

5. KONSOLIDASYON : ZEMİNLERDE ZAMAN BAĞLI SIKIŞMA

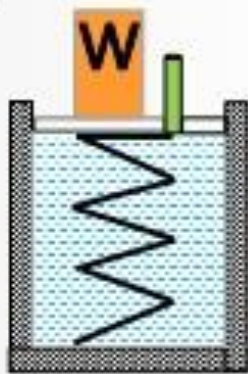


Transcosna Tahıl Ambarında Toplam 7.2 m lik Farklı oturmaya Bağlı Zemine Gömülme, 18 Ekim 1913

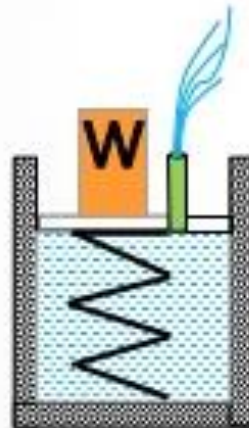
Consolidation:

- When water drains from the soil pores, the load is gradually shifted from water to soil particles. For fully saturated soils, the load transfer is accompanied by a volume change equal to the volume of drained water. This process is known as *CONSOLIDATION*.

(a)



(b)



(c)

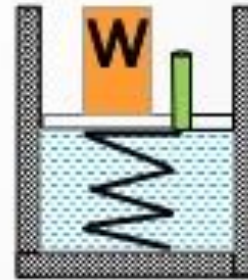


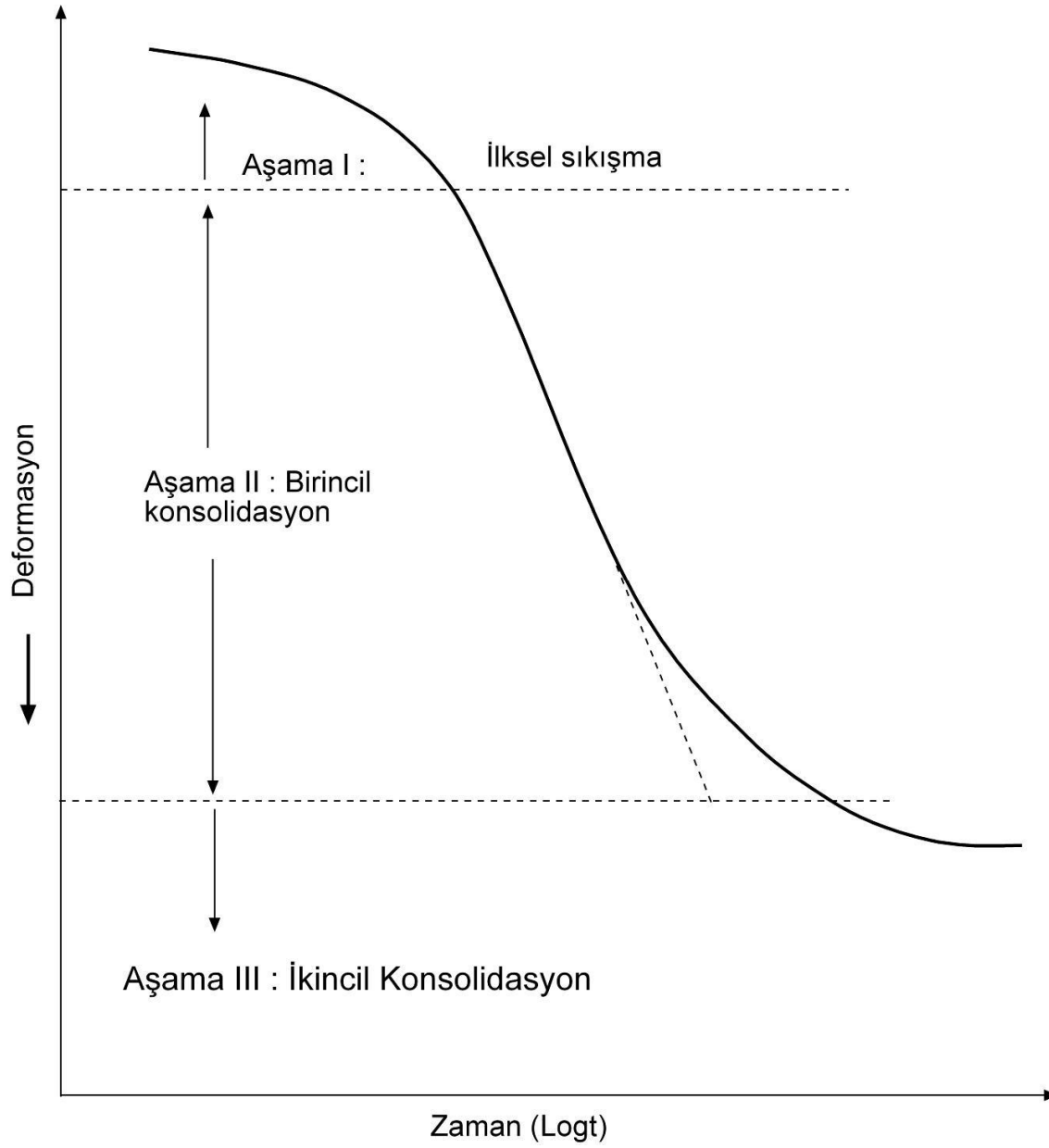
Figure : Terzaghi Spring analogy.

Zemin oturma 3 ana gruba ayrılır:

1. İlk sıkışma (ani oturma): Su içeriğinde hiçbir değişikliğin olmadığı kuru, nemli ve doygun zeminlerdeki **elastik** deformasyonun neden olduğu oturmalarıdır.

2. Birincil konsolidasyon oturması: Doygun kohezyonlu zeminlerde boşluk suyunun atılmasından dolayı oluşan hacim değişiklikleri (**plastik**) sonucundaki oturmalarıdır. Uygulanan yükün meydana getirdiği basıncın etkisiyle zeminin yatay yönde akması olayıdır. Yükün kaldırılması ile ihmal edilecek kadar az geriye dönüş olur. Kırılma ve çatlama olmadan oluşan deformasyon türüdür. PL değerinin altında su içeren tüm killerde az veya çok bu özellik gözlenir.

3. İkincil konsolidasyon oturması: Doygun kohezyonlu zeminlerde ve zemin dokusunun plastik özelliğinin sonucunda görülen oturmalarıdır. Bu oturma, sıkışmanın yanı sıra sabit efektif gerilmelerde meydana gelir. Basınç altında zemindeki su ve havanın çıkması nedeniyle boşluk hacminin azalması ve tanelerin birbirine yaklaşması sonucu oluşan deformasyondur.



Konsolidasyonda uygulanan yük ile zaman arasındaki ilişki belirlenir.

Konsolidasyon özelliği örselenmemiş örnek üzerinde incelenir. Eğer dolguda kullanılacak malzemenin sıkışma özelliği incelenecekse örnek proktor testiyle sıkıştırılarak hazırlanır. Metodun esası;

İlk gün yük uygulanmadan hücre içerisine su doldurularak zeminin şişmesi sağlanır.

Şişme aşağıdaki eşitlik ile hesaplanır:

$$Sisme\% = \frac{R_2 - R_1}{2H} \times 100$$

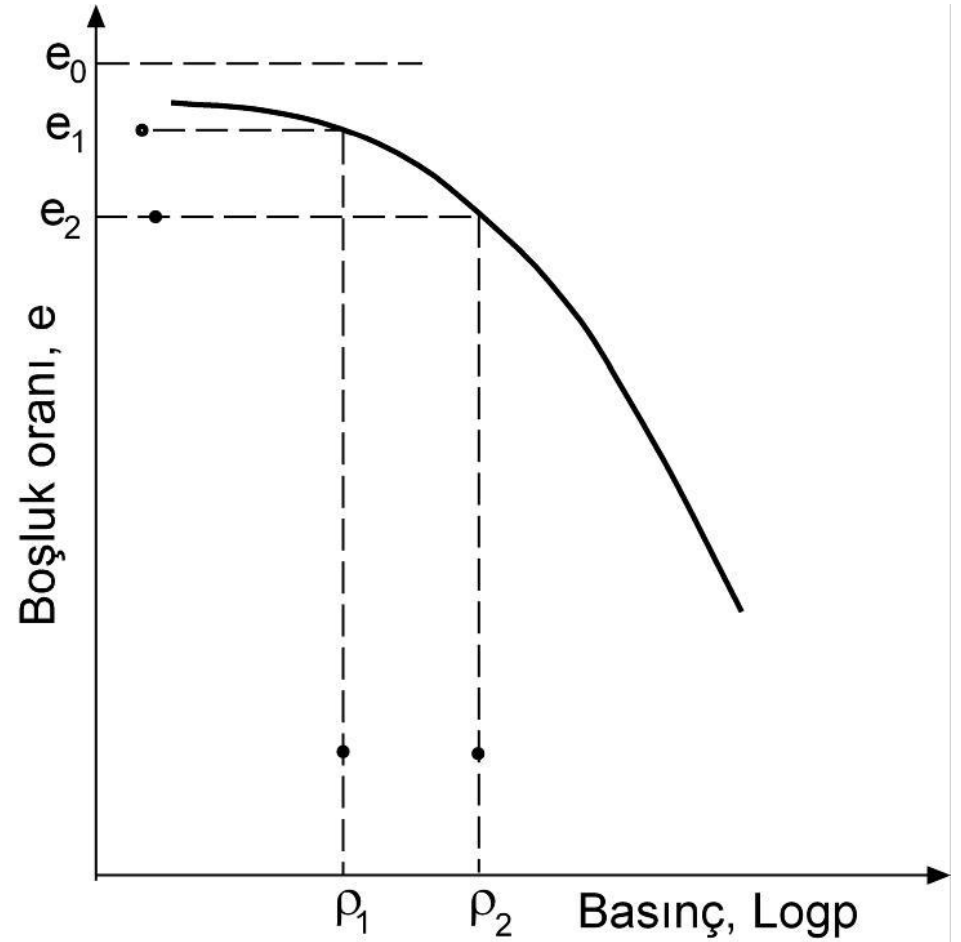
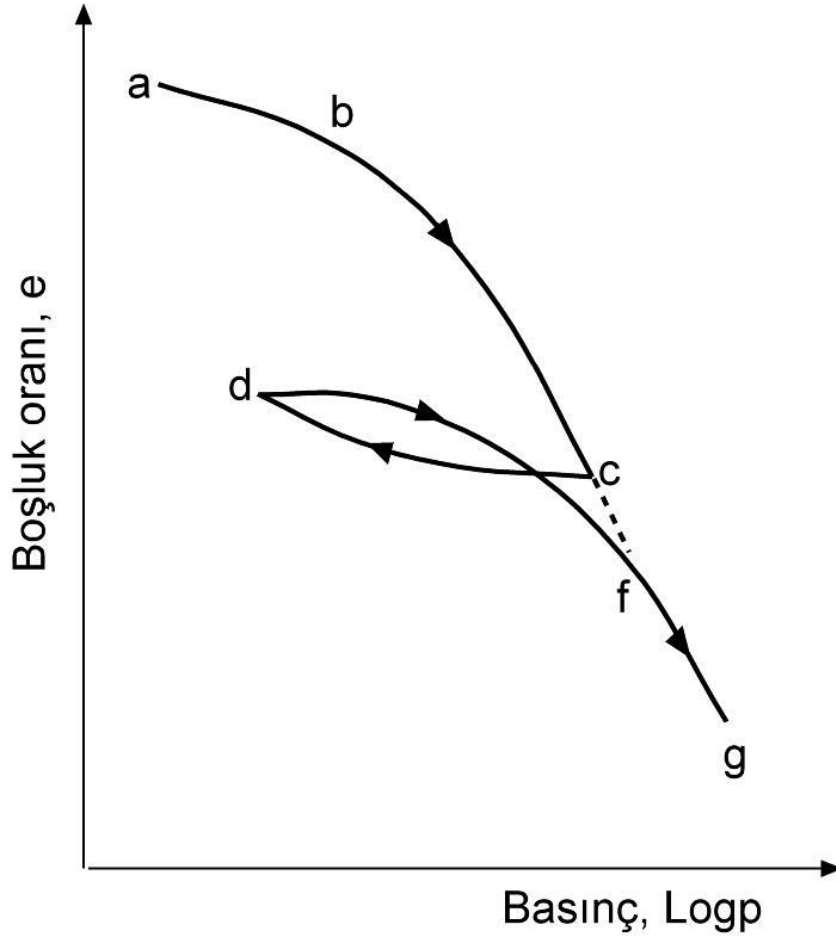
R1 : İlk gösterge okuması

R2 : 24 saat sonraki gösterge okuması

Şişmeden sonra aynı örnek üzerinde konsolidasyon denemesine geçilir.

Hergün birbirinin katı olacak şekilde yük uygulanır.

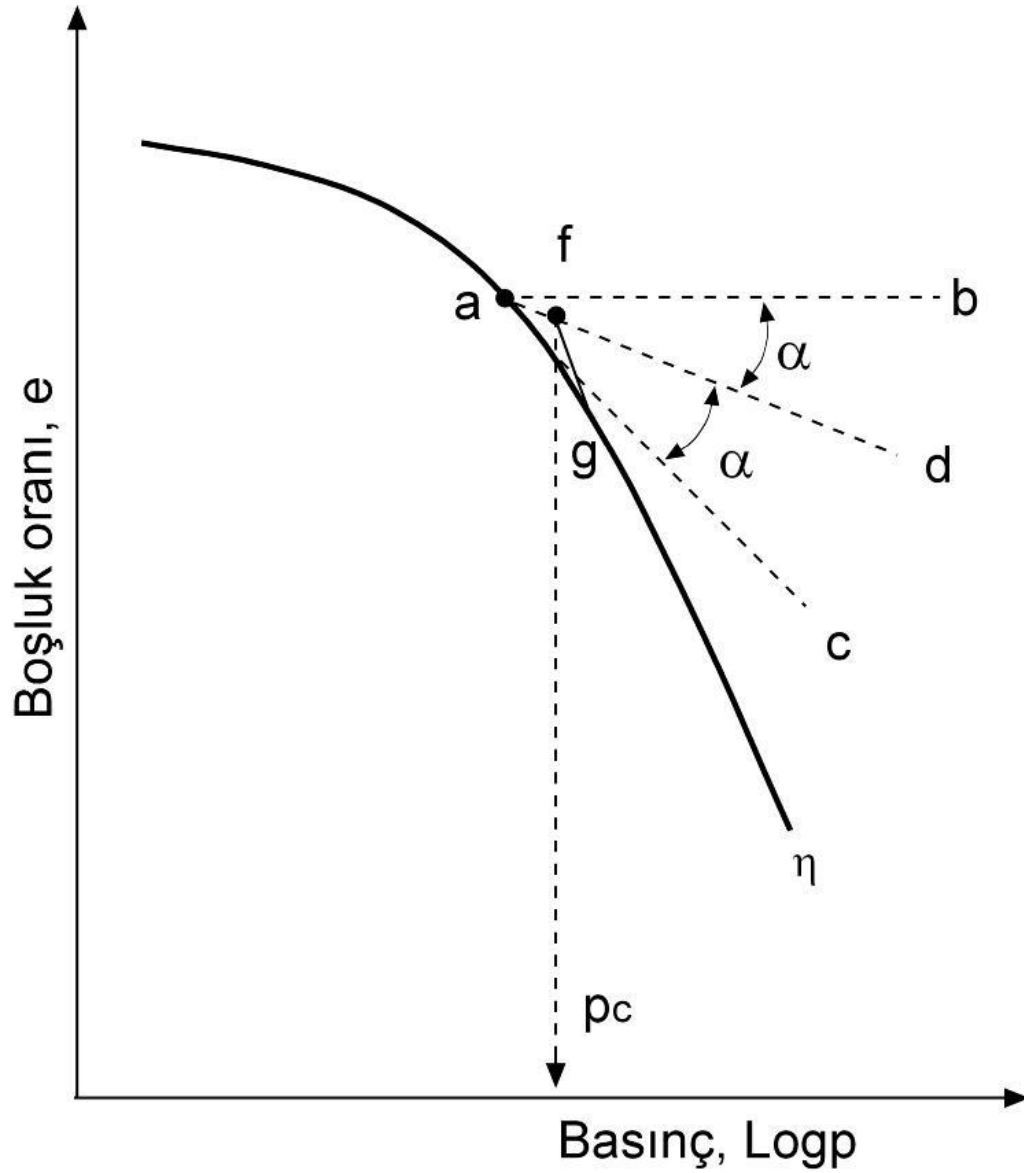
Jeolojik zaman içinde örnek alınan seviyenin üzerinde bulunan malzemenin bir kısmı erozyon ile aşınmış olabilir. Bu şekilde konsolidasyon basıncının kaldırılmış olduğu tabakalara **önceden yüklenmiş** veya **aşırı konsolide** olmuş zemin denir.



Önyükleme (prekonsolidasyon) basıncının bulunması:

Zeminlerin önyükleme basıncı e - $\log P$ eğrisinin yükleme kesimi üzerinde belirlenir.

1. Yükleme eğrisinin en küçük çaplı dairesinin en fazla eğrilik noktası belirlenir(a).
2. a noktasından yatay çizilir (a-b).
3. a noktasına a-c teğeti çizilir.
4. a noktasından geçen a-d açı ortayı çizilir.
5. Yükleme eğrisinin en düz kısmına f-h teğeti çizilir.
6. Bu teğet ile a-d açı ortayının kesişme noktası (f) bulunur.
7. f noktasından çizilen düşeyin $\log P$ doğrusunu kestiği noktanın değeri önyükleme basıncını (P_c) verir.



e-logP eğrisi ve önyükleme basıncı

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 oluşan 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

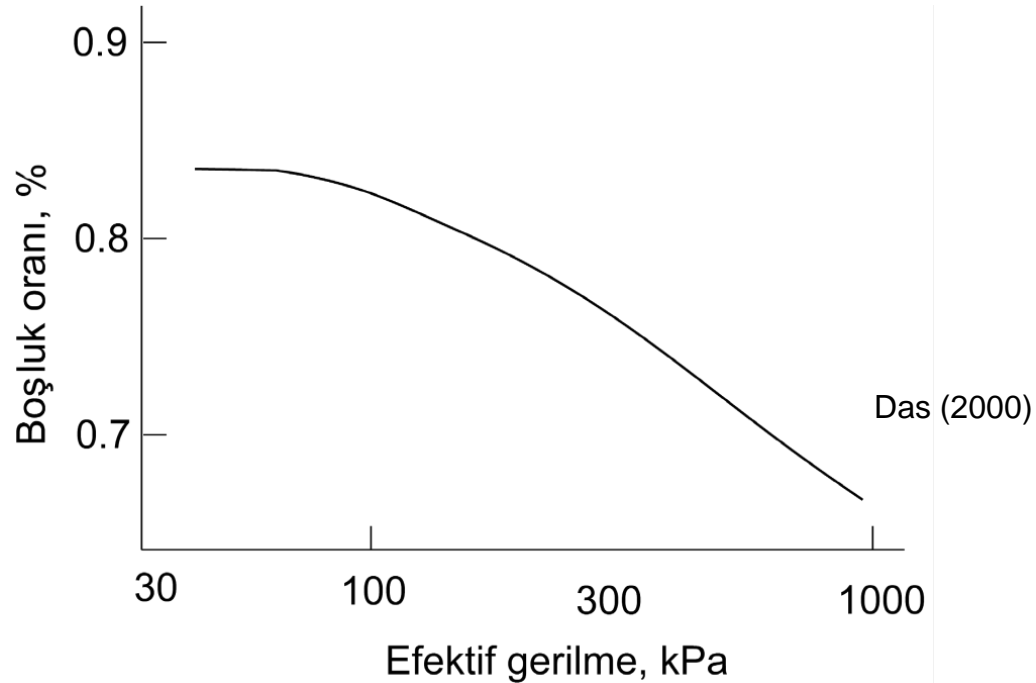
$e_2 = e_1 - (\Delta H_2 / H_s)$ olarak hesaplanır ve boşluk oranı ile logaritmik yük ilişkisi grafiği oluşturulur.

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).

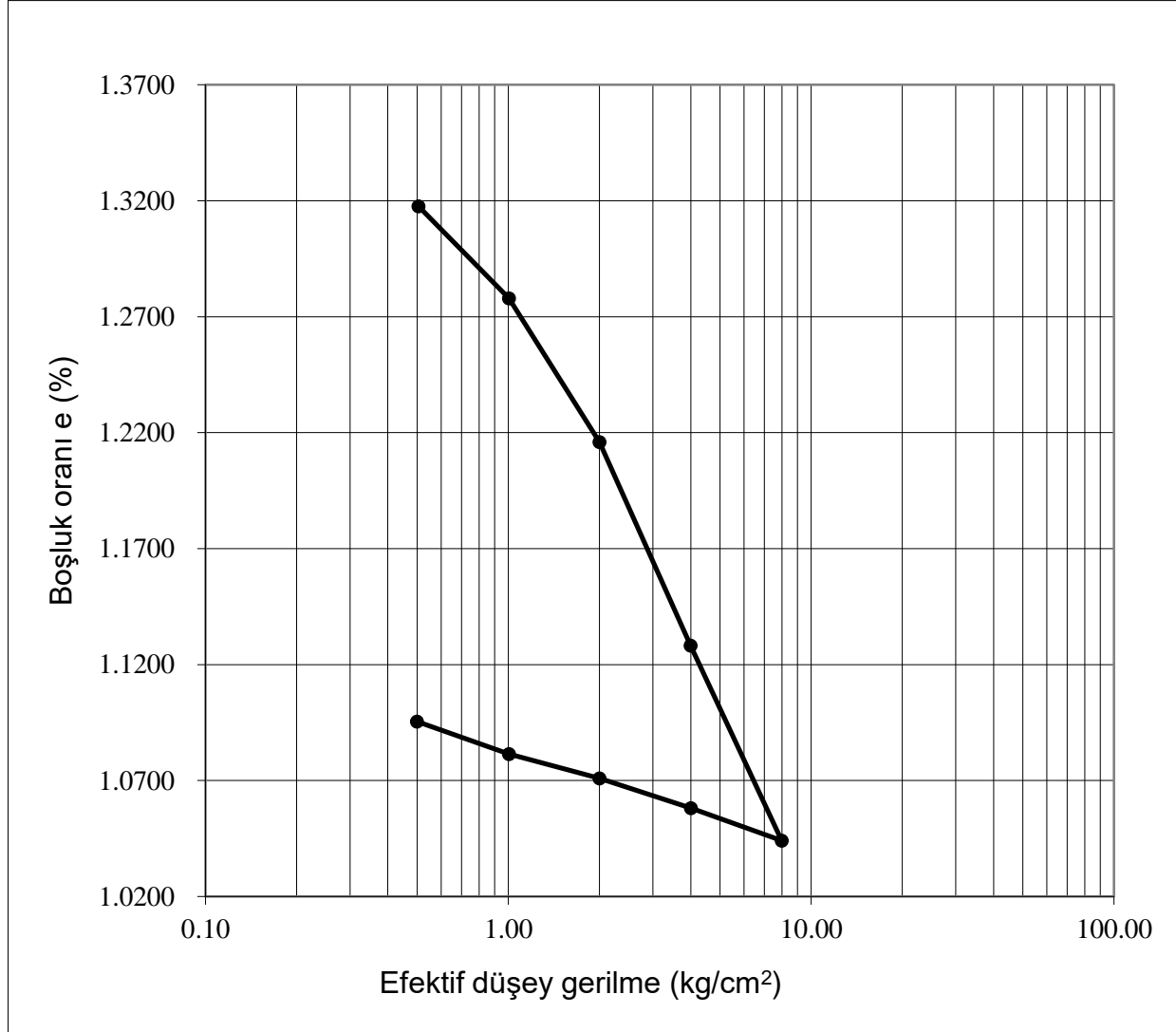
Gerilme, kPa	Oturma, mm
0	25.40
50	25.19
100	25.00
200	24.29
400	23.22
800	22.06

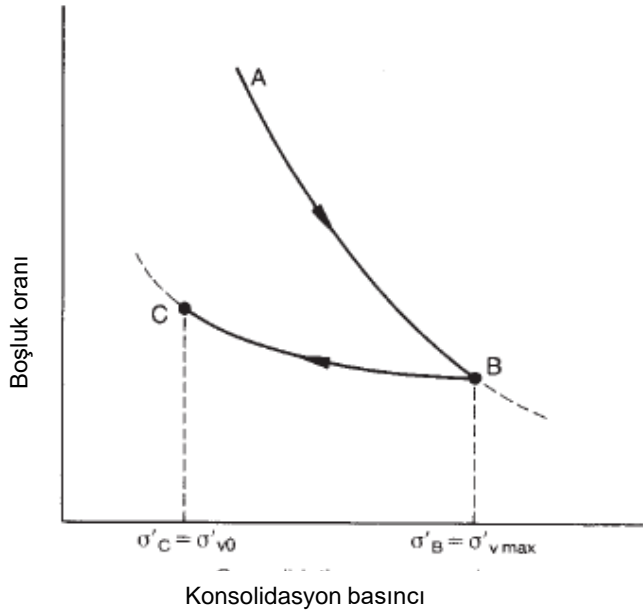
$$H_s = (W_s / AG_s \gamma_w) = 116.74 [(\pi/4)(6.35)^2] 2.72 \times 1.0 \text{ g/cm}^3 = 1.356 \text{ cm}$$

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



KONSOLIDASYON DENEYİ



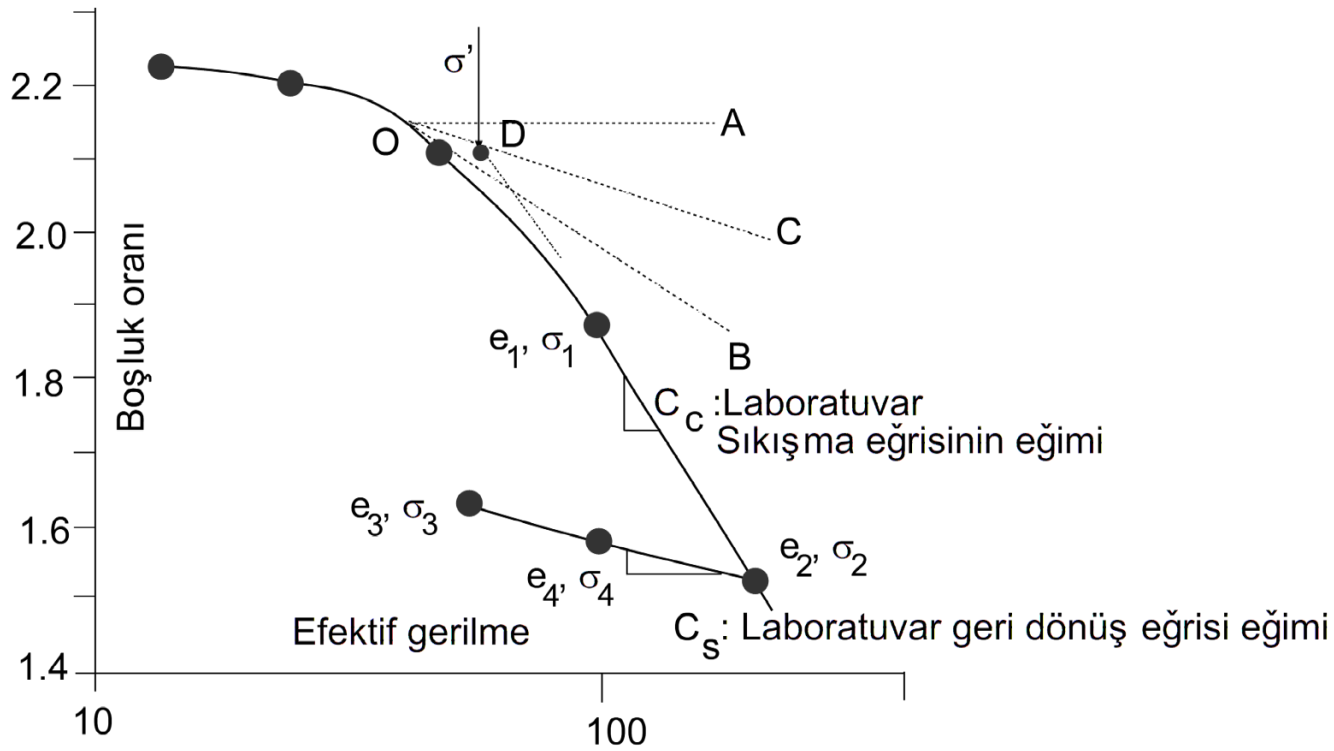


Zeminlerin depolanması sürecinde örtü yükü ile zemin sıkışır ve “AB” ile ifade edilen boşluk oranı azalması-konsolidasyon basıncı ilişkisi elde edilir. “B” noktasına ulaşıldığında örtü yükü erozyon ile azalır ve “BC” ile belirtilen eğri elde edilir. “B” noktasında zemin normal konsolide, “C” noktasında 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'_{vmax} 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 killer için

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

Remolde killer için

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

Terzaghi, Peck (1967)

Sıkışabilirlik katsayısı

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

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

Hacimsel sıkışma katsayısı

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

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.