

ZEMİN MEKANİĞİ
LABORATUVAR
DENEYLERİ

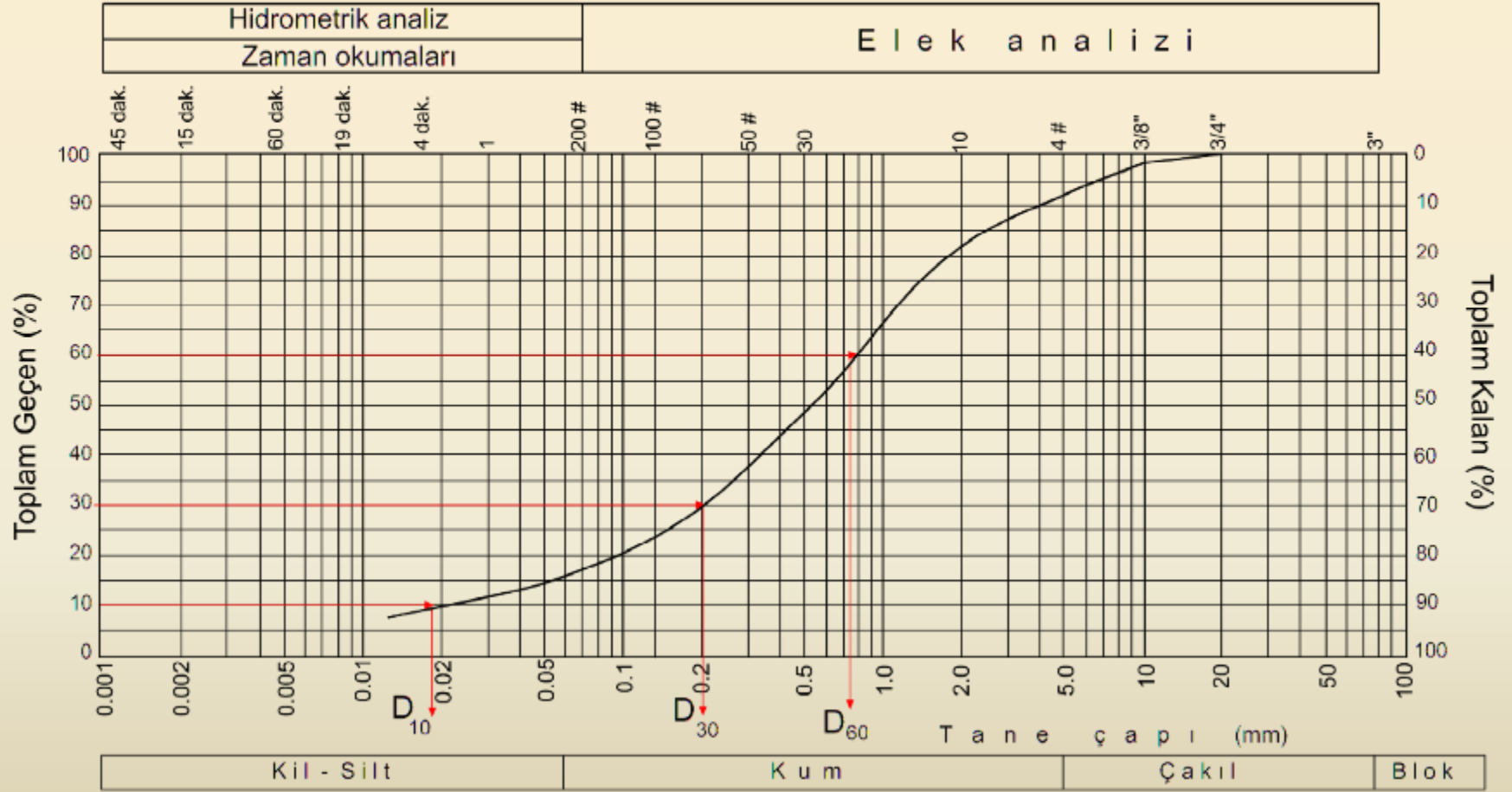
ZEMİN SINIFLAMALARI

TANE BOYU DAĞILIMI (ASTM D422-63)

1	2	3	4	5	6
Elek no	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan (g)	Toplam elekte kalan (g)	Kalan %	Toplam kalan %
3/8 "	19.10	2.12	2.12	2.12	2.12
4	4.76	7.02	9.14	7.02	9.14
10	2.00	10.12	19.26	10.12	19.26
30	0.59	32.32	51.58	32.32	51.58
50	0.29	24.59	76.17	24.59	76.17
100	0.149	3.59	79.76	3.59	79.76
200	0.074	2.22	81.98	2.22	81.98
Elek altı		18.02			
<i>Not: Kuru örnek kütlesi 100 g' dır.</i>					

TANE ÇAPI DAĞILIMI

Tarih : 23.03.2000
Örnek yeri : Bolu
Sondaj/Aç no : SK3
Örnek no/derinlik : SPT3/4.5 m



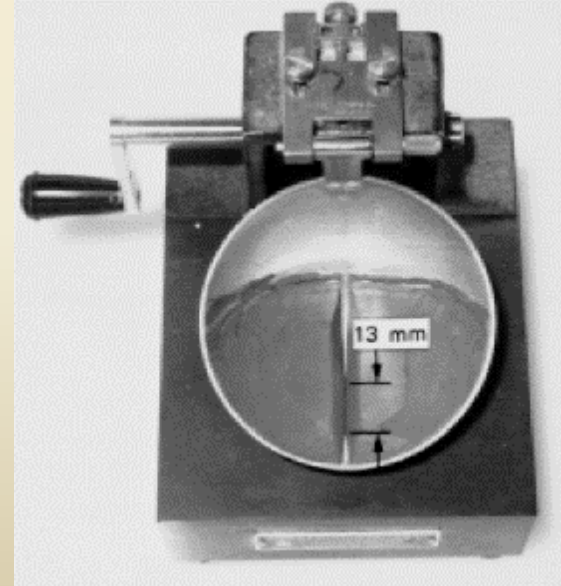
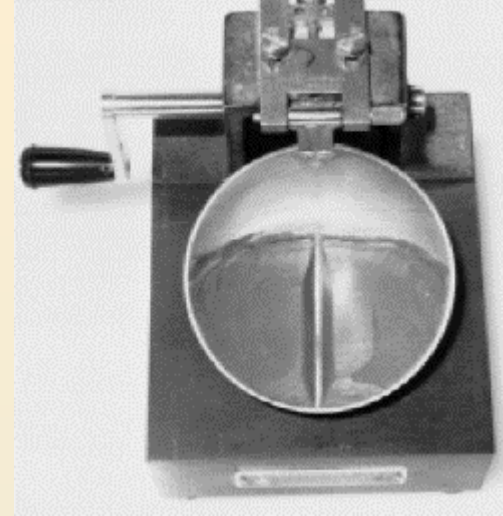
Uniformluk katsayısı $C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$

Süreklilik katsayısı $C_c \text{ veya } C_r = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$

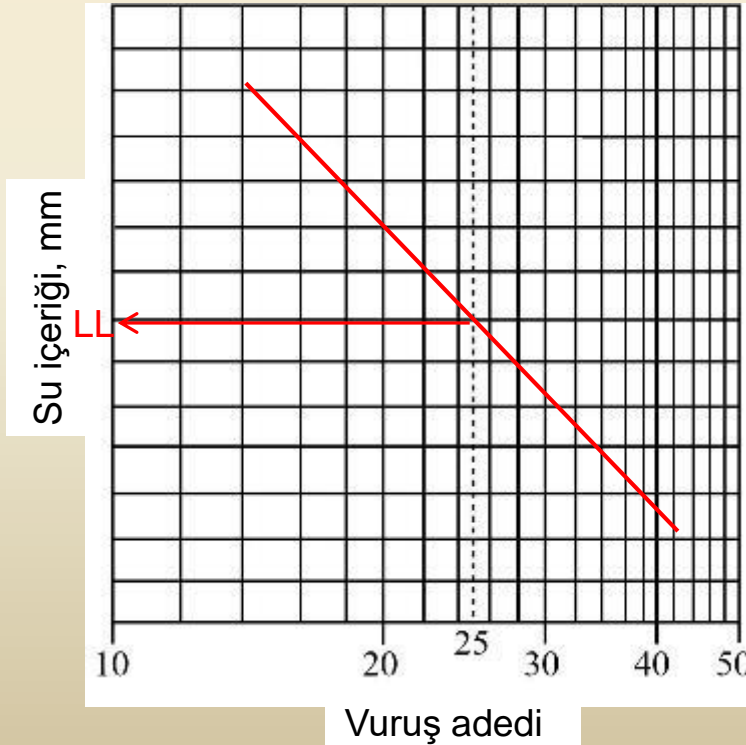
LİKİD LİMİT (ASTM D 4318-00)



Casagrande Yöntemi



Likit/Plastik limit	LL	LL	LL
Kap no	K1	K2	K3
Vuruş adedi	40	30	20
Kap+Yaş örnek (g)	57.53	47.18	63.72
Kap+Kuru örnek (g)	50.66	40.86	55.59
Kap kütlesi (g)	38.15	29.84	41.93
Su kütlesi (g)	6.87	6.32	8.13
Kuru örnek kütlesi (g)	12.51	11.02	13.66
Su içeriği (%)	57	58	60

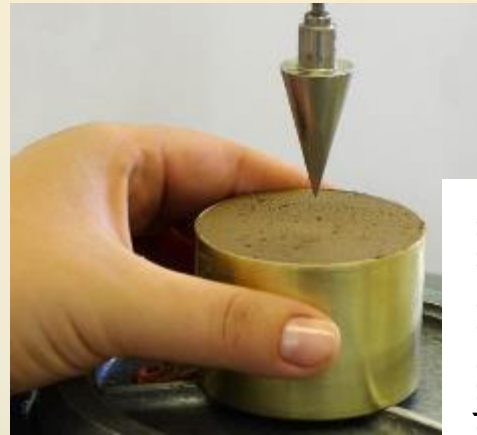


Üç Nokta Yöntemi
25 vuruşa karşılık gelen su içeriği Likid Limit olarak tanımlanmıştır

Tek Nokta Yöntemi
 $LL = \omega^n(N/25)^{0.121}$
 ω : Su içeriği

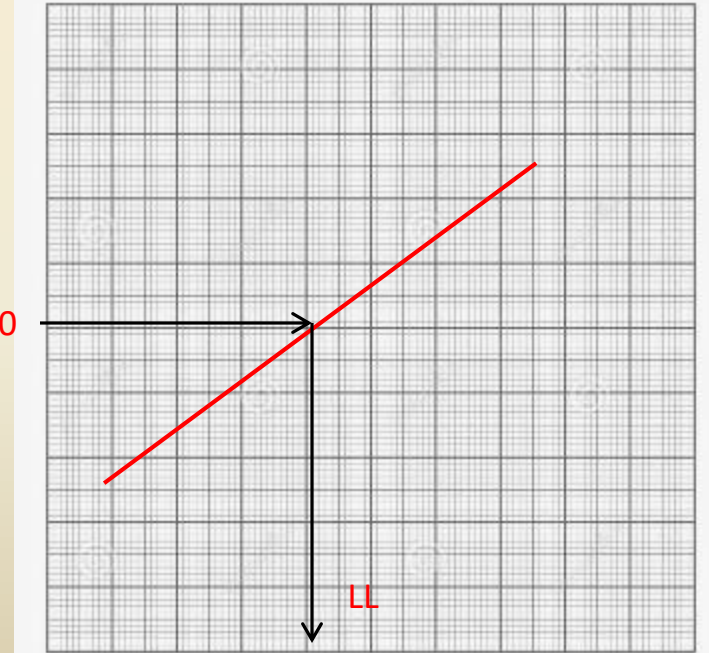
DÜŞEN KONİ (BS 1377; TS CEN ISO 17892-6)

Deney	ω (%)	İlk okuma	Son okuma	Penetrasyon (mm)	Ort. pen. (mm)
A1	19	25	6.25	18.25	19.51
A2	17	25	4.73	20.27	
B1	24	25	3.24	21.76	22.37
B2	25	25	2.02	22.98	
C1	32	25	1.26	23.74	23.88
C2	33	25	0.98	24.02	



Penetrasyon, mm

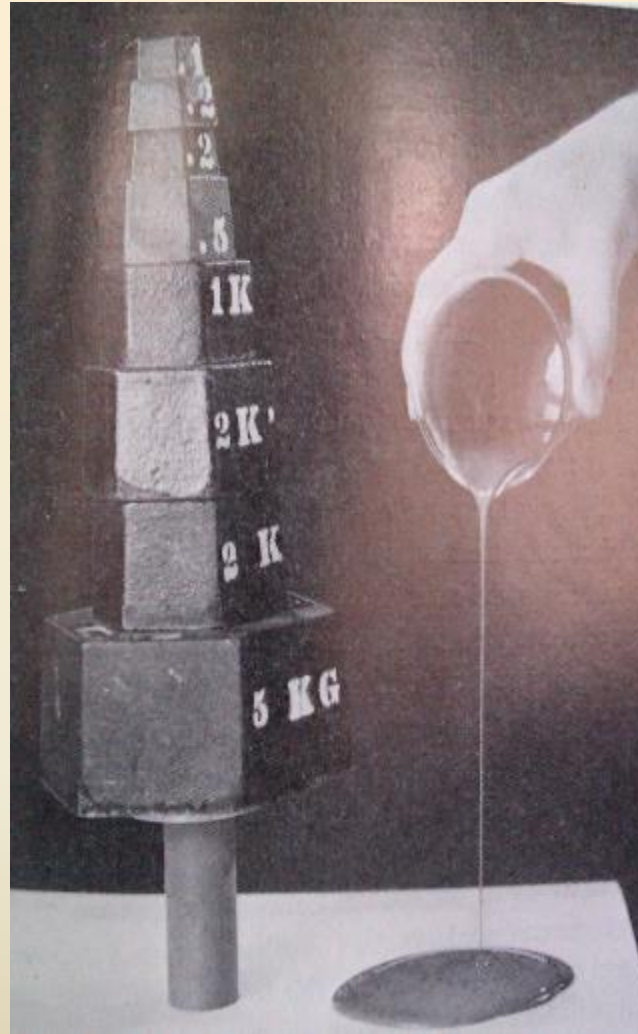
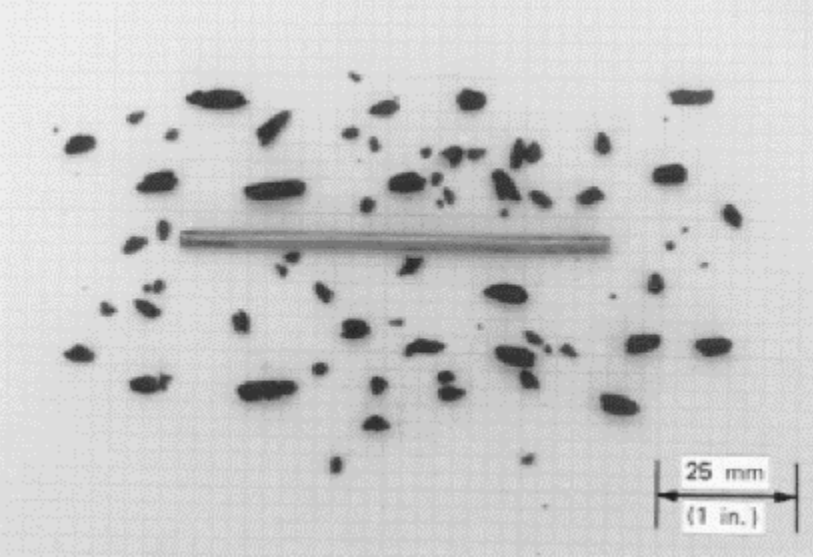
20



Su içeriği, %

Likid Limit, 20 mm' lik penetrasyona karşılık gele su içeriğidir.

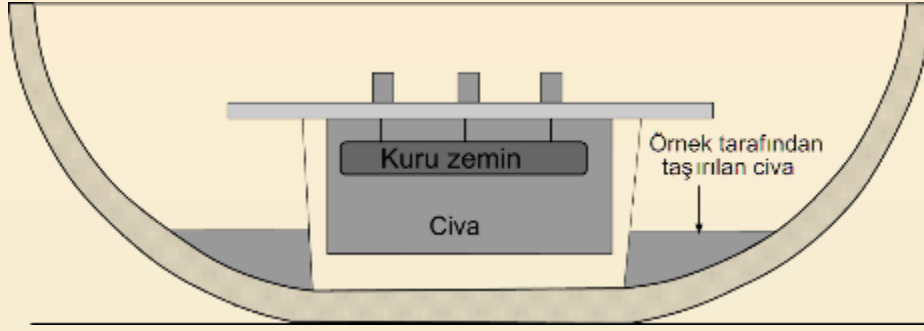
PLASTİK LİMİT (ASTM D 4318 – 00)



PL	PL
K5	K6
-	-
37.72	39.04
36.82	38.35
33.74	35.92
0.90	0.69
3.08	2.43
29	28



BÜZÜLME LİMİTİ (ASTM D 427-04 , Parafin: ASTM D4943)



Hacimsel Büzülme

Islak örnek kütlesi

$$M = M_w - M_T$$

Kuru örnek kütlesi

$$M_0 = M_D - M_T$$

Su içeriği

$$\omega = [(M - M_0) / M_0] \times 100$$

Hacimsel Büzülme Limiti

$$SL = \{[(V - V_0) \rho_w / M_0] \times 100\}$$



Farklı zeminlerdeki lineer büzülme miktarları

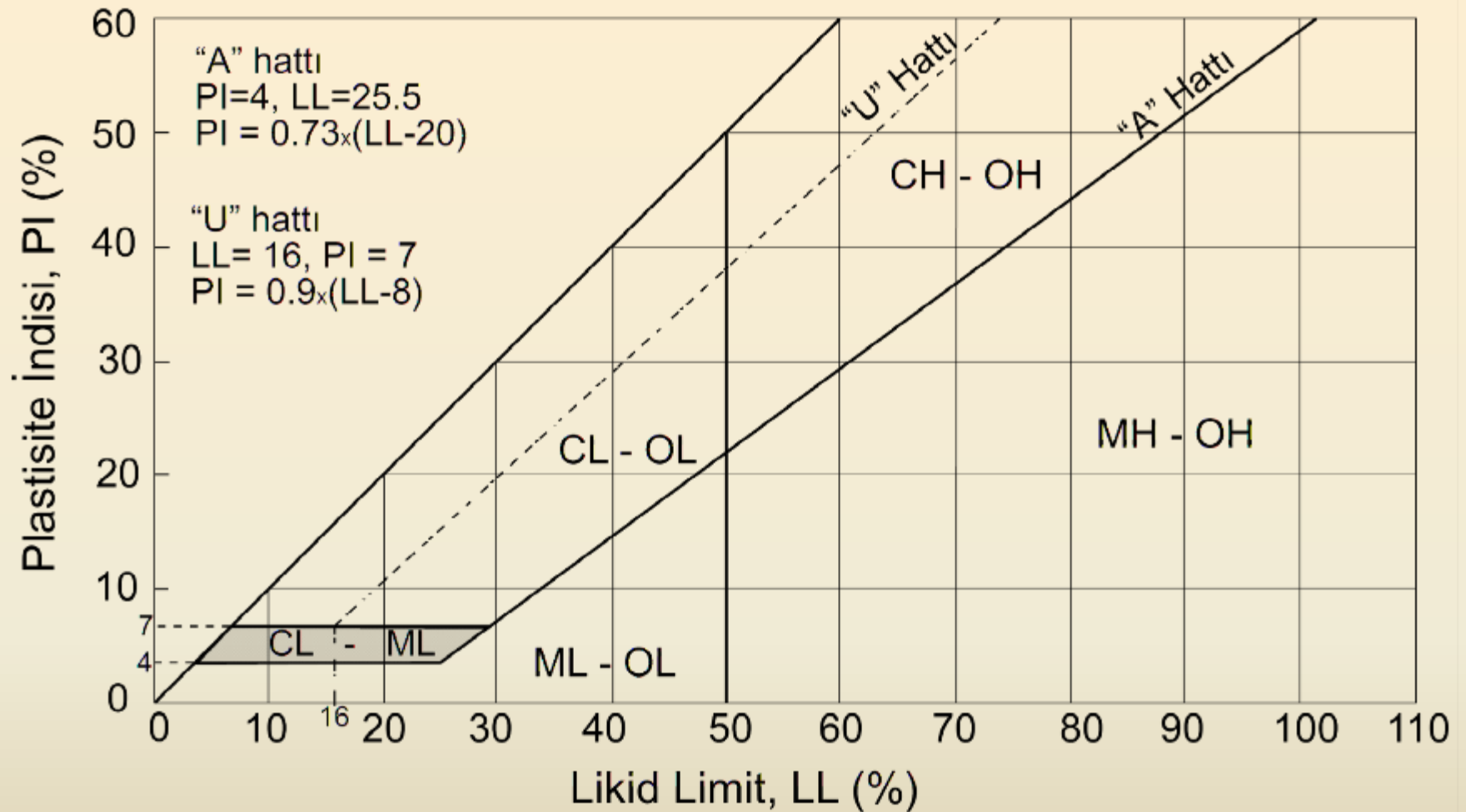
Lineer Büzülme Limiti

$$LS = 100 [1 - (100 / V_s + 100)^{1/3}]$$

BİRLEŞİK ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMİ (ASTM D2487)

200 # Elekten Geçen %	4 # Elekten Geçen %	İnce Tane Yüzdesi	Derecelenme ve Plastiklik		Sembol	Açıklama
< %50	> %50	% 0-5	$c_u > 6$ ve $1 < c_c < 3$	Evet	SW	İyi derecelenmiş KUM
				Hayır	SP	Kötü derecelenmiş KUM
		% 5-12	Çift Sembol		SP-SM	Siltli, Kötü derecelenmiş KUM
					SP-SC	Killi, Kötü derecelenmiş KUM
					SW-SM	Siltli, iyi derecelenmiş KUM
					SW-SC	Killi, iyi derecelenmiş KUM
	% 12-50	$PI > 0.73(LL-20) \%$ (A hattı üstünde)	Evet	SC	Killi KUM	
			Hayır	SM	Siltli KUM	
	< %50	% 0-5	$c_u > 4$ ve $1 < c_c < 3$	Evet	GW	İyi derecelenmiş ÇAKIL
				Hayır	GP	Kötü derecelenmiş ÇAKIL
		% 5-12	Çift Sembol		GP-GM	Siltli, Kötü derecelenmiş ÇAKIL
					GP-GC	Killi, Kötü derecelenmiş ÇAKIL
					GW-GM	Siltli, İyi derecelenmiş ÇAKIL
					GW-GC	Killi, İyi derecelenmiş ÇAKIL
% 12-50		$PI > 0.73(LL-20) \%$ (A hattı üstünde)	Evet	GC	Killi ÇAKIL	
			Hayır	GM	Siltli ÇAKIL	
200 # Elekten Geçen %	LL > %50	$PI > 0.73(LL-20) \%$ (A hattı üstünde)		Sembol	Açıklama	
> %50	Evet	Evet		CH	Yüksek plastisiteli inorganik KİL	
		Hayır		MH	Yüksek plastisiteli inorganik SİLT	
	Hayır	Evet		CL	Düşük plastisiteli inorganik KİL	
		Hayır		ML	Düşük plastisiteli inorganik SİLT	

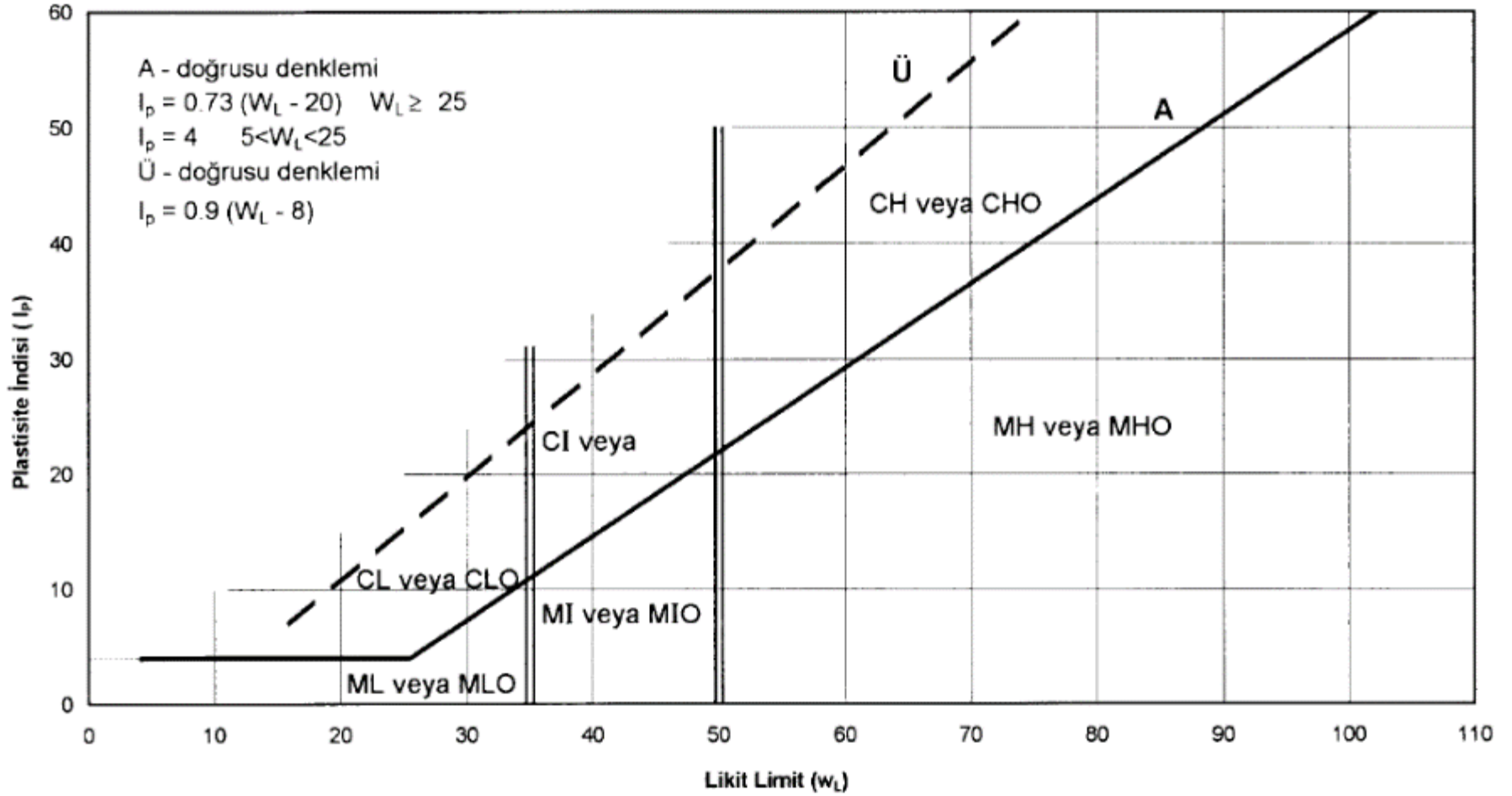
PLASTISİTE KARTI (ASTM D2487)



TS1500 ZEMİN SINIFLAMA SİSTEMİ

Ana guruplar	Özellikler	Derecelenme	Simge	Grup adı ^B	
İri taneli zeminler (%50' den fazlası 75 µm'den büyük)	ÇAKILLAR Kaba tanelerin %50 den fazlası (2 - 60 mm)	Temiz çakıllar (%5'ten az ince içeriyor)	Cu>4 ve 1<Cr<3	GW	Düzgün tane dağılımlı Çakıl ^C
			Cu<4 veya 1>Cr>3	GP	Üniform Çakıl ^C
		Kirli çakıllar (İncesi %5'ten fazla) ^A	İnceleri ML, MI veya MH	GM	Siltli Çakıl ^C
			İnceleri CL, CI veya CH	GC	Killi Çakıl ^C
	KUMLAR Kaba taneleri %50'den fazlası (75µm - 2 mm)	Temiz kumlar (%5'ten az ince içeriyor)	Cu>6 ve 1<Cr<3	SW	Düzgün tane dağılımlı Kum ^D
			Cu<6 ve/veya 1>Cr>3	SP	Üniform Kum ^D
		Kirli çakıllar (İncesi %5'ten fazla) ^A	İnceleri ML, MI veya MH	SM	Siltli Kum ^D
			İnceleri CL, CI veya CH	SC	Killi Kum ^D
İnce taneli zeminler (%50' den fazlası 75 µm'den küçük)	SİTLER VE KİLLER (Likit limit <35)	Anorganik	PI >4 ve A doğrusu üstünde	CL ^E	Düşük Plastisiteli Kil
			PI <4 ve A doğrusu altında	ML ^E	Düşük Plastisiteli Silt
	SİTLER VE KİLLER (35<Likit limit <50)	Anorganik	PI, A doğrusu üstünde, üzerinde	CI ^E	Orta Plastisiteli Kil
			PI, A doğrusu altında	MI ^E	Orta Plastisiteli Silt
	SİTLER VE KİLLER (Likit limit >50)	Anorganik	PI, A doğrusu üstünde, üzerinde	CH ^E	Yüksek Plastisiteli (Yağlı)Kil
			PI, A doğrusu altında	MH ^E	Yüksek Plastisiteli (Elastik)Silt
Koyu renkli, kokulu, aşırı organik malzeme içeriyor			PT	Turba	
A : İncelerin oranı %5 ile %12 arasında ise zemin çift sembol ile ifade edilir.		B : Zemin moloz içeriyorsa grup adına eklenir			
C : Örnekte %15'ten fazla kum varsa grup adına "Kumlu" terimi eklenir		D : Örnekte %15'ten fazla çakıl varsa grup adına "Çakıl" terimi eklenir			
E : LL (kurutulmuş) / LL (doğal) < 0.75 ise "O" terimi eklenir					

PLASTİSİTE KARTI (TS 1500)

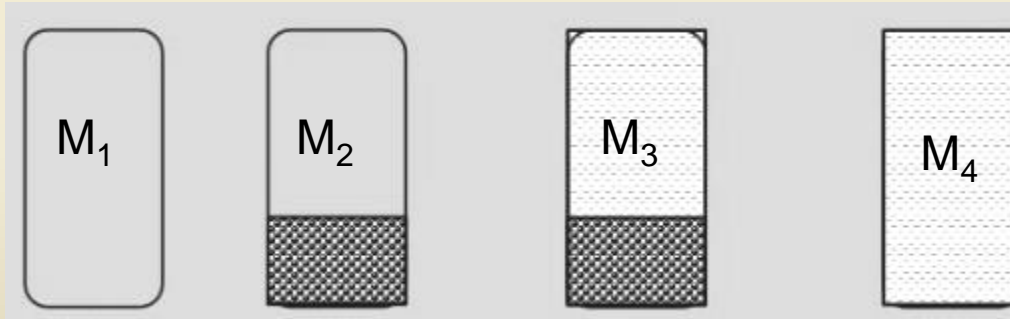


ZEMİNLERİN FİZİKSEL ÖZELLİKLERİ

DOĞAL SU İÇERİĞİ (ASTM D 4959-16; Mikrodalga D 4643-08; TS EN ISO 17892-1)

Kap no		K1	K2	K3
Kap+ıslak örnek kütlesi (g)	M_1	49.36	67.24	59.15
Kap+kuru örnek kütlesi (g)	M_2	43.36	60.77	50.82
Kap kütlesi (g)	M_3	30.49	47.21	33.74
Su kütlesi (g)	$M_4 = M_1 - M_2$	6.0	6.47	8.33
Kuru örnek kütlesi (g)	$M_5 = M_2 - M_3$	12.87	13.56	17.08
Su içeriği (%)	$\omega = M_4 / M_5$	47	48	49
Ortalama su içeriği (%)	ω_{ort}	48		

ÖZGÜL AĞIRLIK (ASTM D854-02)



M_1 : Boş piknometre kütlesi
 M_2 : Piknometre+zemin kütlesi
 M_3 : Piknometre+zemin+su kütlesi
 M_4 : Piknometre+su kütlesi

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

Zemin	G_s
Çakıl	2.65-2.68
Kum	2.65-2.68
Silt	2.66-2.70
Kil	2.68-2.80

STANDARD PROKTOR (ASTM D698-00aε1)



Standard proktor çekiç ve kalıbı

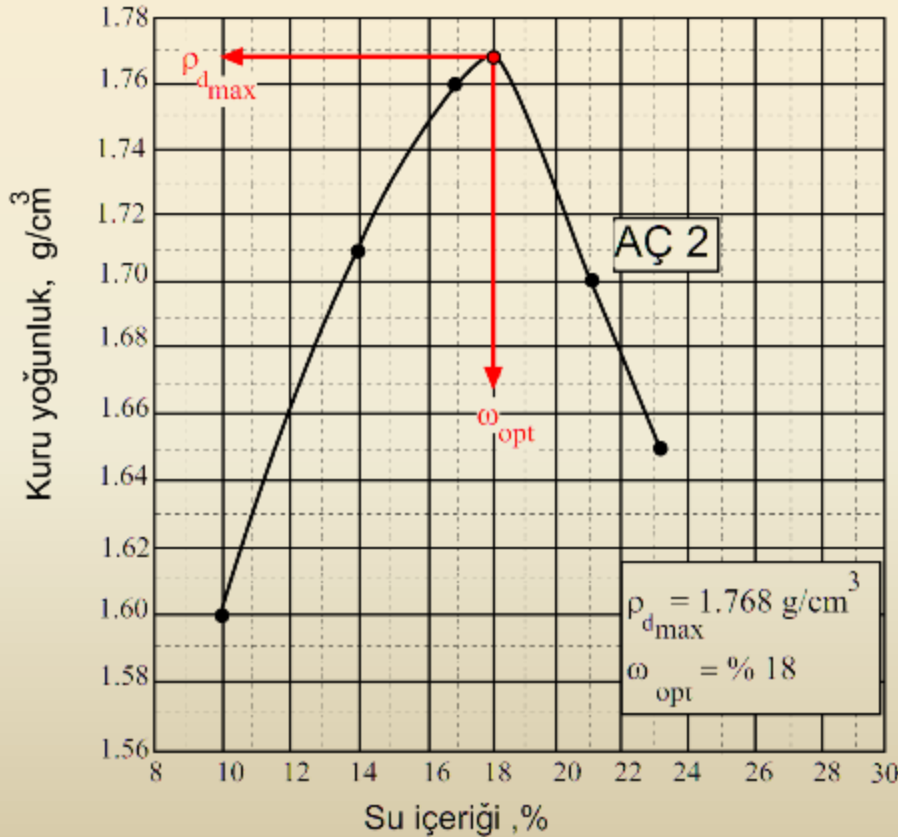
$$E = \frac{W.H.L.N}{V}$$

E: Sıkıştırma kuvveti (kPa), H: Çekiç düşüş yüksekliği (cm) N: Her tabaka için darbe adedi, L: Tabaka sayısı, V: Mold hacmi (cm³), W: Çekiç ağırlığı, kN



Kalıpta sıkıştırılmış örnek

Deney sıra no	1	2	3	4	5
Kalıp+sıkıştırılmış örnek kütlesi, g	3580	3770	3930	3900	3810
Sıkıştırılmış örnek kütlesi, g	1580	1770	1930	1900	1810
Yoğunluk (ρ_n), g/cm ³	1.58	1.77	1.93	1.90	1.81
Kuru yoğunluk (ρ_d), g/cm ³	1.44	1.54	1.62	1.53	1.43
Su içeriği (ω), %	10	15	19	24	27



$$\rho_n = \frac{M}{V} \quad \rho_d = \frac{\rho_n}{1 + \omega}$$

Doygunluk eğrileri için

$$\rho_d = \frac{Gs \cdot \rho_w}{1 + \frac{\omega \cdot Gs}{Sr}}$$

Relatif (izafi) sıkışma

$$RC = (\rho_{d\text{arazi}} / \rho_{d\text{lab}})$$

RC ≥ 95 % Dolgu

RC = 100% Baraj gövdesi

KONSOLİDASYON (ASTM D2435-02, D4186-98; TSE CEN ISO/TS 17892-5)

Gerilme kg/cm ²	Oturma cm	Oturma Farkı cm	Numune Yükseklği cm	Epsilon h/ho	Bosluk Yüksek cm	Bosluk Oranı e, %	Bosluk Oranı Değişimi Δe	Gerilme Artışı ΔP kg/cm ²	Sıkışma Katsayısı av cm ² /kg	Hacimsel Sıkışma Mv cm ² /kg
0.0	0.0000		2.0000	0.0000	1.1448	1.3387				
		0.0180					0.0210	0.5042	0.0417	0.0178
0.5	0.0180		1.9820	0.0090	1.1268	1.3177				
		0.0340					0.0398	0.4991	0.0797	0.0344
1.0	0.0520		1.9480	0.0260	1.0928	1.2779				
		0.0530					0.0620	0.9931	0.0624	0.0274
2.0	0.1050		1.8950	0.0525	1.0398	1.2160				
		0.0750					0.0877	2.0015	0.0438	0.0198
4.0	0.1800		1.8200	0.0900	0.9648	1.1283				
		0.0720					0.0842	3.9980	0.0211	0.0099
8.0	0.2520		1.7480	0.1260	0.8928	1.0441				
		0.0120								
4.0	0.2400		1.7600	0.1200	0.9048	1.0581				
		0.0110								
2.0	0.2290		1.7710	0.1145	0.9158	1.0710				
		0.0090								
1.0	0.2200		1.7800	0.1100	0.9248	1.0815				
		0.0120								
0.5	0.2080		1.7920	0.1040	0.9368	1.0955				

Katıların yüksekliği

$H_s = (W_s / AG_s \gamma_w)$; W_s : kuru yükseklik, A : örnek alanı, G_s : özgül ağırlık, γ_w : suyun birim ağırlığı

Boşluk yüksekliği

$H_v = H - H_s$; H : örneğin ilk yüksekliği

Başlangıç boşluk oranı

$e_0 = V_v / V_s = (H_v A / H_s A) = H_v / H_s$

Yük kademesine bağlı oturma (ΔH_1) ile oluşan **boşluk oranı değişimi**

$\Delta e_1 = \Delta H_1 / H_s$

Yük kademesi sonucu yeni boşluk oranı

$e_1 = e_0 - \Delta e_1$ olarak belirlenir.

İkinci ve diğer yük kademe artışları sonucunda

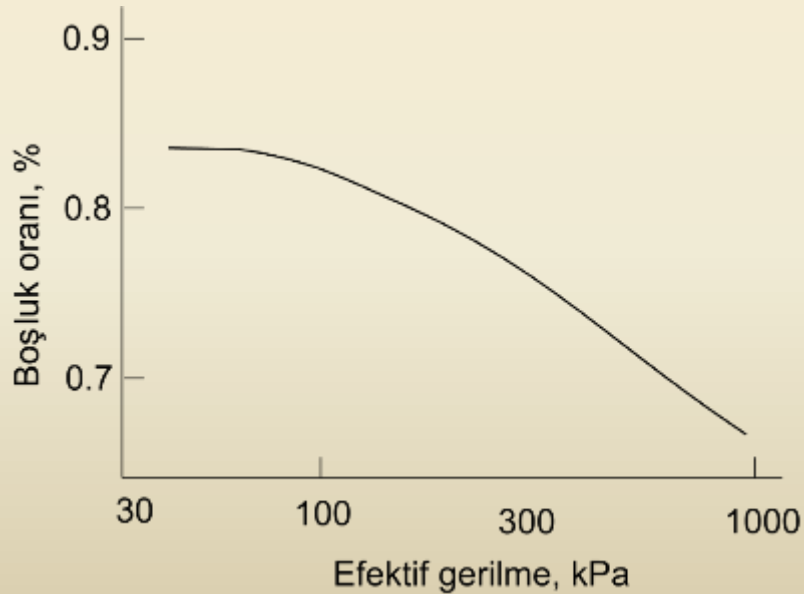
$e_2 = e_1 - (\Delta H_2 / H_s)$ olarak hesaplanır ve boşluk oranı ile logaritmik yük ilişkisi grafiği oluşturulur.

Örnek : Örneğin kuru kütlesi 116.74 g, başlangıç yüksekliği 2.54 cm, $G_s = 2.72$ ve örnek çapı 63.5 mm olarak belirlenmiştir. Yük kademeleri ile oluşan gerilme ve oturma değerleri çizelgede verilmiştir. (Das, 2000).

Gerilme, kPa	Oturma, mm
0	25.40
50	25.19
100	25.00
200	24.29
400	23.22
800	22.06

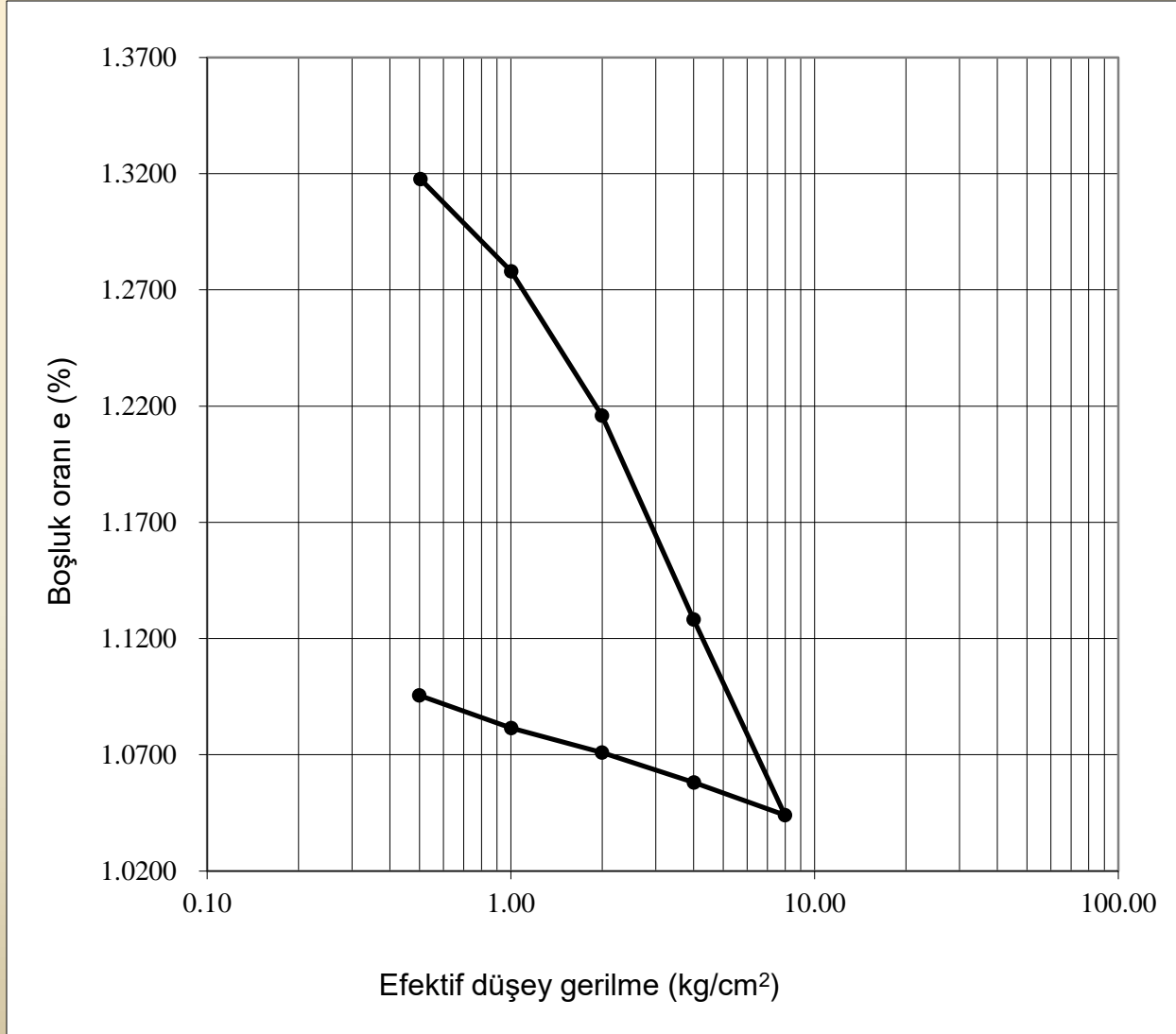
$$H_s = (W_s / AG_s \gamma_w) = 116.74 [(\pi/4)(6.35)^2] 2.72 \times 1.0 \text{ g/cm}^3 = 1.356 \text{ cm}$$

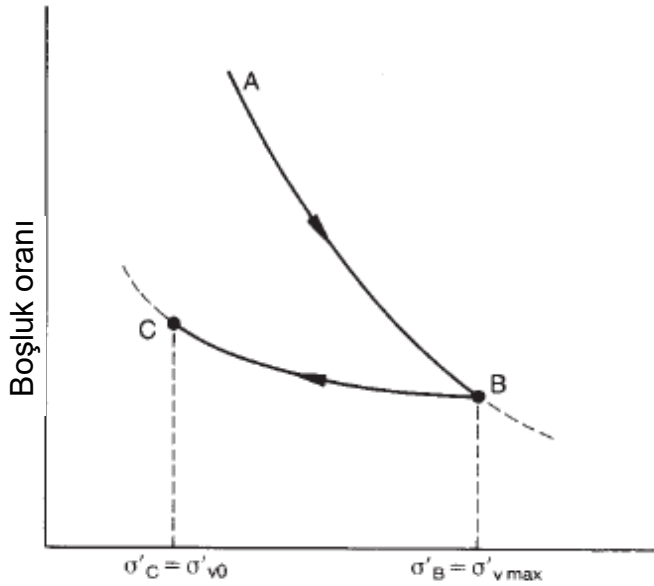
Gerilme, kPa	Oturma, mm	$H_v = H - H_s$	$e = H_v / H_s$
0	25.40	11.84	0.873
50	25.19	11.63	0.858
100	25.00	11.44	0.843
200	24.29	10.73	0.791
400	23.22	9.66	0.712
800	22.06	8.50	0.627



Das (2000)

KONSOLIDASYON DENEYİ





Konsolidasyon basıncı

Zeminlerin depolanması sürecinde örtü yükü ile zemin sıkışır ve “AB” ile ifade edilen boşluk oranı azalması-konsolidasyon basıncı ilişkisi elde edilir. “B” noktasına ulaşıldığında örtü yükü erozyon ile azalırsa “BC” ile belirtilen eğri elde edilir. “B” noktasında zemin normal konsolide, “C” noktasında aşırı konsolide olmuş haldedir.

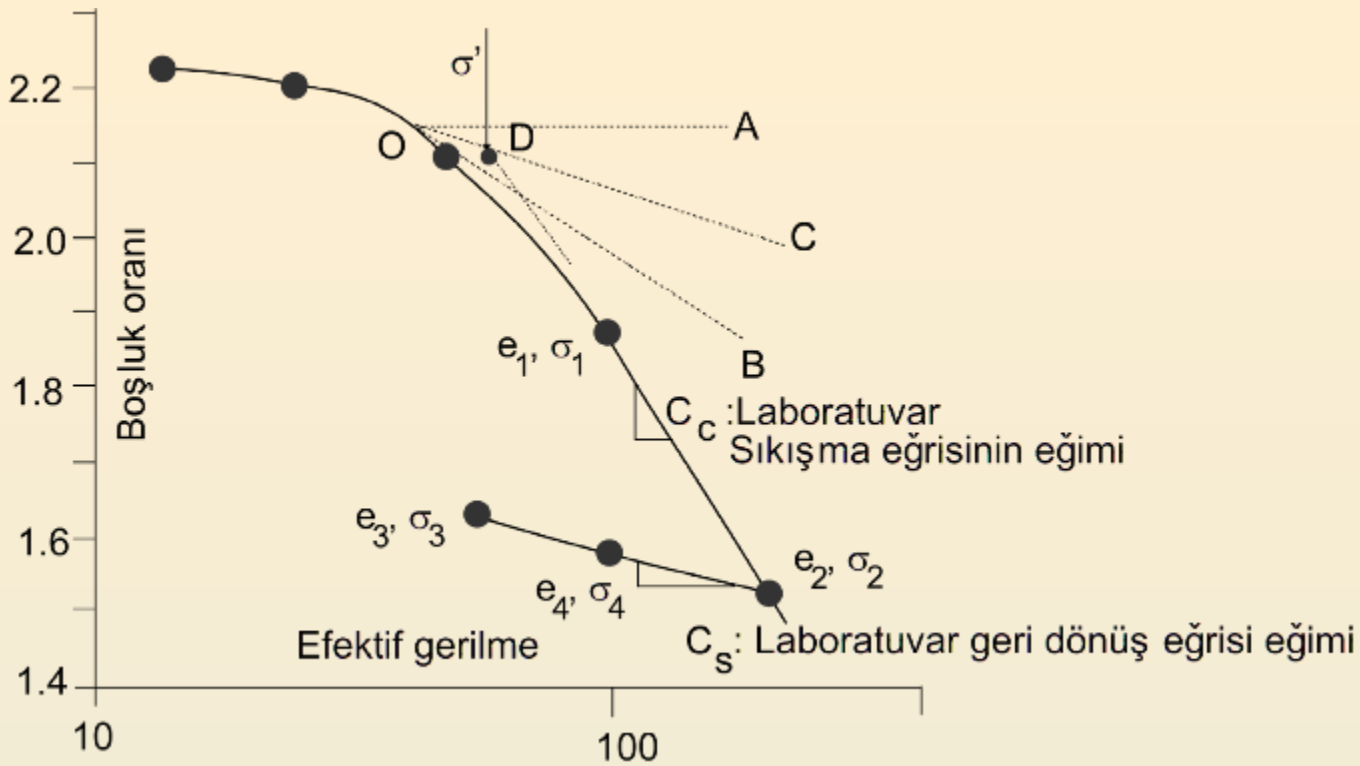
Aşırı konsolidasyon oranı

$OCR = \sigma'_B / \sigma'_C$ veya $OCR = \sigma'_{vmax} / \sigma'_{v0}$ eşitliği ile belirlenir.

σ'_{vmax} zeminin geçmişte maruz kaldığı en fazla gerilme,

σ'_{v0} ise güncel gerilmedir.

Açıklama	OCR
Normal konsolide	1
Hafif aşırı konsolide	1-3
Orta aşırı konsolide	3-9
Yüksek oranda aşırı konsolide	>9



Şişme İndeksi (C_s)

Geri dönüş (yük boşaltma) eğrisinin eğimi şeklinde ifade edilir.

$$C_s = [(e_3 - e_4)] / [(\log(\sigma_4 / \sigma_3))]$$

Sıkışma İndeksi (C_c)

Bakir sıkışma eğrisinin eğimi olup, aşağıdaki şekilde ifade edilir.

$$C_c = [(e_2 - e_1)] / [(\log(\sigma_2 / \sigma_1))]$$

Örselenmemiş kiler için

$$C_c = 0.009 \times (LL - 10)$$

Remolde kiler için

$$C_c = 0.007 \times (LL - 10)$$

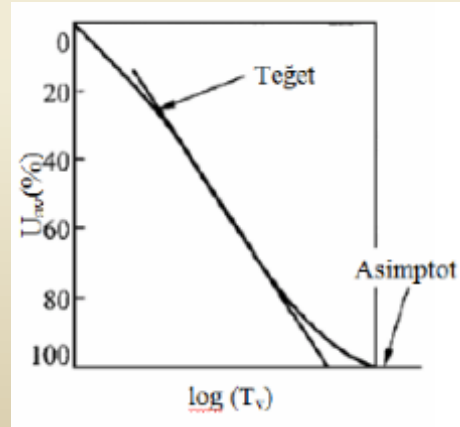
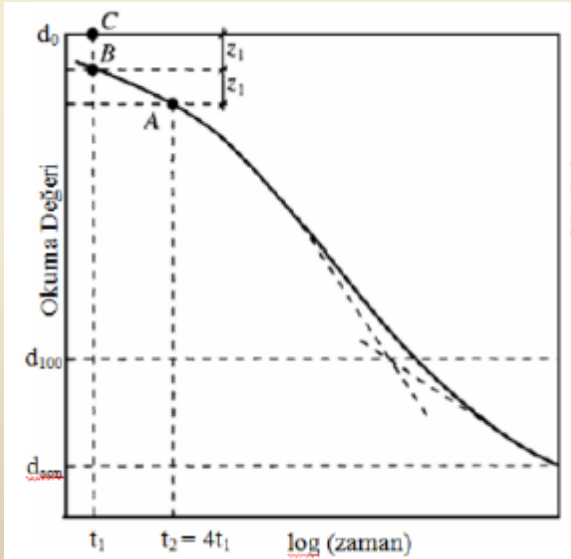
Terzaghi, Peck (1967)

Konsolidasyon katsayısı

$c_v = T_v h^2 / t = 0.197 h^2 / t_{50}$ (cm²/s). h, örneğin orta noktasıdır (çift yönlü drenaj)

$$c_v = k(1+e) / \gamma_w a_v = k / \gamma_w m_v \text{ (cm}^2/\text{s)}$$

Oturma-zaman grafiğinde herhangi bir t_1 zamanı ile B noktası belirlendikten sonra $t_2=4t_1$ ile A noktasının yeri belirlenir. BA arasındaki uzunluk (z) B noktasına eklenerek C noktasının yeri bulunur. C'den çizilen yatay ile d_0 okuması alınır. Eğrinin birincil ve ikincil doğrusal kısımları uzatılarak T noktası belirlenir. T'den çizilen yatay ile d_{100} okuması alınır. İki okuma farkının aritmetik ortalaması olan d_{50} 'ye karşılık gelen t_{50} noktası belirlenir. $T_v=(c_v \cdot t) / h^2$ ve $U_{av}=50\%$ için $T_v=0.197$ değerleri ile konsolidasyon katsayısı belirlenir.



Sıkışabilirlik katsayısı

$$a_v = -(e_0 - e_1 / p_1 - p_0) \text{ (cm}^2\text{/kg)}.$$

Sabit yük artışı altında boşluk oranındaki değişim veya efektif gerilme değişimidir.

Hacimsel sıkışma katsayısı

$$m_v = \Delta e_v / \Delta v = a_v / (1 + e_0) \text{ (cm}^2\text{/kg)}.$$

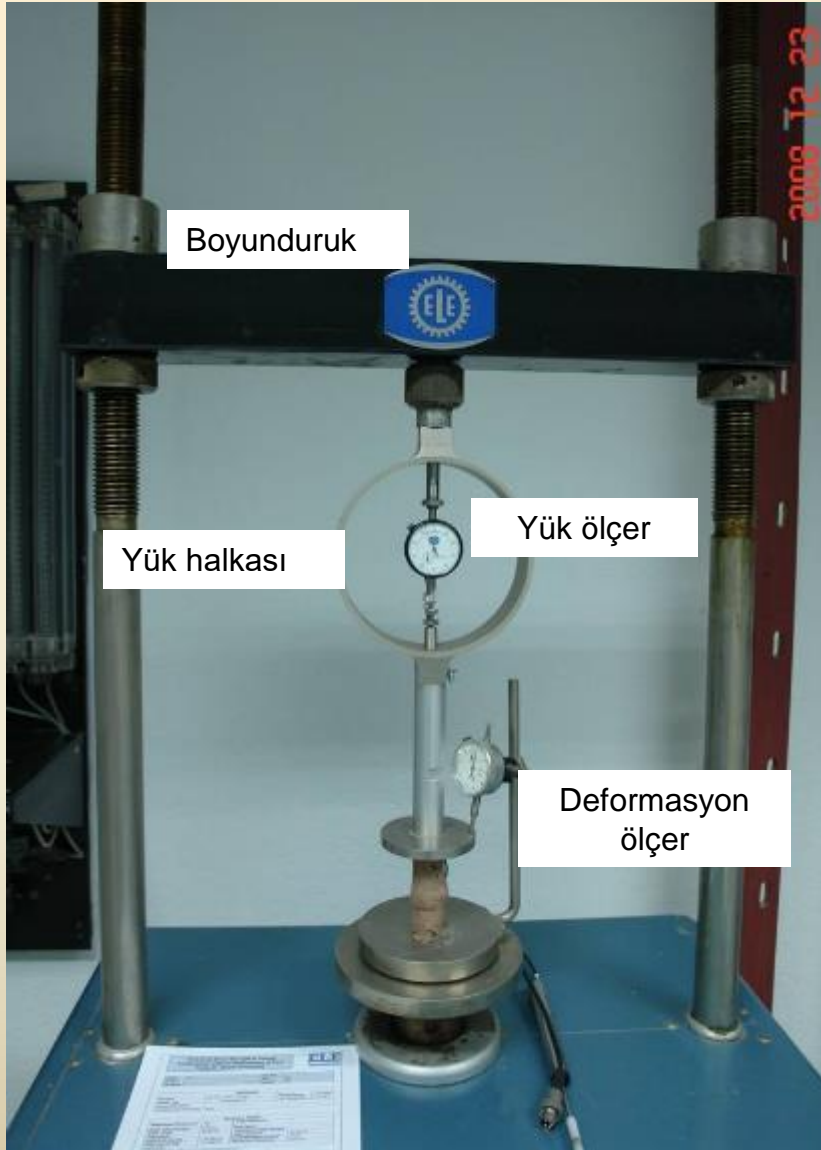
Düşey deformasyonun düşey efektif gerilmeye oranıdır.

İlksel oturma

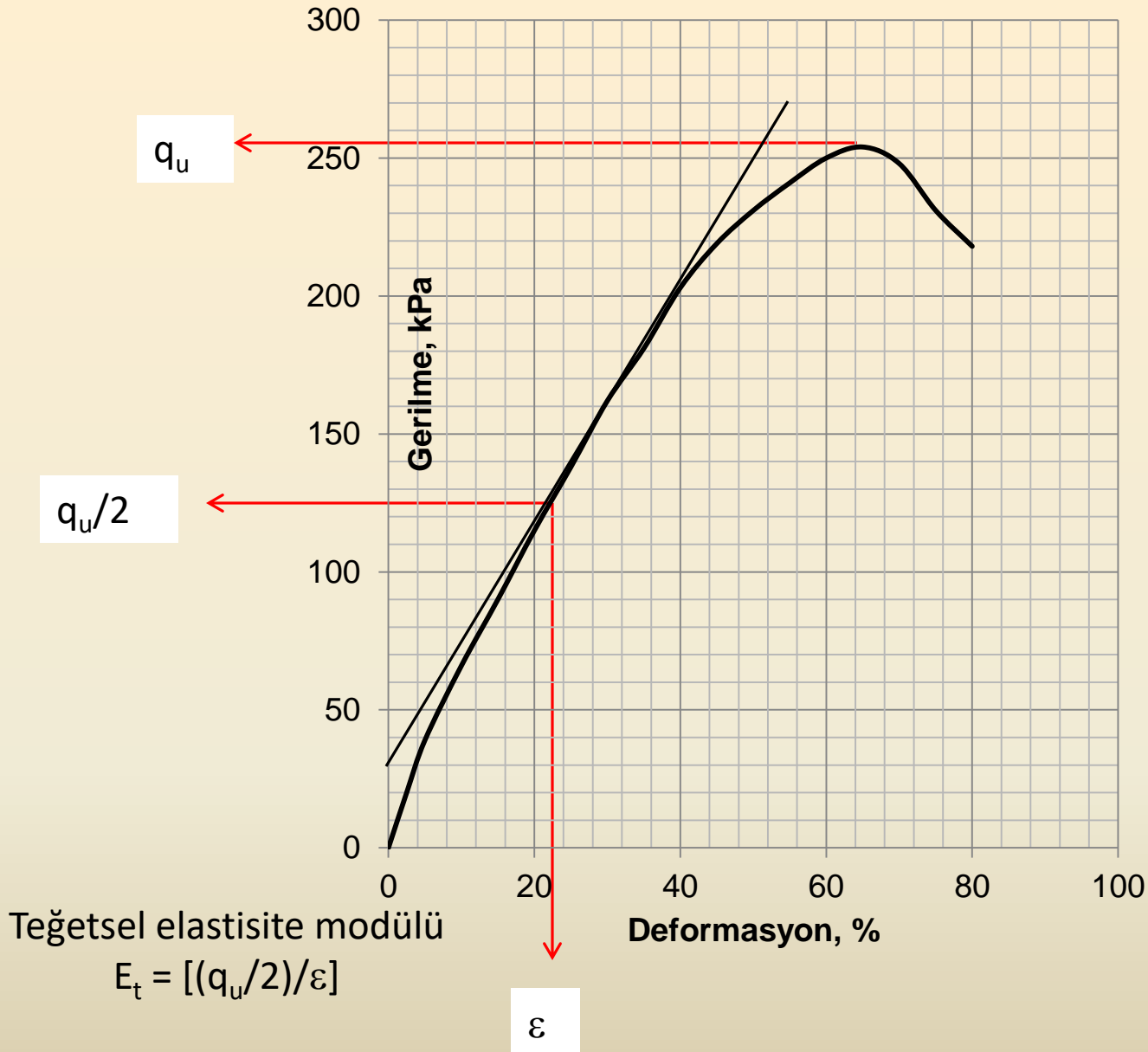
$S = [(\Delta e / 1 + e_0) H]$ eşitliği yanında belirli sıkışma indeksi (C_c) değerleri için;

$S = [H(C_c / 1 + e_0) \log(p_0 - \Delta p / p_0)]$ eşitliği ile belirlenir.

TEK EKSENLİ BASINÇ (ASTM D2166-M16; TS CEN ISO 17892-7)

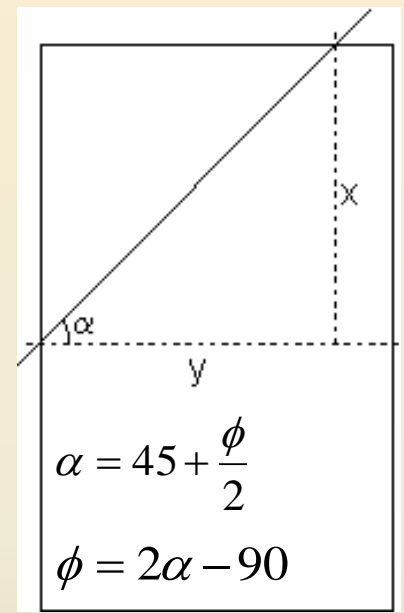


ΔL (mm) ($\times 10^{-2}$)	Yük Halkası Okuması ($\times 10^{-2}$)	F, kN ($\times 10^{-2}$)	Deformasyon $\varepsilon = \Delta l/l_0$ ($\times 10^{-3}$)	Gerilme $\sigma = F/A$, kPa
0	0	0	0	0
20	30	2.01	2.5	20.14
40	45	3.96	5.0	39.68
80	68	6.61	10.0	66.11
120	85	9.03	15.0	90.35
160	100	11.50	20.0	115.00
200	111	13.81	25.0	138.10
240	120	16.22	30.0	162.20
280	128	18.12	35.0	181.12
320	135	20.33	40.0	203.35
360	142	21.95	45.0	219.58
400	148	23.11	50.0	231.14
440	153	24.11	55.0	241.18
480	157	25.03	60.0	250.36
520	161	25.42	65.0	254.22
560*	169	24.80	70.0	248.05
600	164	23.16	75.0	231.63
640	160	21.82	80.0	218.25

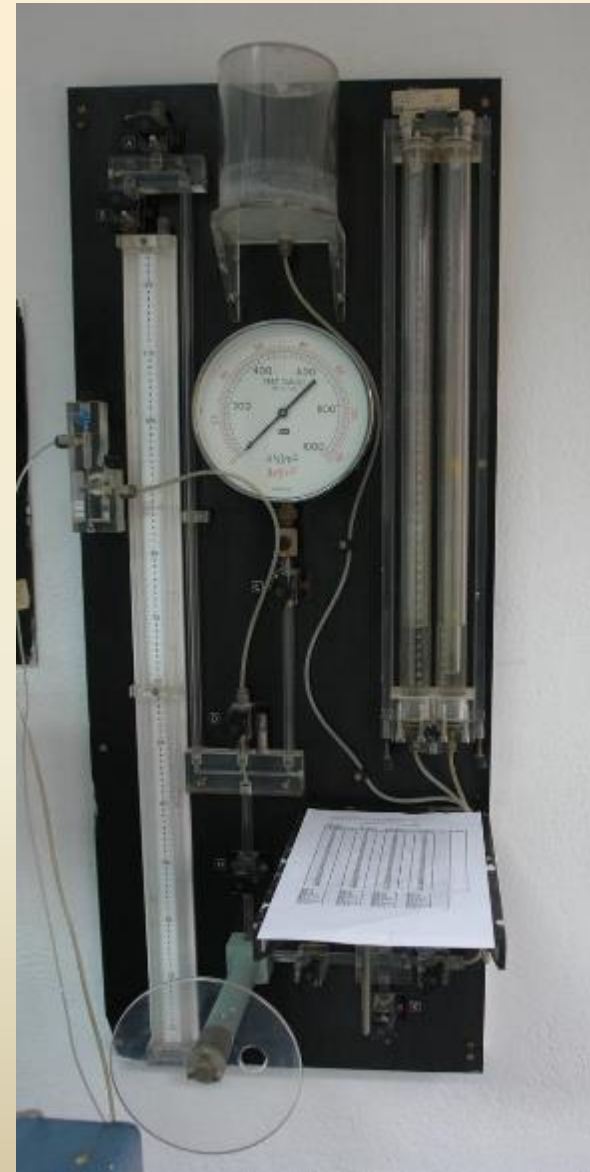
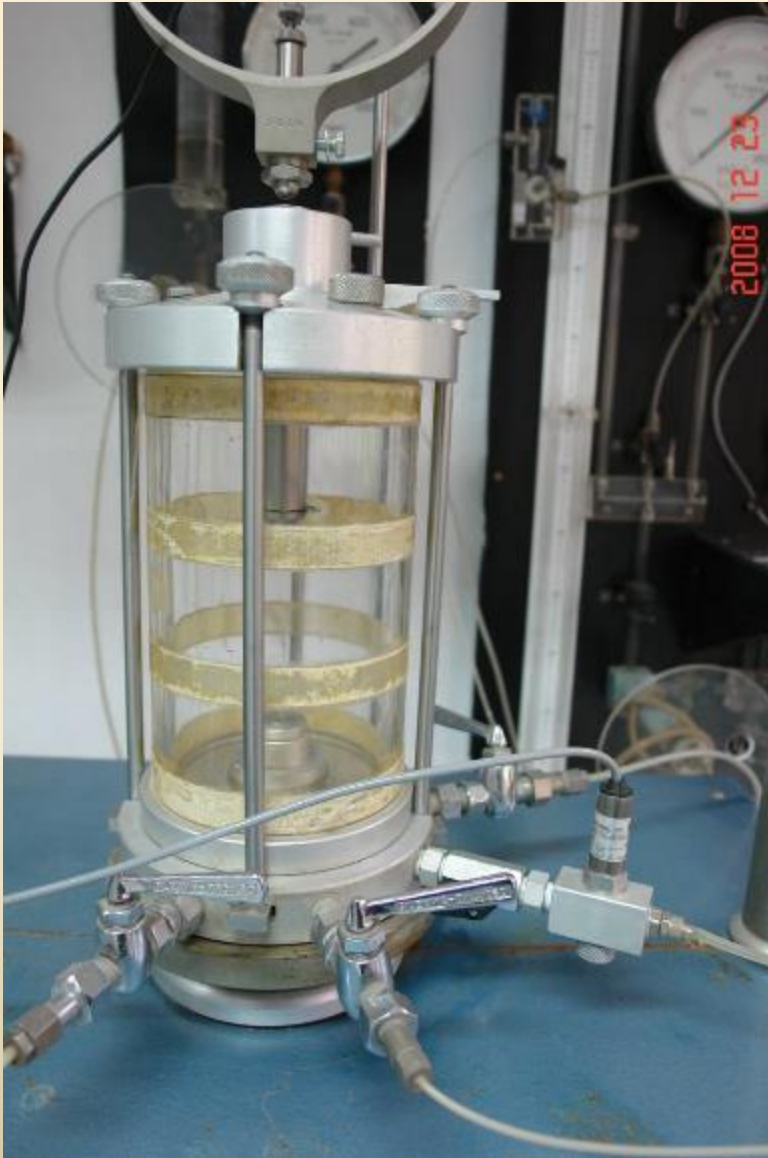


Teğetsel elastisite modülü
 $E_t = [(q_u/2)/\epsilon]$

Kohezyon
 $c \sim q_u/2$



ÜÇ EKSENLİ UU DENEY (ASTM D2850-15; TSE CEN ISO/TS17892-8)



Hücre basıncı: 50 kPa		Hücre basıncı : 100 kPa		Hücre basıncı : 200 kPa	
Boy değişimi $\Delta L (\times 10^{-2})$	Yük halkası okuması($\times 10^{-2}$)	Boy değişimi $\Delta L (\times 10^{-2})$	Yük halkası okuması($\times 10^{-2}$)	Boy değişimi $\Delta L (\times 10^{-2})$	Yük halkası okuması($\times 10^{-2}$)
0	0	0	0	0	0
40	8	40	12.3	40	21.2
80	11	80	16.4	80	40.1
120	16.4	120	20.1	120	58.8
160	19.5	160	25.3	160	72.1
200	27.3	200	30.0	200	89.6
240	34.5	240	36.7	240	101.2
280	39.6	280	47.2	280	112.6
320	48.0	320	61.4	320	124.2
360	59.3	360	74.2	360	136.4
400*	70.4	400	88.4	400	150.1
440	66.2	440	101.6	440	162.5
480	63.3	480	122.8	480	178.4
		520*	134.1	520	192.6
		560	132.6	560	209.9
				600	220.4
				640	226.6
				680*	232.4
				720	225.5

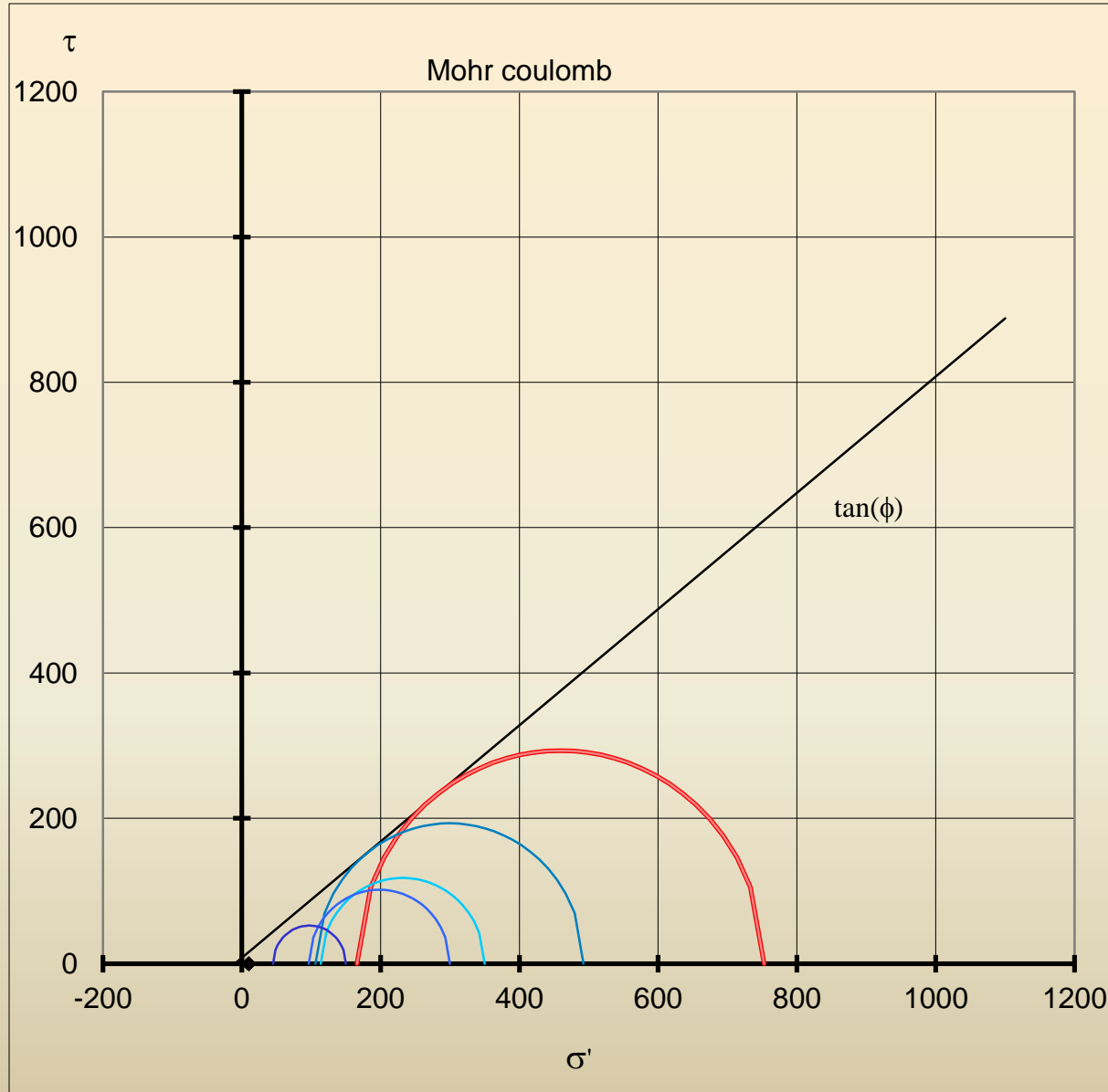
$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{Y.H.O \times R.F.}{A_1}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}$$

$$A_1 = \frac{A_0}{1 - \varepsilon}$$

*Örnek yenilmiştir

$$r = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$$



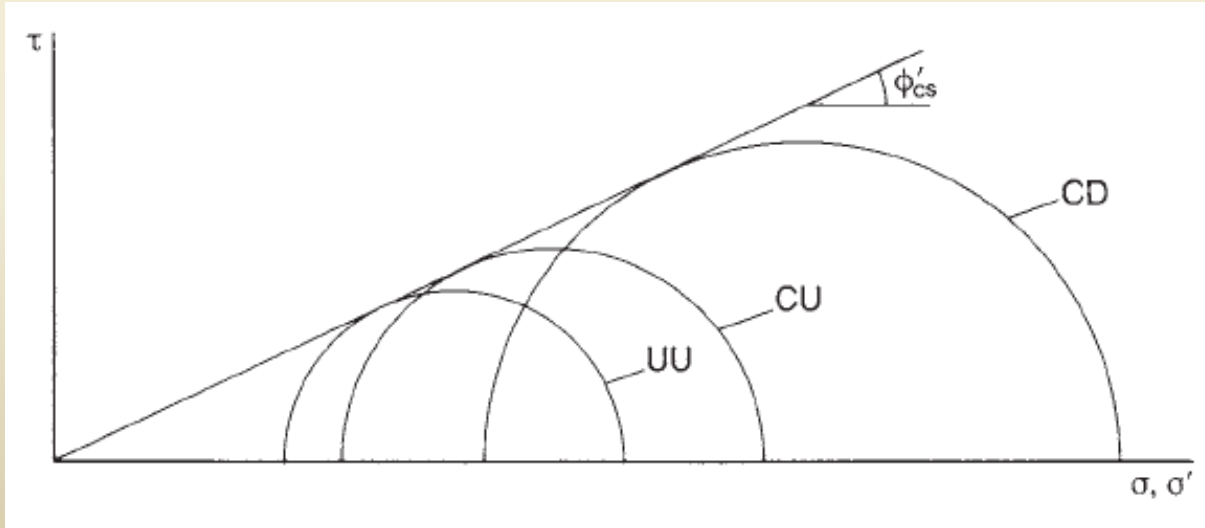
C=22 kPa
 $\phi=36^\circ$

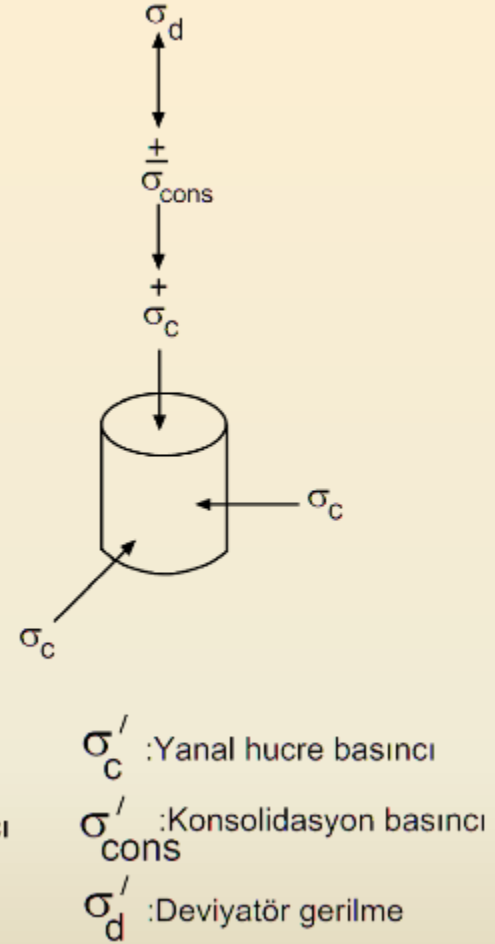
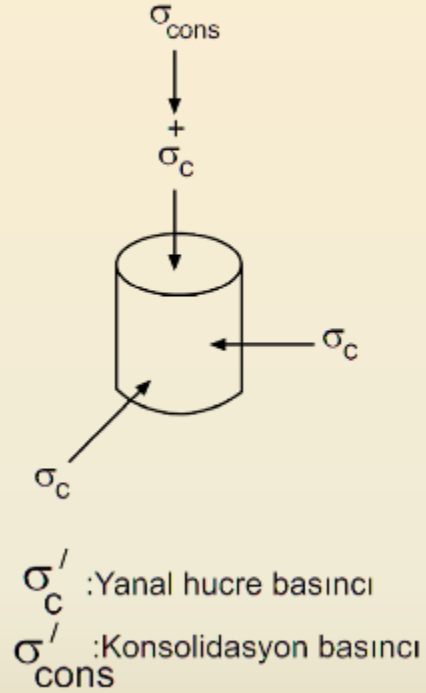
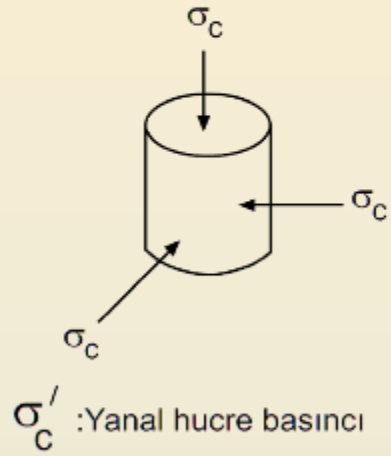
$$m = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{2}$$

Konsolidasyonsuz-Drenajsız (UU) Deney : Örnek sabit hücre basıncı altında drenaja izin verilmeden yenilmeye uğrar.

Konsolidasyonlu-Drenajsız (CU) Deney : Sabit hücre basıncının yanında örnek konsolide edilir. Bu sırada yenilme olmaması için geri basınç uygulanır. Bu sayede efektif basınç dengelenmiş olur. Drenaj valfi açılarak boşluk suyu basıncının sıfırlanmasına izin verilir. Boşluk suyu basıncı yanında örnek içinde sıkışmış hava da uzaklaştırılmış olur. Deney sırasında valf kapatılarak boşluk suyu basıncının sadece sensör tarafından takip edilmesi sağlanır.

Konsolidasyonlu-Drenajlı (CD) Deney : Hücre basıncı ve konsolidasyon basıncına maruz bırakılan deney örneği drenaj valfi açılarak yenilmeye uğrar. Deney sırasında valf açık tutularak örnekten uzaklaşan/geri gelen suyun hacmi büretten takip edilir.





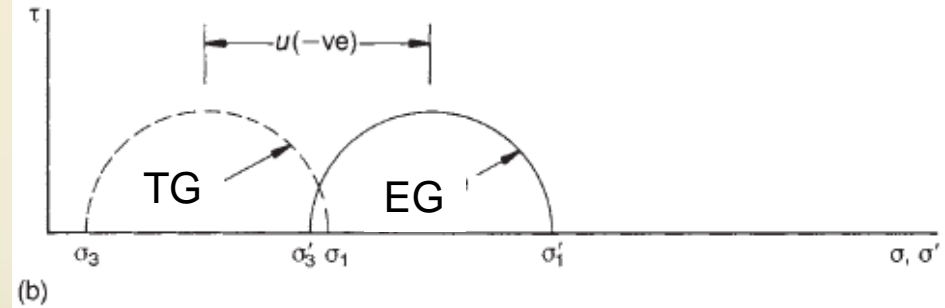
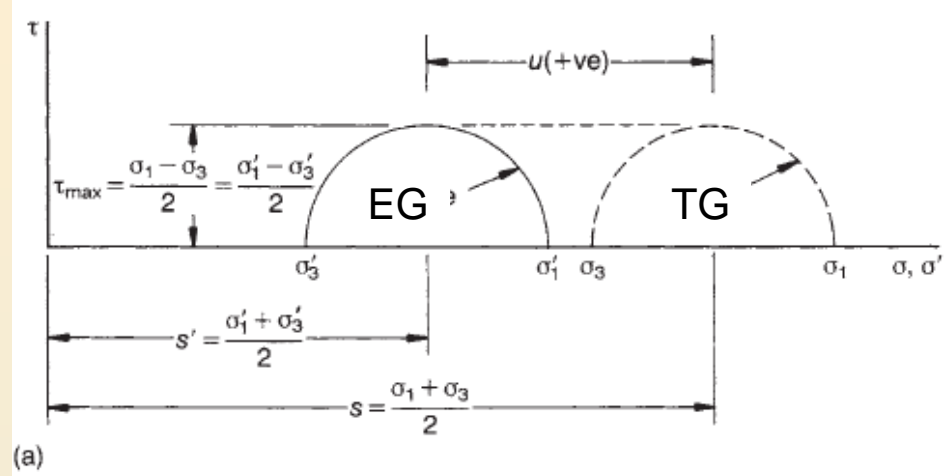
BOŞLUK SUYU BASINCI (U) PARAMETRELERİ

$$\Delta u = [B \Delta \sigma_3 + A (\Delta \sigma_1 - \Delta \sigma_3)]$$

Doygun zeminlerde $B=1$

$$A = (\Delta u / \Delta \sigma_d)$$

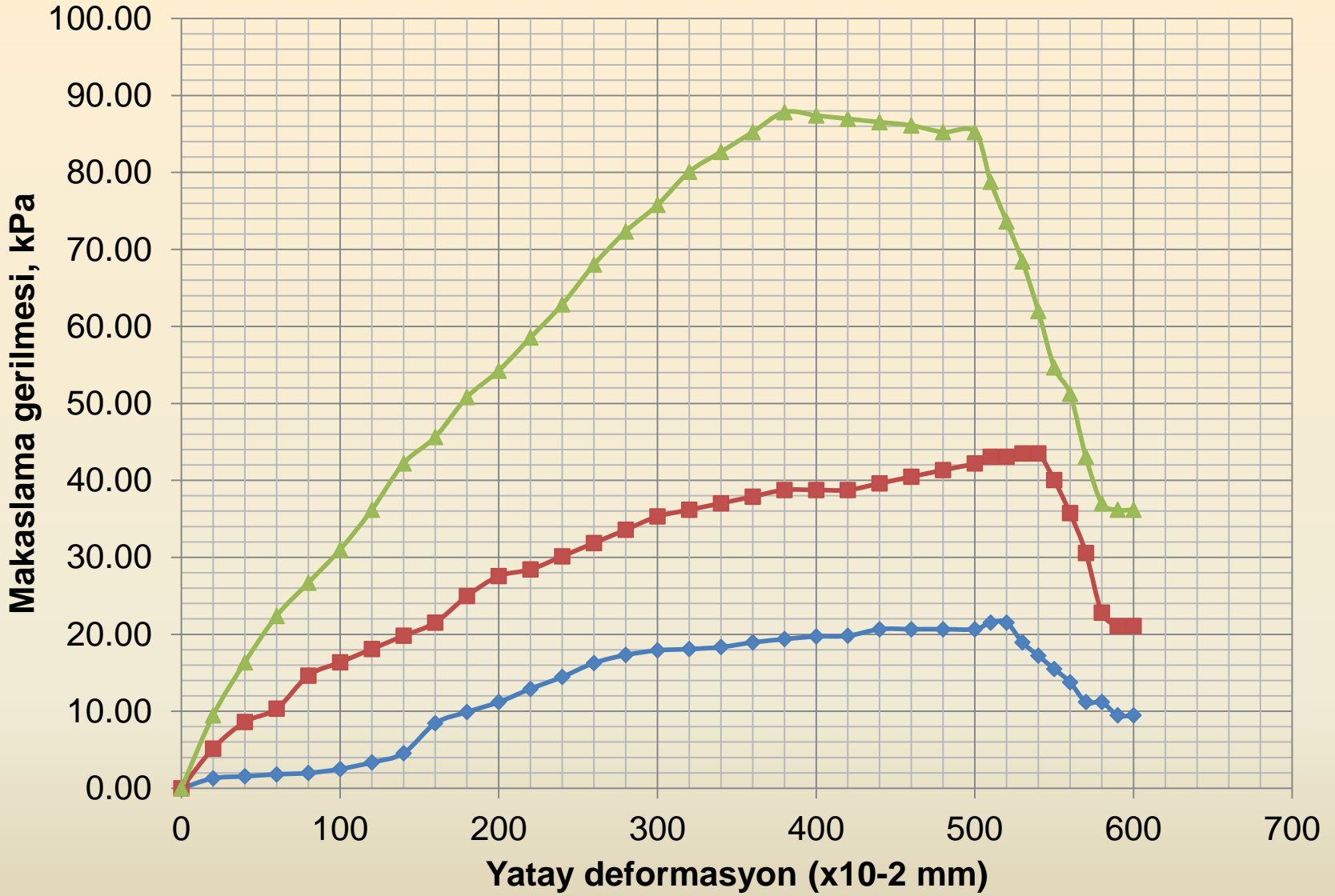
Kil türü	A
Çok hassas	0.75 - 1.5
Normal konsolide	0.5 - 1
Kumlu	0.25 - 0.75
Az aşırı konsolide	0.0 - 0.5
Çakıllı	- 0.25 ile 0.25
Yüksek derece aşırı konsolide	-0.5 ile 0.0



Üç eksenli deneyde (a) pozitif boşluk suyu basıncı, (b) negatif boşluk suyu basıncı

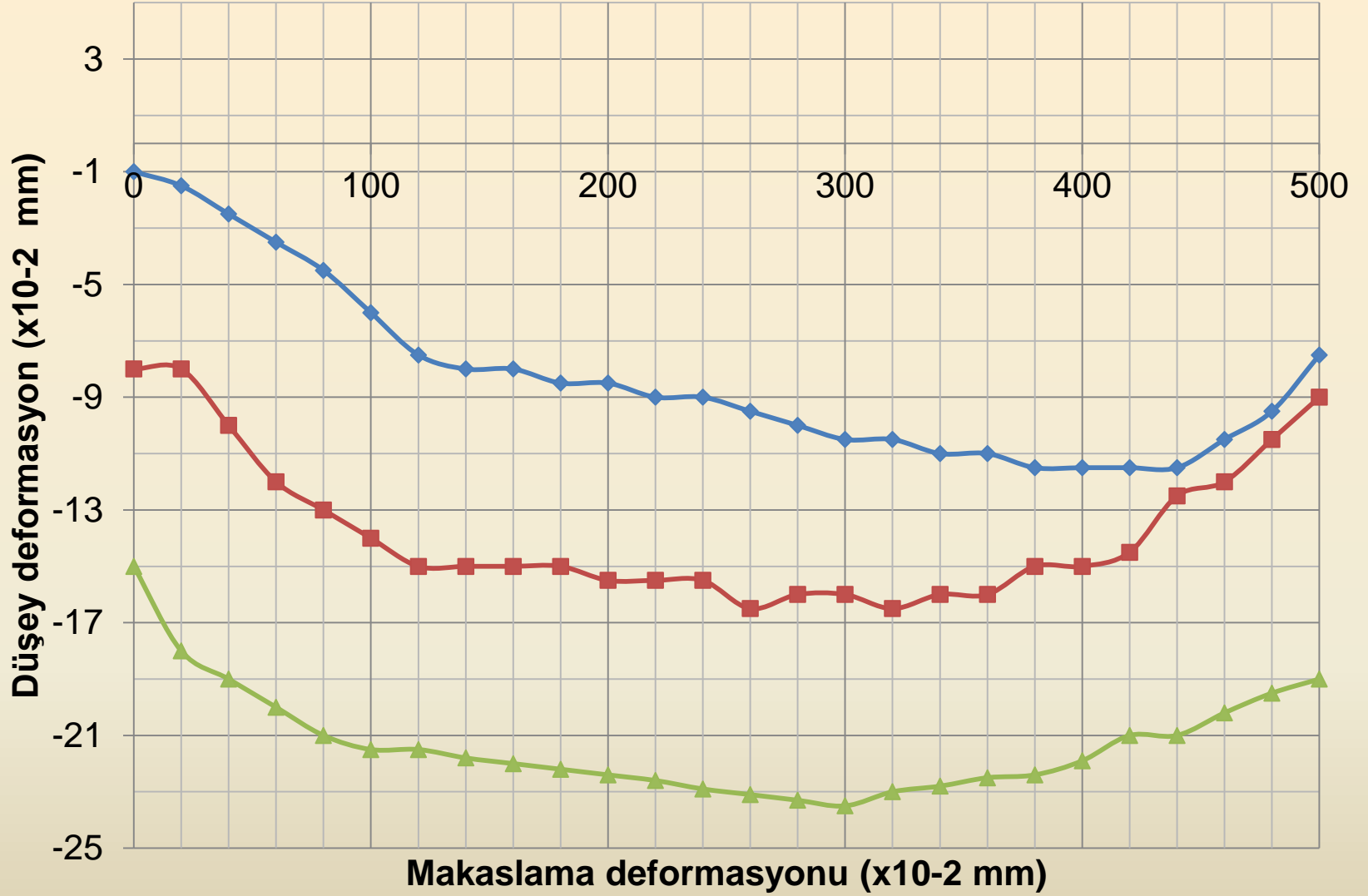
DİREKT MAKASLAMA DENEYİ (ASTM D3080; TSE CEN ISO/TS 17892-10)





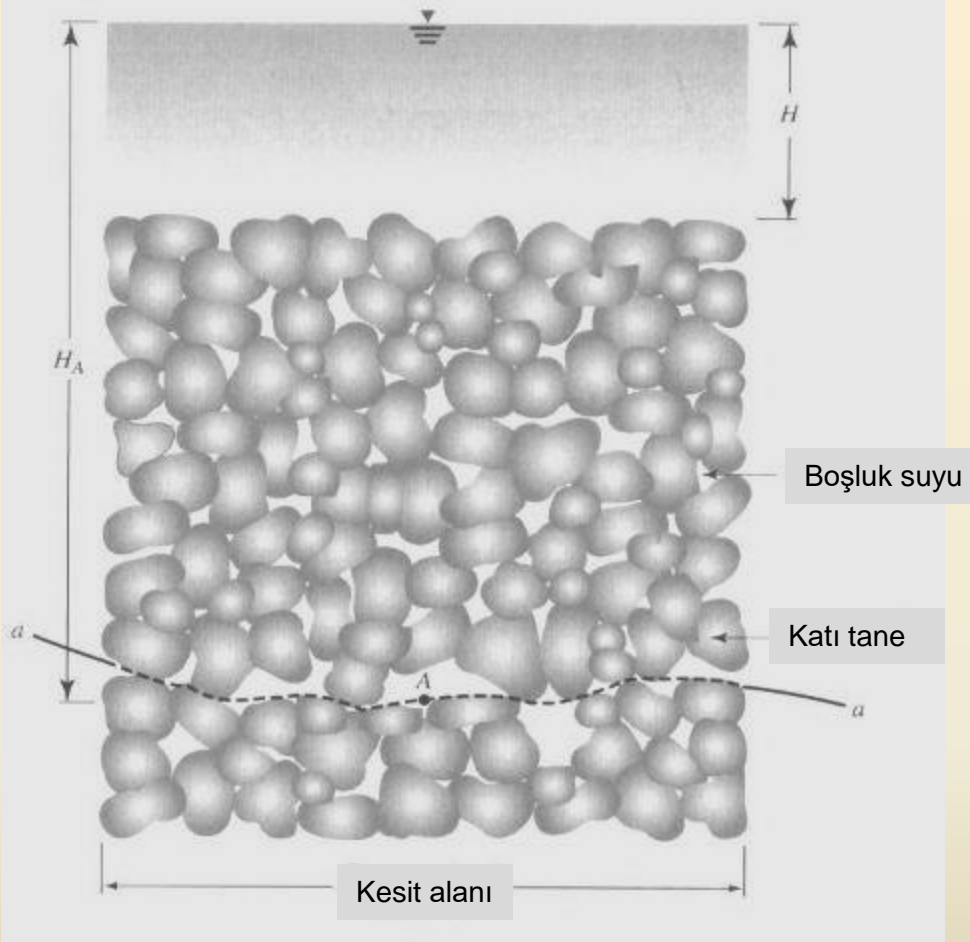
◆ 25 kPa ■ 50 kPa ▲ 100 kPa

Makaslama deneyinde gerilme-deformasyon ilişkisi

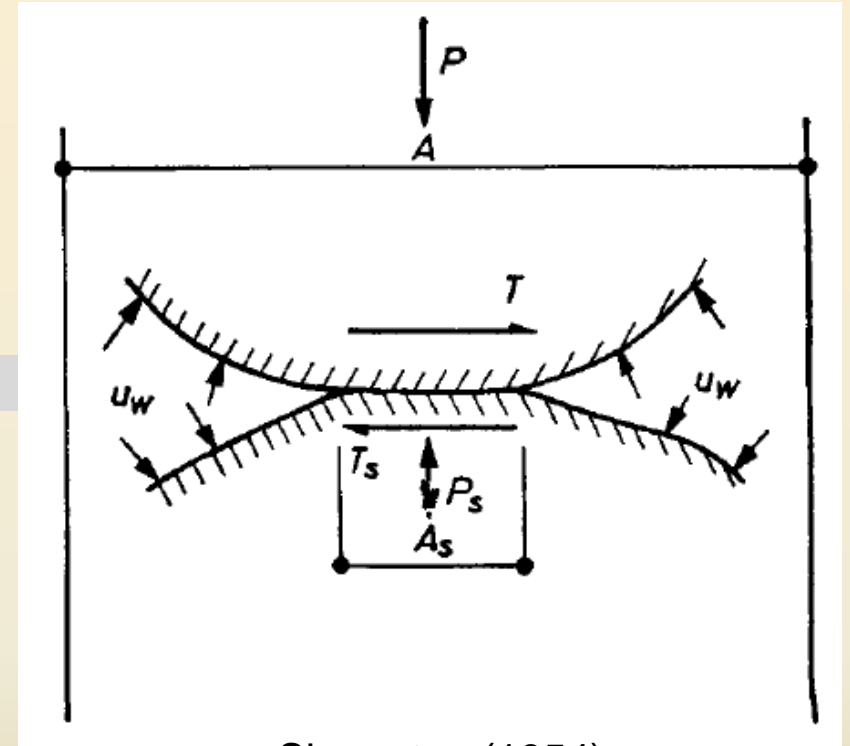


Makaslama deneyinde makaslama-düşey deformasyon ilişkisi

ZEMİNLERDE EFEKTİF GERİLME

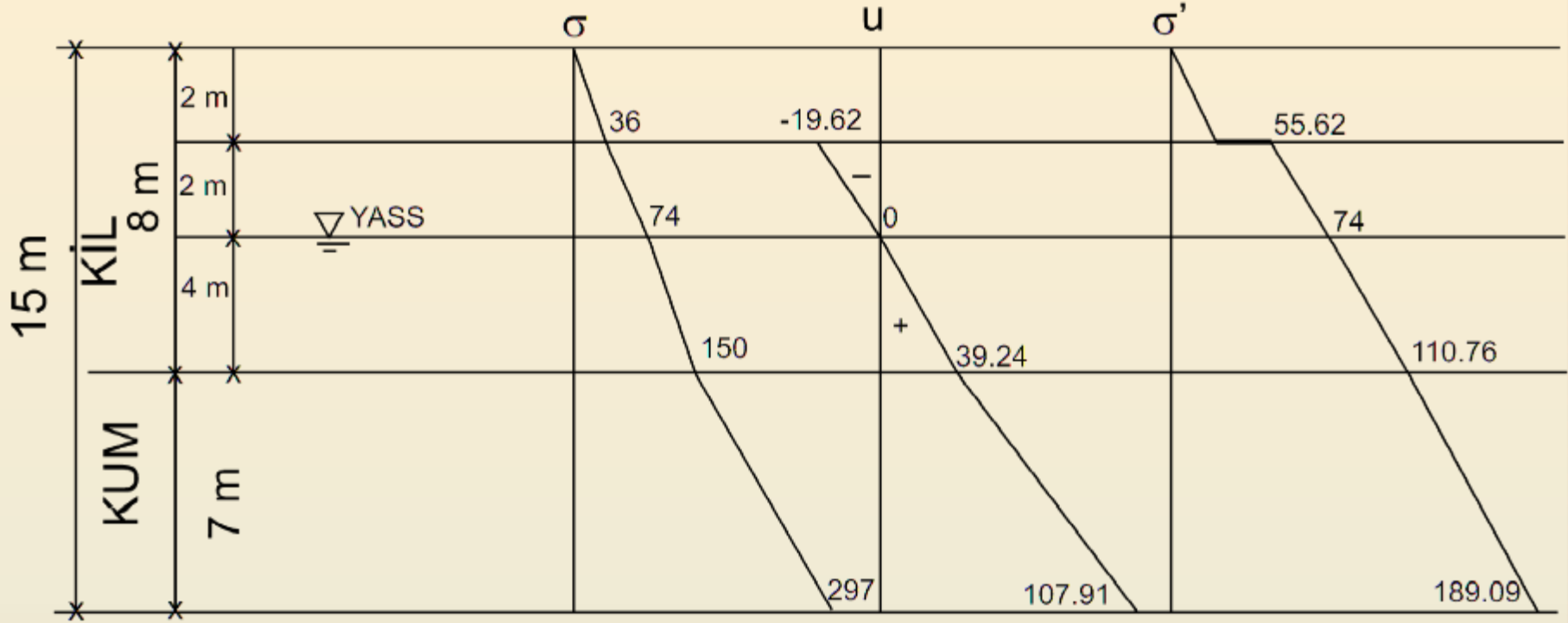


Das (2000)



Skempton (1954)

Örnek : Toplam 15 metrelik zemin sondajında 8 m kil, 7 m kum kesilmiştir. Kilin doğal birim ağırlığı 18 kN/m^3 , doygun birim ağırlığı 19 kN/m^3 ; kumun doygun birim ağırlığı 21 kN/m^3 tür. Su tablası 4 m derinde olup, 2 m kapiler bölge mevcuttur.



Derinlik (m)	σ (kPa)	U (kPa)	σ' (kPa)
0	0	0	0
2	$2 \times 18 = 36$	$-2 \times 9.81 = -19.62$	$36 - (-19.62) = 55.62$
4	$36 + 2 \times 19 = 74$	0	$74 - 0 = 74$
8	$74 + 19 \times 4 = 150$	$9.81 \times 4 = 39.24$	$150 - 39.24 = 110.76$
15	$150 + 7 \times 21 = 297$	$39.24 + 7 \times 9.81 = 107.91$	$297 - 107.91 = 189.09$

ZEMİNLERDE GEÇİRİMLİLİK (TSE CEN ISO/TS 17892-11)

SABİT SEVİYELİ PERMAMETRE (ASTM D2434-68)

$$k = \frac{V.L}{A.h.t}$$

V(Q) : Geçen suyun hacmi (t sürede)
L : Seviye farkı, cm
A : Moldun kesit alanı, cm²
h : Su seviyesi farkı, cm

DÜŞEN SEVİYELİ PERMAMETRE (ASTM D5084-16a)

$$k = \frac{a.L \log_e (h_1 / h_2)}{A(t_2 - t_1)}$$

L : Mold uzunluğu, cm
A : Moldun kesit alanı, cm²
a : Tüp kesit alanı, cm²
h₁, h₂ : Sabit su seviyeleri, cm
t₁, t₂ : İlk ve son süre, s



DEVİRSEL ÜÇ EKSENLİ BASINÇ DENEYİ (ASTM D5311-92)



Örnek hazırlama

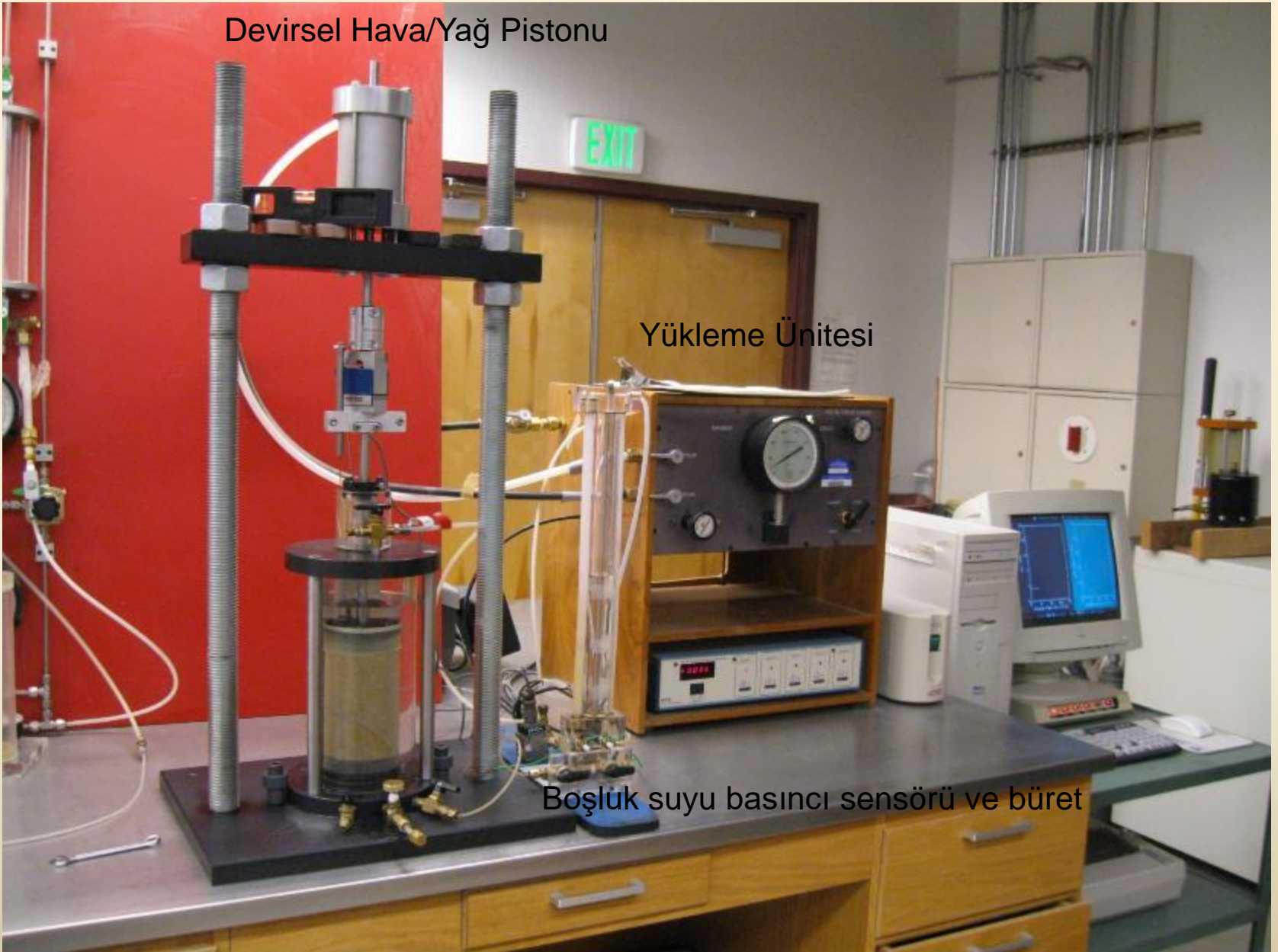


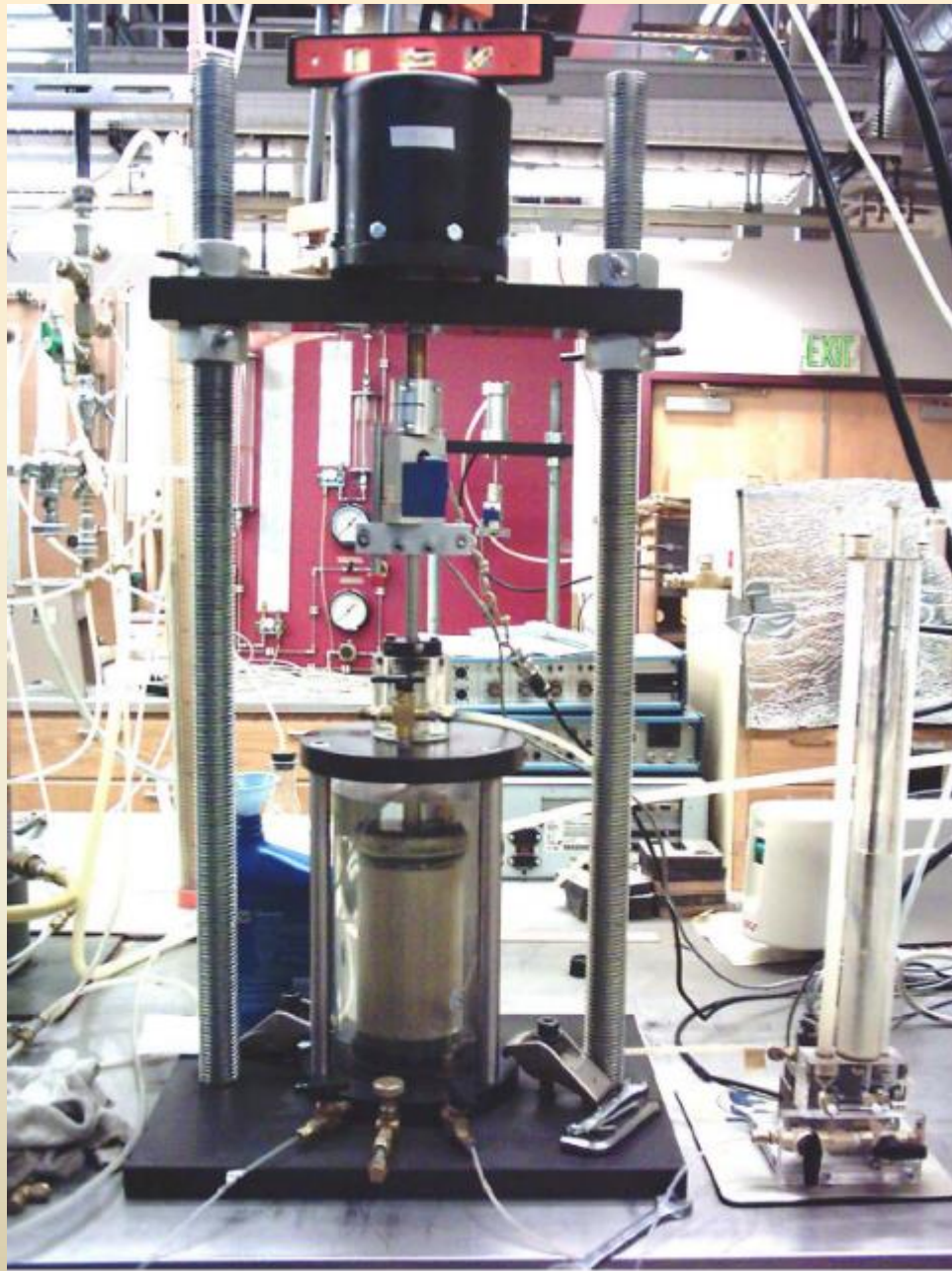
Doygunluk için örneğe CO₂ uygulaması

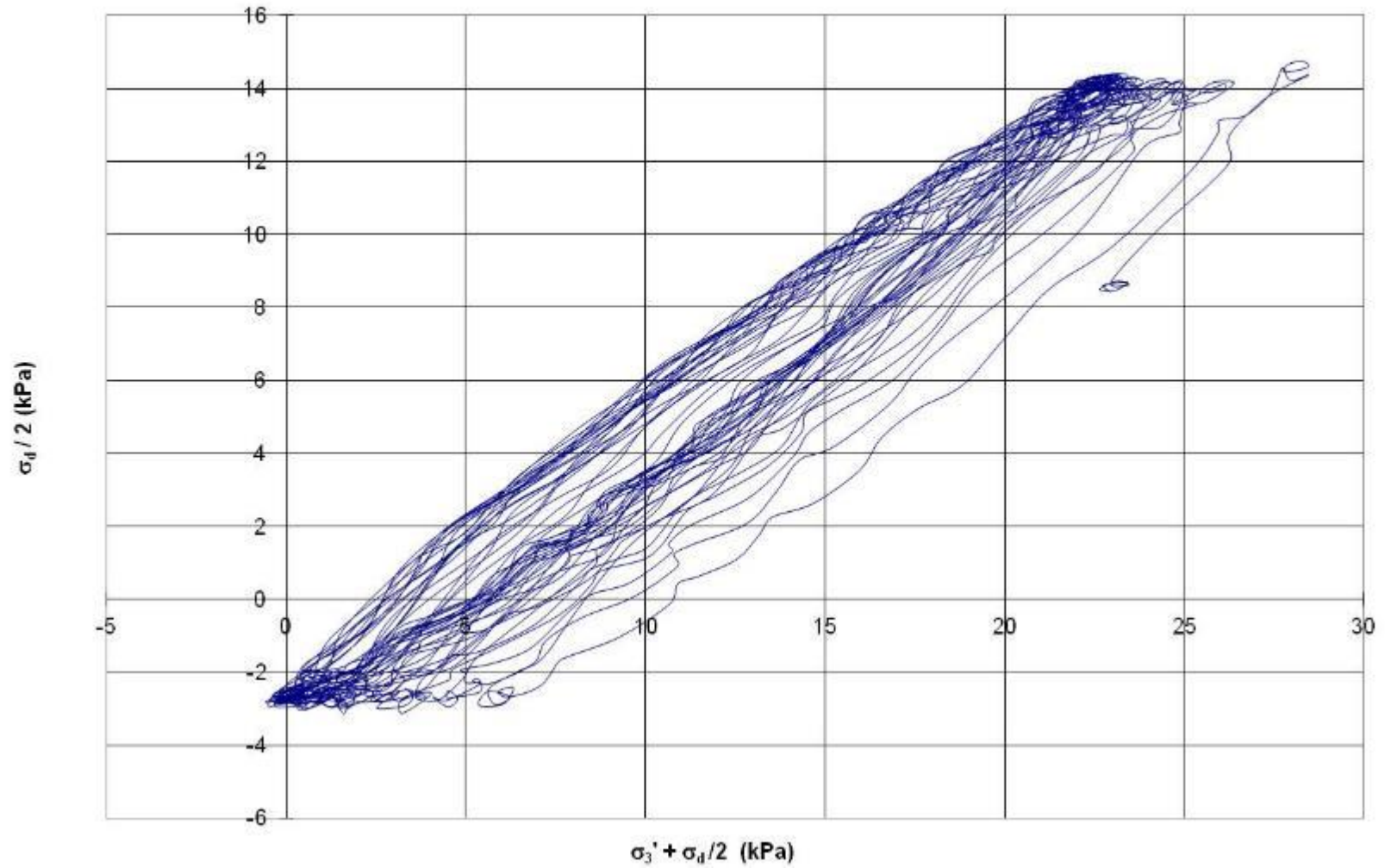
Devirsel Hava/Yağ Pistonu

Yükleme Ünitesi

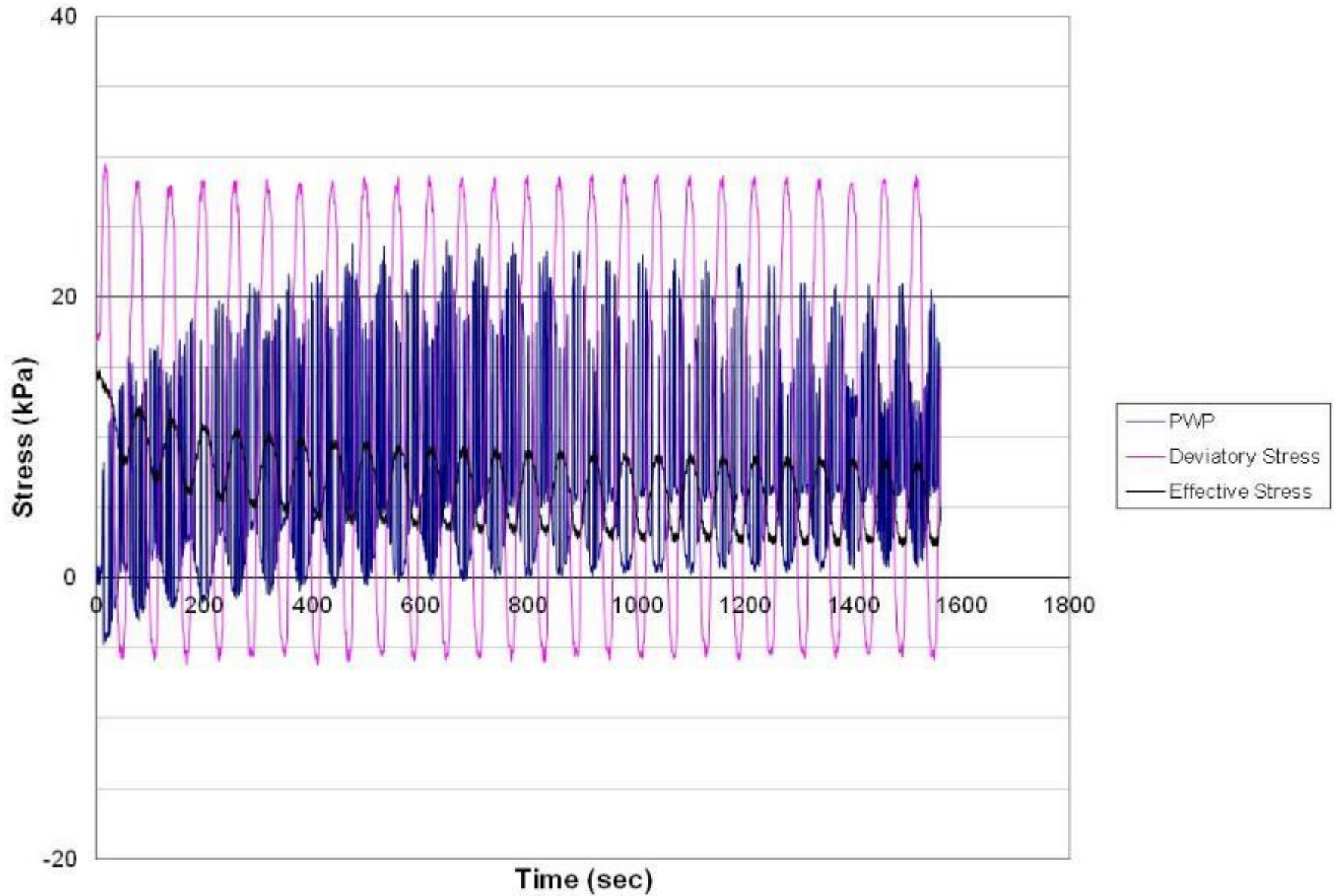
Boşluk suyu basıncı sensörü ve büret







Devirsel deneyde efektif gerilme izi (ESP)



Devirsel deneyde boşluk suyu basıncı, deviyatör gerilme ve efektif gerilme değışimi

TSE CEN ISO/TS 17892 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 1 : Su muhtevası tayini
17892-1 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvarı deneyleri- Bölüm 1: Su muhtevası tayini
17892-2 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 2 : İnce taneli zeminde yoğunluk tayini
17892-3 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 3: Tane yoğunluğunun tayini- piknometre yöntemi
17892-4 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 4: Tane büyüklüğü dağılımının tayini
17892-5 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 5:Kademeli yükleme yoluyla odometre tayini
17892-6 Geoteknik etüt ve deneyler- zemin laboratuvar deneyleri- Düşen koni deneyi
17892-7 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 7: İnce taneli zeminde tek eksenli basınç deneyi
17892-8 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 8: Konsolidasyonsuz ve drenajsız üç eksenli basınç deneyi
17892-9 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 9: Suyu doymuş zeminde konsolidasyonlu üç eksenli basınç deneyi
17892-10 Geoteknik etüt ve deneyler- Zemin laboratuvar deneyleri- Bölüm 10: Doğrudan kesme deneyi
D4318-10e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils
D4943-08 Standard Test Method for Shrinkage Factors of Soils by the Wax Method
D2487-11 Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)
D4959-16 Standard Test Method for Determination of Water Content of Soil By Direct Heating
D698-12e2 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³ (600 kN-m/m³))
D2850-15 Standard Test Method for Unconsolidated-Undrained Triaxial Compression Test on Cohesive Soils
D854-02 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer
D3080-M-11 Standard Test Method for Direct Shear Test of Soils Under Consolidated Drained Conditions
D2166M-16 Standard Test Method for Unconfined Compressive Strength of Cohesive Soil
D2435-02 Standard Test Methods for One-Dimensional Consolidation Properties of Soils Using Incremental Loading
D4186-98 Standard Test Method for One-Dimensional Consolidation Properties of Saturated Cohesive Soils Using Controlled-Strain Loading
D2573-15 Standard Test Method for Field Vane Shear Test in Saturated Fine-Grained Soils
D2434-68 Standard Test Method for Permeability of Granular Soils (Constant Head)
D1195-09 Standard Test Method for Repetitive Static Plate Load Tests of Soils and Flexible Pavement Components, for Use in Evaluation and Design of Airport and Highway Pavements
D422-63 Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils