



**SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
KAMPUS ALANI ZEMİNLERİNİN
JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN
İNCELENMESİ**

Işık YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

1994

CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU

SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ KAMPUS ALANI
ZEMİNLERİNİN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Işık YILMAZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

34507

Ergun KARACAN

(Danışman Adı)

Jeoloji - Yrd.Doç.Dr.

(Bölümü - Unvanı)

E. Karacan

(İmzası)

FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu çalışma, jürimiz tarafından, Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

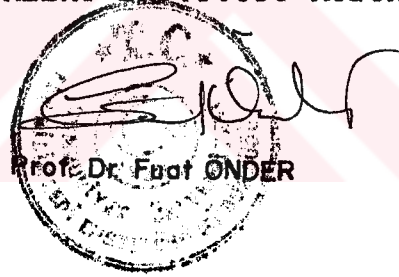
Başkan Prof. Dr. Selim İNAN
Uye ... Yrd. Doç. Dr. Ergun KARACAN
Uye ... Yrd. Doç. Dr. Fikret KAÇAROĞLU
Uye
Uye

ONAY

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim Üyelerine ait olduğunu onaylarım.

13.10.1995

FEN BİLİMLERİ ENSTİTUSU MÜDÜRÜ



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05.01.1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30.12.1993 tarihinde C.U. Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğünce hazırlanan ve yayınlanan « Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Klavuzu » adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmalarım sırasında, başta değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ergun KARACAN olmak üzere, sürekli yardımlarını gördüğüm aşağıdaki kişilere teşekkürü bir borç bilirim;

Yrd. Doç. Dr. Fikret KAÇAROĞLU, Doç. Dr. Hüseyin YALÇIN, Arş. Gör. Ömer BOZKAYA, Arş. Gör. Özgen KANGAL, Arş. Gör. A. Turan ARSLAN, Arş. Gör. Nazmi OTLU, C.Ü. Yapı İşleri Daire Başkanı Mimar E. Sıddık TAKMAZ.

Ayrıca, bu çalışmayı gerçekleştirmemde çok değerli katkıları bulunan, babam Fahreddin YILMAZ, annem Hatun YILMAZ ve kardeşim Türker YILMAZ 'a (inşaat Mühendisi); ve tez çalışmalarım süresince desteğini esirgemeyen nişanlım Filiz' e (Arş. Gör. Filiz ŞANLI) teşekkürlerim sonsuzdur.

15.09.1994

SİVAS

Işık YILMAZ

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ KAMPUS ALANI ZEMİNLERİNİN JEO-MÜHENDİSLİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ

Işık YILMAZ

Cumhuriyet Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Ergun KARACAN

Bu çalışmada Sivas Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanı zeminlerinin jeomühendislik özelliklerinin belirlenmesi ve inşaat uygulamaları açısından değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Yukarıdaki amaca yönelik olarak, önce çalışma alanının 1:5 000 ölçekli jeoloji haritası yapılmıştır. Daha sonra, çalışma alanındaki zeminlerden alınan 21 örselenmiş ve 6 örselenmemiş örnek üzerinde uluslararası standartlara uygun olarak yapılan laboratuvar deneyleri ile, zeminlerin indeks özellikleri, konsolidasyon özellikleri ve kesme dayanımı parametreleri elde edilmiştir. Daha sonra arazi gözlemleri ve laboratuvar verilerinin birlikte değerlendirilmesi ile çalışma alanının 1:5 000 ölçekli mühendislik jeolojisi haritası yapılmıştır.

Yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; çalışma alanındaki zeminler akarsu ortamına özgü özellikler taşımaktadır.

Çalışma alanındaki zeminlerin ince taneli düzeylerinde kil minerali olarak simektit egemendir. Ayrıca, simektite az miktarda da klorit, illit ve klorit-

vermikülit interstratifiyesi eşlik etmektedir. Zeminlerin silt, kum ve çakıl boyundaki tanelerini ise; kalsit, feldispat ve kuvars oluşturmaktadır. Çalışma alanındaki ince taneli düzeyleri ortalama olarak % 1 çakıl, % 20 kum, % 47 silt ve % 32 kil oluşturmaktadır. Yine ince taneli düzeylerin ortalama olarak özgül ağırlık değeri, 2.59; kıvam sınırları ve indeks değerleri ise, ortalama olarak, LL= % 56; PL= % 25; Ip= % 30; Ls= % 14; Wg=% 33.3; A= 1.04; $\tau_n = 1.81 \text{ g/cm}^3$; Wn= % 27.16; Sr= % 88.66; Vmax= % 26.68; n= 0.45; e= 0.83 ve $I_L = 0$ düzeyindedir. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre ince taneli düzeylerin % 96' sı CH; % 4' ü MH grubuna girmekte olup, aktivite değerleri açısından normal aktif ve çoğunlukla şişme potansiyeli yüksek ve çok yüksektir. Bu zeminlerin ortalama olarak önyükleme basınçları 1.06 kg/cm^2 ; sıkışma indeksi değerleri, 0.23; şişme indeksi değerleri, 0.02; hacımsal sıkışabilirlik katsayısı $0.0387 \text{ cm}^2/\text{kg}$; konsolidasyon katsayısı değerleri, $0.00268 \text{ cm}^2/\text{sn}$; geçirimsizlik katsayısı değerleri $12.96 \times 10^{-8} \text{ cm/sn}$, kesme dayanımları 0.43 kg/cm^2 , içsel sürtünme açıları ise 22° düzeyinde bulunmuştur.

Çalışma alanında temel sömellerinin üzerine oturduğu kil tabakasının çok farklı kalınlıklara sahip olması, farklı oturmalara sebep olmaktadır. Ayrıca killerin şişme potansiyellerine ve kil tabakası kalınlığı farklılıklarına bağlı olarak, temellerde farklı oturma ve killerin şişmesinden kaynaklanan iki yönlü bir deformasyon sisteminin varlığı belirlenmiştir.

SUMMARY

MsC Thesis

THE STUDY OF THE GEO-ENGINEERING CHARACTERISTICS OF CUMHURIYET UNIVERSITY (SIVAS) CAMPUS AREA SOILS

Işık YILMAZ

Cumhuriyet University
Graduate School of Natural and Applied
Science Department of Geological Engineering

Supervisor: Yrd. Doç. Dr. Ergun KARACAN

This study aims to determine the geo-engineering characteristics of Cumhuriyet University (Sivas) campus area soils for engineering applications.

In order to achieve above the objective, first, 1:5 000 scaled geological mapping studies of the campus area has been undertaken. Following the geological mapping studies, index properties, consolidation characteristics and shear-strength parameters were determined on 21 disturbed and 6 undisturbed samples by laboratory experiments in accordance with the related International Standarts. Finally, field observations and the result obtained from the laboratory experiments have been discussed and an engineering geological map of 1:5 000 scaled has been undertaken in the lights of above observations.

The experimental data and field observations indicated that the campus area soils posses the characteristics of fluvial environment.

Symectite appears to be dominant clay mineral, In addition illite, chlorite and interstratify of chlorite-vermiculite appears in less quantity accompanied with fine grained levels which are composed of

1% conglomerate, 20% sand, 47% silt, 32% clay size materials. The average specific gravity of solid particles in these levels is 2.59; average Atterberg limits and index properties are as follows; LL= 56%; PL= 25%; Ip= 30%; Ls= 14%; w_g = 33.3%; A= 1.04; τ_n = 1.81 g/cm³; Wn= 27.16%; Sr= 88.6%; Vmax= 26.6%; n= 0.45; e= 0.83 and I_L = 0. According to Unified Soil Classification System; 96% is CH and 4% is MH group. They are normally active; but have high and very high swelling potential. Their calculated average pre-loading pressure is about 1.06 kg/cm²; compression index= 0.23; swelling index= 0.02; coefficient of volume compressibility= 0.0387 cm²/kg; coefficient of consolidation= 0.00268 cm²/sec; coefficient of permeability= 12.96x10⁻⁸ cm/sec; shear strength is about 0.43 kg/cm² and calculated internal friction angle is about 22°.

The difference in the thickness of clay layers cause different settlement under the foundation. In addition, there is a deformation system on two ways which depends on swelling potential and different thickness of clay layers in study area.

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
SUMMARY	iii
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİLLER FOTOĞRAFLAR DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
1- GİRİŞ	1
1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi	1
1.2. Önceki Çalışmalar	2
2- ÇALIŞMA ALANININ TANITIMI	4
2.1. Giriş	4
2.2. Yerleşim ve Ulaşım	4
2.3. İklim ve Bitki Örtüsü	5
2.4. Topoğrafya	5
3- SAHA ÇALIŞMALARI	6
3.1. Giriş	6
3.2. Jeolojik Haritalama	6
3.2.1. Jeolojik ana birimler	6
3.2.1.a. Jips	8
3.2.1.b. Konglomera-Kumtaşı	8
3.2.1.c. Alüvyonlar	9
3.3. Örneklem	10
4- LABORATUAR ÇALIŞMALARI	12
4.1. Giriş	12
4.2. Mineralojik incelemeler	12
4.2.1. Tüm kavaç (TK) çözümlemeleri	12
4.2.2. Kil bileşeni (KB) çözümlemeleri	14
4.3. Zemin Mekaniği Denevleri	16
4.3.1. Zeminlerin indeks özellikleri	16
4.3.1.a. Tane özgül ağırlığı	17
4.3.1.b. Tane bovu dağılımı	17
4.3.1.c. Kıvam sınırları ve indeksleri	19
4.3.1.d. Doğal birim hacim ağırlık	19
4.3.1.e. Porozite ve boşluk oranı	21

4.3.1.f. Doğal su içeriği ve doyumluluk derecesi	21
4.3.1.g. Sıvılık indeksi	21
4.3.2. Çalışma alanındaki zeminlerin mühendislik sınıflaması	22
4.3.2.a. Üçgen sınıflama	22
4.3.2.b. Birleştirilmiş zemin sınıflaması ..	22
4.3.3. Konsolidasyon kuramı, önyükleme sorunu ve çalışma alanındaki zeminlerin konsolidasyon özellikleri	28
4.3.4. Çalışma alanındaki zeminlerin kayma mukavemeti	37
4.3.4.1. Kesme kutusu denevi	37
4.3.4.2. Serbest basınç denevi	38
5- SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR	40
5.1. Sonuçlar	40
5.2. Tartışmalar	42
7- EK AÇIKLAMALAR	
A. Saha Örnekleri Dizini	46
B. X-Işınları Difraksiyonu Tüm Kavaç (TK) ve Kil Bileseni (KB) Difraktogramlarının Yarı Niceliksel Değerlendirme Sonuçları	48
C. Zemin Örneklerinin İndeks Özelliklerine İlişkin Veriler	51
D. Killi Düzeylerin Konsolidasyon Özelliklerine İlişkin Veriler	56
8- KAYNAKLAR	60
EKLER	
1. Cumhuriyet Üniversitesi Kampüs Alanının 1:5 000 Ölçekli Jeoloji Haritası	
2. Cumhuriyet Üniversitesi Kampüs Alanının 1:5 000 Ölçekli Mühendislik Jeolojisi Haritası	

SEKİLLER VE FOTOĞRAFLAR DİZİNİ

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
Sekil 2.1: İnceleme alanının ver bulduru haritası	4
Sekil 3.1: Çalışma alanı ve civarına ait stratigrafik dikme kesit	7
Sekil 3.2: Çalışma alanında açılan araştırma çukurları ve zemin profilleri	11
Sekil 4.1: Çalışma alanındaki zeminler için tipik olan bir X-Işınları difraksivonu tüm kavac difraktogramı	13
Sekil 4.2: Çalışma alanındaki zeminlerin killi düzeyleri için tipik olan bir X-Işınları difraksivonu kil bileşeni, N, G, F difraktogramları dizisi	15
Sekil 4.3: Çalışma alanındaki zeminler için tipik bir tane boyu dağılım eğrisi	18
Sekil 4.4: Çalışma alanından alınan örneklerin üçgen sınıflama abacı üzerindeki dağılımı	23
Sekil 4.5: Birleştirilmiş zemin sınıflaması	25
Sekil 4.6: Çalışma alanının ince taneli düzeylerinden alınan örneklerin plastiklik çizelgesi üzerindeki dağılımı	26
Sekil 4.7: Çalışma alanının ince taneli düzeylerine ait örneklerin VAN DER MERWE (1964)' in sisme potansiyeli abacı üzerindeki dağılımı	27
Sekil 4.8: Konsolidasyon hücresi	29
Sekil 4.9: Killi topraklarda, duran basınç altında, zamanla gelişen sıkışmayı gösteren sıkışma-zaman eğrisi	29
Sekil 4.10: Sıkışma eğrileri ve; a) önyükleme basıncının grafiksel yöntemle belirlenmesi; b) önyüklemenin uygulamadaki	

<u>Sekil No:</u>	<u>Sayfa</u>
önemi	31
Sekil 4.11: Karekök bağdaştırma yöntemi ile t ₉₀ tesbiti	34
Sekil 4.12: Çalışma alanındaki killi düzeylerin konsolidasyon deneyleri ile elde edilen sıkışma-çözülme eğrileri	36
Sekil 4.13: Kesme kutusu deney düzeneği	37
Sekil 4.14: Kesme kutusu deney sonuçları	38
Sekil 4.15: Serbest basınç deneyi ve sonuçlarının değerlendirilmesi	39
Sekil 4.16: Serbest basınç deneyi sonuçlarını gös- teren Mohr dairesi ve mukavemet zarfı	39
Sekil 5.1: Çalışma alanındaki çökellerden alı- nan örselenmemiş örneklerin, I _L değerleri velpazesi içindeki dağı- lımı	42
Sekil 5.2: C.Ü. Kampüs alanındaki yapılardaki, kil tabakası kalınlığına bağlı olarak gelişen deformasyon mekanizmaları ...	45
Foto 1. Kampüs alanında inşa edilen binalardaki deformasyonlardan bir örnek	1

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge No:</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge 4.1: Çalışma alanındaki killi düzeylerde belirlenen kil minerali yüzdelerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları .	14
Çizelge 4.2: Çalışma alanının ince taneli düzeylerinden alınan örneklerin kıvam sınırları ve indekslerinin değerlendirme sonuçları	20
Çizelge 4.3: Örselenmemiş örneklere ilişkin birim ağırlık, boşluk oranı, gözeneklilik, doğal su içeriği ve doyumluluk derecesi değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları	20
Çizelge 4.4: Killerin aktiflik açısından sınıflaması	24
Çizelge 4.5: Çalışma alanındaki zeminlerin ince taneli düzeylerinden alınan örselenmemiş örneklere ait, P_c , C_c , C_s , M_v , c_v ve k değerleri istatistiksel değerlendirme sonuçları	35
Çizelge 5.1. Zeminlerin sıkışabilirliği	43
Çizelge 5.2. Hacim değişikliği, şişme basıncı ve muhtemel hasar arasındaki ilişki	44
Çizelge A.1: Saha örnekleri dizini	47
Çizelge B.1: XRD-(TK) Difraktogramlarının yarı-niceliksel değerlendirme sonuçları .	49
Çizelge B.2: XRD-(KB) Difraktogramlarının yarı-niceliksel değerlendirme sonuçları .	50
Çizelge C.1: Örselenmiş zemin örneklerinin indeks özelliklerine ilişkin veriler	52
Çizelge C.2: Örselenmemiş zemin örneklerinin indeks özelliklerine ilişkin veriler	55
Çizelge D.1: U1 No. 1u örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri	57

<u>Çizelge No:</u>	<u>Sayfa</u>
Çizelge D.2: U2 No. 1u örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri	57
Çizelge D.3: U3 No. 1u örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri	58
Çizelge D.4: U4 No. 1u örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri	58
Çizelge D.5: U5 No. 1u örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri	59
Çizelge D.6: U6 No. 1u örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri	59



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılan simge ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
A	Aktiflik sayısı
a_v	Sıkışabilirlik katsayısı
C	Klorit
Cc	Sıkışma indeksi
Cg	Derecelenme katsayısı
CH	B.T.Sınıf.'ında plastikliği yüksek kil
Cs	Şişme indeksi
Cu	Eşşekillilik katsayısı
c_v	Konsolidasyon katsayısı (cm^2/sn)
D	Tane çapı;konsolidasyon halkası iççapı (mm)
d_f	Sıkışma-zaman egrisinde son sıkışma değeri (cm)
d_s	Sıkışma-zaman egrisinde düzeltilmiş sıfır değeri (cm)
d_o	Sıkışma - zaman egrisinde örneğin ilksel kalınlığı (cm)
D_{10}	Örneği oluşturan tanelerin % 10'una karşılık gelen tane çapı, etkin çap (mm)
D_{30}	Örneği oluşturan tanelerin % 30'una karşılık gelen tane çapı (mm)
D_{60}	Örneği oluşturan tanelerin % 60'ının teka-bül ettiği tane çapı (mm)
d_{100}	Sıkışma-zaman egrisinde, % 100'lük konsolidasyon sıkışma değeri (cm)
e	Boşluk oranı
Gs	Tane özgül ağırlığı
H	Kalınlık (cm)
H/2	Ortalama drenaj yolu (cm)
Hv	Boşluk kalınlığı (cm)
Ho	ilksel kalınlık (cm)

Simgeler	Açıklamalar
I	İllit
I_L	Sıvılık indeksi
I_p	Plastiklik indeksi (%)
k	Uçgen sınıflamada kil grubu
kK	Uçgen sınıflamada killi kum grubu
KS	Uçgen sınıflamada kumlu silt grubu
kS	Uçgen sınıflamada killi silt grubu
KSk	Uçgen sınıflamada kum-silt-kil grubu
LL	Sıvılık sınırı (%)
m_v	Hacımsal sıkışabilirlik katsayısı (cm^2/kg)
n	Gözeneklilik
P	Basınç (kg/cm^2)
P	Etkin basınç (kg/cm^2)
P_c	Önyükleme basıncı (kg/cm^2)
P_c'	Jeolojik verilere dayanılarak ve yaklaşık olarak öngörülen basıncı (kg/cm^2)
PL	Plastiklik sınırı (%)
P_o	Örtü basıncı (kg/cm^2)
Qal	Yeni alüvyon
Qe	Eski alüvyon
r_{min}	Sıkışma eğrisinin en küçük eğrilik yarıçapı (cm)
S	Oturma miktarı (cm); Standart sapma; Uçgen sınıflamada silt grubu
SK	Uçgen sınıflamada siltli kum grubu
Sk	Uçgen sınıflamada siltli kil grubu
Ls	Büzülme sınırı (%)
Sr	Doyumluluk derecesi (%)
$S_{\bar{x}}$	Standart hata
Tk	Pliyosen yaşlı Karatepe çökelleri (Konglo-mera-kumtaşı)
Tkf	Miyosen yaşlı Fadlım üyesi (Jips)
Tv	Zaman faktörü
t_{90}	Sıkışma-zaman eğrisinde % 90 lık konsoli-

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklamalar</u>
	dasyona karşılık gelen zaman (sn)
U	Konsolidasyon derecesi (%); Örselenmemiş örnek kodu
u	Gözenek suyu basıncı (kg/cm ²)
V _{max}	Maksimum hacımsal değişim (%)
V _T	Örneğin toplam hacmi (cm ³)
w _g	Doyumluluk sınırı (%)
w _n	Doğal su içeriği (%)
w _s	Örneğin katı kısmının ağırlığı (g)
w _T	Örneğin toplam ağırlığı (g)
$\bar{X}$	Ortalama
Z	Derinlik (m)
γ_n	Doğal birim hacim ağırlık (g/cm ³)
γ_w	Suyun birim hacim ağırlığı (g/cm ³)
Δ	Konsolidasyon süresince, boşluk oranındaki değişim ile temsil edilen oturma düzeyi (cm)
Δe	Boşluk oranındaki değişim
ΔP	Basıncıdaki değişim (kg/cm ²)

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklamalar</u>
A.S.T.M.	American Society for Testing Materials
B.T.Sınıf.	Birleştirilmiş toprak sınıflaması
E.L.E.	Engineering Laboratory Equipment Ltd.
M.I.T.	Massachusetts Institute of Technology
B.S.	British Standards

1. GİRİŞ

1.1. Çalışmanın Amacı ve Önemi

Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanındaki inşaat alanları gün geçtikçe gelişmekte ve bu gelişim ağırlıklı olarak arazinin doğu ve güney yönlerinde gerçekleşmektedir. Ancak gelişme potansiyeli bu denli yüksek olan kampüs alanının zeminini oluşturan jeolojik birimlerin inşaat uygulamalarında kullanılabilecek jeo-mühendislik özellikleri konusunda yeterli sayılabilecek bilgi yoktur.

Kampüs alanında daha önceden yapılmış olan mühendislik yapılarında zemin problemlerinden dolayı birçok yerde yapılar deformasyona uğramış ve bina duvarlarında büyük ölçekli çatlaklar oluşmuştur (Foto. 1). Bu çalışma özellikle; kampüs alanında daha sonra yapılması düşünülen, sosyo ekonomik gelişmenin zorunlu kıldığı ağır yapı uygulamalarında temel zeminlerinin mühendislik özelliklerinin bilinmesi açısından önem taşımaktadır.



Foto 1. Kampüs alanında inşaa edilen binalardaki deformasyonlardan bir örnek fotoğraf
(Jeoloji Müh. Genel jeoloji A.B.D.' ında bir öğretim üyesi odası).

1.2. Önceki Çalışmalar

Sivas Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanındaki ilk jeo mühendislik çalışmaları 1967 yılında Üniversitenin inşaa edilebilmesi için, TEKAR Ltd. Şti. tarafından yapılmıştır. TEKAR Ltd. Şti. bu çalışmada, Cumhuriyet Üniversitesi inşaatının planlandığı bölgede iki adet sondaj yapmıştır. Bu iki sondajdan elde edilen bilgiler ve numuneler üzerinde yapılan laboratuvar deneylerinden faydalanarak zeminin bazı mühendislik özellikleri yorumlanmaya çalışılmıştır.

Ayrıca Karacan (1989), Sivas güneydogusundaki jipslerin jeo-mühendislik özelliklerini inceleyerek jeomekanik ve çözünürlük parametrelerini belirlemiş, Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanını da çalışma alanının içine almıştır (1989).

Çalışma alanında yukardaki çalışmalardan başka bugüne dek yapılmış jeo-mühendislik çalışması yoktur.

Ceyhan (1987), Sivas güneydogusundaki tuz ve jips yataklarının jeolojisi, oluşumu, kökeni ve ekonomik özellikleri ile ilgili yüksek lisans tez çalışması ile; Gökçe ve Ceyhan (1988), Sivas güneydogusundaki jipsli çökellerin stratigrafisi, yapısal özellikleri ve oluşumu; Gökçe (1988) Sivas güneydogusundaki jips, sölestin ve kayatuzu yataklarının jeolojisi, oluşumu ve kökeni; Poisson, Temiz ve Gürsoy (1992) Sivas yöresindeki güncel faylanma ile ilgi yaptıkları çalışmalar ile Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanını da çalışma alanı içine dahil etmişlerdir.

Zeminlerin konsolidasyon kuramının Terzaghi (1923) tarafından ilk ortaya atılışından sonra; killi çökellerin konsolidasyon özelliklerinin, jeolojik evrimleri ile olan ilişkileri vurgulayan ilk çalışma Casagrande (1936)' ye aittir (Kiper, 1983).

Casagrande, killi çökellerin, jeolojik geçmişlerinde etkisinde kaldıkları en yüksek örtü basıncını bir fotoğraf filmi gibi yapılarına kaydettiklerini ve bu ön

yüklemeye degerinin, örselenmemiş örnekler üzerinde yapılan konsolidasyon deneyi verilerinden çıkarılan boşluk oranı - basınç ($e - \log P$) egrilerinden bir grafik çözümleme yöntemi ile belirlenebileceğini ortaya koymuştur. Casagrande (1936), önyüklemenin mühendislik uygulamalarındaki önemini de tartışarak; önyüklemeye basıncı degerinin, yapıların temel zemininde oluşacak oturmanın öngörülmesinde kritik bir etken olduğunu da belirlemiştir. Rutledge (1944), konsolidasyon deneyinde kullanılan örneklerin örselenme düzeylerinin deney sonuçları üzerindeki etkilerini araştırmış; örnekleme sırasında örselenerek doğal yapısı bozulan kil örneklerinde gerçek konsolidasyon özelliklerinin büyük ölçüde silindiğini saptamıştır (Kiper, 1983).

Lerouell, S., Samson, L., Bozozuk, M. (1983)' un, Gloucester' da saha ve laboratuvar çalışmaları ile önyüklemeye basıncının saptanmasına ilişkin çalışmaları; Badillo, E. J., Chen, B. (1983)' in killer için konsolidasyon egrilerinin çözümlenmesine ilişkin çalışmaları; Akpokodje (1985)' in Avustralya arid zon zeminlerine ilişkin mühendislik sınıflaması çalışması; Crawford, C.B. and Boer, L. J. (1987)' in Fraser Lowland' da yumuşak killerin konsolidasyonları ile ilgili saha gözlemleri; Oda, M. and Win, S. (1989)' in killi kum zeminlerde yapmış oldukları nihai taşıma gücü deneyleri; Reddy, S., Singh, A. K., Karnik, S. S. (1989) in, derinliğe bağlı olarak yüksek kohezyon özelliği gösteren killerin taşıma gücüne ilişkin çalışması; Mollah, M.A. (1993) in, Baglades alüvyon ovasının jeo-mühendislik özellikleri ile ilgili çalışması ve son olarak Tosun (1993)' un hafif su yapıları açısından şişen killerin önemi ile ilgili çalışması daha önceki çalışmaları oluşturmaktadır.

Çalışma alanı, Sivas ilinin yaklaşık olarak güne-

yinde yer almaktadır. Sahanın kuzeyinde Kızılırmak, batısında Sivas - Malatya karayolu ve demiryolu, doğusunda Sidemir karayolu ve güneyinde İmaret - Kabak Tepe boyunca uzanan bir hat yer almaktadır.

Çalışma alanının batısında bulunan Sivas - Malatya karayolu, bölgeyi Sivas iline bağlamaktadır.

2.3. İklim ve Bitki Örtüsü

Bölgede iç Anadolu Bölgesinin tipik karasal iklimi etkilidir. Yazları sıcak (en yüksek sıcaklık 38 °C), kışları soğuk (en düşük sıcaklık -34 °C) olmak üzere soğuk iklim karakteri göstermektedir.

Hakim rüzgar yönü; kuzey - batı (Karayel %19.3), kuzey (Yıldız %18.1) ve kuzey-doğu (Poyraz %16.8) dur. En büyük rüzgar hızı 23.8 m/sn dir.

Yağışlar genellikle bahar ve kış aylarında meydana gelir. En yüksek yağış ortalaması Nisan ve Mayıs aylarında, ayda 57 mm civarındadır. Senelik ortalama yağışlı günler sayısı 105 gündür. Karla örtülü günler sayısı 65 gün olup, en yüksek kar kalınlığı 110 cm dir (Sivas Meteorolojisi, 1930-1992 tarihleri arası verilere göre hazırlanmıştır).

Bölgedeki iklim koşulları, toprakların düşük verimli olması, tarımı güçleştirmektedir. Bölgenin tipik bitki örtüsü tepe ve sırtlarda görülen çalılıklardır. Ayrıca alıç ve ahlat ağaçları ile akarsu ve dere kenarlarında yer alan kavak ve söğüt ağaçları bulunur.

2.4. Topografya

Üniversite arazisi güneyden kuzeye yaklaşık %4 meyille inen oldukça düzgün bir topografyaya sahiptir. Kampüs alanı güneyindeki tepeler çalışma alanının en yüksek topografyasını oluşturmaktadır. Bu tepelerden aşağıya inen dereler ve oluşturdıkları alüvyon yelpazeleri eğimi azaltmaktadır.

3. SAHA ÇALIŞMALARI

3.1. Giriş

Çalışma alanını içine alan jeoloji haritasının daha önce 1/25 000 ölçeğinde CEYHAN (1987) tarafından yapılmış olması nedeni ile, saha çalışmalarına bu kez 1/5000 ölçekli jeolojik harita yapılması ile başlanmıştır. Saha çalışmaları, çalışmanın amacına uygun olarak, Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanı zeminlerinin jeolojik özelliklerinin daha ayrıntılı olarak belirlenmesi ve mühendislik özelliklerinin laboratuvar çalışmaları ile saptanması için gerekli örneklerin alınması şeklinde sürdürülmüştür. Daha sonra elde edilen bilgilerin ışığında konsolidasyon ve kesme kutusu, serbest basınç deneyleri için gerekli örselenmemiş (undisturbed) örnekler alınmıştır.

3.2. Jeolojik Haritalama

Çalışma alanındaki jeolojik birimler önce litolojik özellikleri ile ayırtlanmış, daha sonra bu birimler önceki çalışmalardan derlenerek Şekil- 3.1' de sunulan stratigrafik dikmedeki birimlerle karşılaştırılıp haritalanmıştır. Çalışma alanının 1/5 000 ölçekli haritası Ek- 1' de verilmiştir.

3.2.1. Jeolojik ana birimler

Çalışma alanında 4 ana birim ayırtlanmıştır. Bu birimler yaşlıdan gence doğru; **a.** Miyosen yaşlı, Karayün Formasyonu Fadlım Üyesine ait Jipsler, **b.** Pliyosen yaşlı Karatepe Çökellerine ait Konglomera - kumtaşı, **c.** Eski Alüvyon (Kuvaterner), **d.** Yeni Alüvyon (Kuvaterner) şeklindedir.

		SERİ (SERIES)	FORMASYON (FORMATION)	ÜYE (MEMBER)	KALINLIK (m) (THICKNESS)	KAYAÇ TÜRLERİ (LITHOLOGY)	AÇIKLAMALAR (EXPLANATIONS)
MIYOSEN (MIOCENE)	KUVA. (QUAT.)	—	ALÜVYON (ALLUVIUM)	—	—	Yeni alüvyon (New alluvium)	
	MIYON. (PO. MIO.)	—	—	—	—	Eski alüvyon (Old alluvium)	
	PLI-KUV (PLI-QUA.)	—	—	—	—	Kumtaşı, konglomera (Sandstone, conglomerate)	
	KAFATEPE	—	—	—	—	Uyumsuzluk (Unconformity)	
	KARAYUN	BİNGÖL	420	250	2460	Kumtaşı, marn, kumlu kireçtaşı ve kireçtaşı (Sandstone, marl, sandy limestone, limestone)	
						Jips, marn (Gypsum, marl)	
						Konglomera, kumtaşı, çamurlaşı (Conglomerate, sandstone, mudstone)	
						Jips, marn (Gypsum, marl)	Sölestin (Celestite)
						Kumtaşı, kumlu kireçtaşı, marn, kireçtaşı (Sandstone, sandy limestone, marl, limestone)	
	HACIALI	AKTAŞ	200	260	275	Jips, marn (Gypsum, marl)	
						Konglomera, kumtaşı (Conglomerate, sandstone)	
	MIYOSEN (MIOCENE)	—	—	—	—	—	—

Sekil 3.1. Çalışma alanı ve civarına ait stratigrafik dikme kesit (Gökçe, 1988' den değiştirilerek).

3.2.1.a. Jips

İnceleme alanının en yaşlı birimini oluşturan jipsler, Kurtman (1973) tarafından Hafik formasyonu içerisinde tanımlanmış ve Alt-Orta Miyosen yaşı verilmiştir. Jipslerin komşu birimlerle sınırları sünümlülük özellikleri nedeni ile çoğunlukla tektonik dokanaktır (Kurtman, 1973).

Jipslerin taban kesimleri çalışma alanında gözlenmemektedir. Çalışma alanında gözlenen tavan kesimleri beyaz-krem renkli masif jipsler şeklindedir. Jipsler içerisinde yumrulu ve lamine yapılarla, çok farklı şekil ve boyutlardaki kıvrımlanmalar gözlenmektedir.

Gökçe ve Ceyhan (1988)' in yapmış oldukları mikroskopik incelemelerde jipslerin kalıntı anhidrit kristalleri içeren ikincil jipsler şeklinde oldukları saptanmıştır.

Karacan (1989) ise çalışma alanını da içine alan doktora çalışmasında, jipsler içerisinde anhidrite rastlanmadığını belirtmektedir.

3.2.1.b. Konglomera - kumtaşı

Çoğunlukla konglomera ve yanısıra kumtaşından oluşan bu birim inceleme alanı güneyinde, kampüs alanının en yüksek topografyasını oluşturan, tepeler ve sırtlar boyunca yüzeylenmektedir.

Çökeller genel olarak gevşek çimentolu, çapraz tabakalı, polijenik çakıllı konglomeralar şeklindedir. Alt seviyelerde konglomeralar içinde kumtaşı ara katkıları, üst seviyelerde ise kumtaşı ve silttaşı ara katkıları bulunmaktadır. Konglomera ve kumtaşı tabaka kalınlıkları değişken olup, birbirleri ile yanal ve düşey geçişlidir. Çakılların tane boyları 1 cm - 40 cm arasında değişmektedir. Marnlı üst seviyeler, bölgedeki alüvyonların altında gözlenmektedir.

Konglomera ve kumtaşlarında yapılan incelemelerde

farklı çökellerden serbestleşen çakılların bu çökeller içinde yeniden depolanmış oldukları, ayrıca jipsli, kumtaşlı ve kireçtaşlı seviyelerden türemiş yeni çakılların ve kum boyu tanelerin de bileşime katıldıkları gözlenmiştir.

Yapılan gözlemler sırasında fosile rastlanmamıştır. Konglomeralar içinde Miyosen yaşı veren fosiller içeren kireçtaşı çakılları gözlenmektedir ve yaşının Miyosen' den genç olduğu kesindir. Yöredeki benzer çökellerle karşılaştırılarak Pliyosen yaşlı oldukları kabul edilmiştir.

Bu çökellerde genelde kırmızı-kahverenkli konglomera-kumtaşı hakim olup, kil ve marnın çok az veya hiç olmaması, konglomera kumtaşı tabakalarının değişken olması, yanıl devamlılık gözlenmemesi, çapraz tabakalı oluşları, kumtaşı ve konglomeraların birbirine yanıl ve düşey geçişli olmaları, çökeller içerisinde hiçbir fosil olmaması bu çökellerin akarsu ortamında oluştuğunu düşündürmektedir.

3.2.1.c. Alüvyonlar

Kampüs alanı zeminlerini oluşturan alüvyonlar ise yeni alüvyon ve eski alüvyon olmak üzere ayırtlanmıştır. Çalışma alanının kuzeyinde yer alan yeni alüvyon, Kızılırmak boyunca ve Kızılırmak güneyinde yaklaşık olarak 200 m mesafeye kadar yüzeylenmektedir. Karatepe çökelleri ile yeni alüvyon arasında kalan bölgede ise eski alüvyon yüzeylenmektedir.

Alüvyonlar yöredeki çeşitli birimlerden türemiş çakılları ve kum, kil boyu malzemeleri içerirler. yeni alüvyonu oluşturan malzemeler daha gevşek ve az çimentoludur. Tane boyları çok ince olup genelde silt, kil ve kum boyutundadır. Yanıl ve düşey devamlılık söz konusu değildir. Alüvyonlarda sadece bir kaç lokasyonda, kama ve mercekler gözlenmektedir.

3.3. Örnekleme

Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanındaki zeminlerin genel jeolojik, mineralojik, indeks ve konsolidasyon gibi jeo- mühendislik özelliklerini belirlemeyi amaçlayan bu çalışmada örnekleme işlemi üç aşamada gerçekleştirilmiştir.

İlk aşamada, mineralojik ve indeks özellikleri belirlemek amacı ile, zeminlerden 21 adet örselenmiş (disturbed) örnek alınmıştır. Örneklemede özellikle örneklemeye olanak veren şevler, inşaat temel kazılarına, ayrıca çalışma alanında açılan belli örnek kuyularına bağlı kalınmıştır (Şekil 3.2).

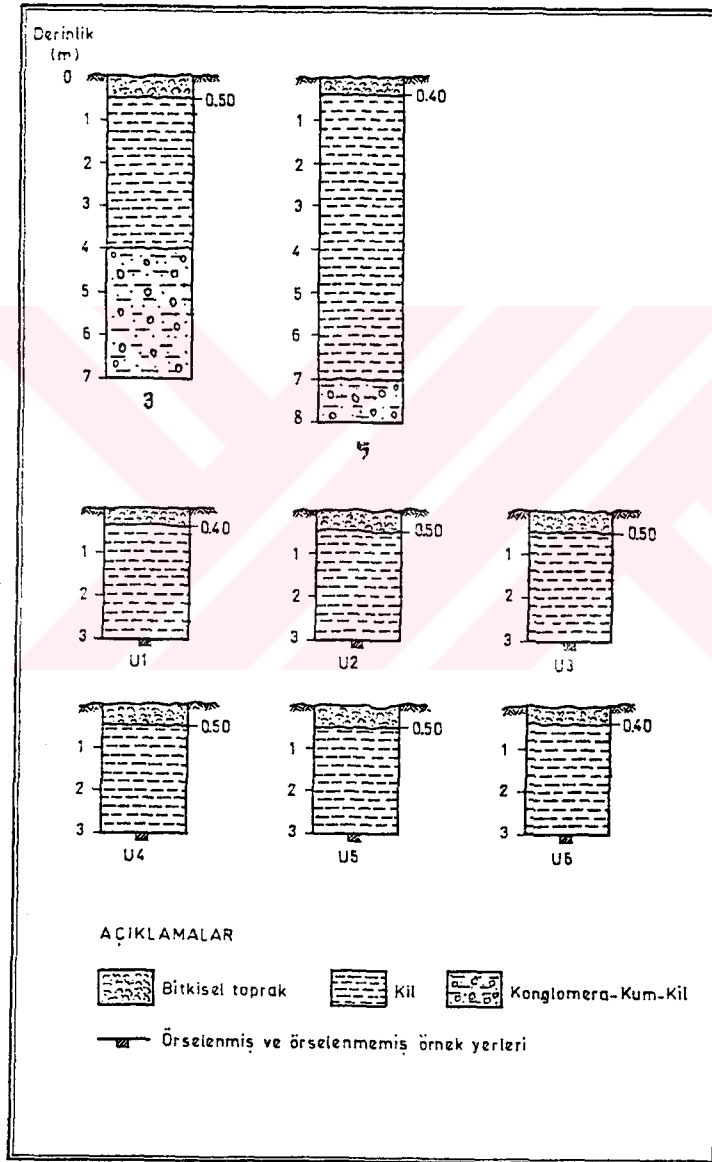
Örneklemenin ikinci aşamasında ise konsolidasyon özelliklerini belirlemek amacı ile, çökellerin killi düzeylerinden 6 adet örselenmemiş (undisturbed) toprak örneği alınmıştır. Konsolidasyon deneyleri için özellikle killi düzeylerin seçimi; killi zeminlerin, inşaat mühendisliği uygulamalarında üzerlerine kurulan yapıların yükü altında, sıkışabilirliklerinin fazlalığı nedeni ile çoğu kez önemli miktarda ve uzun sürede oturma göstermeleri ve konsolidasyon özelliklerinin belirlenmesinde jeolojik yoruma büyük ölçüde gereksinim duyulması gibi nedenlere dayanmaktadır. Kumlar ve çakıllar, uygulamada, sıkışamaz çökeller olarak değerlendirildiğinden (Terzaghi and Peck, 1967; Kiper, 1983), konsolidasyon deneyleri için alınan örselenmemiş örnekler arasında iri taneli düzeylere yer verilmemiştir. Bu çalışmada örnekleme yaklaşık olarak 2-7.5 m derinlikler arasında gerçekleştirilmiştir.

Örneklemenin son aşamasında ise çalışma alanındaki zeminlerin kayma dayanımlarının belirlenmesi amacı ile siltli-killi seviyelerden kesme kutusu deneyi, suya doygun killi seviyelerden ise serbest basınç deneyi için örselenmemiş örnekler alınmıştır.

Çalışma alanından alınan tüm örnekler üzerinde ayrıca indeks özellikleri belirlemeyi amaçlayan deneyler

yapılmıştır.

Çalışma alanından alınan örselenmiş ve örselenmemiş toprak örneklerinin yerleri, Ek- 2 de sunulmuş olan mühendislik jeolojisi haritasında; alındıkları derinlikler, örnek numaraları ve tanımlamaları ise Ek Açıklamalar- A' da saha örnekleri dizini olarak verilmiştir.



Sekil 3.2. Çalışma alanında açılan araştırma çukurları ve zemin profilleri.

4. LABORATUAR ÇALIŞMALARI

4.1. Giriş

Çalışma alanından alınan 21 adet örselenmiş ve 6 adet örselenmemiş zemin örneğinin mineralojik özellikleri X-Işınları difraksiyonu çözümlemeleri, indeks ve konsolidasyon özellikleri ise laboraturda yapılan zemin mekanığı deneyleri ile belirlenmiştir.

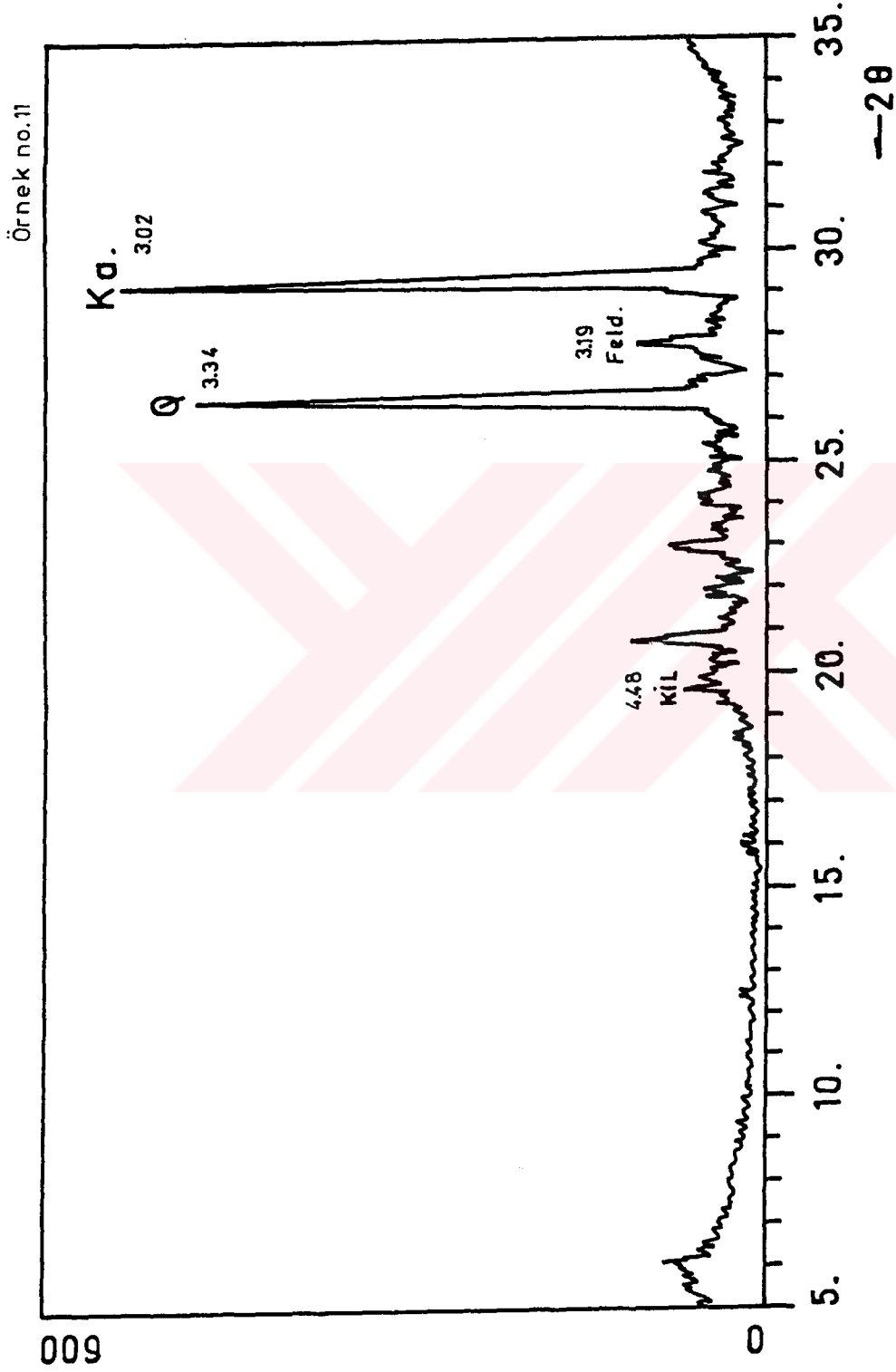
4.2. Mineralojik incelemeler

Killi zeminlerin mühendislik özellikleri, mineralojik bileşimleri ile, özellikle kil mineralojisi ile doğrudan ilişkilidir. Örneğin; zeminlerde kil yüzdesinin ve montmorillonit gibi şişen killerin artması ile, plastikliğin, sıkışabilirliğin ve şişme potansiyelinin de artış gösterdiği bilinmektedir (Terzaghi and Peck, 1967; Kiper, 1983).

Çalışma alanındaki zeminlerin mineralojik özellikleri ile mühendislik özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacı ile yapılan mineralojik incelemeler, Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü MİPJAL Laboratuvarlarında, X-Işınları difraksiyonu yöntemi ile, Tüm Kayaç (TK) ve Kil Bileşeni (KB) çözümlemeleri olmak üzere iki aşamada yürütülmüştür.

4.2.1. Tüm kayaç (TK) çözümlemeleri

X-Işınları difraksiyonu (XRD) tüm kayaç difraktogramları, Rigaku DMAX IIIC difraktometresinde, 200 no'lu elek (0.074 mm) boyundan daha küçük öğütülmüş (toz) örneklerden ; Cu -K α radyasyonu ve Ni filtre kullanılarak, gonyometre hızı 5°/dak; ve kayıt aralığı 5°-35° (2 θ) olmak üzere çekilmiştir. Şekil- 4.1' de örneği görülen toz difraktogramlarından mineraller, ASTM (1972)' nin kartotekslerinden faydalanarak tanımlanmış-



Şekil 4.1. Çalışma alanındaki zeminler için tipik olan bir X-Işınları difraksiyonu tüm kayış difraktogramı.

lardır. Minerallerin yarı niceliksel yüzdeleri ise, pik şiddetlerinden itibaren, yanıt oranları da göz önüne alınarak, Gündoğdu (1982)' ya göre hesaplanmıştır.

XRD - (TK) difraktogramlarının yarı niceliksel değerlendirme sonuçları, Ek Açıklamalar- B 'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre; çalışma alanındaki çökellerde egemen olan mineraller, başta kil olmak üzere, kalisit, kuvars ve feldispattır.

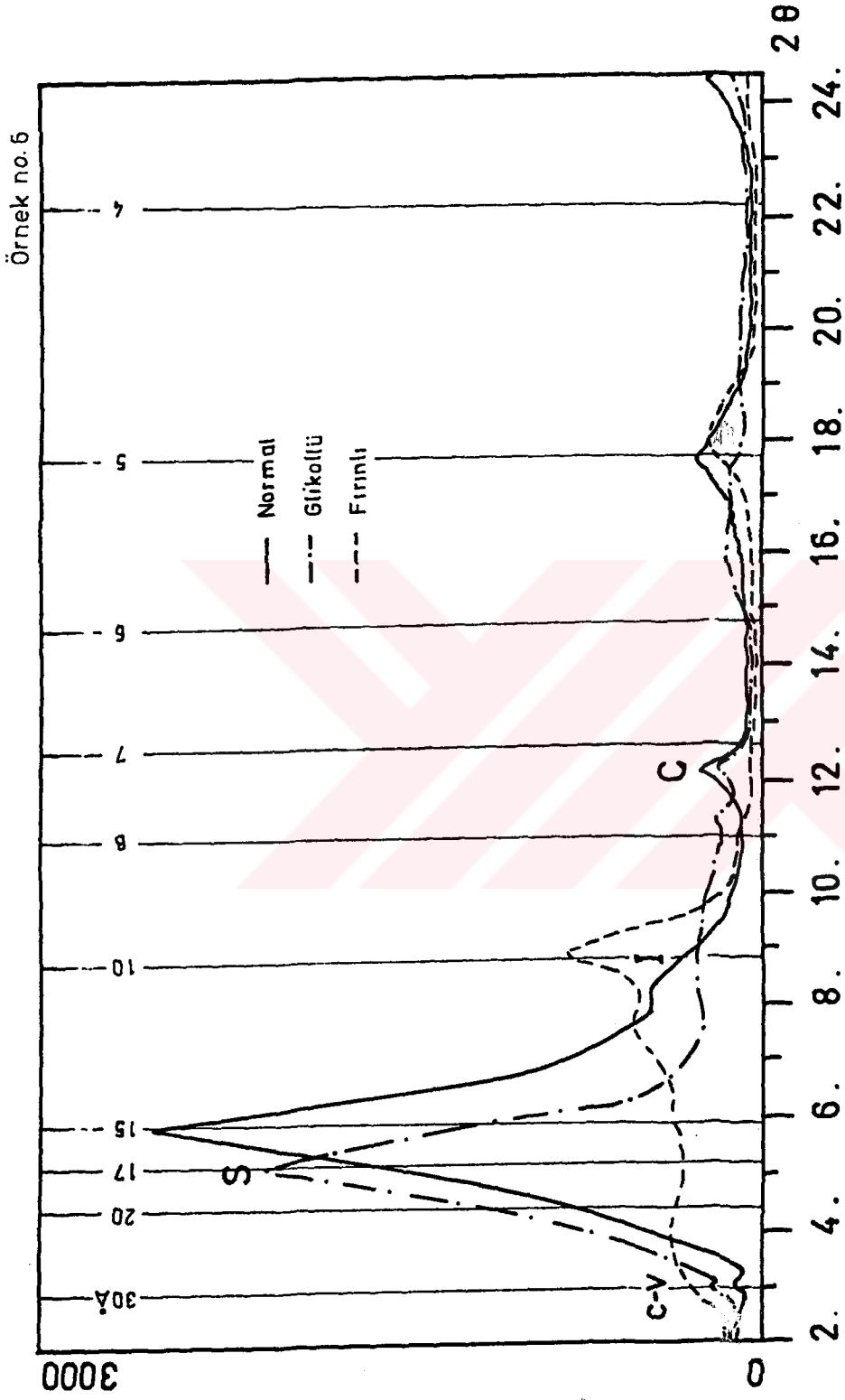
4.2.2. Kil bileşeni (KB) çözümlemeleri

Örneklerin XRD-(KB) Difraktogramlarının çekimi, kil bileşeni (fraksiyonu) ayrılmış her örneğin normal (N), etilen glikollü (G) ve fırınlanmış (F) olmak üzere üç aşamada yapılmıştır. Fırınlama ve etilen glikolleme işlemleri, bazı kil minerallerinin (001) yansımalarında yer değiştirmelere neden olduğundan (Gündoğdu, 1982); kil minerali türleri, N, G ve F kayıtları karşılaştırılarak belirlenmiştir. XRD-(KB) Difraktogramları kağıt hızı 2 cm/dak; kayıt aralığı 2° - 24° olmak üzere çekilmiştir. Şekil- 4.2' de örneği görülen XRD-(KB) Difraktogramlarından itibaren kil minerallerinin yüzdeleri, pik şiddetleri kullanılarak ve yarıniceliksel olarak hesaplanmıştır.

Çizelge 4.1. Çalışma alanındaki killi düzeylerde belirlenen kil minerali yüzdelerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

Kil minerali	Değişim aralığı		Aritmetik ortalama ($\bar{x}$)	Standart hata (S_x)	Standart sapma (S)
	en az	en çok			
Simektit	80	90	84.26	0.82	4.24
Illit	5	5	5.00	0.00	0.00
Klorit	1	5	4.70	0.20	1.04
C-V	0	10	6.48	0.76	3.94

* C-V= Klorit Vermikülit interstratifiyesi.



Şekil 4.2. Çalışma alanındaki zeminlerin killi düzeyleri için tipik olan bir X-Işınları difraksiyonu kil bileşeni, N, G, F difraktogramları dizisi.

XRD-(KB) Difraktogramlarından elde edilen yarı niceliksel değerlendirme sonuçları, Ek Açıklamalar- B' de çizelgede sunulmuştur. Buna göre, çalışma alanı zeminlerinin egemen kil minerali Simektit'tir. Ayrıca illit, Klorit zeminlerin önemli bileşenlerindendir. Zeminlerin az miktarda da Klorit - Vermikülit gibi interstratifiye kil mineralleri içerdikleri belirlenmiştir.

Zeminlerin ince taneli düzeylerine ait 27 adet örneğe ait kil minerali yüzdelерinin istatistiksel değerlendirme sonuçları, Çizelge- 4.1' de verilmiştir.

4.3. Zemin Mekanigi Deneyleri

Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanındaki zeminlerin tane özgül ağırlığı, kıvam sınırları (Atterberg limits), tane boyu dağılımı, birim hacim ağırlık, boşluk oranı, gözeneklilik, doğal su içeriği ve doyumluluk derecesi gibi indeks, konsolidasyon ve kayma dayanımı özellikleri, uluslararası standartlara (ASTM, BS) uygun olarak, laboratuvar deneyleri ile belirlenmiştir.

İndeks özellikleri, konsolidasyon özellikleri ve diğer jeo-mühendislik özellikleri belirlemeye yönelik deneyler Cumhuriyet Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü Zemin Mekanigi Laboratuvarında yapılmıştır.

4.3.1. Zeminlerin indeks özellikleri

Çalışma alanındaki zeminlerin indeks özelliklerini belirlemeye yönelik olarak, çalışma alanından alınan 21 adet örselenmiş ve 6 adet örselenmemiş olmak üzere toplam 27 adet örnek kullanılmıştır. Tane özgül ağırlığı, kıvam sınırları ve tane boyu dağılımı 27 örnek üzerinde; birim hacim ağırlık, doğal su içeriği ve doyumluluk derecesi, boşluk oranı, gözeneklilik gibi özellikler ise konsolidasyon deneyi için alınan 6 adet örselenmemiş örnek üzerinde belirlenmiştir.

4.3.1.a. Tane özgül ağırlığı

Zeminlerin tane özgül ağırlığı (Gs) değerleri, 2 mm den küçük taneler üzerinde, Pignometre deneyleri ile belirlenmiştir.

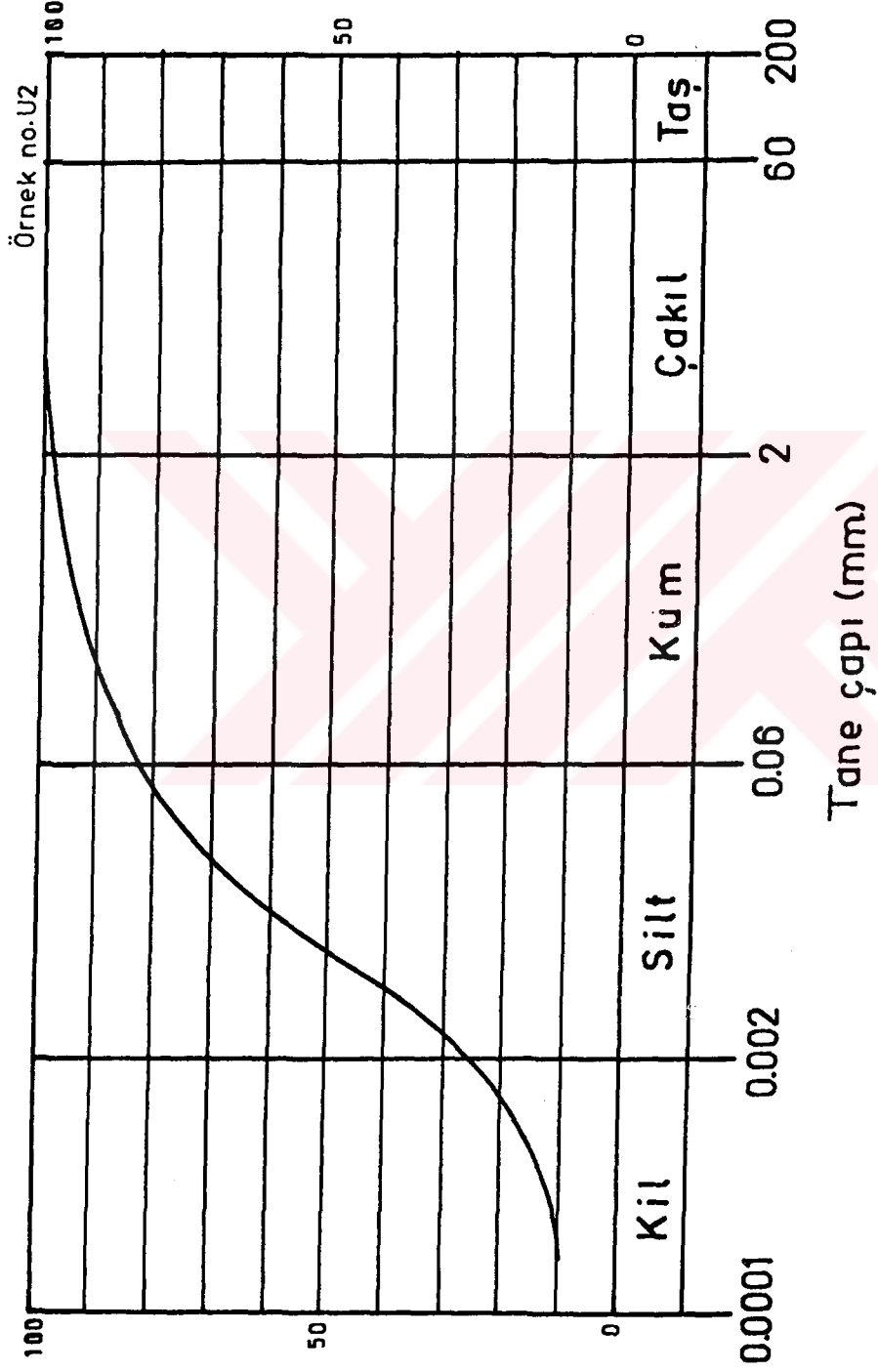
Çalışma alanından alınan zemin örneklerinin tane özgül ağırlığı değerleri Ek Açıklamalar- C' de sunulmuştur. Zeminlerin killi ve ince taneli düzeylerinde tane özgül ağırlığı değerleri, 2.27 ile 2.66 arasında değişmekte olup, ortalama olarak 2.59 dur.

4.3.1.b. Tane boyu dağılımı

Çalışma alanındaki zeminlerin tane boyu dağılımları, ASTM (1966, D-422)' ye göre toplam 27 örnek üzerinde; a. iri elek, b. yaş (hidrometre çözümülesi), c. kuru, ince elek çözümülesi olmak üzere üç aşamada belirlenerek, zemin örneklerinin tane boyu dağılım eğrileri çizilmiştir. Şekil- 4.3 de, çalışma alanındaki zeminler için tipik olan bir tane boyu dağılım eğrisi verilmiştir. Her örnek için çizilen tane boyu dağılım eğrilerinden M.I.T. sınıflamasındaki öngördüğü tane çapı aralıkları esas alınarak çakıl, kum, silt ve kil yüzdeleri hesaplanmış olup, çalışma alanındaki zeminleri ortalama olarak; % 1 çakıl, % 20 kum, % 47 silt ve % 32 kil oluşturmaktadır. Her bir örnek için hesaplanan çakıl, kum, silt ve kil yüzdeleri Ek Açıklamalar- C' de verilmiştir.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad , \quad C_g = \frac{(D_{30})^2}{(D_{60} * D_{10})} \quad \text{eşitlikle-}$$

rinden hesaplanan eş şekillilik katsayısı ve derecelenme katsayısı değerleri, Ek Açıklamalar- C' de, toplu olarak verilmiştir.



Şekil 4.3. Çalışma alanındaki zeminler için tipik bir tane boyu dağılım eğrisi.

4.3.1.c. Kıvam sınırları ve indeksleri

Çalışma alanı zeminlerine ait 27 örnek üzerinde, A.S.T.M. (1966, D-423, D-424, D-427)' ye uygun olarak sıvılık sınırı (LL), plastiklik sınırı (PL) ve lineer büzülme (Ls) değerleri hesaplanmıştır. Belirlenen bu sınır değerlere bağlı olarak, her örnek için Plastiklik indeksi (Ip) değerleri;

$I_p = LL - PL$ ilişkisinden hesaplanmış olup çalışma alanındaki zeminlerin ortalama plastiklik indeksi değeri 30 olarak belirlenmiştir. Bu ortalama değere göre zeminler plastik özelliğe sahiptir.

aktiflik Sayısı (A);

$$A = \frac{I_p}{(\% < 0.002 \text{ mm})} \quad \text{ilişkisinden;}$$

lineer büzülme (Ls) değerleri,

$$L_s = 100 * \left(1 - \frac{\text{kuru örnek uzunluğu}}{\text{örneğin ilk uzunluğu}} \right) \quad \text{ilişkisinden;}$$

maksimum hacımsal değişim (Vmax) değerleri ise,

$$V_{\max} = \frac{\gamma_d}{\gamma_w} (w_g - L_s) \quad \text{ilişkisinden;}$$

doyumluluk Sınırı (Wg) değerleri;

$$W_g = \sqrt{15.2 (LL - 16.3)} + 9 \quad \text{ilişkisinden (Casagrande,}$$

1932, Kezdi, 1980; Kiper, 1983) hesaplanmış olup, çalışma alanındaki zeminlerin kıvam sınırları ve indeksleri, Ek Açıklamalar- C' de; toplu olarak; ince taneli örneklerle ait değerlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları Çizelge- 4.2' de verilmiştir.

4.3.1.d. Doğal birim hacim ağırlık

Konsolidasyon deneyi yapılmak üzere, örselenme-

den, iç hacmi bilinen konsolidasyon halkasına alınan 6 örneğin doğal birim hacim ağırlık (γ_n) değerleri;

$$\gamma_n = \frac{\text{halkaya alınan örneğin ağırlığı (W_T)}}{\text{halkanın iç hacmi (V_T)}} \quad (\text{g/cm}^3)$$

ilişkisinden hesaplanmıştır.

Söz konusu örneklere ait doğal birim hacim ağırlık değerleri, Ek Açıklamalar- C' de, Çizelge- 4.3' de ise

Çizelge 4.2. Çalışma alanının ince taneli düzeylerinden alınan örneklerin indeks özelliklerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

Kıvan sınırları, indeksleri	Değişim aralığı		Aritmetik ortalama ($\bar{x}$)	Standart hata (S_x)	Standart sapma (S)
	En az	En çok			
LL (%)	51.00	67.00	55.48	0.85	4.25
PL (%)	20.00	31.00	25.16	0.52	2.58
Ip (%)	23.00	43.00	30.24	0.97	4.87
Ls (%)	13.00	16.00	14.44	0.21	1.04
Wg (%)	31.30	36.76	33.31	0.28	1.39
A	0.68	1.37	1.04	0.03	0.16

Çizelge 4.3. Ürselenmemiş örneklere ilişkin birim hacim ağırlık, porozite, boşluk oranı, doğal su içeriği, doyumluluk derecesi, maksimum hacımsal değişim değerlerinin istatistiksel değerlendirme sonuçları.

İndeks özellikler	Değişim aralığı		Aritmetik ort. ($\bar{x}$)	Standart hata (S_x)	Standart sapma (S)
	En az	En çok			
γ_n (g/cm)	1.74	1.87	1.81	0.02	0.05
n (%)	43.00	50.00	45.16	1.03	2.54
e (%)	75.00	101.00	83.00	3.73	9.14
Wn (%)	22.00	32.00	27.16	1.25	3.07
Sr (%)	84.00	95.00	88.66	1.44	3.54
Vmax (%)	23.90	29.90	26.68	0.84	2.06

bu değerlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları sunulmuştur.

4.3.1.e. Porozite ve boşluk oranı

Konsolidasyon deneyleri için alınan örselenmemiş örneklerin porozite (n) ve boşluk oranı (e) değerleri;

$$n = \frac{(V_T - W_s/\gamma_s)}{V_T} \quad \text{ve} \quad e = n/(1 - n)$$

ilişkileri kullanılarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanındaki zeminlerin ince taneli düzeylerinden alınan örselenmemiş örnekler üzerinde belirlenen porozite ve boşluk oranı değerleri, Ek Açıklamalar- C' de; bu değerlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları ise Çizelge- 4.3' de verilmiştir.

4.3.1.f. Doğal su içeriği ve doyumluluk derecesi

Konsolidasyon deneyleri için alınan 6 örselenmemiş örneğin doğal su içeriği (natural water content, W_n) ve doyumluluk derecesi (degree of saturation, S_r) değerleri;

$$W_n (\%) = \frac{W_T - W_s}{W_s} * 100 \quad \text{ve}$$

$$S_r (\%) = \frac{(W_T - W_s)/\gamma_w}{V_T - (W_s/\gamma_s)} * 100 \quad \text{ilişkilerinden}$$

hesaplanmıştır.

Çalışma alanı zeminlerinden alınan 6 örselenmemiş örnek üzerinde belirlenen doğal su içeriği ve doyumluluk derecesi değerleri, Ek Açıklamalar- C' de ve yine bu değerlerin istatistiksel değerlendirme sonuçları, Çizelge- 4.3' de verilmiştir.

4.3.1.g. Sıvılık indeksi

Konsolidasyon deneyleri için alınan örselenmemiş örneklerin sıvılık indeksi (liquidity index, I_L) değerleri;

$$I_L = \frac{W_n - PL}{LL - PL} \quad \text{ilişkisinden hesaplanmıştır.}$$

Çalışma alanındaki çökellerin ince taneli düzeylerinden alınan örselenmemiş örneklerle ait I_L değerleri, 0-0.3 arasında değişmekte olup, plastik özelliği ifade etmektedir. Her bir örneğe ait I_L değerleri Ek Açıklamalar- C' de diğer indeks özelliklerle birlikte verilmiştir.

4.3.2. Çalışma alanındaki zeminlerin mühendislik sınıflaması

Çalışma alanından alınan 27 adet zemin örneği, Üçgen Sınıflama ve Birleştirilmiş Zemin Sınıflamasına göre, laboratuvar deneyleri ile saptanan indeks özellikler kullanılarak sınıflandırılmıştır.

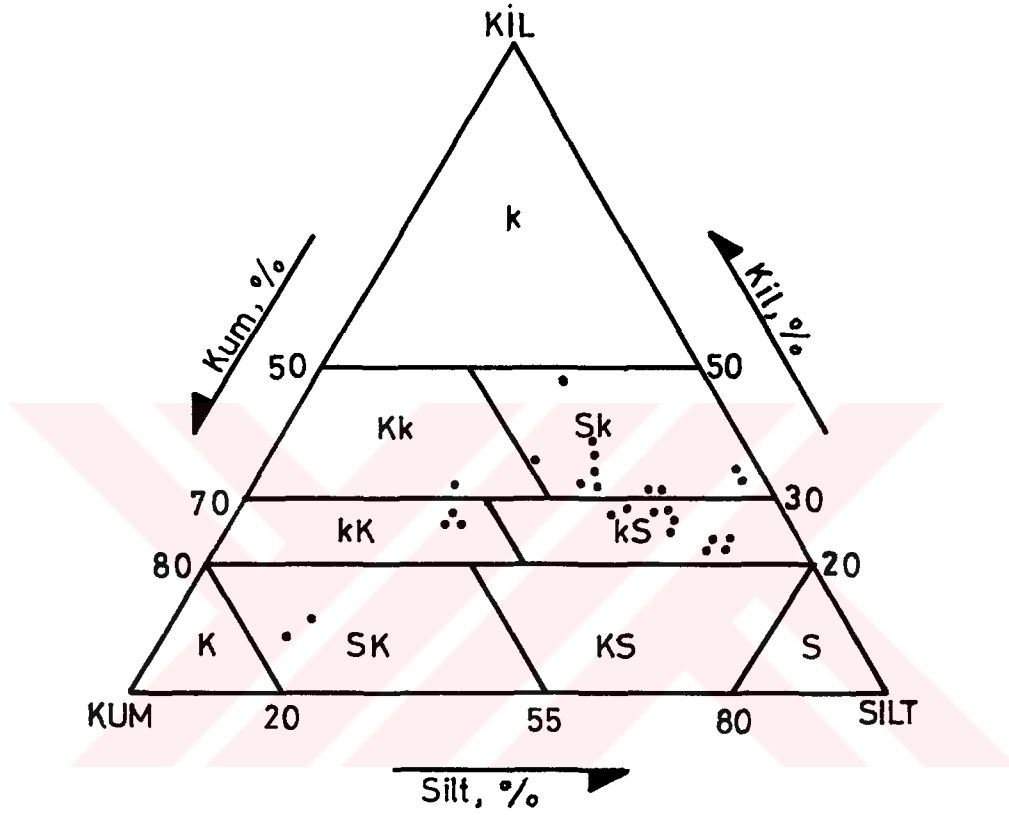
4.3.2.a. Üçgen sınıflama

Çalışma alanındaki zeminlerden alınan 27 adet toprak örneğinin, tane boyu dağılım eğrilerinden elde edilen kum (K), silt (S) ve kil (k) yüzdelerine göre, US Mühendislik Heyeti üçgen sınıflama abacı üzerindeki dağılımı Şekil- 4.4' de verilmiştir. Bu dağılıma göre; örneklerin % 41' i siltli kil (Sk), % 38'i killi silt (kS), % 11' i killi kum (kK), % 7' si siltli kum (SK), % 3' ü kumlu kil (Kk) grubuna girmektedir.

Her örneğin üçgen sınıflamada yer aldığı grubun adı Ek Açıklamalar- C' de, indeks özelliklerle birlikte verilmiştir.

4.3.2.b. Birleştirilmiş zemin sınıflaması

Cassagrande tarafından, zeminlerin tane boyu dağılımı ve kıvam sınırlarına bağlı olarak geliştirilen birleştirilmiş zemin sınıflamasında zeminler iri taneli



Sekil 4.4. Çalışma alanından alınan 27 adet örneğin üçgen sınıflama abacı üzerindeki dağılımı (Us Corps of Engineers triangular Chart for Soil Classification, 1943)

(tanelerin % 50' den fazlası 200 no' lu elek açıklığı olan 0.074 mm' den daha iri) ve ince taneli (tanelerin % 50' den fazlası 200 no' lu elek açıklığı olan 0.074 mm' den daha ince) olmak üzere iki ana gruba ayrılmaktadır. Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanından alınan zemin örneklerinin Birleştirilmiş Zemin Sınıflaması (Şekil- 4.5)' ndaki yerleri, bu sınıflamaya uygun olarak, plastiklik çizelgesi üzerinde belirlenmiştir (Şekil- 4.6). Örneklerin, plastiklik çizelgesi üzerindeki dağılımı incelendiğinde, noktaların, A çizgisinin üzerinde bulundukları görülmektedir. Çalışma alanının killi ve ince taneli düzeylerinden alınan örneklerin % 4' ü MH (elastik silt) ve % 96' sı CH (plastisitesi yüksek inorganik kil) grubuna girmektedir.

Yine çalışma alanından daha derinlerden (5-8 m.) alınan iri taneli zemin grubuna giren örneklerin ikisi de SC (killi kum) grubuna girmektedir (Ek Açıklamalar C ve harita örnek no. 3, 5).

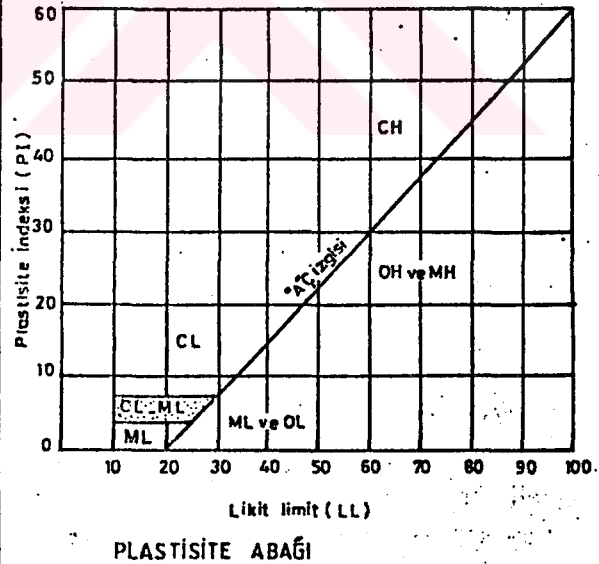
Çalışma alanında zeminlerin ince taneli düzeylerinin ortalama aktiflik değerleri, $A = 1.04$ dür (Bkz. Çizelge 4.2). Bu ortalamaya göre zeminler, Skempton (1953)' ın Çizelge 4.4' te verilen aktiflik sınıflamasında normal aktif killer grubuna girmektedir.

Çizelge 4.4. Killerin aktiflik açısından sınıflandırılması (Skempton, 1953; Gillot, 1968).

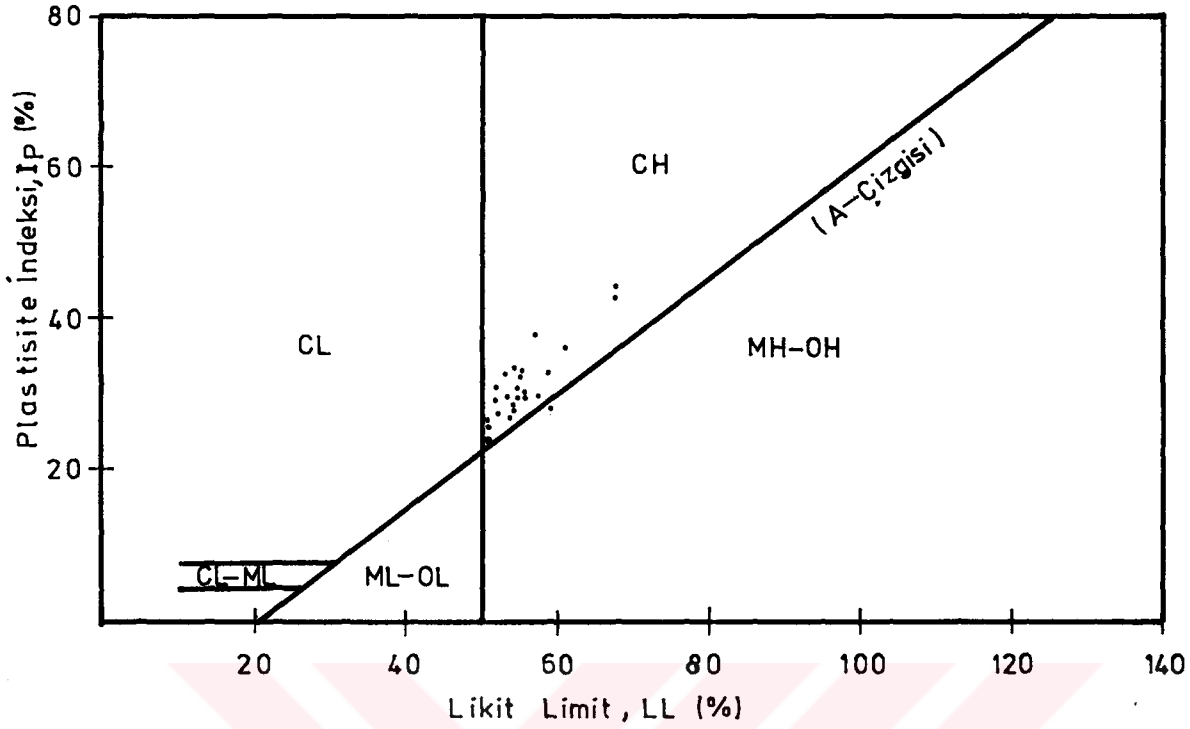
KİL TANIMLAMASI	AKTİFLİK (A)
Aktif olmayan killer	$A < 0.75$
Normal aktif killer	$0.75 < A < 1.25$
Aktif killer	$1.25 < A$

Ana bölümler	Grup simgeleri	Tipik adlandırma	Laboatuvarda sınıflama ölçütleri
İri - taneli zeminler (Malzemenin yarıdan fazlası 200 no.lu elek boyundan daha büyük)	Çakıllar (İri taneli malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük)	GW	İyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı, ince malzeme çok az veya hiç yok
	Silt çakıl (İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük)	GP	Kötü derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımı, ince malzeme çok az veya hiç yok
	Silt çakıl (İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük)	GM*	Siltli çakıl, çakıl-kum-silt karışımı
	Silt çakıl (İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük)	GU	Siltli çakıl, çakıl-kum-silt karışımı
	İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük	GC	Killi çakıl, çakıl-kum-silt karışımı
	İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük	SW	İyi derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok
	İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük	SP	Kötü derecelenmiş kum, çakıllı kum, ince malzeme çok az veya hiç yok
	İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük	SM*	Siltli kum, kum-silt karışımı
	İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük	SU	Siltli kum, kum-silt karışımı
	İnce malzemenin yarıdan fazlası 4 no.lu elek boyundan daha büyük	SC	Killi kum, kum-kil karışımı
İnce-taneli zeminler (Malzemenin yarıdan fazlası 200 no.lu elek boyundan daha küçük)	Siltler ve killler (Likit limit 50'nin altında)	ML	İnorganik silt ve çok ince kum, kayac unu, siltli veya killi ince kum veya plastisitesi düşük killi silt
	Siltler ve killler (Likit limit 50'nin altında)	CL	Plastisitesi düşük veya orta inorganik kil, çakıllı kil, kumlu kil, siltli kil, zayıf kil
	Siltler ve killler (Likit limit 50'nin altında)	OL	Organik silt ve plastisitesi düşük organik siltli kil
	Siltler ve killler (Likit limit 50'nin üstünde)	MH	İnorganik silt, mikalı veya diatomeli, ince kumlu veya siltli toprak, elastik silt
	Siltler ve killler (Likit limit 50'nin üstünde)	CH	Plastisitesi yüksek inorganik kil, şişkin kil
	Siltler ve killler (Likit limit 50'nin üstünde)	OH	Plastisitesi orta veya yüksek organik kil, organik silt
	Oldukça organik zeminler	Pt	Turba ve oldukça organik diğer zeminler

- *GM ve SM'nin alt grupları olan d ve u silt karayolları ve hava alanları içindir. LL 28 ve PI < 6 ise "d", LL > 28 ise "u" simgesi kullanılır.
- **İki bitişik grubun özelliklerini gösteren sınır zonundaki zeminler için kullanılır ve her iki grup, simgesi birlikte yazılır. (ör: GW-GC: kil çimentosu ile karışık iyi derecelenmiş çakıl-kum).

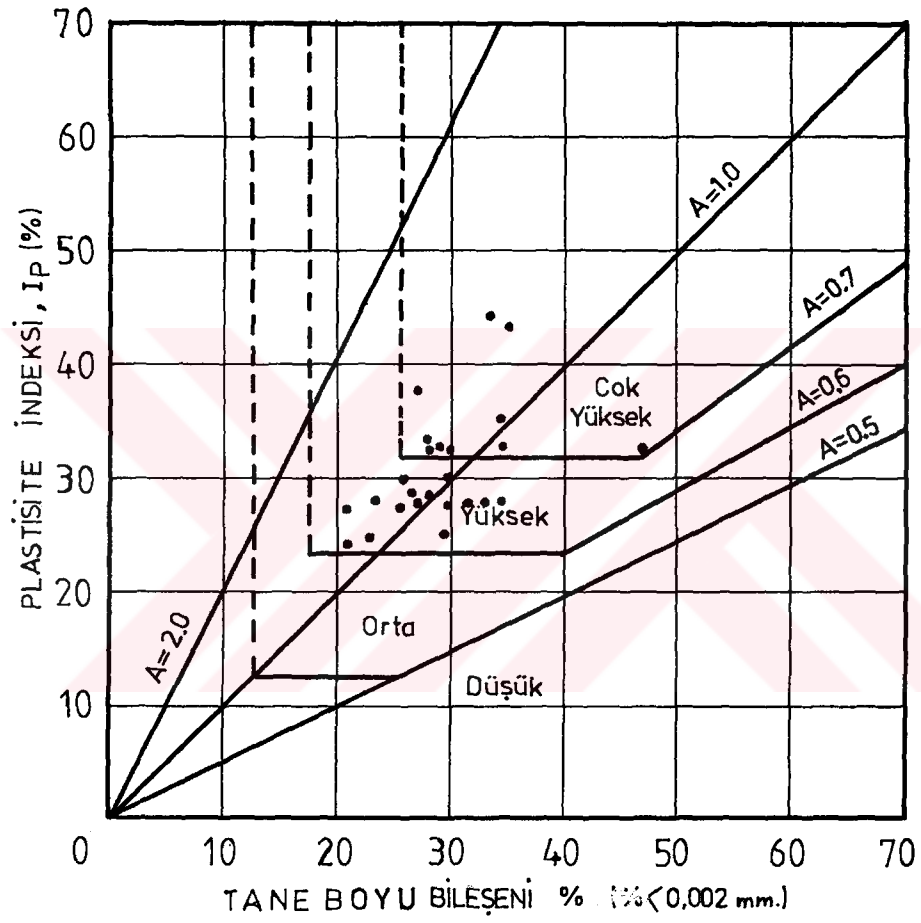


Şekil 4.5. Birleştirilmiş zemin sınıflaması (USBR, 1974, Earth Manual; Ulusay, 1989).



Sekil 4.6. Çalışma alanının ince taneli düzeylerinden alınan örneklerin plastiklik çizelgesi üzerindeki dağılımı.

Çalışma alanının ince taneli düzeylerinden alınan örneklerin, VAN DER MERVE (1964)' in şişme potansiyeli abağı üzerindeki dağılımı Şekil 4.7' de görülmektedir. Bu abak üzerinde; örneklerin % 60'ı şişme potansiyeli yüksek, % 40' ı ise şişme potansiyeli çok yüksek olan bölgelerde ver almaktadır.



Sekil 4.7. Çalışma alanının ince taneli düzeylerine ait örneklerin VAN DER MERWE (1964)' in Şişme Potansiyeli Abağı üzerindeki dağılımı.

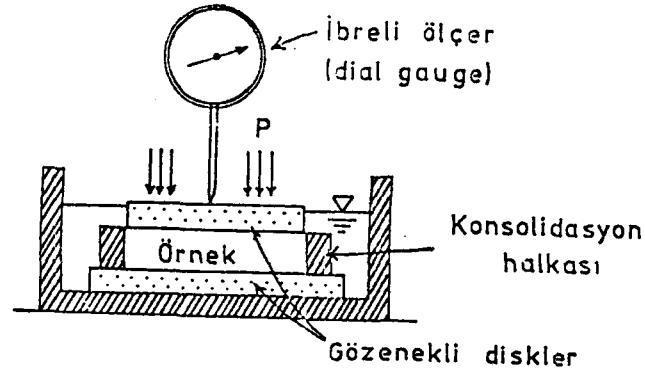
4.3.3. Konsolidasyon kuramı, önyükleme sorunu ve çalışma alanındaki zeminlerin konsolidasyon özellikleri

Suya doygun killeri üzerindeki basınç arttırıldığında, içerdigi suyun bir kısmını atarak sıkışmaktadır. Bu da konsolidasyon sürecini meydana getirir.

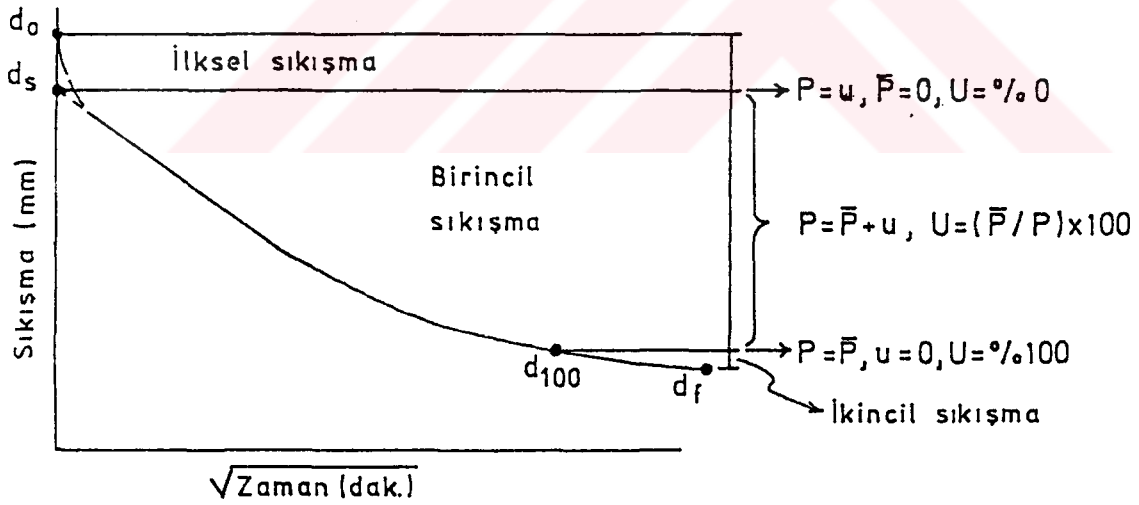
Birim alanda arttırılan yükler konsolidasyon basıncı olarak bilinen konsolidasyonu meydana getirirler. Birincil sıkışmanın ilk anlarında konsolidasyon basıncı, nerdeyse tamamen zeminin boşluklarındaki su tarafından karşılanır. Konsolidasyon sürecinin başlangıcında, sözkonusu gözenek suyu ek basıncı, konsolidasyon basıncına (zemin üzerindeki basınç) eşit olmaktadır ($P=u$). Zemin gözeneklerindeki su zamanla drene oldukça, kil üzerindeki efektif gerilme artmaktadır. Gözenek suyundaki hidrostatik fazla basınç, birincil sıkışma süreci boyunca, kildeki suyun alt ve üstteki geçirimli birimlere doğru drene olması ile birlikte azalarak sonunda $u=0$ olur. Birincil sıkışma süreci $P=\bar{P}+u$ eşitliği ile temsil edilirken, sürecin başında $P=u$, sonunda ise $P=\bar{P}$ olmaktadır (Terzaghi & Peck, 1967).

Konsolidasyon kuramı, killi zeminlerde yapı basınçları ile meydana gelecek oturma miktarını laboratuvarında deneysel yollarla belirlemek amacı ile oluşturulmuştur. Doğal şartlarda üzerlerindeki yapı basınçları nedeni ile, killerdeki su alt ve üstteki geçirimli birimlere drene olmakta ve sıkışma meydana gelmektedir. Laboratuvarında ise, iki tane gözenekli disk arasında ve konsolidasyon halkası içerisindeki zemin, üzerindeki sabit basınç altında, zamana bağlı olarak, bünyesindeki suyu atarak sıkışmakta ve konsolidasyon gerçekleşmektedir (Şekil 4.8-4.9).

Konsolidasyon deneyleri ile örselenmemiş zemin örneği üzerinde uygulanan basınçlarla, her basınç aşaması için 24 saat sonunda dengeye gelen boşluk



Şekil 4.8. Konsolidasyon hücresi.



Şekil 4.9. Killi topraklarda, durağan basınç altında, zamanla gelişen sıkışmayı gösteren sıkışma-zaman eğrisi (Lambe, 1967; Kiper, 1983).

oranı değerleri belirlenir. Elde edilen boşluk oranı değerleri, uygulanan basınçların logaritmalarına karşılık grafiğe geçirilerek, sıkışma ve çözülme eğrileri ($e-\log P$) elde edilir.

Şekil 4.10' da Casagrande (1936)' in önyükleme basıncının belirlenmesine yönelik tartışmasından alınan $e - \log P$ eğrileri görülmektedir. Eğrinin doğrusal kesimi (I), özgün sıkışma eğrisi olarak adlanmakta; düşük basınçlardaki, dairesel eğrilik gösteren kesimi (II) ise yeniden sıkışma eğrisi olarak tanımlanmaktadır (Şekil- 4.10). Özgün sıkışma eğrisinin eğimi, sıkışma indeksi (C_c) olarak tanımlanmakta ve;

$$C_c = \frac{e_0 - e_1}{\log(P_1 / P_0)}$$
 ilişkisinden hesaplanmaktadır (Kiper, 1983).

Normal konsolide bir kil üzerinde kurulan mühendislik yapısı, kil üzerindeki basıncı P_0 dan P_1 düzeyine çıkardığında, D-E yolunu izleyerek sıkışacaktır. Bu durumda meydana gelen sıkışma $\Delta 2$ düzeyinde olacaktır. Aşırı konsolide bir kil söz konusu olduğunda ise B-C yolunu izleyerek sıkışacak ve $\Delta 1$ düzeyinde sıkışma olacaktır. $\Delta 1$ ve $\Delta 2$ karşılaştırıldığında, $\Delta 1$ ' in ihmal edilecek kadar küçük olduğu görülür. Böylece aşırı konsolide killere üzerine inşa edilecek yapılarda meydana gelecek oturmalar, önyükleme basıncı geçilmedikçe önemsenmemektedir (Terzaghi & Peck, 1967).

$e-\log P$ eğrilerinden yaklaşık önyükleme basıncının belirlenmesi mümkündür ve bu yaklaşım Cassagrande (1936) tarafından geliştirilmiştir (Şekil 4.10). İlk olarak $e-\log P$ eğrisinin en eğri olduğu ve eğrilik varıcapı minimum olan nokta (A) belirlenir, daha sonra A noktasının teğeti (AF) ve yine A noktasından basınç eksenine bir paralel (AB) çizilir. BAF açısının açı ortayı olan D çizildikten sonra, sıkışma eğrisinin en doğru kısmının uzantısının D doğrusunu kestiği noktanın (C) basınç eksenindeki izdüşümü önyükleme basıncı-

nı (P_c), yani o kilin geçmişte etkisinde kaldığı en yüksekbasıncı verir (Smith, 1990). Aşırı konsolide killeri için $P_c > P_o$, normal konsolide killerde $P_c = P_o$ olacaktır.

İnceleme alanından örnek kalıbına alınan 6 adet örselenmemiş örnek parafinlendikten sonra, deney yapılınca kadar desikatör içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra konsolidasyon halkasına alınan örnekler üzerinde yapılan deneylerde WYKEHAM FARRANCE konsolidasyon deney aleti kullanılmış ve aşağıdaki yol izlenmiştir.

İlk olarak halka ile birlikte tartılan örselenmemiş örnek, alt ve üstünde gözenekli diskler olmak üzere konsolidasyon hücresine monte edilmiştir. Konsolidasyon hücresi konsolidasyon aletine yerleştirilerek su ile doldurulmuş ve ilk yükleme 75 mm çaplı halka için 0.25 kg/cm^2 düzeyinde yapılmıştır. Yükleme anından itibaren, 10., 15., 30. saniyelerde, 1., 2., 4., 8., 15., 30. dakikalarda ve 1., 2., 4. 24. saatlerde ibreli ölçerden sıkışma okumaları alınmıştır. Basınç aşamaları 75 mm çaplı halka için $0.25 - 0.50 - 1.00 - 2.00 - 4.00 - 8.00 - 16.0 - 32.0 \text{ kg/cm}^2$ düzeylerinde olacak biçimde seçilmiştir. Ters yükleme işleminde ise $4.00 - 0.50 \text{ kg/cm}^2$ lik basınç düzeyleri seçilmiştir. Deneyin sonunda, örnek halka ile birlikte konsolidasyon hücresinden çıkarılacak tartılmış ve 105°C lik fırında 24 saat süre ile kurutulmuş, fırından çıkarılan örnek, bir kez daha tartılmıştır.

Her basınç aşaması için örnek kalınlığı (H),

$$H = H_o - d_f \quad (\text{cm}) \quad \text{ilişkisinden;}$$

boşluk kalınlığı (H_v)

$$H_v = H - \frac{(W_s / \gamma_s)}{\pi (D/2)^2} \quad (\text{cm}) \quad \text{ilişkisinden;}$$

boşluk oranı (e),

$$e = \frac{H_v}{(H_o - H_v)} \quad \text{ilişkisinden;}$$

ortalama drenaj yolu ($H/2$),

$$(\bar{H}/2) = \frac{H_o + H}{4} \quad (\text{cm}) \quad \text{ilişkisinden;}$$

sıkışabilirlik katsayısı (a_v),

$$a_v = \frac{e}{p} \quad (\text{cm}^2/\text{kg}) \quad \text{ilişkisinden;}$$

hacımsal sıkışabilirlik katsayısı (m_v),

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e} \quad (\text{cm}^2/\text{kg}) \quad \text{ilişkisinden hesaplanmıştır.}$$

konsolidasyon katsayısı (C_v),

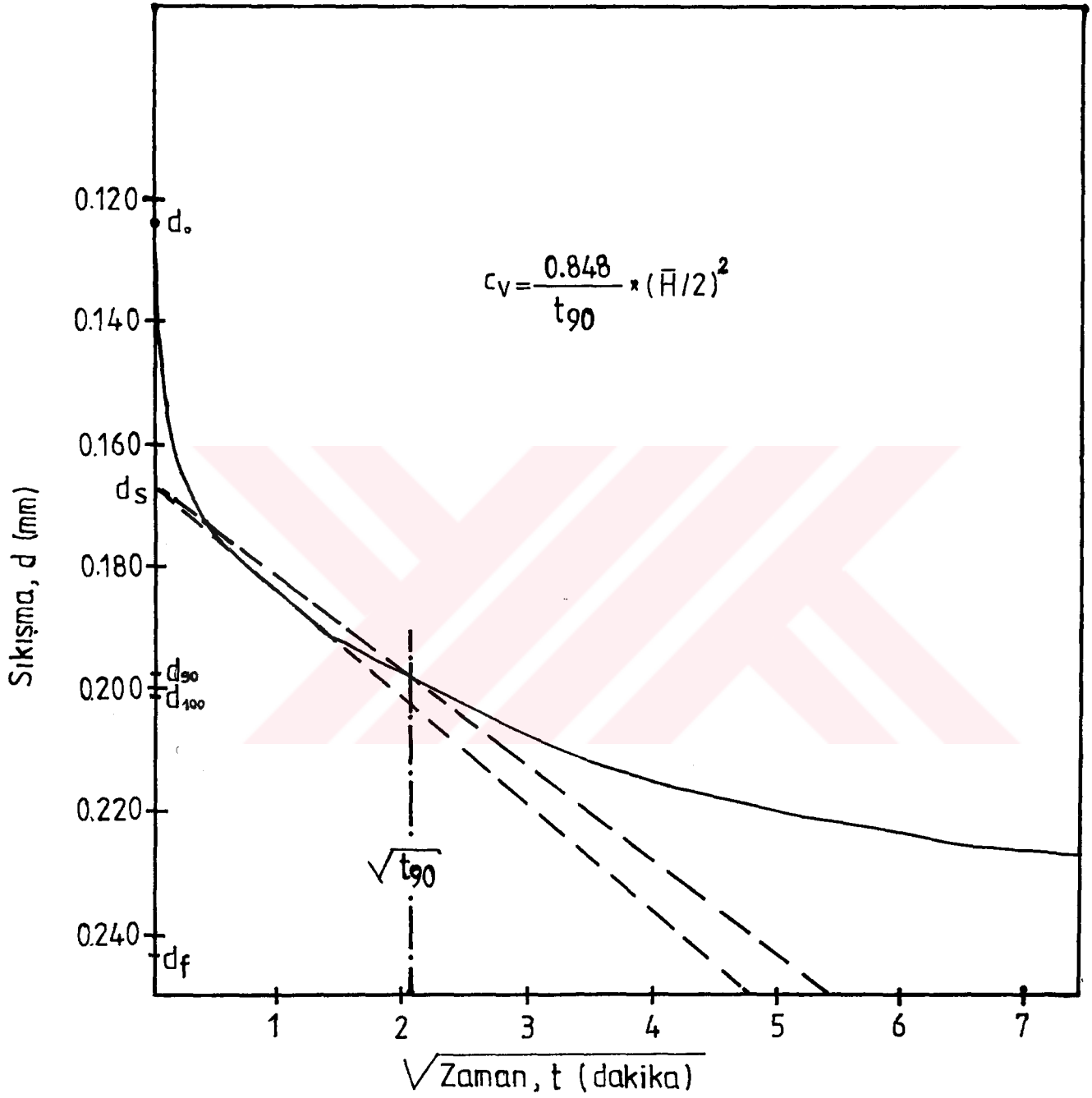
$$C_v = \frac{0.848}{t_{90}} * (\bar{H}/2)^2 \quad (\text{cm}^2/\text{sn}) \quad \text{eşitliğinden}$$

hesaplanmıştır. Bu eşitlikte, 0.848; %90 konsolidasyon derecesi ($u = \% 90$) ne karşılık gelen zaman faktörü (T_v) değeridir (Means and Parcher, 1963). Yine bu eşitlikteki t_{90} değeri ise, Şekil- 4.11' de örneği görülen sıkışma - zaman eğrilerinden, Lambe (1967) ve Kezdi (1980)' nin önerdikleri biçimde karekök bağdaştırma yöntemi ile belirlenmiştir. Bu yöntemle göre, eğrinin doğrusal kısmının uzantısının sıkışma eksenini kestiği nokta (d_s) dan, bu doğrunun ters eğiminin 1.15 katı fazla ters eğime sahip bir doğru çizilmekte; doğrunun sıkışma - zaman eğrisini kestiği noktanın yatay eksenindeki izdüşümü t_{90} değeri olarak alınmaktadır (Şekil- 4.11) (Kiper, 1983).

Yine her basınç aşaması için geçirimsizlik katsayısı (k),

$$k = C_v * m_v * \gamma_w \quad (\text{cm}/\text{sn}) \quad \text{ilişkisinden hesaplanmıştır.}$$

Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanından alınan örselenmemiş örneklerle ait konsolidasyon verileri, Ek



Şekil 4.11. Karekök bağdaştırma yöntemi ile t_{90} ' in belirlenmesi.

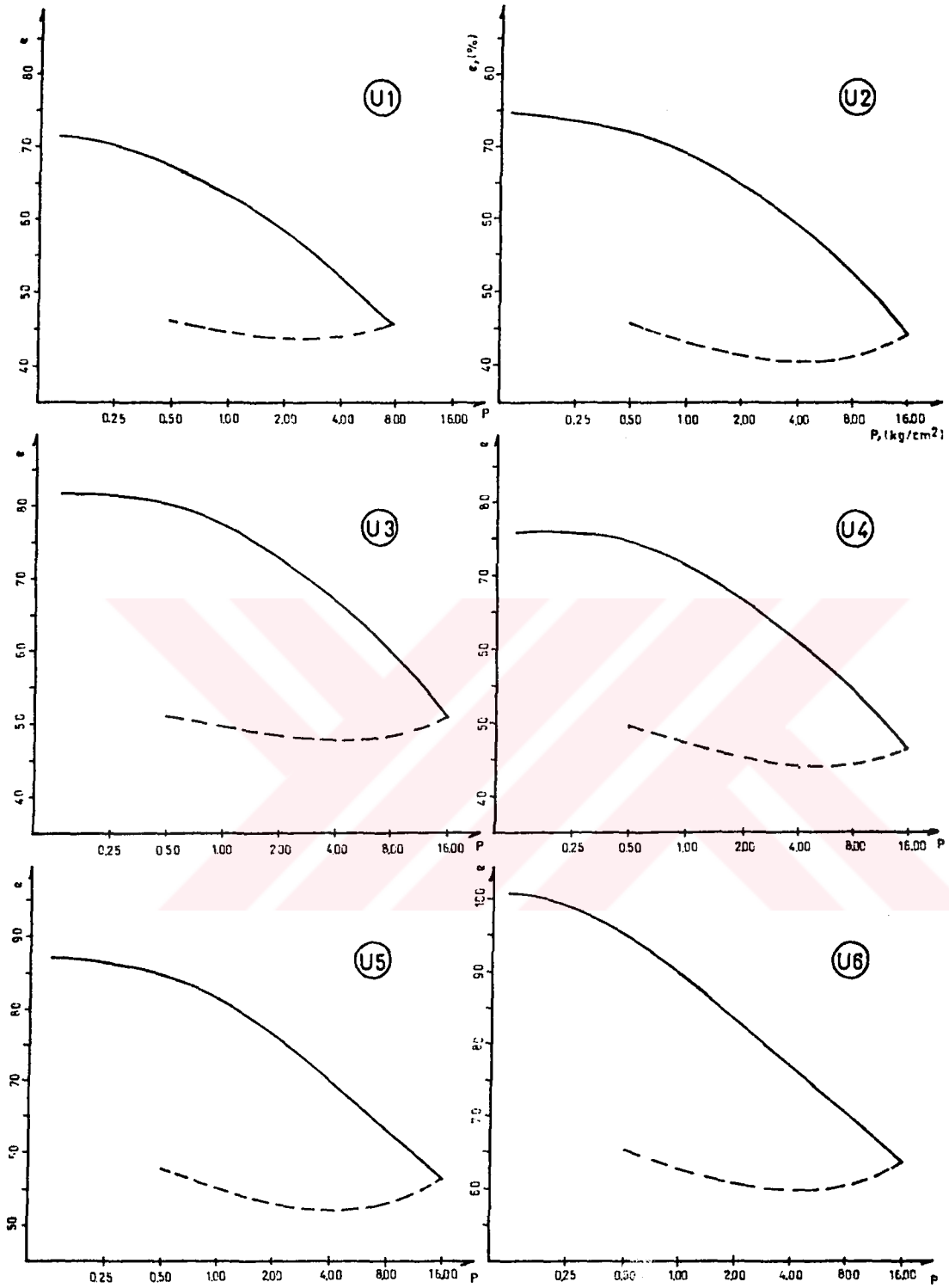
Açıklamalar- D' de verilmiştir. Üzerinde denev yapılan örneklerin sıkışma eğrileri Şekil- 4.12' de birarada görülmektedir. Sıkışma eğrileri üzerinde belirlenen önyükleme basıncı (P_c) ve sıkışma indeksi (C_c) değerleri ile, çözülme eğrileri üzerinde belirlenen şişme indeksi (C_s) değerleri Çizelge- 3.5' de verilmiştir. Her

Çizelge 4.5. Çalışma alanındaki zeminlerin ince taneli düzeylerinden alınan örselenmemiş örneklere ait, P_c , C_c , C_s , M_v , c_v , ve k değerleri istatistiksel değerlendirme sonuçları.

	Değişim aralığı		Aritmetik	Standart	Standart
	En az	En çok	ort. ($\bar{x}$)	hata (S_x)	sapma (S)
P_c (kg/cm^2)	0.59	1.36	1.06	0.14	0.33
C_c	0.16	0.26	0.23	0.00	0.03
C_s	0.01	0.02	0.02	0.00	0.00
$x10^{-2} \frac{M_v}{\text{cm}^2/\text{kg}}$	2.21	6.32	3.87	0.01	0.02
$x10^{-5} \frac{c_v}{\text{cm}^2/\text{sn}}$	2.10	3.84	2.68	0.26	0.64
$x10^{-6} \frac{k}{\text{cm/sn}}$	6.44	34.00	12.96	3.93	9.61

P_c = Önyükleme basıncı; C_c = Sıkışma indeksi; C_s = Şişme indeksi; M_v = Hacımsal sıkışabilirlik katsayısı; c_v = Konsolidasyon katsayısı; k = Geçirimsizlik katsayısı.

örnek için P_c değeri, Casagrande (1936)' nin grafiksel çözümü yöntemi ile saptanmıştır (Smith, 1990) (Şekil- 4.10.a). C_c değerleri, $e - \log P$ eğrilerinin sahip oldukları en yüksek eğim değeri olarak alınmıştır. C_s değerleri ise, çözülme eğrilerinin ortalama eğimleri olarak alınmıştır.



Sekil 4.12. Çalışma alanındaki killidüzeylerin konsolidasyon deneyleri ile elde edilen sıkısmacözülme eğrileri.

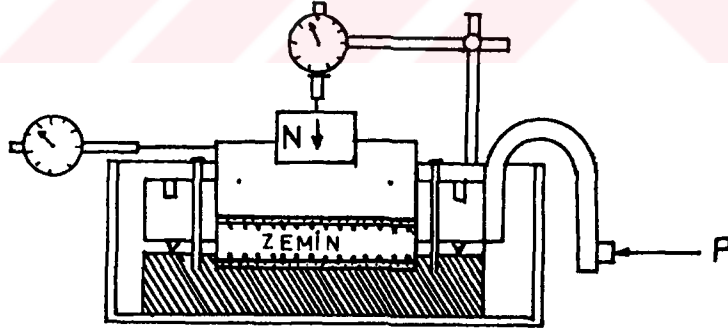
4.3.4. Çalışma alanındaki zeminlerin kayma mukavemeti

Çalışma alanından alınan 6 adet bozunmamış örnek üzerinde, zeminlerin kayma mukavemetini saptamak üzere; suya doygun catlaksız killi zeminlerde serbest basınç davranımı, siltli-kumlu zeminlerde ise kesme kutusu denevi yapılmıştır (B.S.' e göre).

4.3.4.1. Kesme kutusu denevi

Kesme kutusu denevleri WYKEHAM FARRANCE kesme kutusu denev aleti ile yapılmıştır.

Kesme kutusu denevinde, dikdörtgen şeklindeki örnek (6 cm x 6 cm) iki parcadan oluşan rijit bir kutu içine yerleştirilerek, uygulanan kesme kuvveti etkisi altında, kutunun üst parçası sabit tutulurken alt parçası yatay bir düzlem boyunca kaymaya zorlanır. Kesme kutusu denev düzeneği Şekil 4.13' te görülmektedir.

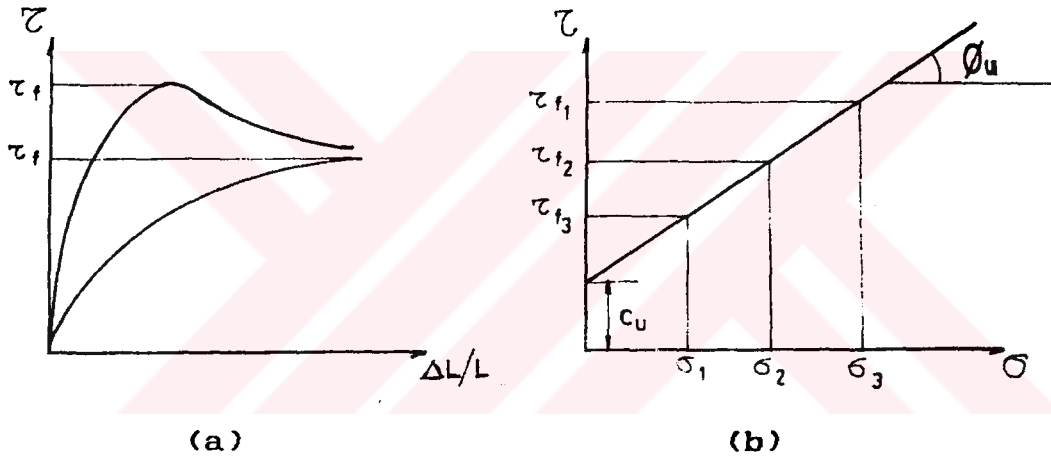


Şekil 4.13. Kesme kutusu denev düzeneği

Örnek üzerine normal gerilme uygulamak ve böylece kesmeden önce zeminin konsolide olması ve kesme sırasında gerilmelerin kontrol altında tutulması mümkündür. Bu denevde, zemin örneğin ortasından geçen yatay bir düzlem boyunca kırılmaya zorlanmaktadır. Belirli bir normal gerilme altında, uygulanan kesme kuvveti ile meydana gelen yatay yer değiştirmeler ölçülmekte ve

Sekil 4.14.a. daki denev eğrileri elde edilmektedir. Deney esnasında ulaşılan en büyük kayma gerilmesi veya venilme kabul edilebilecek sekil değiştirmelere yol açan kayma gerilmesi zeminin belirli bir normal gerilme altında kayma mukavemetini vermektedir. Denev değişik normal gerilmeler altında tekrarlanarak Şekil 4.14.b dekine benzer mukavemet zarfı elde edilebilir.

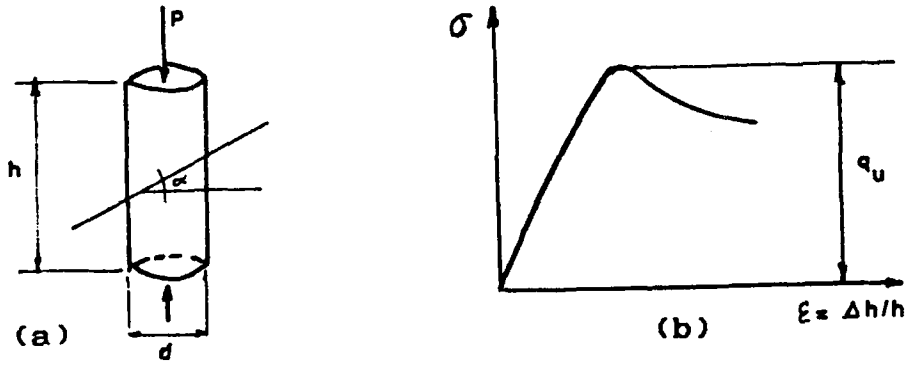
Çalışma alanından alınan bozunmamış örnekler üzerinde yapılan kesme kutusu denevlerinden elde edilen C_u (kohezyon) ve ϕ_u (içsel sürtünme açısı) değerleri Ek Açıklamalar- C de verilmiştir.



Sekil 4.14. Kesme kutusu denevi sonuçları

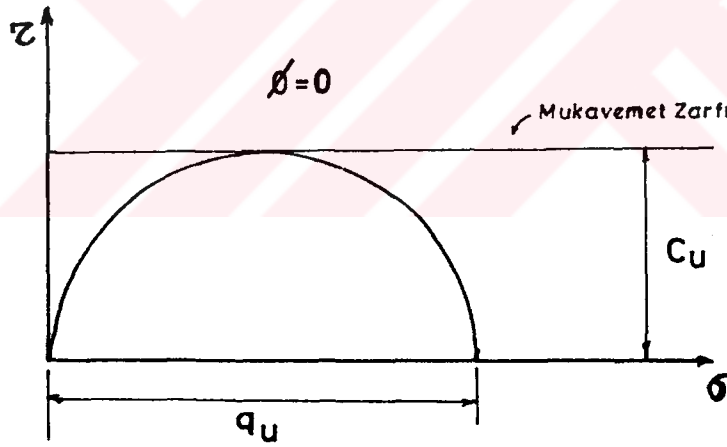
4.3.4.2. Serbest basınç denevi

Suva dovuğun killi zeminlerde serbest basınç denevi yapılmıştır. Serbest basınç denevinde silindirik bir zemin eksenini doğrultusunda vüklemeve tabi tutulmuştur (Sekil 4.15.a). Eksen boyunca uygulanan vüklere karşılık gelen boydaki kısalmalar ölçülmüş, vük artışı ile meydana gelen çap değişimleri ile ilgili alan düzeltmeleri yapılarak Sekil 4.15.b' dekine benzer gerilme-deformasyon grafikleri elde edilmıştır. Gerilme-deformasyon grafiklerindeki eksenel gerilmenin en büyük değeri zeminin serbest basınç davranımı değeri olarak



Şekil 4.15. Serbest basınc denevi ve sonuçlarının değerlendirilmesi.

alınmıştır. Daha sonra serbest basınc deneyinde venilme anındaki gerilme durumunu gösteren Mohr dairesi ve drenajsız kavma davranımı zarfı Şekil 4.16' daki gibi çizilerek c_u (kohezyon) değeri saptanmıştır.



Şekil 4.16. Serbest basınc denevi sonuçlarını gösteren Mohr dairesi ve mukavemet zarfı.

Çalışma alanına ait örneklerin kavma davranımı parametreleri (ϕ , c) ortalama; $\phi = 22^\circ$ ve $c = 0.43$ kg/cm^2 olarak belirlenmiştir.

5. SONUCLAR VE TARTISMALAR

5.1. Sonuclar

Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanındaki temel zeminlerinde yapılan saha gözlemleri ve laboratuvar çalışmalarından elde edilen verilerin birlikte değerlendirilmesi ile varılan genel sonuçlar, aşağıda özetlenmiştir (3 ve 5 no' lu lokasyonlardan alınan örnekler, çalışma alanındaki temel zeminleri olmadığından, istatistiksel değerlendirmelerde göz önüne alınmamıştır, sadece o seviyeler için bilgi niteliğindedir).

a. Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanında geniş alanlar kaplayan çökeller genellikle akarsu ortamlarına özgü karakteristiklere sahiptir; istifin en altında Fadlım üvesi Mivosen vaşlı jips ve üzerinde kumlu çakıllar, en üstte ise Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanı zeminlerini oluşturan siltli ve killi düzeyler bulunmaktadır.

b. Çalışma alanındaki çökellerin ince taneli düzeylerinde, kil mineralleri, özellikle simektit egemendir. Az miktarda da illit, klorit ve klorit-vermikülit interstratifivesi içerirler. Çökellerin silt, kum ve çakıl boyundaki tanelerini ise, kalsit, feldispat ve kuvars oluşturmaktadır.

c. Çalışma alanındaki çökellerin ince taneli düzeylerinin tane özgül ağırlık değerleri, 2.27 ile 2.66 arasında değişmekte olup, ortalama olarak 2.60 düzeyindedir.

d. Çalışma alanındaki ince taneli düzeyleri, ortalama olarak % 1 çakıl, % 20 kum, % 47 silt ve % 31 kil oluşturmaktadır. Çökellerin kıvam sınırları ve indeksleri ise, ortalama olarak, LL= % 56; PL= % 25; Ip= % 30; Ls= % 14; Wg= % 33.3; A= 1.04 düzeyindedir. Çökellerin ince taneli düzeylerinden alınan örselenmemiş örnekler üzerinde belirlenen diğer indeks özellik-

ler ise ortalama olarak; $\gamma_n = 1.81 \text{ g/cm}^3$; $n = 0.45$; $e = 0.83$; $W_n = \% 27$ bulunmuştur. Bu örneklerle ait sıvı-
lık indeksleri ise, $I_L = 0$ değeri çevresinde yoğunlaş-
maktadır.

d. Birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre, temel zeminlerinin ince taneli düzeylerinin $\% 96$ 'sı CH; $\% 4$ 'ü MH grubuna girmektedir.

e. Çalışma alanındaki cökellerin ince taneli düzeyleri, aktiflik sınıflamasına göre normal aktif kil-
ler grubuna girmektedirler. VAN DER MERWE (1964)' in
sisme potansiyeli abası üzerindeki dağılıma göre, $\% 40$
1 çok yüksek; $\% 60$ ' 1 yüksek sisme potansiyeline sa-
hiptir.

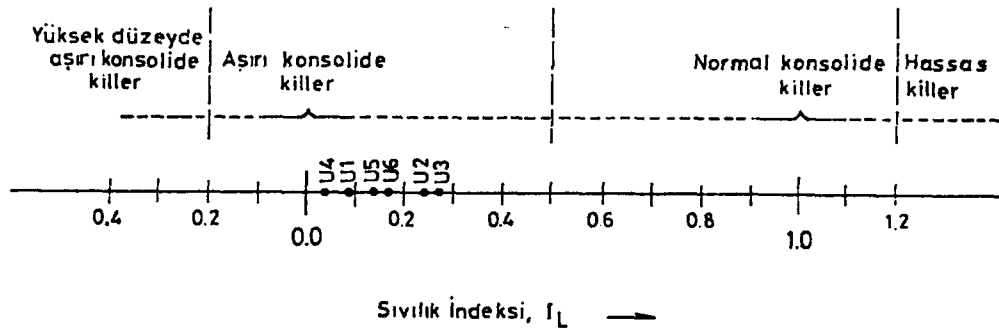
f. Çalışma alanındaki cökellerin ince taneli dü-
zeylerden alınan örselenmemiş örnekler üzerinde yapı-
lan konsolidasyon denevleri sonuçlarına göre, örnek-
lerin önvükleme basınçları $0.59 - 1.36 \text{ kg/cm}^2$ arasında
değişmekte olup, ortalama olarak 1.06 kg/cm^2 düzeyinde-
dir. Belirlenen P_c değerleri, örneklerin alındıkları
derinliklere karşılık gelen örtü basıncı değerlerinden
yüksek ve yakındır. Bu sonuçlara göre zeminler aşırı
konsolide ve konsolide olmuş zeminlerdir. Cökellerin
sıkışma indeksi değerleri, $0.16 - 0.26$ arasında de-
ğişmekte olup, ortalama olarak 0.23 düzeyindedir. $0.25 -$
 16.00 kg/cm^2 basınç aralığında ortalama olarak; hacım-
sal sıkışabilirlik katsayısı $0.0387 \text{ cm}^2/\text{kg}$, konsoli-
dasyon katsayısı değerleri $0.00268 \text{ cm}^2/\text{sn}$; gecirimli-
lik katsayısı değerleri ise $12.96 \times 10^{-8} \text{ cm/sn}$ düzeyinde
bulunmuştur.

g. Örselenmemiş örnekler üzerinde belirlenen
kayma davranımı denevlerine göre zeminlerin ortalama
kohezyon değeri 0.43 kg/cm^2 ve içsel sürtünme açısı 22°
dir.

5.2. Tartışmalar

Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanındaki zeminler sisme potansiyellerinin yüksekliği nedeni ile sorunlu zeminlerdir. Çalışma alanındaki ince taneli düzevlere ait örneklerin hemen tümü, Van Der Merwe (1964)' in sisme potansiyeli abacı üzerinde, sisme potansiyeli yüksek ve çok yüksek olan bölgelere düşmüştür (Bkz. Sekil 4.7).

Sıvılık indeksi değerleri, ROMINGER and RUTLEDGE (1952) ve MEANS and PARCHER (1963)' a göre, cökellerin yüklenme geçmişlerinin sağlıklı bir göstergesidir. MEANS and PARCHER (1963) aşırı konsolide killerde sıvılık indeksi değerlerinin $I_L = 0$ düzeyinde olduğunu, yüksek düzeyde aşırı konsolide killerde ise negatif değerler aldığını belirtmektedirler (Kiper, 1983). Şekil 5.1 'de çalışma alanındaki cökellere ilişkin I_L değerlerinin dağılımı görülmektedir. Bu dağılıma göre, cökeller aşırı konsolide cökellerdir. Bu veri, cökellerde konsolidasyon deneyleri ile belirlenen aşırı konsolidasyon olgusunu desteklemektedir (Sekil 5.1). Aşırı konsolide killere, üzerlerine eklenecek olan



Şekil 5.1. Çalışma alanındaki zeminlerden alınan örneklerin, I_L değerleri ve paze-sindeki dağılımı.

basınçlar, P_c değerini geçmediği sürece çok az sıkışma gösterirken; P_c değeri aşıldığında, önemli oturma sorunları varatabilirler. Bu nedenle Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanında yapılacak binaların zemine, vaklasık olarak 1.15 kg/cm^2 düzeyinde belirlenen P_c değerinin üzerinde basınçlar aktarması sakıncalı olacaktır.

Çalışma alanının killi düzeylerinden alınan örse- lenmemiş örnekler üzerinde yapılan konsolidasyon de- nevlerinden elde edilen verilere göre zeminlerin sı- kışma indeksi (C_c) değerleri ortalama olarak 0.23' dir. Sowers, 1979' un zeminlerin sıkışabilirliği sı- nıflamasına göre zeminler orta sıkışabilirlik özel- liğine sahiptir (Çizelge 5.1).

Oturma sorunu, çalışma alanında Kızılırmak'tan itibaren güneve doğru 250 m. ve Kızılıрмаğa paralel yüzeylenen yeni alüvyonda, önemli bir mühendislik sorunu varatacaktır. Bu alanlarda aşırı konsolidasyon- dan söz edilemez. Bu alüvyonların yer yer son derece yumusak, killi düzeyler içerdiği anlaşılmıştır. Bu yumusak çökellerin, mühendislik uygulamalarında daya- nım problemleri ve şiddetli oturmalar göstermesi ola- sıdır.

Çizelge 5.1. Zeminlerin sıkışabilirliği (Sowers, 1979).

Tanım	Sıkışma indeksi (C_c)	Likit limit (%)
Düşük sıkışabilirlik	0 - 0.19	0 - 30
Orta sıkışabilirlik	0.20 - 0.39	31 - 50
Yüksek sıkışabilirlik	> 0.40	> 51

Çalışma alanında bulunan maksimum hacımsal deği- sim değerleri, hacım değişikliği, şişme basıncı ve muhtemel hasar arasındaki ilişkivi gösteren çizelgeye göre değerlendirildiğinde, çalışma alanındaki zeminle-

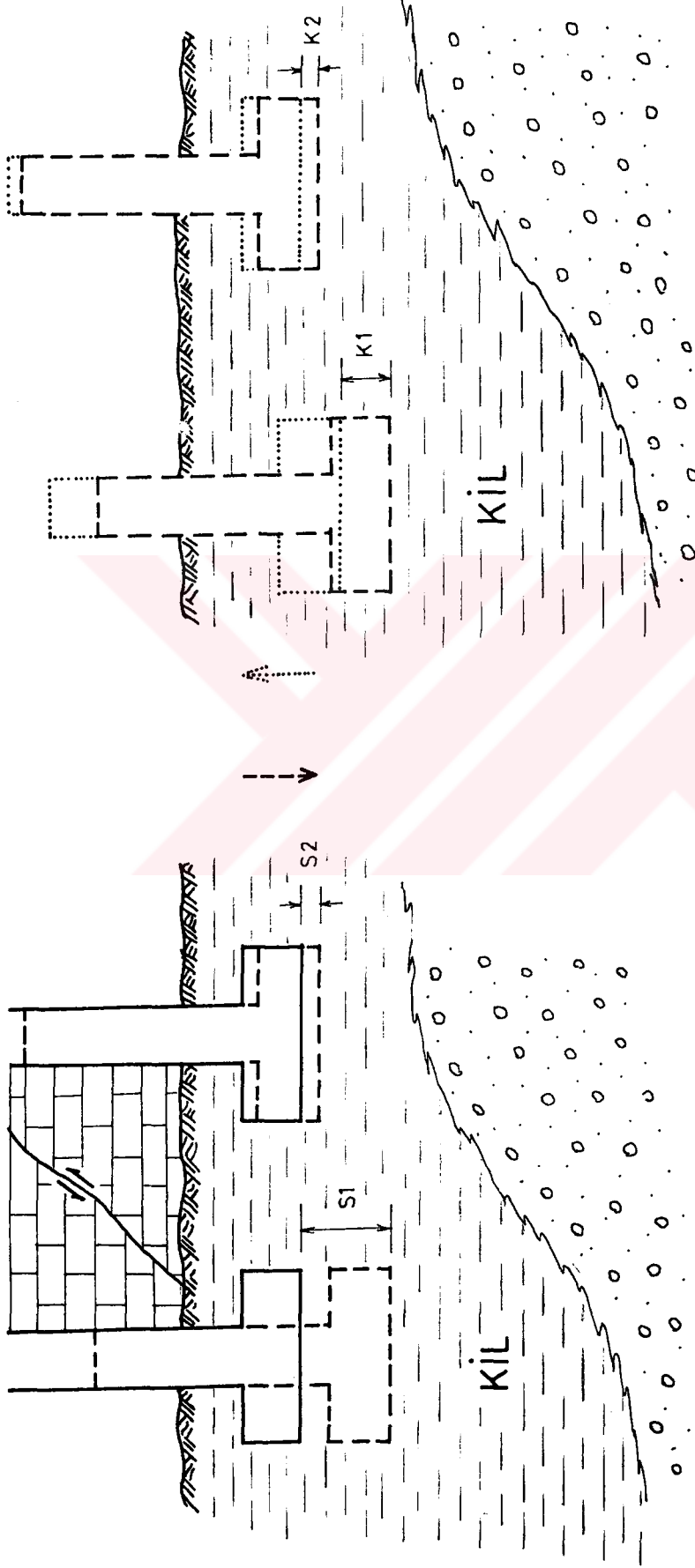
rin sisme basınclarının 10 kg/cm² den büyük ve muhtemel hasarın ise çok yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2. Hacim değişikliği, sisme basıncı ve muhtemel hasar arasındaki ilişki (Wayne, Osman, Elfatih, 1984).

Hacim değişikliği %	Şişme basıncı (kg/cm ²)	Muhtemel hasar
0.0 - 1.5	0.0 - 0.5	Düşük
1.5 - 5.0	0.5 - 2.5	Orta
5.0 - 25.0	2.5 - 10.0	Yüksek
> 25.0	> 10.0	Çok yüksek

Cumhuriyet Üniversitesi kampüs alanı zeminleri akarsu ortamında olduğundan dolayı, yanal devamlılık sözkonusu değildir. Örnekleme çukurlarında ve daha önce yapılan sondaj profillerinde görüldüğü gibi (Şekil 3.2) temel sömellerinin oturduğu kil katmanı 4-12 m. arası kalınlıklara sahiptir. Farklı kil tabakası kalınlıkları için farklı oturma miktarları söz konusudur. Bu nedenlerle kampüs alanındaki binalarda farklı oturmalarından doğan deformasyonlar oluşmaktadır. Kampüs alanında inşa edilecek mühendislik yapılarında temel altındaki kil katmanının kalınlığı tam olarak belirlenerek, oturma hesapları yapılmalıdır.

Ayrıca kampüs alanındaki binalardaki deformasyonlar izlendiğinde, duvarlarda farklı oturmalarla bağlı olarak gelişen açılma ve makaslama çatlaklarının, bahar dönemlerinde daha fazla ilerlediği belirlenmiştir. Böylece temel sömellerinin üzerine oturduğu kil katmanının şişme potansiyellerinin yüksek ve çok yüksek olduğu göz önüne alınırsa, temellerde farklı oturma ve killerin sismesinden kaynaklanan iki yönlü bir deformasyon sisteminin varlığı düşünülmektedir (Şekil 5.2).



1. Farklı Oturmada doğan deformasyon mekanizması
(S1 S2)

2. Oturma ile birlikte killerin şişme basınçlarından
doğın kaldırma kuvveti etkisi ile temel sümellerinin
etkileşimi (K1 K2)

Şekil 5.2. C.Ü.Kampüs alanındaki yapılardaki, kil tabakası kalınlığına bağılı olarak gelişen deformasyon mekanizmaları.

Ek Açıklamalar- A

SAHA ÖRNEKLERİ DİZİNİ

Cizelge A.1. Saha örnekleri dizini.

Harita Örnek no.	Örnek derinliği (m)	Örnek tanımı
1	2.0	İnce taneli Qe
2	3.5	İnce taneli Qe
3	6.0	İri taneli Qe
4	1.5	İnce taneli Qe
5	5.0	İnce taneli Qe
6	8.0	İri taneli Qe
7	2.5	İnce taneli Qe
8	3.0	İnce taneli Qe
9	2.5	İnce taneli Qe
10	2.5	İnce taneli Qe
11	2.0	İnce taneli Qe
12	2.0	İnce taneli Qe
13	2.0	İnce taneli Qe
14	2.0	İnce taneli Qe
15	3.0	İnce taneli Qe
16	3.0	İnce taneli Qe
17	3.0	İnce taneli Qe
18	3.0	İnce taneli Qe
19	3.0	İnce taneli Qe
20	3.0	İnce taneli Qe
21	3.0	İnce taneli Qal
U1	3.0	İnce taneli Qe
U2	3.0	İnce taneli Qe
U3	3.0	İnce taneli Qe
U4	3.0	İnce taneli Qe
U5	3.0	İnce taneli Qe
U6	3.0	İnce taneli Qal

Örnek derinlikleri topografik vüzevden itibaren derinliktir.

Qe; Eski alüvyon.

Qal; Yeni alüvyon.

Ek Açıklamalar- B

**X-IŞINLARI DİFRAKSİYONU TUM KAYAÇ (TK) VE
KİL BİLEŞENİ (KB) DİFRAKTOGRAMLARININ
YARI NİCELİKSEL DEĞERLENDİRME SONUÇLARI**

Çizelge B.1. XRD-(TK) Difraktogramlarının yarı niceliksel değerlendirme sonuçları.

Harita örnek No.	Mineral içeriği (%)			
	Kil Minerali	Kuvars	Feldispat	Kalsit
1	51	6	23	20
2	69	6	10	15
3	27	15	29	29
4	58	8	13	21
5	41	4	5	50
6	35	8	5	52
7	49	6	-	45
8	59	7	8	26
9	64	8	7	21
10	46	6	11	37
11	57	10	10	23
12	55	10	7	28
13	48	14	9	29
14	53	7	14	26
15	56	8	11	25
16	58	8	10	24
17	59	8	7	26
18	57	9	12	22
19	60	8	7	25
20	59	8	8	25
21	63	8	9	20
U1	59	8	9	24
U2	44	6	10	40
U3	52	9	5	34
U4	59	8	7	26
U5	56	10	11	23
U6	62	8	11	19

Çizelge B.2. XRD-(KB) Difraktogramlarının yarı niceliksel değerlendirme sonuçları.

Harita örnek no	Kil mineralleri			
	Simektit	Illit	Klorit	Klorit+Vermikülit
1	80	5	5	10
2	90	5	5	±
3	85	5	5	10
4	90	5	5	±
5	90	5	5	-
6	90	5	±	5
7	80	5	5	10
8	80	5	5	10
9	80	5	5	10
10	80	5	5	10
11	90	5	5	±
12	90	5	5	±
13	80	5	5	10
14	90	5	5	-
15	80	5	5	10
16	85	5	5	5
17	80	5	5	10
18	85	5	5	5
19	80	5	5	10
20	80	5	5	10
21	85	5	5	5
U1	80	5	5	10
U2	85	5	±	10
U3	90	5	5	±
U4	80	5	5	10
U5	85	5	5	5
U6	85	5	5	5

Ek Açıklamalar- C

ZEMİN ÖRNEKLERİNİN İNDEKS ÖZELLİKLERİNE
İLİŞKİN VERİLER

Cizelge C.1. Örselenmiş zemin örneklerinin indeks özelliklerine ilişkin veriler.

ÖRNEK NO	1	2	3	4	5	6	7
Cakıl %	1	-	52	4	1	51	5
Kum %	24	30	32	40	19	31	21
Silt %	44	36	7	30	33	9	40
Kil %	31	34	4	26	47	5	34
Cu	-	-	100	-	-	275	-
Cg	-	-	4.0	-	-	2.3	-
Wg %	33.50	35.50	20.50	33.30	34.20	24.40	34.20
Gs	2.37	2.27	2.57	2.64	2.48	2.50	2.36
LL	56	61	25	55	58	32	58
PL	28	26	17	27	26	24	31
Ip	28	35	8	28	32	8	27
Ls	15	16	4	14	15	9	14
A	0.90	1.03	-	1.04	0.68	-	0.80
Zem. Gr.	CH	CH	SC	CH	CH	SC	MH
Üçgen snf	Sk	Sk	SK	kK	Sk	SK	Sk

Çizelge C.1. (Devamı) Örselenmiş zemin örneklerinin indeks özelliklerine ilişkin veriler.

ÖRNEK NO	8	9	10	11	12	13	14
Çakıl %	2	-	4	3	2	2	4
Kum %	16	23	20	39	37	25	39
Silt %	52	43	39	30	30	42	30
Kil %	30	34	37	28	31	31	27
Cu	-	-	-	-	-	-	-
Cg	-	-	-	-	-	-	-
Wg %	33.20	32.60	33.90	32.90	33.50	32.90	32.90
Gs	2.62	2.33	2.35	2.60	2.61	2.32	2.63
LL	55	53	57	54	56	54	54
PL	23	27	29	26	27	27	26
Ip	32	26	28	28	29	27	28
Ls	15	13	13	14	15	13	13
A	1.06	0.85	0.90	1.02	1.00	0.90	1.03
Zem. Gr.	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
Uçgen snf	Sk	Sk	Sk	kK	Kk	Sk	kK

Çizelge C.1. (Devamı) Örselenmiş zemin örneklerinin indeks özelliklerine ilişkin veriler.

ÖRNEK NO	15	16	17	18	19	20	21
Çakıl %	1	2	3	1	2	3	-
Kum %	15	17	15	16	13	12	3
Silt %	54	53	61	54	62	62	61
Kil %	30	28	21	29	23	23	36
Cu	-	-	-	-	-	-	-
Cg	-	-	-	-	-	-	-
Wg %	32.30	32.60	31.30	32.00	32.00	32.30	36.76
Gs	2.61	2.62	2.60	2.64	2.61	2.60	2.65
LL	52	53	51	51	51	52	67
PL	22	21	26	25	26	24	25
Ip	30	32	23	26	25	28	42
Ls	14	13	15	15	14	15	16
A	1.00	1.14	1.09	0.90	1.08	1.21	1.17
Zem.Gr.	CH	CH	CH	CH	CH	CH	CH
Uçgen snf	kS	Sk	kS	kS	kS	kS	Sk

Çizelge C.2. Örselenmemiş zemin örneklerinin indeks özelliklerine ilişkin veriler.

ÖRNEK NO	U1	U2	U3	U4	U5	U6
Çakıl %	1	1	2	3	1	-
Kum %	16	19	21	13	17	4
Silt %	55	51	50	63	56	63
Kil %	28	29	27	21	26	33
Wg %	33.20	32.90	33.90	31.30	32.90	36.76
Gs	2.62	2.61	2.63	2.61	2.65	2.66
LL	55	54	57	52	54	67
PL	23	21	20	25	24	24
Ip	32	33	37	27	30	43
Ls	15	14	13	15	16	16
I	0.09	0.24	0.27	0.04	0.13	0.18
A	1.14	1.13	1.37	1.14	1.15	1.30
γ_n (g/cm ³)	1.86	1.84	1.74	1.87	1.82	1.74
e %	76	75	83	76	87	101
n %	43	43	46	43	46	50
Cu (kg/cm ²)	0.36	0.50	0.40	0.38	0.34	0.61
ϕ_u (°)	24	27	26	31	29	-
Mv (cm ² /kg)	.0606	.0241	.0231	.0632	.0221	.0392
c_v cm ² /sn, $\times 10^{-3}$	6.89	2.10	2.18	2.73	3.15	2.10
k cm/sn, $\times 10^{-8}$	67.8	6.44	7.28	8.40	8.89	12.8
Wn %	26	29	22	26	28	32
Sr %	87	95	90	90	86	84
Vmax %	26.9	27.9	29.9	24.3	23.9	27.2
Zemin Grubu	CH	CH	CH	CH	CH	CH
Uçgen sınıflama	kS	kS	kS	kS	kS	Sk

Ek Açıklamalar- D

KİLLİ DÜZEYLERİN
KONSOLIDASYON ÖZELLİKLERİNE
İLİŞKİN VERİLER

Çizelge D.1: U1 No. lu örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri.

P (kg/cm ²)	d _f (mm)	H (cm)	e	c _v (x10 ⁻³ cm ² /sn)	a _v (cm ² /kg)	m _v (cm ² /kg)	k (x10 ⁻⁸ cm/sn)
0.00	0.000	2.00	0.760	-	-	-	-
0.25	0.300	1.97	0.709	9.53	0.2550	0.1470	140.0
0.50	0.464	1.95	0.698	5.30	0.0550	0.0322	17.7
1.00	0.833	1.92	0.652	2.90	0.1150	0.0686	19.8
2.00	1.349	1.86	0.613	2.85	0.0487	0.0769	21.9
4.00	1.986	1.80	0.545	1.80	0.0425	0.0269	4.84
8.00	2.702	1.73	0.487	0.68	0.0181	0.0119	0.82
2.00	2.458	1.75	0.439	ort.	-	ort.	ort.
0.50	2.156	1.78	0.470	3.84	-	0.0606	34.0

P= Basınç; d_f= Son sıkışma okuması; H= Örnek kalınlığı; e= Boşluk oranı; c_v= Konso-
lidasyon katsayısı; a_v= Sıkışabilirlik katsayısı; m_v= Hacımsal sıkışabilirlik kat-
sayısı; k= Geçirimsizlik katsayısı.

Çizelge D.2: U2 No. lu örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri.

P (kg/cm ²)	d _f (mm)	H (cm)	e	c _v (10 ⁻³ x cm ² /sn)	a _v (cm ² /kg)	m _v (cm ² /kg)	k (x10 ⁻⁸ cm/sn)
0.00	0.000	2.00	0.750	-	-	-	-
0.25	0.084	1.99	0.739	3.40	0.0440	0.0252	8.50
0.50	0.257	1.97	0.716	3.32	0.0920	0.0532	17.60
1.00	0.544	1.95	0.698	3.01	0.0360	0.0211	6.30
2.00	0.943	1.90	0.639	2.81	0.0590	0.0354	9.90
4.00	1.580	1.84	0.583	1.03	0.0280	0.0174	1.70
8.00	2.389	1.76	0.508	0.78	0.0188	0.0122	0.90
16.00	3.247	1.68	0.443	0.42	0.0081	0.0042	0.18
4.00	3.015	1.70	0.389	ort.	-	ort.	ort.
0.50	2.319	1.77	0.460	2.10	-	0.0241	6.44

P= Basınç; d_f= Son sıkışma okuması; H= Örnek kalınlığı; e= Boşluk oranı; c_v= Konso-
lidasyon katsayısı; a_v= Sıkışabilirlik katsayısı; m_v= Hacımsal sıkışabilirlik katsu-
yısı; k= Geçirimsizlik katsayısı.

Çizelge D.3: U3 No. lu örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri.

P	d _f	H	e	c _v	a _v	m _v	k
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)		(x10 ⁻³ cm ² /sn)	(cm ² /kg)	(cm ² /kg)	(x10 ⁻⁸ cm/sn)
0.00	0.000	2.00	0.834	-	-	-	-
0.25	0.062	1.99	0.818	3.52	0.0640	0.0350	12.30
0.50	0.235	1.98	0.809	3.48	0.0360	0.0198	6.89
1.00	0.521	1.95	0.768	3.09	0.0820	0.0458	14.10
2.00	0.918	1.91	0.726	2.98	0.0420	0.0240	7.15
4.00	1.550	1.85	0.661	1.02	0.0325	0.0192	1.95
8.00	2.361	1.76	0.593	0.79	0.0170	0.0104	8.29
16.00	3.215	1.68	0.504	0.40	0.0111	0.0072	0.29
4.00	2.994	1.70	0.439	ort.	-	ort.	ort.
0.50	2.298	1.77	0.515	2.18	-	0.0231	7.28

P= Basınç; d_f= Son sıkışma okuması; H= Örnek kalınlığı; e= Boşluk oranı; c_v= Konsolidasyon katsayısı; a_v= Sıkışabilirlik katsayısı; m_v= Hacimsal sıkışabilirlik katsayısı; k= Geçirimsizlik katsayısı.

Çizelge D.4: U4 No. lu örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri.

P	d _f	H	e	c _v	a _v	m _v	k
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)		(x10 ⁻³ cm ² /sn)	(cm ² /kg)	(cm ² /kg)	(x10 ⁻⁸ cm/sn)
0.00	0.000	2.00	0.755	-	-	-	-
0.25	0.060	1.99	0.754	5.67	0.0040	0.0023	1.29
0.50	0.210	1.98	0.745	3.09	0.0360	0.0205	6.33
1.00	0.497	1.95	0.706	2.80	0.0780	0.0452	12.70
2.00	0.851	1.91	0.666	2.67	0.0400	0.0237	6.32
4.00	1.360	1.86	0.618	2.32	0.0240	0.0146	3.38
8.00	2.054	1.79	0.550	1.78	0.0170	0.0107	1.90
16.00	2.987	1.70	0.467	0.83	0.4916	0.3258	26.90
4.00	2.668	1.73	0.429	ort.	-	ort.	ort.
0.50	2.210	1.79	0.493	2.73	-	0.0632	8.40

P= Basınç; d_f= Son sıkışma okuması; H= Örnek kalınlığı; e= Boşluk oranı; c_v= Konsolidasyon katsayısı; a_v= Sıkışabilirlik katsayısı; m_v= Hacimsal sıkışabilirlik katsayısı; k= Geçirimsizlik katsayısı.

Çizelge D.5: U5 No. lu örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri.

P	d _f	H	e	c _v	a _v	m _v	k
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)		(x10 ⁻³ cm ² /sn)	(cm ² /kg)	(cm ² /kg)	(x10 ⁻⁸ cm/sn)
0.00	0.000	2.00	0.873	-	-	-	-
0.25	0.032	1.99	0.851	6.24	0.0880	0.0472	29.50
0.50	0.164	1.98	0.842	3.66	0.0360	0.0194	7.10
1.00	0.418	1.96	0.816	3.43	0.0520	0.0284	9.74
2.00	0.772	1.92	0.765	3.32	0.0510	0.0284	9.42
4.00	1.284	1.87	0.714	2.62	0.0255	0.0146	3.82
8.00	1.972	1.80	0.640	2.07	0.0185	0.0110	2.28
16.00	2.794	1.72	0.565	0.73	0.0094	0.0059	0.43
4.00	2.516	1.73	0.515	ort.	-	ort.	ort.
0.50	1.960	1.80	0.575	3.15	-	0.0221	8.89

P= Basınç; d_f= Son sıkışma okuması; H= Örnek kalınlığı; e= Boşluk oranı; c_v= Konsolidasyon katsayısı; a_v= Sıkışabilirlik katsayısı; m_v= Hacimsal sıkışabilirlik katsayısı; k= Geçirimsizlik katsayısı.

Çizelge D.6: U6 No. lu örneğe ait konsolidasyon deneyi verileri.

P	d _f	H	e	c _v	a _v	m _v	k
(kg/cm ²)	(mm)	(cm)		(x10 ⁻³ cm ² /sn)	(cm ² /kg)	(cm ² /kg)	(x10 ⁻⁸ cm/sn)
0.00	0.000	2.00	1.010	-	-	-	-
0.25	0.106	1.99	0.995	7.71	0.0600	0.0598	45.10
0.50	0.415	1.96	0.946	3.12	0.1960	0.0994	31.00
1.00	0.830	1.92	0.895	1.47	0.1020	0.0531	7.80
2.00	1.320	1.87	0.842	1.03	0.0530	0.0284	2.92
4.00	1.921	1.81	0.776	0.54	0.0330	0.0182	0.98
8.00	2.605	1.74	0.706	0.43	0.0175	0.0100	0.43
16.00	3.357	1.66	0.630	0.41	0.0095	0.0056	0.23
4.00	2.818	1.72	0.570	ort.	-	ort.	ort.
0.50	2.240	1.78	0.644	2.10	-	0.0392	12.80

P= Basınç; d_f= Son sıkışma okuması; H= Örnek kalınlığı; e= Boşluk oranı; c_v= Konsolidasyon katsayısı; a_v= Sıkışabilirlik katsayısı; m_v= Hacimsal sıkışabilirlik katsayısı; k= Geçirimsizlik katsayısı.

KAYNAKLAR

- Akpokodie, E. G., 1985, The engineering classification of some Australian arid zone soils, Bull. of the Int. Assoc. of Engineering Geology, 31, 5-8.
- A.S.T.M., 1966, Book of A.S.T.M. standards, US, 824 p.
- Badillo, E. J. and Chen, B., 1983, Consolidation curves for clays, Journal of Geotechnical Engineering, V. 109, No 10, p. 1303-1312.
- Bell, F. G., 1980, Engineering geology & geotechnics, Newnes-Butterworths, London, 495 p.
- Blyth, F. G. H., Freitas, M. H., 1984, A geology for engineers, Edward Arnold Pty. Ltd., Australia, 325 p.
- Ceyhan, F., 1987, Sivas güneydoğusundaki tuz ve jips yataklarının jeolojisi, oluşumu, kökeni ve ekonomik özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, C.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Sivas, 107 s.
- Crawford, C. B. and de Boer, L. J., 1987, Field observation of soft clay consolidation in Fraser Lowland, Can. Geotech. J., V.24, p. 308-317.
- Erguvanlı, K., 1982, Mühendislik jeolojisi, İ.T.Ü. Matbaası, İstanbul, 590 s.
- Gökçe, A., Ceyhan, F., Sivas güneydoğusundaki Miyosen yaşlı jipsli çökellerin stratigrafisi, yapısal özellikleri ve oluşumu, C.Ü. Müh. Fak. Dergisi, C.

- 5, Sayı 1, s.91, Sivas.
- Gökçe, A., 1988,** Sivas güneydoğusundaki jips, sölestin ve kavatuzu yataklarının jeolojisi, oluşumu ve kökeni, Cumhuriyet Üniversitesi Araştırma Fonu Projesi, 64 s., Sivas.
- Gündoğdu, N., 1982,** Neojen yaşlı Bigadic sedimanter baseninin jeolojik, mineralojik ve jeokimyasal incelenmesi; Doktora tezi, H.Ü. Jeoloji Mühendisliği Bölümü, Beştepe, Ankara, 386 s.
- Gürsoy, H., Temiz, H. ve Poisson A. M., 1992,** Sivas yöresindeki güncel favlanma (Sivas havzası, iç Anadolu-Türkiye), C.Ü. Müh. Fak. Dergisi, cilt 9, sayı 1, Dilek Matbaası, Sivas, s. 11-17.
- Karacan, E., 1989,** Sivas güneydoğusundaki jipslerin jeo-mühendislik özelliklerinin incelenmesi, Doktora Tezi, H.Ü., Fen Bilimleri Ens., Beştepe-Ankara, 99 s. (vayımlanmamış).
- Kiper, O. B., 1983,** Etimesgut-Batıkent yöresindeki Üst Plivosen çökellerinin Jeo-mühendislik özellikleri ve konsolidasyonu, Doktora tezi, H.Ü. Jeoloji Müh. Böl., Beştepe, Ankara, 160 s.
- Lee, I. K., White, W., Ingles, O. G., 1983,** Geotechnical engineering, University of New South Wales, Australia, 507 p.
- Leroueil, S.; Samson, L. and Bozozuk, M., 1983,** Labo-

ratory and field determination of preconsolidation pressures at Gloucester, Can. Geotech. J., V. 20, p. 427-490.

Mollah, A. M., 1993, Geotechnical conditions of the deltaic alluvial plains of Bangladesh and associated problems, Engineering Geology, 36, 125-140.

Oda, M. and Win, S., 1989, Ultimate bearing capacity tests on sand with clay layer, Journal of Geotechnical Engineering, V. 116, No 12, p. 1902-1906.

Özaydın, K., 1989, Zemin mekanigi, Meva Matbaacılık ve Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, 395 s.

Price, D. G., 1981, Report of the IAEG Commision on site investigations, Bulletin of the Int. Assoc. of Engineering Geology, 24, 185 - 234.

Reddy, A. S.; Singh, A. K. and Karnik, S. S., 1989, Bearing capacity of clays whose cohesion increases linearly with depth, Journal of Geotechnical Engineering, V. 117, No 2, p. 348-353.

Selley, C. R., 1976, An introduction to sedimentology, Academic Press, London, 408 p.

Smith, G. N., 1990, Elements of soil mechanics, BSP Professional Books, Oxford, 509 p.

Sekercioglu, E., 1993, Yapıların projelendirilmesinde mühendislik jeolojisi, TMMOB JMO yayınları:28, Ankara, 216 s.

Tarhan, F., 1989, Mühendislik Jeolojisi prensipleri, K.T.Ü. Basımevi, Trabzon, 200 s.

Terzaghi, K., Peck, R. B., 1967, Soil Mechanics in engineering practice, A Wiley International Edition, 729 p.

Tosun, H., 1993, Hafif su vapırları açısından şişen kil-lerin önemi ve bir uygulama, Mühendislik Jeolojisi Türk Milli Komitesi Bülteni, 14, s. 94-109.

T.S.E. 1900, Nisan 1987, inşaat mühendisliğinde zemin laboratuvar denevleri, 153 s.

Ulusay, R., 1989, Pratik jeoteknik bilgiler, Teknomad Yayınları, 243 s.

USBR, 1974, Earth Manual, U.S. Dept.of Interior Bureau of Reclamation, A Water Resources Tech. Publ., 810 s.

Wayne, A. C., Osman, M. A., Elfatih, M. A., 1984, Construction on expansive soils in Sudan, Journal of construction engineering, ASCE, Vol.110, No.3, pp. 359-374.

ÖZGEÇMİŞ

1967 Sivas doğumluyum. İlk, orta lise öğrenimimi Sivas' ta tamamladıktan sonra, 1984 yılında Hacettepe Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde öğrenime başladım. 15 Ocak 1990 tarihinde mezun olduktan sonra, birkaç yerli ve yabancı özel şirkette Uygulamalı Jeoloji ağırlıklı, Jeoloji Mühendisi olarak çalıştım. 1992 yılında Cumhuriyet Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümü' nde Yüksek Lisans programına başladım, halen aynı Üniversitede Araştırma Görevlisi olarak çalışmaktayım.

Işık YILMAZ