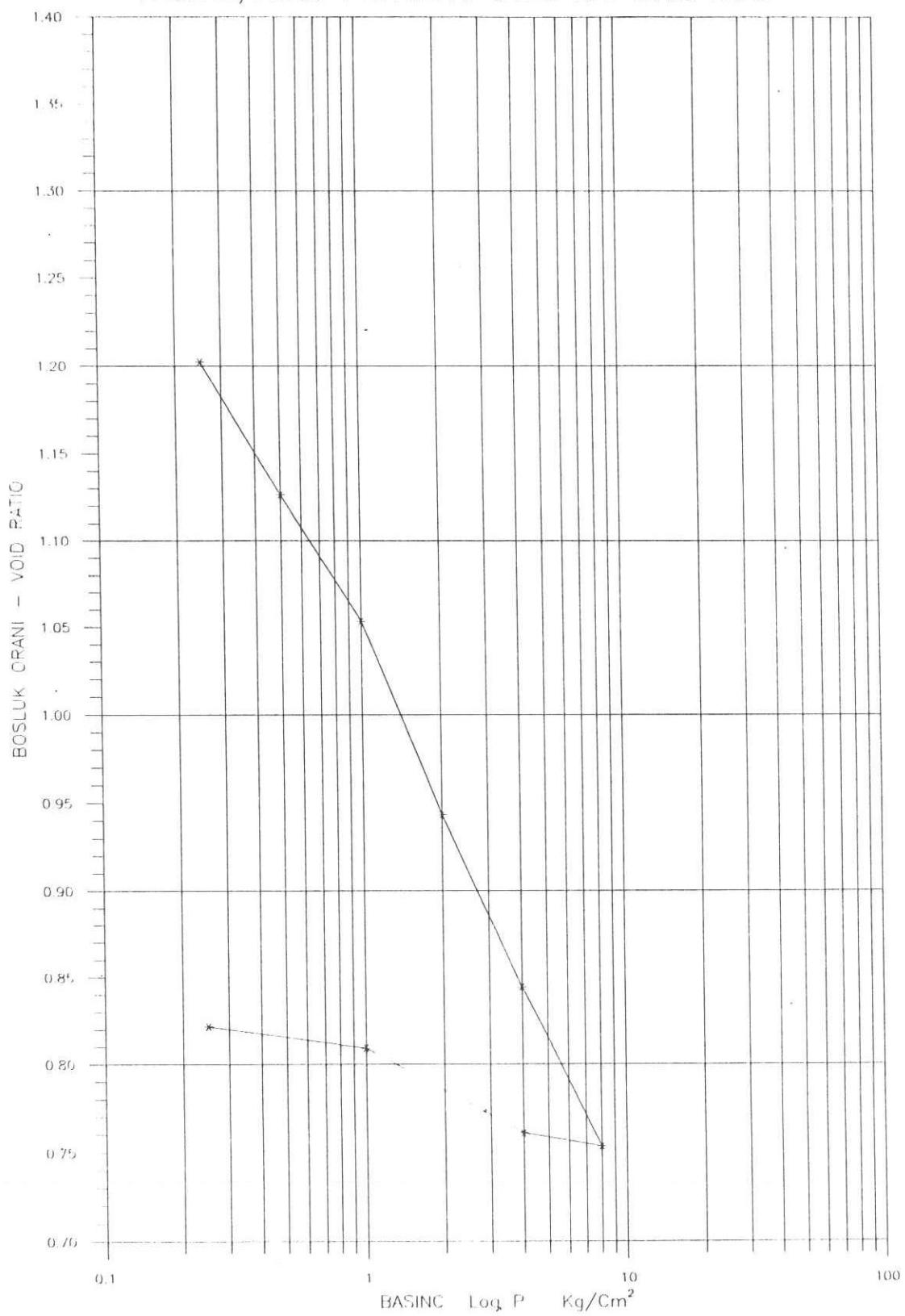


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST				KONSOLIDASYON DENEYİ				DATE/TARİH:	
								18/TEMMUZ/1995	
PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTı PROJE :									
Ring no. Halka no.				Initial Borophane Son				Sample no: Örnek no:	
Internal diameter of ring cm				Final Son				Sample depth: $2H_0 = W/G_s \cdot K$ mm	
Halka iç çapı cm				Initial height of soil Karti tanelerin eğdeğeri yükselişliği g				Equivalent height of soil Karti tanelerin eğdeğeri yükselişliği mm	
Area of ring A cm <sup>2</sup>				168,50				0,053	
Halka iç alanı cm <sup>2</sup>				147,50				1,679	
Initial height of specimen mm				Initial bulk density Bağlantıstaki yassı birim ağırlığı g/ml				1,138	
Örteğin başlangıç kalınlığı mm				147,50				1,474	
Initial volume of specimen V <sub>a</sub> Örteğin başlangıç hacmi				Initial Dry density Y <sub>d</sub> =100&1/m <sup>3</sup> g/ml				1,474	
Specific gravity solid particles G <sub>s</sub>				Final Dry density Y <sub>d</sub> =100&1/m <sup>3</sup> g/ml				1,474	
Zemir : 269-272 yaslı u				Test sonundaki Kuru birim ağırlık g/ml				1,474	
Applied pressure Increment Bağılmaan basıncı kg/cm <sup>2</sup>				Initial degree of saturation Bağlantıstaki doygunluk derecesi %				51	
0				Final degree of saturation Bağlantıstaki doygunluk derecesi %				94	
0,00				Moisture content Kuru örtük ağırlığı %				52	
0,25				Moisture content Su içeriği %				100	
0,25									
0,50									
1,00									
2,00									
4,00									
8,00									
4,00									
-3,00									
1,00									
0,25									



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borehole no: Sample no: Depth :  
Sondaj no: Örnek no: 13 Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

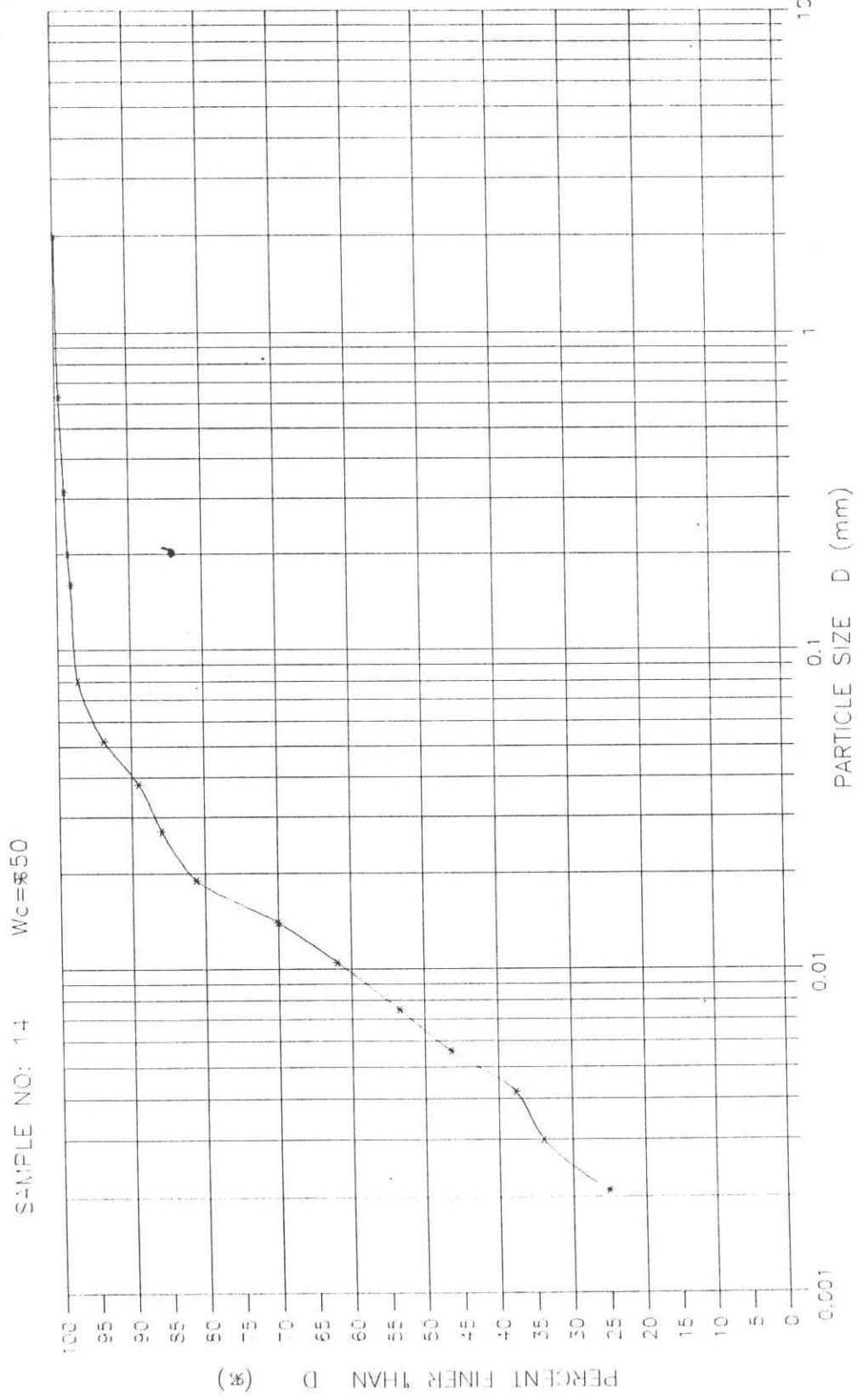


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 25

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 14

SAMPLE: 14

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

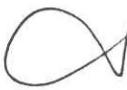
0	7,0	0,0	0		
10	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
30	11,0	4,0	1,439	3,986	0,041
40	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
50	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069
90	14,0	7,0	2,426	6,720	0,069

TEST:2

0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
30	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
40	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
50	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
60	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
70	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
80	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
90	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082

TEST :3

0	6,5				
10	9,0	2,5	0,946	2,619	0,027
20	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
30	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
40	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
50	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
60	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
70	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
80					
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



**METU SOIL MECHANICS LABORATORY**

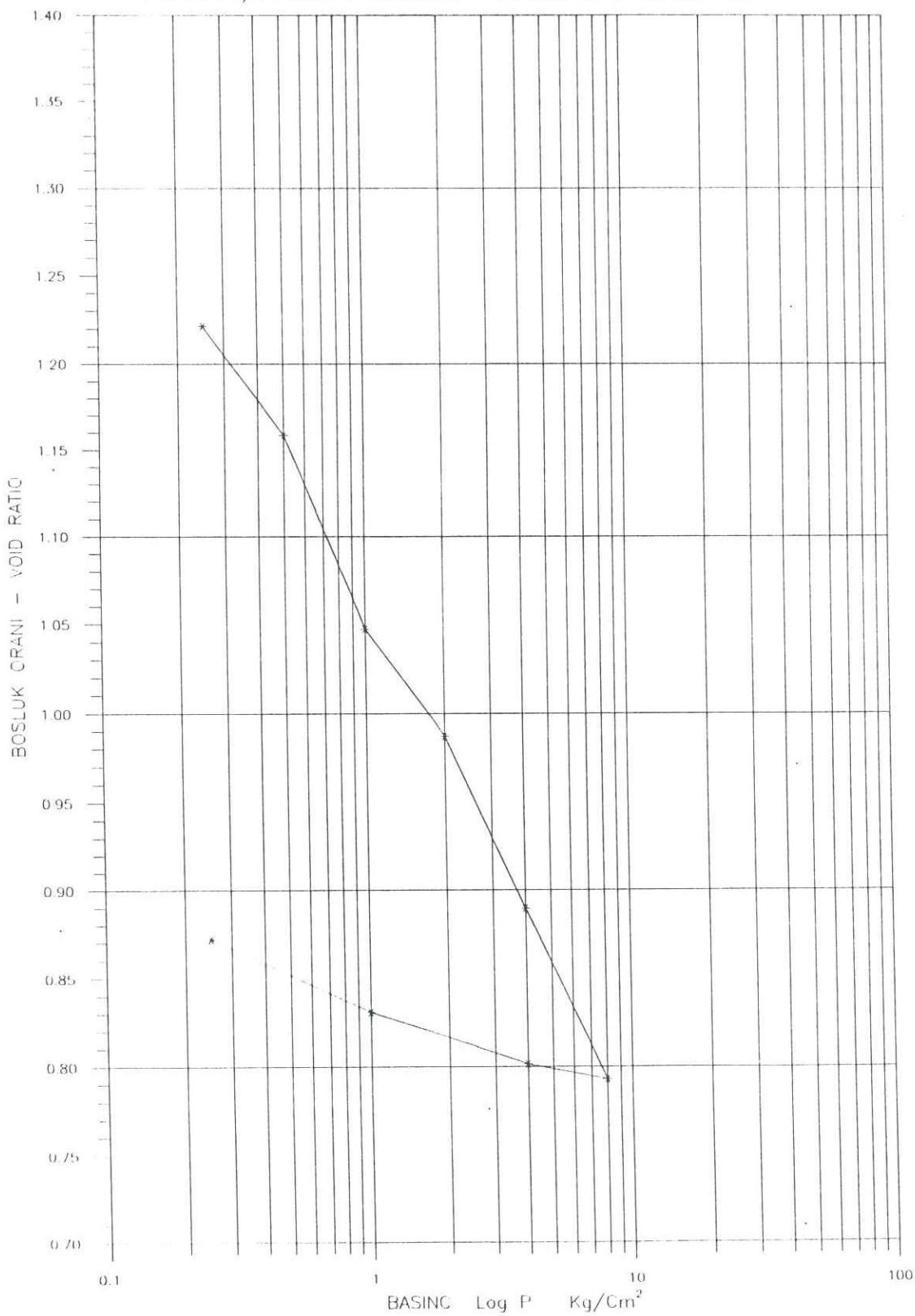
**ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI**

18/TEMMUZ/1995

CONSOLIDATION TEST				KONSOLIDASYON DENEYİ				DATE/TARIH:		
PROJECT:	MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI	PROJE:		Initial Bölgelendirme height	Final Son	Borehole no: Sondaj no:	Sample no: Örnek n	Sample depth: 2Ho=W/G <sub>0</sub> ·h	Derinlik: mm	
Ring no.	9	Mass of ring + wet sample	g	638,00	624,00	Kont. tarihi: 05.07.95 Equivalent height of solid	14		7,986	
Halka no.	9	Yaz örneği+halka ağırlığı	g							
Internal diameter of ring	cm	Mass of ring+dry soil	g	602,00	602,00	Kont. tarihi: 05.07.95 Initial bulk density			1,750	
Halka iç çapı	6,35	Kuru örneği+halka ağırlığı	g							
Area of ring	A cm <sup>2</sup>	Mass of ring	g	532,70	532,70	İlk kuru birim ağırlığı γ <sub>d</sub> =100&/1+m <sub>1</sub>			1,152	
Halka iç alanı	31,68	Halka ağırlığı	g							
Initial height of specimen	2H <sub>0</sub>	Mass of moisture	g	36,00	22,00	İlk kuru birim ağırlık γ <sub>d</sub> =100&/1+m <sub>1</sub>			1,464	
Örmeğin başlangıç kalınlığı	mm	Su ağırlığı	g							
Initial volume of specimen	V <sub>0</sub>	Mass of dry soil	W <sub>0</sub>	69,30	69,30	Test sonundaki kuru birim ağırlık γ <sub>d</sub> =100&/1+m <sub>2</sub>			5r1	
Örmeğin başlangıç hacmi	ml	Kuru örneği ağırlığı	g						105	
Specific gravity of soil particles	G <sub>s</sub>	Moisture content	m <sub>w</sub>						5r2	
Zemini: 235,8-255,2 m	2,740	Su içeriği	%	52%	32%	Test sonundaki doygunluk			100	
<i>Applied pressure</i>										
Pressure Increment	Final dial reading	Dial change	Height of specimen	Void ratio	Change in void ratio	Coff. of compres.	Coff. of volume ch.	Coff. of consolidation		
Uygulanılan basing kademesi kg/cm <sup>2</sup>	Son sıkışma okunuşu.	Sıkışma okunuşu. Δh	Örnek kalınlığı 2H=2H <sub>0</sub> -Δh	Bölgelik yük. 2H <sub>b</sub> =2H-2H <sub>0</sub>	Bölgelik oranı e=2H <sub>b</sub> /2H <sub>0</sub>	Bölgelik oranı değişimi Δe	Sıkışma Hacimsel əksikliği av-Δe/ΔP	t <sub>90</sub>	t <sub>30</sub>	Konsolidasyon katayı
0	0	0	19	11,014	1,3791	0,1575	0,6301	0,845-12	197Hz	mv=Cv·γ <sub>w</sub> k cm <sup>2</sup> /sec
0,00	0,25	100	1,258	17,7420	9,756	1,2216				
0,25	0,25	225,8	0,502	17,2400	9,254	0,0629	0,2514	0,1132		
0,50	0,25	276	0,89	16,3500	8,3637	1,1587	0,1114	0,2229	0,1032	
1,00	0,50	365	0,48	15,8700	7,8837	1,0473	0,0601	0,0601	0,0294	
2,00	1,00	413	0,778	15,0920	7,1057	0,9872	0,0974	0,0487	0,0245	
4,00	2,00	490,8	0,772	14,3200	6,3337	0,7931	0,0967	0,0242	0,0128	
8,00	4,00	568	-0,068	14,3680	6,4017					
4,00	-4,00	561,2	-0,234	14,6220	6,6357					
1,00	-3,00	537,8	-0,328	14,9500	6,9637					
0,25	-0,75	505	-5,05							

B.Turgay ALEM DEROĞLU  
Tarih: 19.7.95

## PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

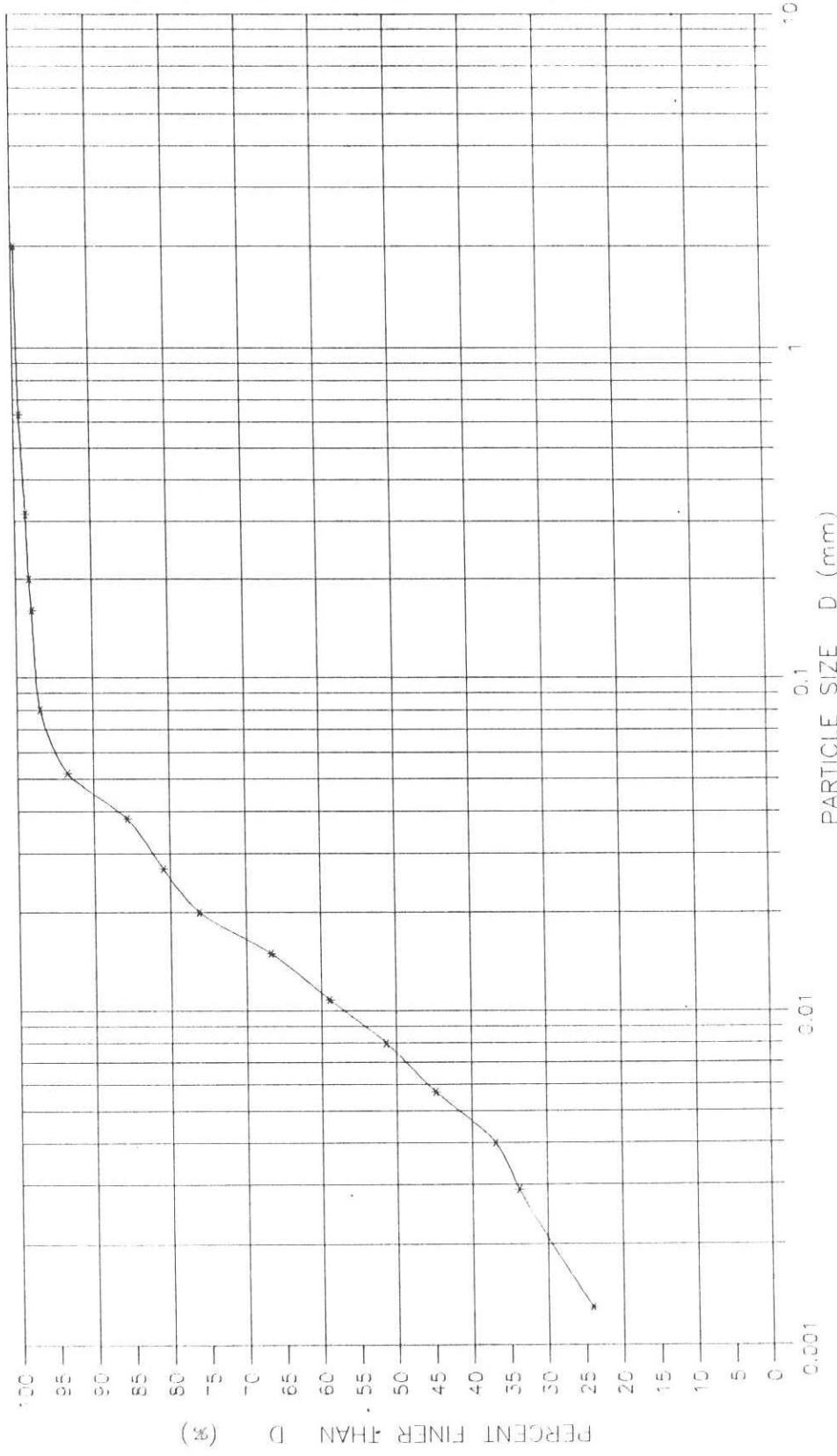
Borehole no:  
'Sondaj no:Sample no:  
Örnek no: 14Depth:  
Derinlik:O.Tur. M. İDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



CLAY-KİL % = 29

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

SAMPLE NO: 15 Wc=85.2



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 15

SAMPLE: 15

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TEST: 1

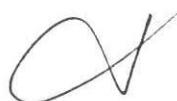
TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
30	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
40	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
50	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
60	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
70	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
80	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078

TEST :3

0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
30	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
40	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
50	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
60	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

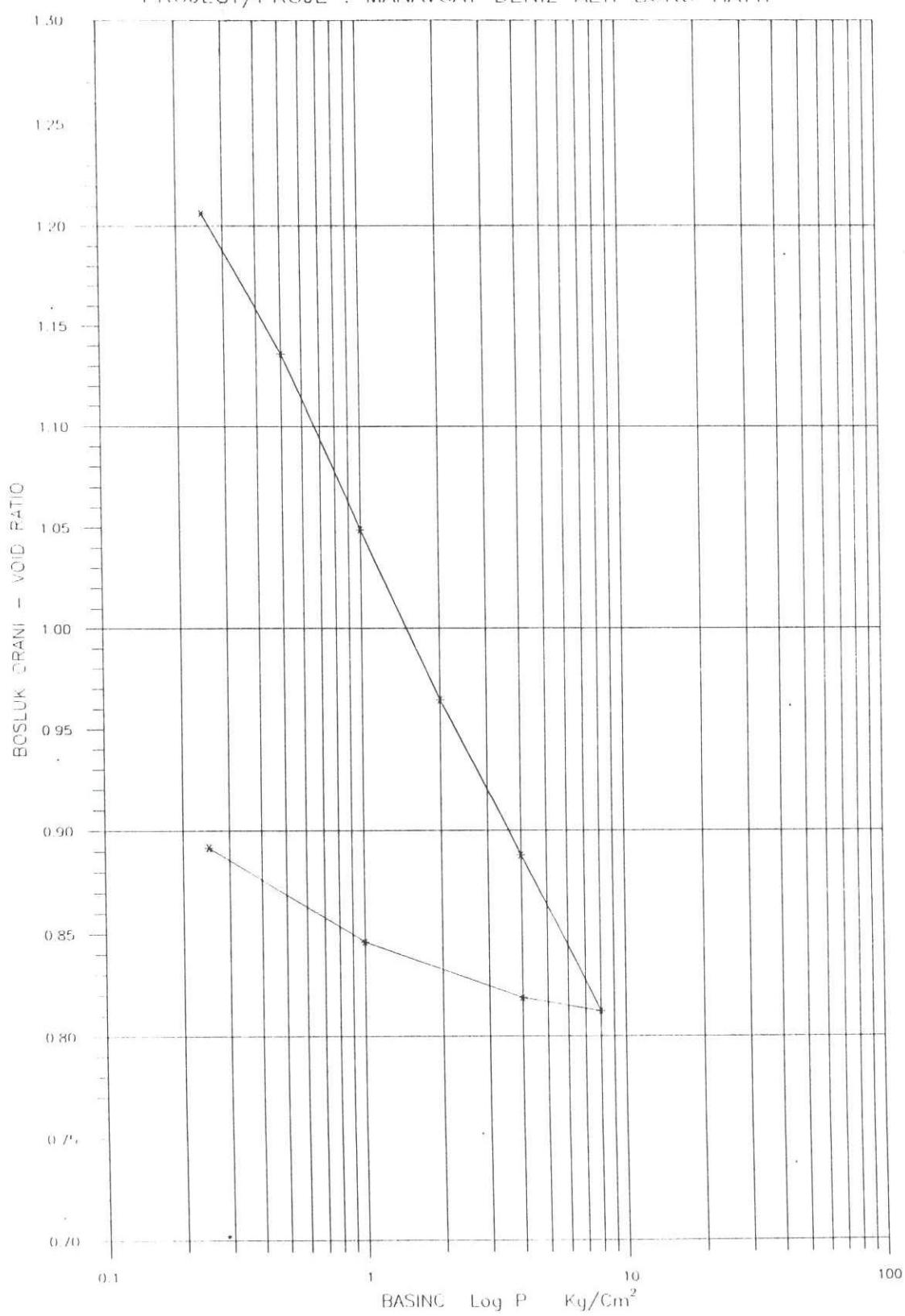


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTU ZEMİN MEKİÂNİĞİ LABORATUVAR

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

## PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTı BORU HATTı



Borehole no: Sample no: Depth :  
Tondaj no: Ornek no: 15 Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



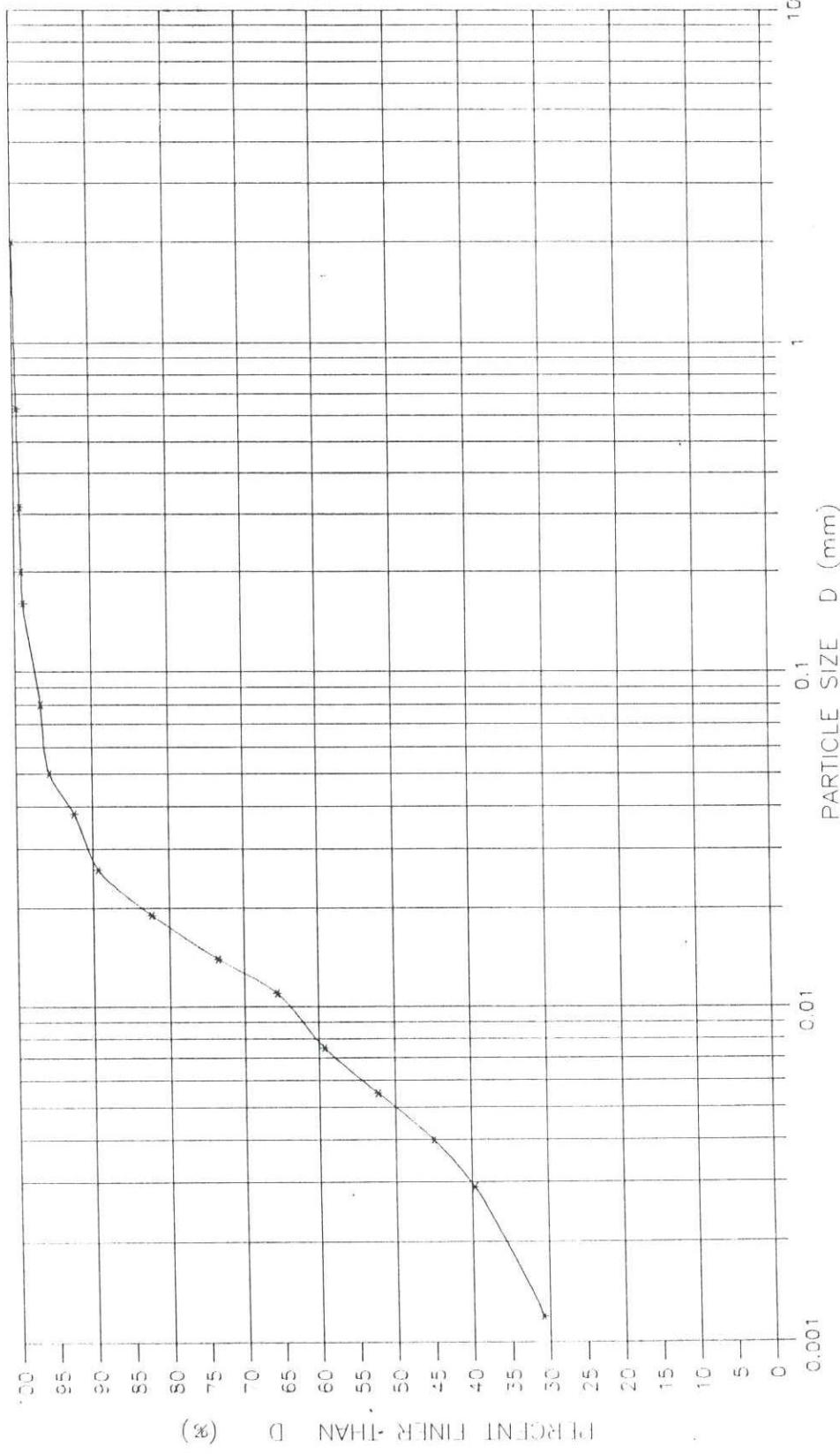
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 36

SAMPLE NO: 15

WC = % 47



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 16

SAMPLE: 16

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

0	7,0	0,0	0		
10	10,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	12,0	5,0	1,768	4,897	0,050
40	13,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80	15,0	8,0	2,755	7,631	0,078
90					

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	8,0	2,0	0,781	2,164	0,022
20	10,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
70	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
80	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
90	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ

24/TEMMUZ/1995

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

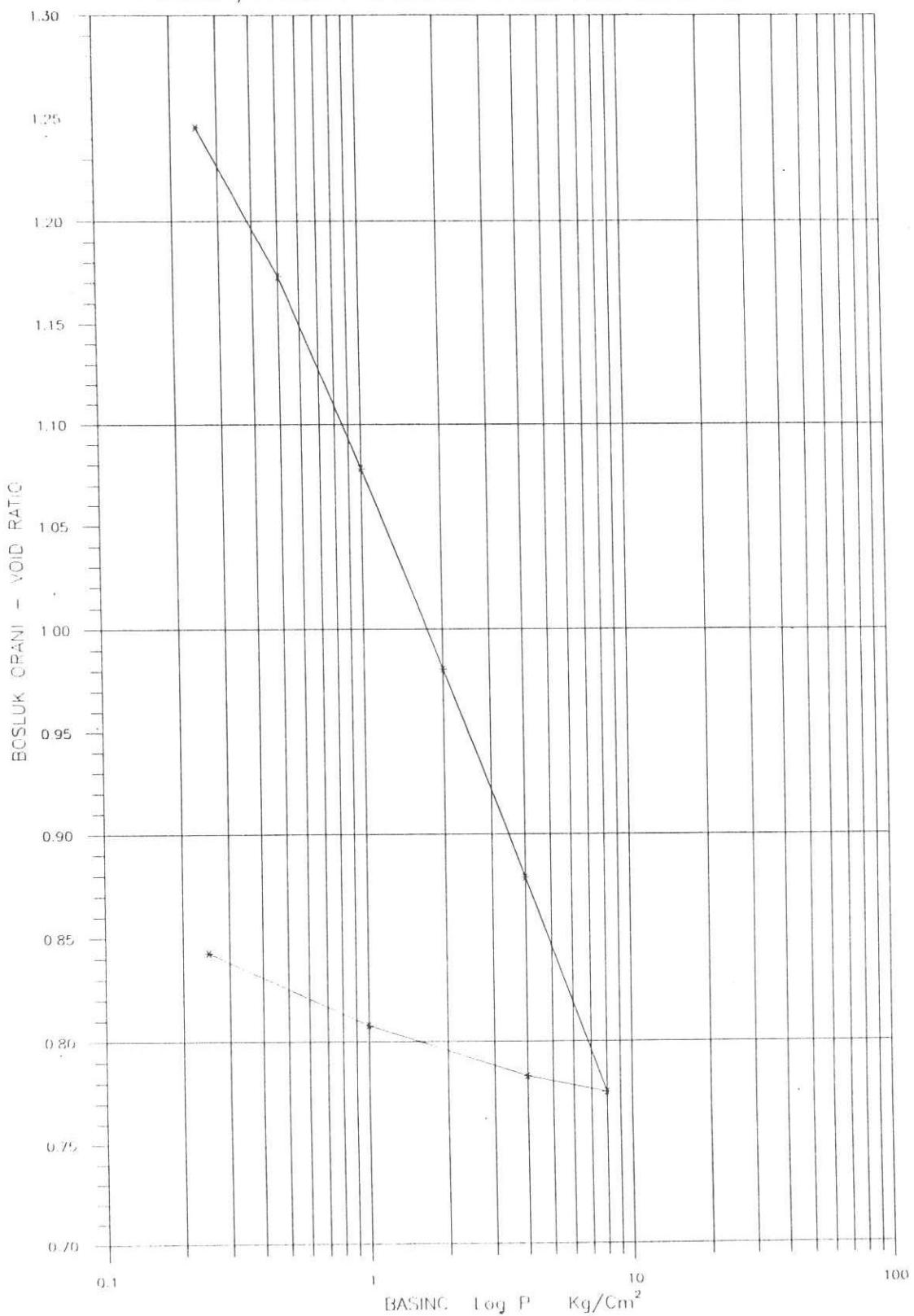
PROJE:

Ring no	Mass of ring + wet sample	Initial Bozlangış	Final Boz.	Borehole no:	Sample no:	DATE/TARİH:
Halka no	7	Yaz örmek halika ağırlığı	622,60	608,20	Katlı tanelerin eşdeğer yüksekliği	24/07/1995
Internal diameter of ring	cm	Mass of ring+dry soil	6,35	5,88,20	Initial bulk density	
Halka's gap	cm <sup>2</sup>	Kuru örmek halika ağırlığı	9	5,88,20	Bozlangıştaki yaş birim ağırlığı	
Area of ring	A	Mass of ring	31,669	521,20	Initial Dry density $\gamma_d = 100 \text{ & } 1/m^3$	
Halka's area	cm <sup>2</sup>	Halika ağırlığı	9	521,20	Bozlangıştaki Kuru birim ağırlık $\gamma_d = 100 \text{ & } 1/m^3$	
Initial height of specimen	2H <sub>0</sub>	Mass of moisture	9	34,40	Final Dry density $\gamma_d = 100 \text{ & } 1/m^3$	
Örnekin bozlangış kalınlığı	mm	Su ağırlığı	1,9	20,00	Test sonundaki Kuru birim ağırlık	
Initial volume of specimen	V <sub>0</sub>	Mass of dry soil	W <sub>0</sub>		Initial degree of saturation	
Örnekin bozlangış hacmi	ml	Kuru örmek ağırlığı	g	67,00	67,00	
Specific gravity solid particles	G <sub>s</sub>	Moisture content	m	51%	Final degree of saturation	
Zeminden yükseklik $\delta = 5 \text{ m}$	2,730	Suyu içenliği	%	30%	Test sonundaki doygunluk	

Applied pressure Üygulanan basınç kg/cm <sup>2</sup>	Pressure Increment Başınç katemesi $\Delta P$ kg/cm <sup>2</sup>	Final dial reading Son sikisma okunuşu, $\Delta h$	Dial change Sikisma okunuşu, $\Delta h$	Height of specimen Örnekin ağırlığı $2H = 2H_0 - \Delta h$	Void ratio Bozuk oranı $e = 2H_0/2H$	Change in void ratio Bozuk oranı $e = 2H_0/2H_0 - \Delta h$	Coff. of compres. Sıkışma katsayı $\alpha v = \Delta e/\Delta p$	Coff. of volume ch. Hacimelik sıkışma $\alpha v = \Delta v/\Delta p$	Coff. of consolidation Konsolidasyon katsayı $\alpha v = \Delta v/\Delta p$		Permeability $m^2/s$	
									t <sub>90</sub>	t <sub>50</sub>	t <sub>20</sub>	
0,00	-	200	1,6	17,4000	9,650	1,4518	0,2065	0,6259	0,3368			
0,25	0,25	360	0,56	16,8400	9,090	1,2453	0,0723	0,2890	0,1287			
0,50	0,25	416	0,735	16,1050	8,3555	1,1730	0,0948	0,1897	0,0873			
1,00	0,50	489,5	0,755	15,3500	7,6005	0,7082	0,0974	0,0974	0,0469			
2,00	1,00	565	0,788	14,5620	6,8125	0,9608	0,1017	0,0508	0,0257			
4,00	2,00	643,8	0,802	13,7600	6,0105	0,8791	0,1035	0,0259	0,0138			
8,00	4,00	724	-0,06	13,8200	6,0705							
4,00	-4,00	718	-0,19									
1,00	-3,00	699	-0,27	14,0100	6,2605							
0,25	-0,75	672	-6,72	14,2800	6,5305							

B. Turgay ALEM DAROĞLU  
Tecrübi Y. Msc.

## PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



Borehole no.      Sample no.      Depth  
Sondaj no.      Ornek no: 16      Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

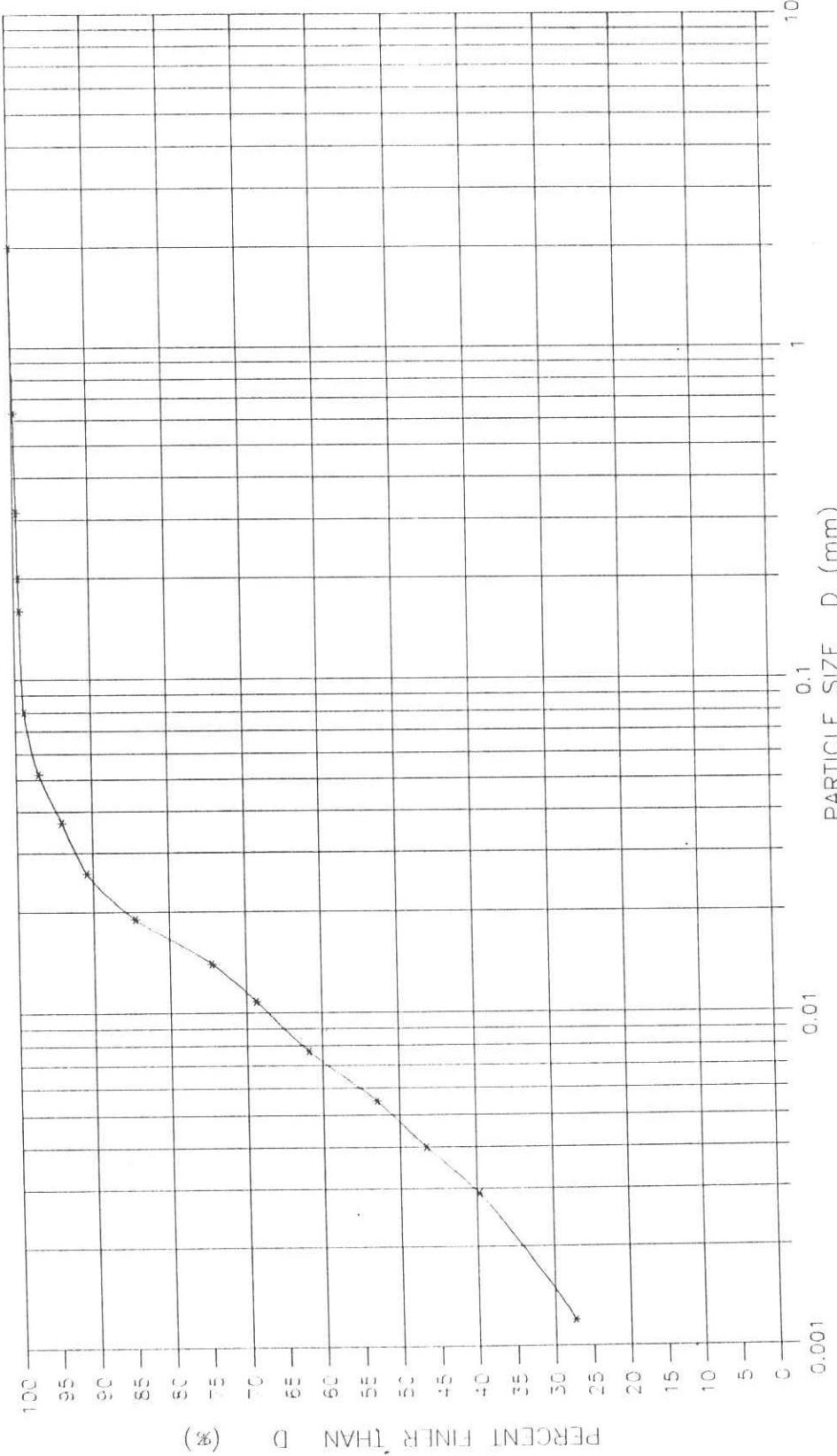
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI



SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KİL % = 34

SAMPLE NO: 1- Wc = 8.47



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY

O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST

KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 17

17

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sü.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

TEST: 1

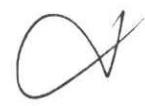
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
90					

TEST:2

0	8,0	0,0	0		
10	11,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	12,0	4,0	1,439	3,986	0,041
30	13,5	5,5	1,932	5,353	0,055
40	14,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
60	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
70	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
80	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069
90	15,0	7,0	2,426	6,720	0,069

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					



B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

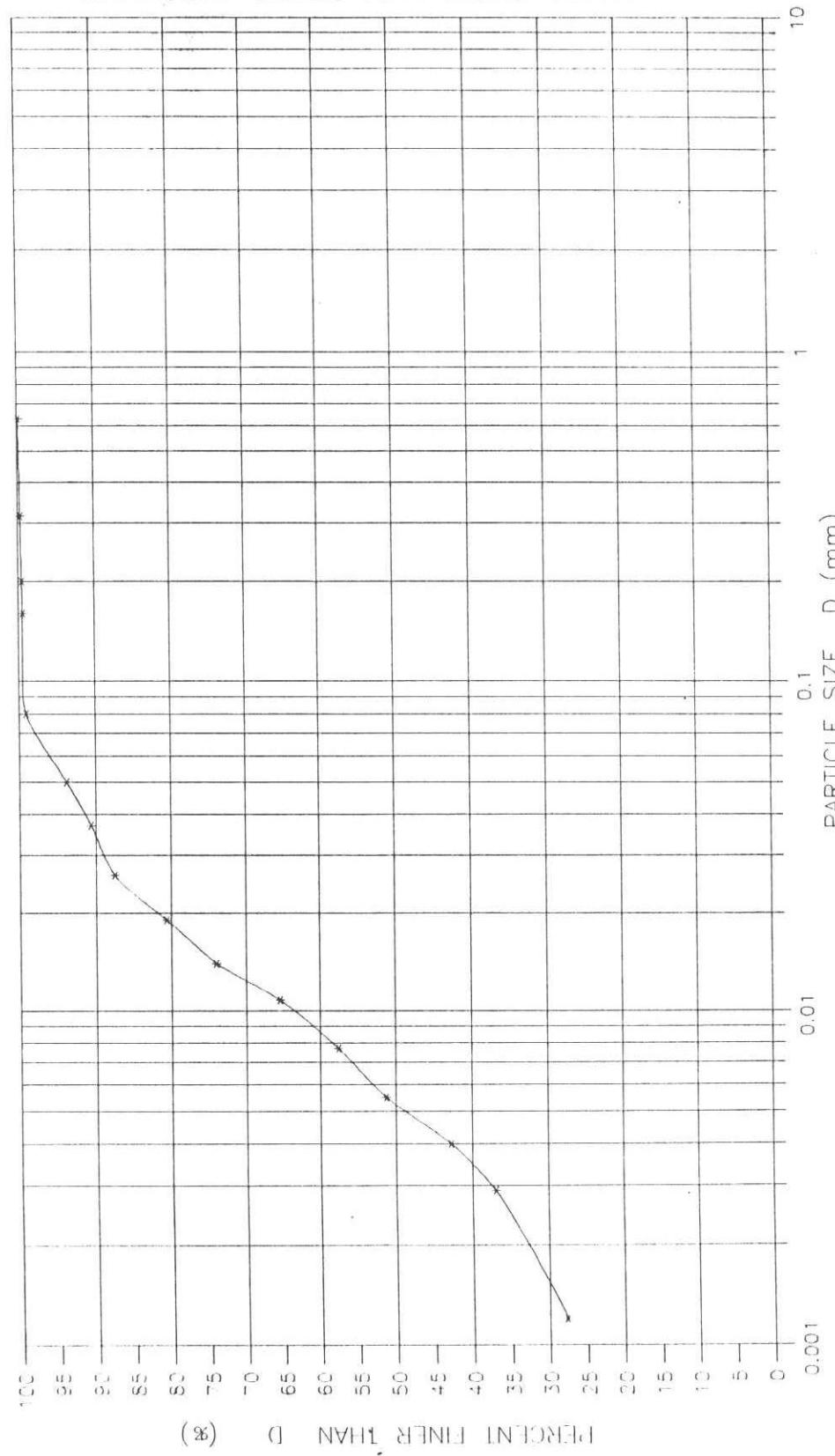
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 33

SAMPLE NO: 18

WC = % 54



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI DATE: 14/TEMMUZ/1995  
PROJE TARİH  
BOREHOLE: 18 SAMPLE: 18 DEPTH:  
SONDAJ NO: ÖRNEK NO: DERİNLİK:

TEST: 1

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>
0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
30	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
40	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
50	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
60	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
70					
80					
90					

TEST:2

0	6,5	0,0	0		
10	9,0	2,5	0,946	2,619	0,027
20	10,5	4,0	1,439	3,986	0,041
30	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
40	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
50	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
60	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
70	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
80					
90					

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					

  
B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CONSOLIDATION TEST  
KONSOLIDASYON DENEYİ  
DATE/TARIH:  
24/TEMMUZ/1995

PROJECT : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

PROJE :

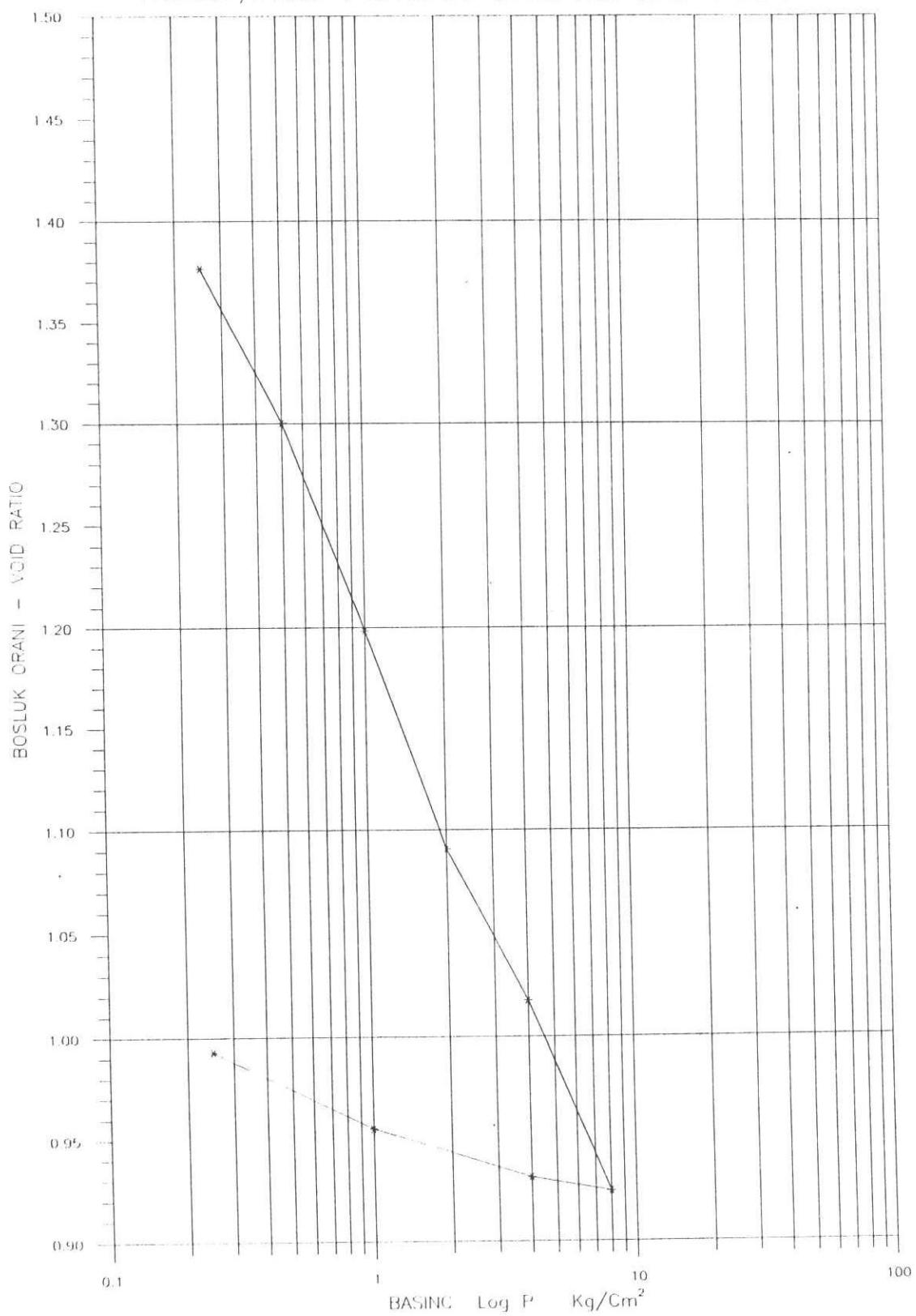
Ring no	Weight of ring + wet sample	Initial height of ring	Final height of ring	Borehole no:	Sample no:	Sample depth:
Halka no	Yaz örneğin + halka ağırlığı	cm	cm	Sondaj no:	Örnek n	2H <sub>0</sub> =N/G <sub>0</sub> K Derinlik:
Internal diameter of ring	2	Mass of ring+dry soil	616,00	600,00	Kotu tanelerin egdeger yüzdesi	mm
Halka içi çapı	cm	6,35	Kuru örneğin + halka ağırlığı	577,90	Initial bulk density	1680
Area of ring	A cm <sup>2</sup>	Mass of ring	g	577,90	Boşlangıçtaki şube birim ağırlığı	g/ml
Halka içi alanı	cm <sup>2</sup>	51669	Halka ağırlığı	514,90	Initial Dry density	1,047
Initial height of specimen	2H <sub>1</sub>	Mass of moisture	g	514,90	Boşlangıçtaki Kuru birim ağırlık	g/ml
Örnekin boşlangıç kalınlığı	mm	19	Su ağırlığı	38,10	Final Dry density	& <sub>0</sub> =100&H <sub>1</sub> +m <sub>1</sub>
Initial volume of specimen	V <sub>0</sub> ml	Mass of dry soil	W <sub>0</sub>	22,10	Test sonundaki Kuru birim ağırlık	g/ml
Örnekin boşlangıç hacmi	60,171	Kuru örneğin ağırlığı	g	63,00	Boşlangıçtaki doygunluk derecesi	Sr1
Specific gravity solid particles	G <sub>s</sub>	Moisture content	m	60%	Initial degree of saturation	%
Zeminden zemineye kuru	2,740	Suyun ağırlığı	%	60%	Final degree of saturation	Sr2
				35%	Test sonundaki doygunluk	%
						100

Applied Pressure	Pressure Increment	Final dial reading	Dial change	Height of specimen	Void ratio	Change in void ratio	Coff. of compres.	Coff. of volume ch.	Fitting time	Coff. of consolidation	Permeability
Uygulanan Basınç	Basing kademesi	Son okuma	Sıklıkma okuması.	Örnek kalınlığı	Bölgelik orani	Bölgelik orani değişimi	Sıklıkma kat sayısı	Hacimsel sıkılık	Etkime süresi	Konsolidasyon kat sayısı	mv <sup>a</sup> Cv <sup>b</sup> w <sup>c</sup> k cm <sup>2</sup> /sec
kg/cm <sup>2</sup>	N/g/cm <sup>2</sup>		ΔP	2H <sub>1</sub> -2H <sub>0</sub> -Δh	e=2H <sub>0</sub> /2H <sub>1</sub>	Δe	av=Δe/ΔP	t <sub>90</sub>	t <sub>90</sub>	t <sub>90</sub>	
0	0	200	1,745	19	11,740	1,6170					
0,00	0,25	374,5	0,555	17,2550	9,995	1,3766	0,0764	0,3674	0,9614	0,3674	
0,25	0,25	430	0,74	16,7000	9,440	1,3002	0,1019	0,2038	0,3058	0,1287	
0,50	0,50	504	0,78	15,9560	8,6997	1,1983	0,1074	0,1074	0,0489	0,0886	
1,00	1,00	582	0,53	15,1800	7,9197	1,0908	0,0730	0,0365	0,0233	0,0175	
2,00	2,00	635	0,678	13,9720	6,7117	0,9244					
4,00	4,00	702,8	-0,048	14,6500	7,3897	1,0178					
8,00	-4,00	698	-0,175	14,0200	6,7597	0,9311					
4,00	-3,00	680,5	-0,275	14,1950	6,9347	0,9552					
1,00	-0,75	653	-6,53	14,4700	7,2997	0,9930					
0,25											

B.Turgay ALEM DARIOĞLU  
Tarih: 25.7.1995



PROJECT/PROJE : MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI.



Borehole no: Sample no: Depth :  
Sondaj no: Örnek no: 18 Derinlik:

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



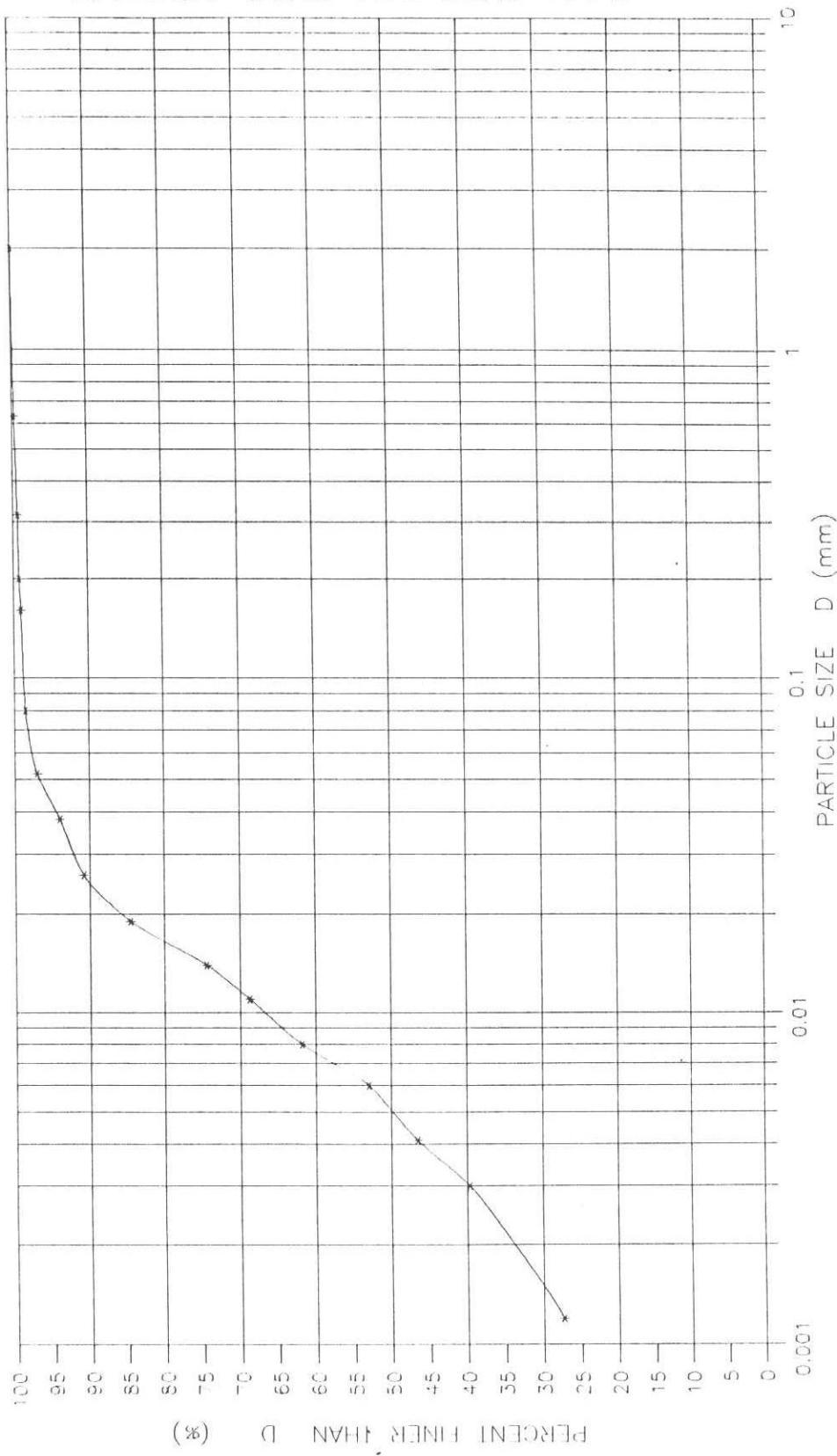
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % = 34

SAMPLE NO: 19

WC = % 52



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANİĞİ LABORATUVARI

VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 19

SAMPLE: 19

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm²

TEST: 1

	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA			
0	6,0	0,0	0		
10	11,0	5,0	1,768	4,897	0,050
20	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
30	15,0	9,0	3,084	8,542	0,087
40	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
50	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
60	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
70	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096
80	16,0	10,0	3,413	9,453	0,096

TEST:2

0	6,5	0,0	0		
10	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
20	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
30	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
40	13,0	6,5	2,261	6,264	0,064
50	14,0	7,5	2,590	7,175	0,073
60	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
70	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
80	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082
90	15,0	8,5	2,919	8,086	0,082

TEST :3

0					
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					

B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

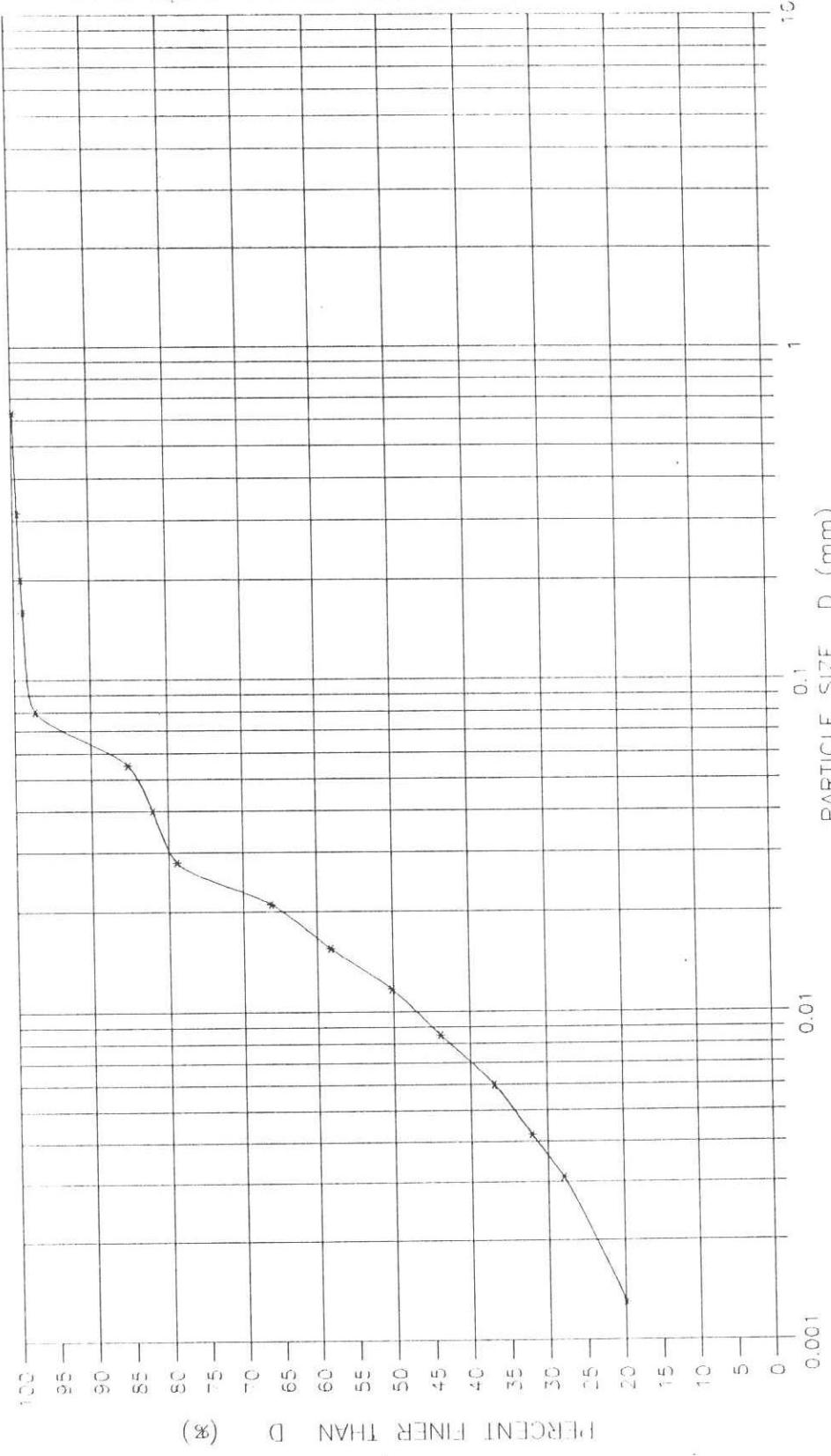


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % =  
24

SAMPLE NO: 20       $W_c = \approx 50$



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



1956

**M.E.T.U SOIL MECHANICS LABORATORY  
O.D.T.Ü ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI**
**VANE SHEAR TEST  
KANATLI KESME DENEYİ**

PROJECT: MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI

DATE: 14/TEMMUZ/1995

PROJE

TARİH

BOREHOLE: 20

SAMPLE: 20

DEPTH:

SONDAJ NO:

ÖRNEK NO:

DERİNLİK:

TIME ZAMAN (Sec/Sn.)	SPRING DEFLECTION YAY SAPMASI (Degree/Derece)		TORQUE TORK (N-Cm)	COHESION KOHEZYON	
	READING OKUMA	DEFLECTION SAPMA		KPa	Kg/cm <sup>2</sup>

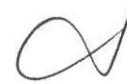
TEST: 1

0	6,5	0,0	0		
10	9,0	2,5	0,946	2,619	0,027
20	10,0	3,5	1,274	3,530	0,036
30	11,0	4,5	1,603	4,442	0,045
40	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
50	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
60	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055
70	12,0	5,5	1,932	5,353	0,055

TEST:2

0	6,0	0,0	0		
10	9,0	3,0	1,110	3,075	0,031
20	12,0	6,0	2,097	5,808	0,059
30	12,5	6,5	2,261	6,264	0,064
40	13,0	7,0	2,426	6,720	0,069
50	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
60	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
70	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078
80	14,0	8,0	2,755	7,631	0,078

TEST :3


  
B. Turgay ALEMDAROĞLU  
Jenott Y. Müh.

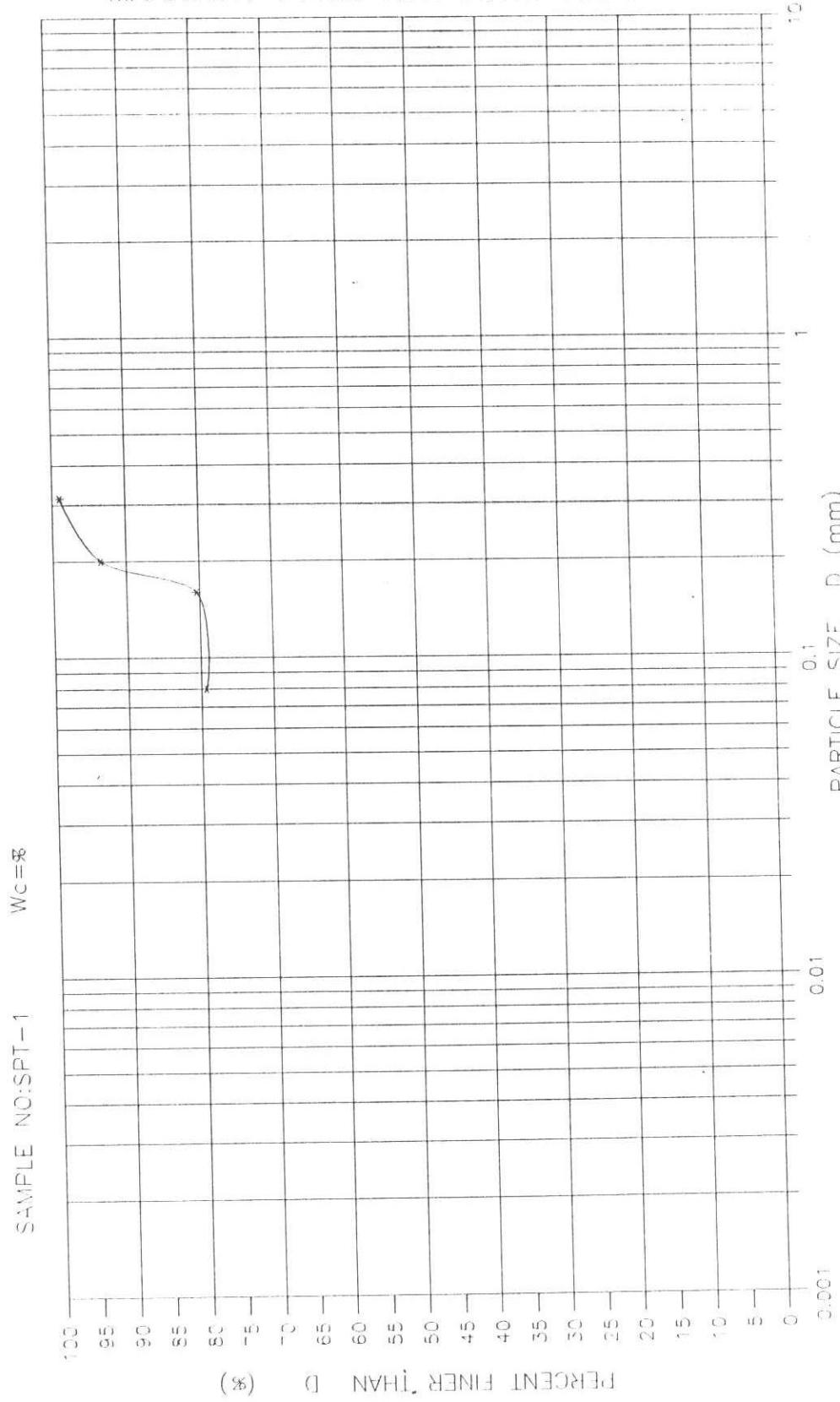


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

CLAY-KIL % =

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.



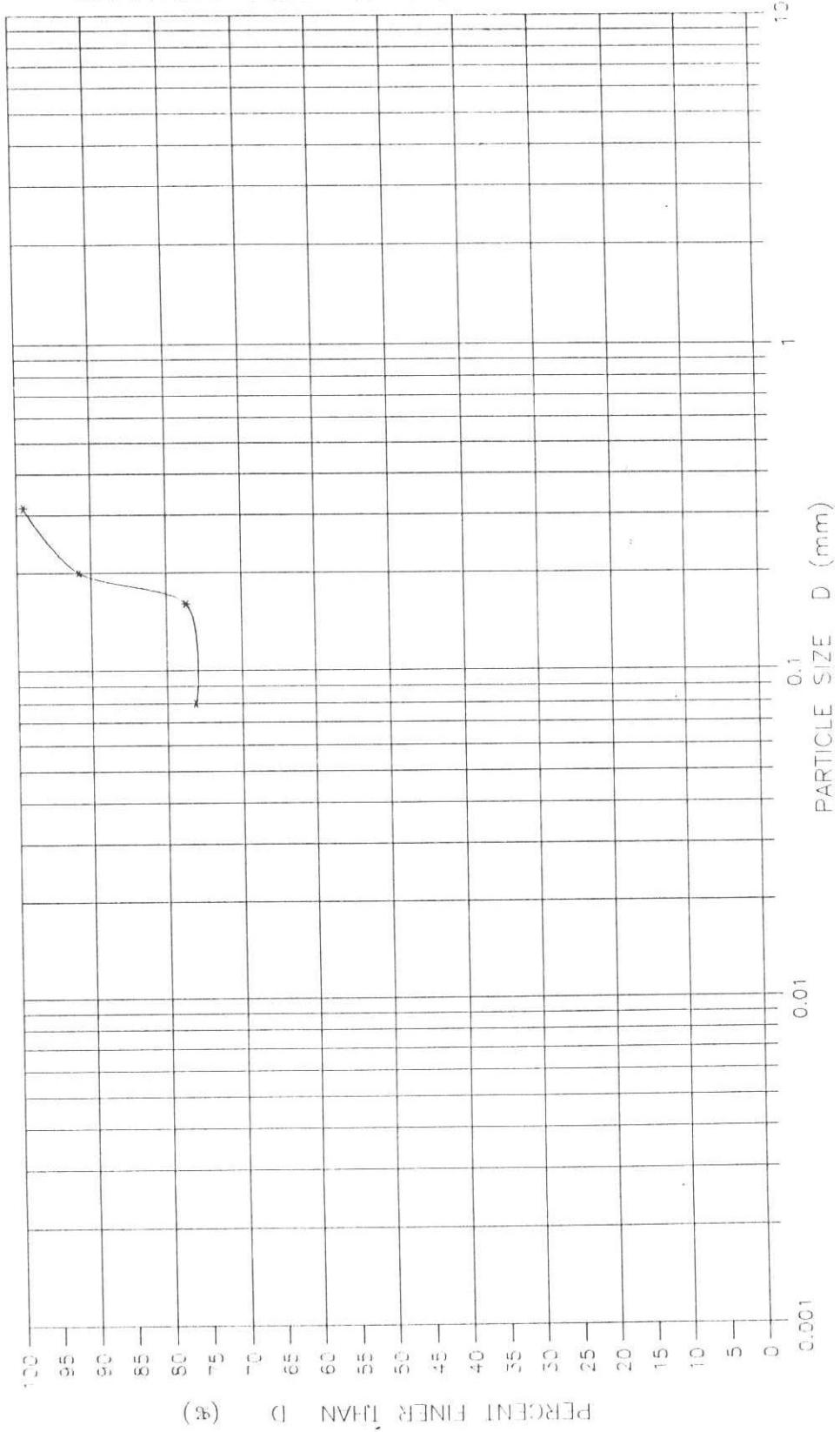
METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KİL % =

SAMPLE NO:SPT-11

WC = 8



B.Turgay ALEMDAROĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

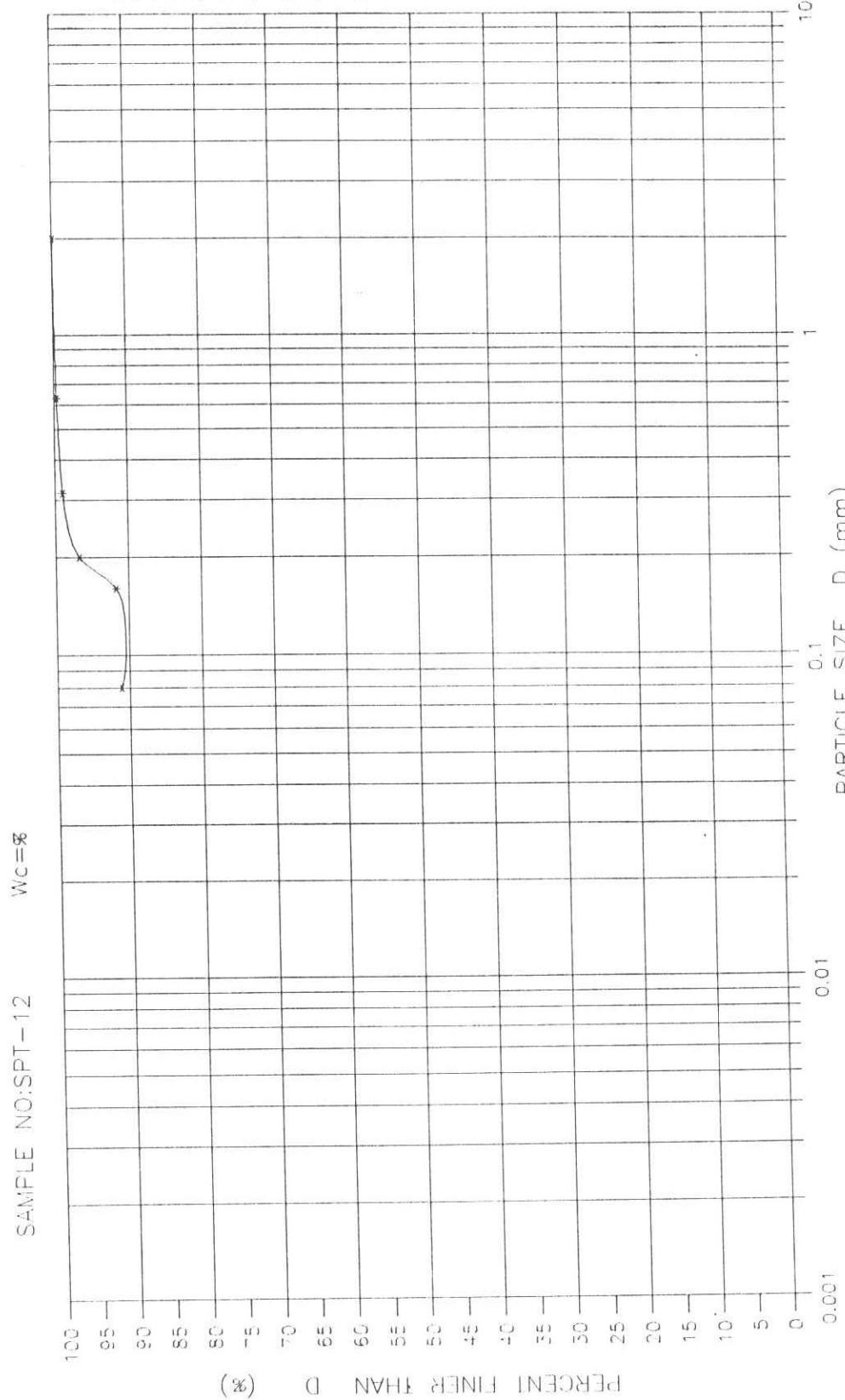


METU SOIL MECHANICS LABORATORY  
ODTÜ ZEMİN MEKANIĞI LABORATUVARI

SIEVE-HYDROMETER ANALYSIS  
ELEK-HİDROMETRE ANALİZİ

CLAY-KIL % =

### MANAVGAT DENİZ ALTI BORU HATTI



B.Turgay ALEMDOĞLU  
Jeoloji Y. Müh.

**APPENDIX 2 : STANDARD TEST PROCEDURES**

**EK - 2 : STANDART DENEY YÖNTEMLERİ**

SML 2 (a)

STANDARD LABORATORY METHOD FOR DETERMINING MOISTURE CONTENT

OBJECT

To determine the moisture content of soil as a percentage of its dry mass.

APPARATUS

- (1) A drying oven capable of maintaining a temperature of 105 to 110°C.
- (2) A balance readable and accurate to 0.01 g.
- (3) An air-tight metal container.
- (4) A desiccator containing anhydrous silica gel.

PROCEDURE

- (1) Clean a metal container, dry, and weigh it to the nearest 0.01 g ( $M_C$ ). Crumble a sample of at least 30 g of the soil, and place it loosely in the container, replacing the lid. Weigh the container and contents to the nearest 0.01 g ( $M_W$ )
- (2) Remove the lid, and place the container and contents in the oven to dry at 105-110°C.\*
- (3) After a period of 16 to 24 hours, remove the container from the oven, and place it in the desiccator to cool.
- (4) Replace the lid and weigh the container and contents to the nearest 0.01 g ( $M_d$ ).

CALCULATIONS

Calculate the moisture content ( $m$ ) of the soil from the following formula:

$$m = \frac{M_W - M_d}{M_d - M_C} \times 100 \quad (1)$$

where,

$M_W$  = mass of container and wet soil (g);

$M_d$  = mass of container and dry soil (g);

$M_C$  = mass of container (g).

REPORTING OF RESULTS

Report the moisture content ( $m$ ) of the soil to two significant figures for values up to 10%. For moisture contents above 10%, report the results to the nearest whole number.

---

\*Note. For organic soils and soils containing gypsum, a temperature of not more than 80°C, possibly kept for a longer period than 24 hours is advisable to avoid oxidation and loss of water of crystallization.

SML 3 (a)

ATTERBERG LIMIT TESTS

A. LIQUID LIMIT TEST

OBJECT

To determine the liquid limit of the air-dried soil, i.e. the moisture content at which a soil passes from the plastic to the liquid state, as determined by the closure of the groove over 13 mm by 25 bumps in the Casagrande liquid limit device.

APPARATUS

- (1) Liquid limit device.
- (2) Grooving tool.
- (3) A glass plate.
- (4) Two palette knives
- (5) Moisture content test apparatus (see SML 2(a)).
- (6) 400 micron sieve (ASTM No.40).

PROCEDURE

- (1) Adjust the height to which the cup of the liquid limit device is lifted, so that, when the cup is raised to its maximum height, the 10 mm gauge will just pass between it and the base.
- (2) Take at least 200 g of the air-dried soil passing the 400 micron sieve, and place it on the glass plate. Add distilled water very slowly, and using the palette knives mix up the soil thoroughly until it becomes a thick, homogeneous paste. Be careful not to add too much water.
- (3) Allow the paste to stand in an airtight container for about 24 hours to let the water permeate through the soil mass. (NOTE. This step may be omitted for instruction purposes, and for soils of low clay content.)
- (4) Place a portion of the soil-water mixture in the cup (the cup resting on the base), and by means of a palette knife, level the surface parallel to the base.
- (5) Divide the soil in the cup by drawing the grooving tool along the diameter through the centre of the hinge, at the same time holding it normal to the surface of the cup with the chamfered edge facing the direction of movement. (If the ASTM type of grooving tool is used, the excess material, which bulges above the original smoothed surface of the soil, must be scraped off from the upper edges of the groove.)

(6) Turn the crank at the rate of two revolutions per second until the two parts of the soil come into contact at the bottom of the groove along a distance of 13 mm. If the number of drops is between 40 and 60 when this happens, take about 10 g of the soil from the portions of the sample that have just flowed together, using a palette knife, and place this in a suitable container for subsequent determination of the moisture content (see SML 2(a)).

(7) Repeat operations (2) to (6) at least four times using the same sample to which further increments of distilled water have been added. The amount of water added must be such that when the moisture contents are plotted, they will be evenly distributed over a range between 50 and 10 blows. The test must always proceed from the drier to the wetter condition of the soil (i.e. in no case must the soil-water mixture be allowed to dry in order to obtain a higher blow count than the one obtained last). Each time the soil is removed from the cup for the addition of more water, the cup and the grooving tool must be cleaned and dried. During testing of the soil in the cup, keep the remainder of the sample covered with a damp cloth to prevent rapid drying.

#### CALCULATIONS

Calculate the moisture contents and plot these as ordinates on the linear scale of a semi-logarithmic chart with the corresponding number of blows as abscissae on the logarithmic scale. Draw the best straight line through the plotted points. This is called the 'flow curve'.

#### REPORTING OF RESULTS

Take the moisture content, corresponding to the intersection of the 'flow curve' with the ordinate representing 25 blows, as the liquid limit ( $w_L$ ) of the soil and express this to the nearest whole number.

### B. PLASTIC LIMIT TEST

#### OBJECT

To determine the plastic limit of soil, i.e., the minimum moisture content at which the soil can be rolled into a thread 3 mm in diameter without breaking.

#### APPARATUS

- (1) A glass plate.
- (2) A palette knife.
- (3) Moisture content apparatus.
- (4) 400 micron sieve.
- (5) A non-corrodible airtight container.

**PROCEDURE**

- (1) Take about 20 g of the air-dried soil passing the 400 micron sieve, and mix it with distilled water until it can be formed into two balls. Place one of the balls in the airtight container, and roll the other between the hand and the glass plate to form the soil into a thread. When the thread reaches a diameter of 3 mm, knead the thread together into a ball and roll out again. Repeat this procedure until the thread crumbles when its diameter reaches 3 mm.
- (2) Place the crumbled soil thread into a suitable container for moisture content determination. Sufficient material must be used to ensure that each wet moisture content sample weighs at least 5 g.
- (3) Repeat the test using the second ball.

**CALCULATIONS AND REPORTING OF RESULTS**

Calculate the average of the moisture contents determined in the two tests and report this as the plastic limit ( $w_p$ ) of the soil, expressing it to the nearest whole number.

**C. DETERMINATION OF THE PLASTICITY INDEX**

**OBJECT**

To calculate the plasticity index of a soil.

**PROCEDURE**

Determine the liquid limit ( $w_L$ ) and plastic limit ( $w_p$ ) by the procedures given in Sections A and B.

**CALCULATIONS**

Calculate the plasticity index ( $I_p$ ) from the formula :

$$I_p = w_L - w_p$$

**REPORTING OF RESULTS**

Report the numerical difference so determined as the plasticity index ( $I_p$ ) except under the following conditions:

- (1) When the plastic limit cannot be determined or when the plastic limit is equal to or greater than the liquid limit, report the material as non-plastic (NP).
- (2) For some soils the liquid limit cannot be determined although a value can be obtained for the plastic limit. In such cases if a measure of the plasticity index is required, it can be obtained by the use of the linear shrinkage test given in the next section.

SML 4 (b)

DETERMINATION OF SPECIFIC GRAVITY OF SOIL PARTICLES

(b) Method for medium-and coarse-grained soils.

OBJECT

To find the specific gravity of the soil particles of medium-and coarse-grained soils.

APPARATUS

- (1) A pycnometer consisting of a 1-litre glass jar with a brass conical cap, fitted with rubber sealing washer, screwed on top.
- (2) A thermostatically controlled drying oven, capable of maintaining a temperature of 105-110°C (75-80°C for soils containing gypsum).
- (3) A balance readable and accurate to 0.5 g.
- (4) A desiccator containing anhydrous silica gel.
- (5) A glass rod about 30 cm long and 6 mm diameter.
- (6) A thermometer, to cover the range 0-50°C, readable and accurate to 1°C.
- (7) A source of vacuum.
- (8) At least 5 litres of water which has been allowed to stand in the laboratory for about 24 hours.

PROCEDURE

- (1) Obtain 400-500 g of the air-dried sample by quartering or riffling. Break down any stones larger than 40 mm diameter until they become smaller than this diameter. Oven-dry the sample at 105-110°C. (If the soil contains gypsum, drying should be carried out at 75-80°C and for a longer period of time.)
- (2) Dry the pycnometer and weigh it to the nearest 0.5 g ( $M_1$ ).
- (3) Allow the soil to cool in the desiccator. Remove the cap of the pycnometer, and introduce about 400-500 g of the soil into it. Weigh the pycnometer together with the cap and contents to the nearest 0.5 g ( $\gamma_2$ ).
- (4) Add water, at a temperature  $\pm 2^\circ\text{C}$  of the average room temperature during the test, to the soil until the jar is about half-full, and stir the mixture thoroughly with the glass rod to remove entrapped air. Then replace the cap, taking care that this is water-tight, and that it is always tightened to the same position (make locating marks on the cap and the glass jar to aid this), making the volume of the pycnometer constant throughout the test. Fill the pycnometer with water. Remove any remaining air by shaking the pycnometer, holding one finger over

the hole in the cap. Then top up the pycnometer with water. Dry the pycnometer on the outside, and weigh it to the nearest 0.5 g ( $M_3$ ).  
(5) Then empty the pycnometer, wash it out thoroughly, and fill it completely with water at room temperature until the surface of the water is flush with the hole in the cap. Dry the pycnometer on the outside and weigh it to the nearest 0.5 g ( $M_4$ ).

(6) Repeat the above procedure for a second sample of the same soil, and obtain two values of the specific gravity.

*CALCULATIONS*

Calculate the specific gravity of the soil particles ( $G_s$ ) from the formula:

$$G_s = \frac{M_2 - M_1}{(M_4 - M_1) - (M_3 - M_2)}$$

where

$M_1$  = mass of pycnometer (g);

$M_2$  = mass of pycnometer and soil (g);

$M_3$  = mass of pycnometer, soil and water (g);

$M_4$  = mass of pycnometer full of water only (g).

*REPORTING OF RESULTS*

Take the average of the values obtained as the specific gravity of the soil particles, and report this to the nearest 0.01.

If the two results differ by more than 0.03, repeat the tests.

SML 6 (a)

DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION OF  
MEDIUM - AND COARSE - GRAINED SOILS

(a) Analysis by wet sieving

OBJECT

To determine the particle size distribution in a soil down to the fine sand size.

REAGENT

Sodium hexametaphosphate.

APPARATUS

Same as for SML 6 (b).

PROCEDURE

- (1) Same as for SML 6 (b).
- (2) Place the reduced sample on a 20 mm test sieve, and brush the retained particles, to remove finer material adhering to them, using a wire brush or similar stiff brush. Take care when dealing with soft materials to ensure that the brushing is not removing parts of the large particles.
- (3) Place the material passing the 20 mm test sieve in a large tray, and cover with water.
- (4) To the soil-water mixture add sodium hexametaphosphate at the rate of 2 g per litre of water, and stir. Allow the soil to stand for at least one hour in this solution, and stir frequently.
- (5) Then wash the sample through a 2.5 mm sieve, placed over a 63 micron sieve, allowing the material passing the 63 micron sieve to run to waste. If the material on any of the two sieves is likely to exceed the maximum sieve loads given in the last column of the data sheet given at the end of SML 6 (b), the material should be washed in parts.
- (6) Continue the washing until the water passing the 63 micron sieve is virtually clear.
- (7) Tip all the material retained on the sieves into trays or evaporating dishes, and dry in the oven at 105 - 110° C.
- (8) When dry, sieve the sample, including any material retained on the 20 mm sieve, as in SML 6 (b). Weigh the amounts retained on each sieve.
- (9) Determine the amount passing the 63 micron sieve by adding the masses of material retained on each of the sieves used and subtracting the total from the total mass recorded in step (1).

*CALCULATIONS*

Making use of the table on the data sheet (given at end of SML 6 (b)), calculate the percentage (by mass) of the material retained on each sieve, as well as the percentage passing the 63 micron sieve. Finally calculate the cumulative percentage (by mass) of the material passing each of the sieves.

*REPORTING OF RESULTS*

Report your results on a semi-logarithmic chart with the particle size (mm) as abscissae on the logarithmic scale, and the percentage passing as ordinates on the linear scale. Report that wet sieving was used.

or

SML 7 (a)

DETERMINATION OF PARTICLE SIZE DISTRIBUTION  
OF FINE-GRAINED SOILS BY THE HYDROMETER

*OBJECT*

To determine quantitatively the particle size distribution in a soil from the coarse sand size down. The test is not applicable if less than 10 % of the material passes the 63 micron (ASTM No.200) sieve as measured by wet or dry sieving (SML 6 (a) or (b) ).

*APPARATUS*

- (1) A hydrometer calibrated to read density (g/ml)<sup>\*</sup> at 20°C, (e.g. ASTM 151 H).
- (2) Two 1000 ml graduated glass measuring cylinders about 7 cm in diameter and 33 cm high, marked at 1000 ml volume.
- (3) A thermometer to cover the range 0-50°C.
- (4) An electrically driven stirrer.
- (5) Test sieve sizes 2.5 mm, 630 µm, 200 µm, and 63 µm (ASTM No. 8, 30, 70, and 200 respectively), and a receiver.
- (6) A balance readable and accurate to 0.01 g.
- (7) A thermostatically controlled drying oven, capable of maintaining a temperature of 105 - 110°C.
- (8) A stop watch.
- (9) A desiccator containing anhydrous silica gel.

---

\* Some hydrometers (e.g. ASTM 152 H) are graduated to read concentration of soil particles in one litre of solution (g/litre), assuming a certain specific gravity  $G_{sh}$  for the soil grains. In such cases, the readings have to be converted into density (g/ml) by using the following formula :

$$R_h = R \left( \frac{\frac{G_{sh}}{G_{sh}} - 1}{G_{sh}} \right)$$

where  $R$ ,  $R_h$  = the reading obtained (after applying the meniscus correction) for hydrometers reading in g/litre and g/ml respectively, the latter being recorded as explained in Calculations, Para. 3.

- (10) A centimetre scale.
- (11) Four porcelain evaporating dishes.
- (12) A round-bottomed flask of 1000 ml capacity.
- (13) A 100 ml measuring cylinder.
- (14) A glass rod about 15-20 cm long and 5 mm in diameter.
- (15) A constant temperature bath.

*REAGENT*

Sodium hexametaphosphate solution, obtained by dissolving 33 g of sodium hexametaphosphate and 7 g of sodium carbonate in distilled water to make 1 litre of solution. (NOTE. This solution is unstable and must be freshly prepared approximately once a month. The date of preparation must be recorded on the bottle.)

*PROCEDURE*

*Calibration of hydrometer*

*(a) Volume*

Determine the volume ( $v_h$ ) of the hydrometer bulb by weighing the hydrometer to the nearest 0.1 g, and recording the mass in grams as the volume  $v_h$  in ml. This value includes the volume of the stem below the 1.000 graduation mark. For practical purposes the error due to the inclusion of this stem volume is negligible.

*(b) Calibration*

(1) Determine the sectional area of a 1000 ml measuring cylinder in which the hydrometer is to be used by measuring the distance between two graduations (e.g. 100-900). The sectional area ( $A$ ) is equal to the volume included between the two graduations divided by the measured distance in cm between them.

(2) Measure and record the distances from the lowest calibration mark on the stem of the hydrometer to each of the other major calibration marks ( $r_h$ ).

(3) Measure and record the distance from the neck of the bulb to the nearest calibration mark.

(4) The distance  $n$ , corresponding to a reading  $r_h$  is equal to the sum of the distances measured in (2) and (3).

(5) Measure the distance ( $b$ ) from the neck to the bottom of the bulb, and record this as the height of the bulb.

(6) Calculate the effective depth ( $r_{hR}$ ) corresponding to each of the major calibration marks ( $r_h$ ) using the formula:

$$r_{hR} = r_h + \frac{1}{2} ( b - \frac{v_h}{A} )$$

where  $H_1$  = length from neck of bulb to graduation  $R_h$  (cm) ;

$h$  = twice the length from neck of bulb to its centre  
of volume (cm);

$v_h$  = volume of hydrometer bulb (ml);

$A$  = area of measuring cylinder ( $\text{cm}^2$ ).

(7) Plot the relationship between  $H_R$  and  $R_h$  as a smooth curve. Using this curve, construct a scale of  $R_H$  to the right of the  $H_R$  scale (right-most scale) on the attached nomographic chart (Fig.1) for the solution of Stokes' Law.

(c) Meniscus correction

(1) Insert the hydrometer in a 1000 ml measuring cylinder containing about 700 ml water.

(2) By placing the eye slightly below the plane of the surface of the liquid, and then raising it slowly until the surface seen as an ellipse becomes a straight line, determine the point where the plane intersects the hydrometer scale.

(3) By placing the eye slightly above the plane of the surface of the liquid, determine the point where the upper limit of the meniscus intersects the hydrometer scale.

(4) Record the difference between the two readings in (2) and (3) above as the meniscus correction  $c_m$ .

TEST PROCEDURE

(1) Of the air-dried soil, obtain by riffling two subsamples weighing 50-100 g approximately. The actual amount of soil required will vary according to the type of soil, e.g. 50 g with a clay soil and 100 g with a sandy soil. Determine the moisture content ( $m_a$ ) of one sample. Weigh the other accurately to the nearest 0.01 g ( $m_a$ ), and place in an evaporating dish.

(2) To the soil in the evaporating dish add 100 ml of sodium hexametaphosphate solution, and warm the mixture gently for about 10 minutes.

(3) Transfer the mixture to the dispersing cup of the mixer, by means of a jet of distilled water from a wash-bottle. Do not use more than 150 ml of water for this operation. Then stir the soil suspension for 15 minutes by means of the mechanical mixer.

(4) Transfer the suspension immediately to the 63 micron test sieve placed on the receiver, and wash the soil on the sieve using a jet of distilled water from the wash-bottle. Take particular care to wash off all traces of suspension adhering to the dispersion cup

and baffle wires. Do not use more than 500 ml of water for this operation. Transfer the suspension that has passed through the sieve to the 1000 ml measuring cylinder and make up to exactly 1000 ml with distilled water.

(5) Transfer the material retained on the 63 micron sieve to an evaporating dish, and dry in the oven at 105 - 110°C. After drying, sieve this material on the 2.5 mm, 630  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , and 63  $\mu\text{m}$  test sieves. Weigh the material retained on each sieve and record the masses ( $M_g$ ,  $M_c$ ,  $M_m$  and  $M_f$  respectively).

(6) Insert a rubber bung in the mouth of the measuring cylinder, shake this vigorously until a uniform suspension is formed, and finally invert it end over end. Immediately the shaking has ceased, allow the measuring cylinder to stand, and start the stop watch. Immerse the hydrometer to a depth slightly below its floating position, and then allow it to float freely. Take the hydrometer readings after periods of 1/2, 1, 2 and 4 minutes. Then remove the hydrometer slowly, rinse it in distilled water, and keep it in a cylinder of distilled water at the same temperature as the soil suspension.

(7) Re-insert the hydrometer in the suspension and take readings after periods of 8, 15 and 30 minutes, 1, 2 and 4 hours after the shaking. Remove the hydrometer, rinse it and place it in the distilled water after each reading. In taking all readings, insert and withdraw the hydrometer carefully to avoid disturbing the suspension unnecessarily, allowing about 10 seconds for each operation. After 4 hours' sedimentation, take readings once or twice daily, noting the exact period of sedimentation.

(8) Read and record the temperature of the suspension once during the first 15 minutes and then after every subsequent reading, with an accuracy of at least  $\pm 0.5^\circ\text{C}$ .

(9) Place exactly 50 ml of the dispersing agent solution in a weighed beaker, and place this in the oven at 105-110°C until the water evaporates. Hence calculate the mass ( $M_d$ ) of the dispersing agent. Calculate the dispersing agent correction ( $x$ ) from the formula:

$$x = 2 M_d$$

This correction should be approximately 4, if the recommended concentration of sodium hexametaphosphate has been used.

CALCULATIONS

(1) Calculate the dry mass of the material taken for the sedimentation analysis from the formula :

$$M_b = \frac{M_a}{1 + m_a}$$

(2) Use the mass  $M_b$  for the calculation of the percentages of material retained on each sieve using formulae such as :

$$\text{Material retained on } 2.5 \text{ mm sieve} = \frac{M_g}{M_b} \times 100 \quad (\%)$$

Express these as cumulative percentages passing each sieve.

(3) Perform the necessary calculations for the sedimentation stage of the test by completing the table on the data sheet attached.

In this table,

$R'_h$  = the hydrometer reading at the upper rim of the meniscus.

Record this value by reading the decimals only and placing a decimal point between the third and fourth decimal places. For example, record the density 1.0285 as

$$R'_h = 28.5;$$

$C_m$  = meniscus correction;

$M_t$  = temperature correction given in Fig.2;

$x$  = dispersing agent correction.

(4) Determine the equivalent particle diameter ( $D$ ) by means of the nomographic chart (Fig.1) for the solution of Stokes' Law. To do this, obtain a value of the constant  $B$  by placing a straightedge across the specific gravity ( $G_s$ ) and temperature ( $T$ ) scales at the appropriate values. Note the value of  $B$  so obtained. Then obtain a value of velocity ( $v$ ) by placing a straightedge across the hydrometer reading ( $R_h$ ) and time ( $t$ ) scales at the appropriate values. Finally, read off the value of the equivalent particle diameter ( $D$ ) by placing a straightedge across the velocity and  $B$  scales at the points corresponding to the values of  $v$  and  $B$  already found.

(5) Calculate the percentage ( $\kappa$ ) by mass of the particles smaller than the corresponding equivalent particle diameter using the formula :

$$\kappa = \frac{100 G_s}{M_b (G_s - 1)} (R_h + M_t - x)$$

where  $M_b$  = total dry mass of the soil taken for the sedimentation analysis.

$G_s$  = specific gravity of soil particles.

*REPORTING OF RESULTS*

Plot the cumulative percentages of particles passing each sieve obtained from the results of fine sieving, and the values of  $\kappa$  obtained from the sedimentation analysis on a semi-logarithmic chart with the particle size  $D$  (mm) as abscissae on the logarithmic scale and the percentages finer than  $D$  as ordinates on the linear scale.

SML 22

CONSOLIDATION TEST ON AN UNDISTURBED CLAY

*OBJECT*

The object of this experiment is to determine, for an undisturbed saturated, cohesive soil, the relationship between the effective pressure and void ratio and the time-settlement characteristics.

*PROCEDURE*

1. Weigh the consolidometer ring and measure its depth and internal diameter, entering these values in Data Sheet I. Then extract a specimen by driving a special, thin - walled ring (with the over-drive piece attached) into the undisturbed soil sample, and trim the ends as follows :

(a) For the Soiltest Inc. consolidometer (Fig.4), the thickness of the specimen should be slightly less than the depth of the ring in order to accommodate the porous stone. While the specimen is still in the thin-walled ring, trim one end; then, using the extruder, push the specimen through the ring for a few millimetres and cut the other end flush with the edge of the ring. Measure the height of the specimen, and transfer it into the consolidometer ring.

(b) For the Karol-Warner Inc. consolidometer (Fig.5), there is no need for such a clearance. The specimen is therefore transferred into the consolidometer ring and the ends trimmed flush with the ends of this ring. Measure the height of specimen.

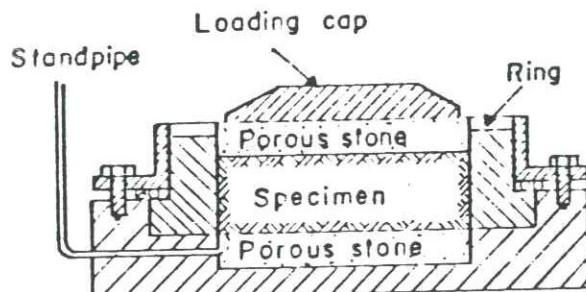


FIG. 4.

SOIL TEST INC. CONSOLIDOMETER  
C-280

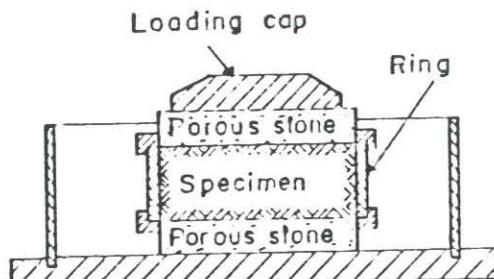


FIG.5.

KAROL-WARNER INC. CONSOLIDOMETER  
MODEL 301

2. Take samples for the determination of the specific gravity of the soil.
3. Place the specimen with its ring in an evaporating dish and weigh.
4. With filter paper discs (these may be wet for soft clays but must be dry for stiff, overconsolidated clays) placed on top and bottom of the specimen, assemble the ring in the consolidation cell and mount this on the loading device.
5. Adjust the deflection dial to give sufficient travel under the proposed increment of load, and to record a small amount of swelling.

*6. Loading sequence*

(a) Select the sequence of loading to be followed from the following range of pressures (kPa) :  
10, 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200. The initial pressure to be applied should be large enough to prevent swelling of the specimen; this should be around the effective overburden pressure at the depth from which the sample was taken for stiff clays, and as low as 10 kPa for very soft clays.

(b) Having recorded the initial dial reading, apply the initial pressure selected above, and instantaneously start the stopwatch. Take further readings of the compression gauge at 4, 8.5, 15, 23.5, and 34 seconds, and then at 1, 2.25\*, 4, 6.25, 9, 12.25, 16, 25\*\*, 36, 49, 64, 81, 100, 121 minutes, etc. (The times suggested facilitate the use of the "square root of time fitting" method. Readings taken at other intervals can also be plotted.)

(c) After about 24 hours, record the final readings of compression and time. Record also the daily maximum and minimum temperature of the room. Then increase the pressure to the next higher value in the sequence given in (a), and repeat the previous procedure.

(d) Use an adequate number of stages of loading (not less than 4), ensuring that the maximum pressure on the specimen is greater than the effective pressure expected in situ due to the overburden and the proposed structure.

---

\*The specimen should be flooded with water as soon as possible after the application of pressure. If this causes the specimen to swell, or the compression to almost cease within a short time, increase the pressure to the next higher value in the range given in (a), and re-start reading the compression gauge at the suggested time intervals. If swelling continues, the pressure should be increased further until the specimen continues to consolidate under the new load.

\*\*See NOTE following step 7.

#### 7. Unloading

(a) After completing the readings under the maximum applied pressure, decrease the pressure to a quarter of the maximum pressure, and then to 10 kPa, leaving each pressure on for at least 4 hours. (No intermediate readings are normally taken during the rebound stages of the test.)

(b) After taking the final reading under the 10 kPa pressure, quickly dismantle the apparatus. Remove the filter papers, dry the excess water on the surface of the specimen, and weigh the specimen while still inside the ring.

(c) Place the specimen and ring in an evaporating dish and dry in the oven to constant weight.

*NOTE (for instruction purposes only).* The proper consolidation test takes over one week to complete. In order to obtain a rough effective stress-void ratio curve in a 50 - minute instruction period, the following procedure is suggested:

After the 25-min reading under the first pressure, apply the remaining pressures in sequence, leaving each pressure on for a period of 3 minutes. Do not take time - compression readings; just record the last reading of the dial gauge, before applying the next load. After applying the last pressure and keeping it on for 3 min, take a final reading of the dial gauge, remove all loads, and apply the rest of the procedures in Step 7 (b) and (c).

#### CALCULATIONS

1. Perform the necessary calculations in order to complete Data Sheet I.
2. From the readings recorded on Data Sheet II, plot curves of the dial gauge readings against the square root of time. From these curves, determine  $t_{90}$ , the time for 90 % consolidation, using Taylor's square root of time fitting method. This is done by extending the straight portion of the compression-time curve to intersect the compression axis at the corrected origin. Through this point, a second straight line is plotted having all abscissae 1.15 times the corresponding values on the first curve. The point of intersection of this second straight line with the laboratory curve gives  $t_{90}$ . Making use of the  $t_{90}$  values determine the coefficient of consolidation,  $c_v$ , using the relation  $c_v = \frac{0.848 H^2}{t_{90}}$  where  $H$  is one half of the average of thickness values at the beginning and at the end of a load increment.
3. Use the information on Data Sheet I and the corrected compression-time curves in order to complete the table on Data Sheet III.

4. Plot the void ratio of the specimen as ordinate on a linear scale, and the corresponding applied pressure,  $p$ , in kPa as abscissa on a logarithmic scale, for different stages of the test.

5. Calculate the coefficient of volume change  $m_v$  in  $\text{m}^2/\text{kN}$  for a pressure increment of 100 kPa in excess of the effective overburden pressure at the depth from which the sample was taken. Use the semi-logarithmic plot obtained in (4), and the following equation:

$$m_v = \frac{de}{dp} - \left( \frac{1}{1+e_o} \right) = \frac{de}{100(1+e_o)}$$

where  $de$  = change in void ratio corresponding to the increment of 100 kPa;  
 $e_o$  = void ratio under the present effective overburden pressure.

6. Plot a curve showing the variation of coefficient of consolidation  $c_v$  with average consolidation pressure  $p$ .

7. Determine the preconsolidation pressure by applying Casagrande's construction (see, e.g., Craig, 1983) to the semi-logarithmic plot obtained in (4).

8. Discuss your results.

*REFERENCE*

Craig, R.F. (1983). *Soil Mechanics*, 3rd edition, Van Nostrand Reinhold.

SML 23

LABORATORY VANE TEST

**OBJECT**

To determine the peak and residual undrained shear strength of a soft, undisturbed or remoulded clay, assumed as saturated, using the laboratory vane apparatus.

**THEORY**

Using your lecture notes, derive the following expression:

$$T = \frac{\pi}{2} D^2 \cdot H \cdot \left(1 + \frac{D}{3H}\right) \cdot c$$

where  $D$  = diameter of circle circumscribing vanes;

$H$  = height of vanes;

$c$  = mobilized shear stress in the clay sample when the vane is pushed well into the clay, and a torque  $T$  is applied to it.

**APPARATUS**

Give a line diagram, and describe the main features of the laboratory vane apparatus. This instruction is for the use of the Wykeham Farrance device, although the general procedure applies for the use of other equipment.

**PROCEDURE**

*(a) Calibration*

1. Apply a known torque to the vertical shaft carrying the vane and read off the angular deflection of the spring. The required torque can be applied by means of a thread wound round the 9.5-mm diameter section of the vane shaft, and pulled horizontally by passing it over a pulley supported independently on a horizontal axis, and placing weights on a hanger attached to its end.
2. Readings should be taken for loading and unloading stages and the mean spring deflection determined in order to eliminate the effect of friction at the pulley.

*(b) Testing Procedure*

1. If an undisturbed sample is available, transfer this into a Proctor or other suitable mould\*. Otherwise, remould about 1 kg of Ankara Clay with distilled water to a consistency corresponding to a water content of about 35 %. Fill a C.B.R. mould with this clay, taking care not to trap any air in the sample. Place the sample so prepared on the base plate of the vane apparatus, centrally below the vane.

\*If the Karol-Warner device is to be used, the sample can be tested directly while in the sampling tube.

2. Rotation of the handle, having a horizontal axis, rotates a graduated disc which is coupled with the top of a helical spring. (Four springs of varying stiffness are available, and the one giving as wide a range of readings as possible must be chosen according to the consistency of the sample tested, provided that the spring deflection does not exceed  $180^{\circ}$ ). The lower end of this spring is coupled with the vane shaft and also with two pointers. The shorter of these pointers reads against the graduated disc and hence registers the relative angular motion between the top and bottom of the spring, that is, the "spring deflection". The longer pointer reads against a stationary graduated dial and hence gives the angular rotation of the vane.

3. Set the two pointers in contact with each other, with the longer pointer reading a value close to zero. Take the initial readings of both pointers.

4. By turning the handle at the top of the screw spindle anticlockwise, lower the vane until it is just in contact with the top of the sample. Then give it 12 more turns so that the vane penetrates the sample by about three times its own height,  $H$ , in order to avoid the surface irregularities of the sample. Take the pointer readings once more to check whether any twist of the vane has taken place as it entered the soil.

5. Then apply a torque to the vane by a steady clockwise rotation of the appropriate handle at a speed of one-quarter of a revolution every 10 seconds. During this process, take readings of the spring deflection (inner dial) and of the angular rotation of the vane (outer dial) at intervals of 10 seconds. Continue until the sample fails, this being indicated by a reduction in the spring deflection. If the spring deflection reaches  $100^{\circ}$ , stop the test and repeat with a stiffer spring.

6. Rotate the vane rapidly through two complete revolutions; then reduce the speed of rotation of the handle to the value used in (5), and take a final reading of the spring deflection and the angular rotation.

7. Raise the vane out of the sample by rotating the vertical spindle clockwise. Wipe the blades clear of adhering soil. Shift the sample so that the vane can be lowered to a point at least 30 mm from the point of the previous test and repeat Steps (4) to (6).

8. Repeat (7) for at least one more point of the sample.

9. Take two samples for water content determination.

*COMPUTATIONS*

1. Plot the calibration curves, for the springs used, in the form of graphs of applied torque against the average angular spring deflection.
2. For each shear test performed, convert the values of the spring deflection to mobilized shear stress in the sample by using the calibration curve for the spring used and the formula given above. Plot these values against the angular rotation of the vane, thus obtaining a set of stress-strain curves. Read off the values of peak and residual undrained shear strength.
3. Obtain the average of the values of peak and residual undrained shear strength of the soil.
4. Discuss your results.