

10. KONSOLİDASYON

Konsolidasyon

σ' gerilmedeki artı \uparrow zeminin bo luk oranında e azalma ve deformasyon yaratır (gözeneklerden su dı arı çıkar).

σ' nasıl artar?

1. Yeraltısuyu seviyesi dü er
2. Zemine yük uygulanır

Toprak Seviyesinin Oturması

Oturma toprak zemin seviyesine (veya üst yüzeyine yakın bir seviyeden) uygulanan yüke bağılı olarak toprak zeminin seviyesinin sıkılması olarak tanımlanır.

Toplam oturma üç bileşenden oluşur.

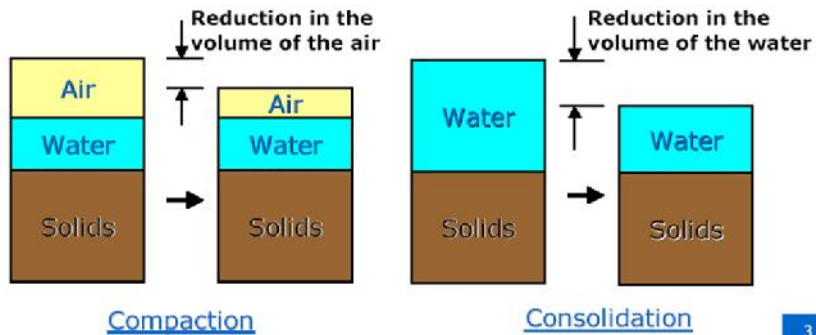
1. Ani veya elastik oturma
2. İlkel (primary) konsolidasyon
3. İkincil (secondary) konsolidasyon

Ani veya elastik oturma elastisite teorisi (zeminin elastisite modülü) kullanılarak hesaplanır.

Konsolidasyon nedir?

Konsolidasyon sıklıkla kompaksiyon ile karıştırılan bir zemin davranışıdır.

Konsolidasyon ile kompaksiyon arasındaki farkı, faz diyagramları ile aşağıdaki gibi açıklayabiliriz.



- *Kompaksiyon*: Boşluk hacminin azalması, yoğunluğun artması, hava çıkışı
- *Konsolidasyon*: Zaman (t) faktörünü de içinde barındıran ve boşluklardaki suyun bir yük altında dışarı atılması
- Çoğunlukla → İnce taneli topraklar → kil, silt
- İri taneli → Kum, çakıl → Konsolidasyona maruz kalabilirler. Ancak, yüksek geçirimsizlikleri nedeniyle çok daha hızlı bir süreç söz konusudur.
- Doygun killer → Konsolidasyon süresi ÇOK YAVAŞ → Düşük geçirimsizlikten dolayı.

KONSOLIDASYON TEORİSİ

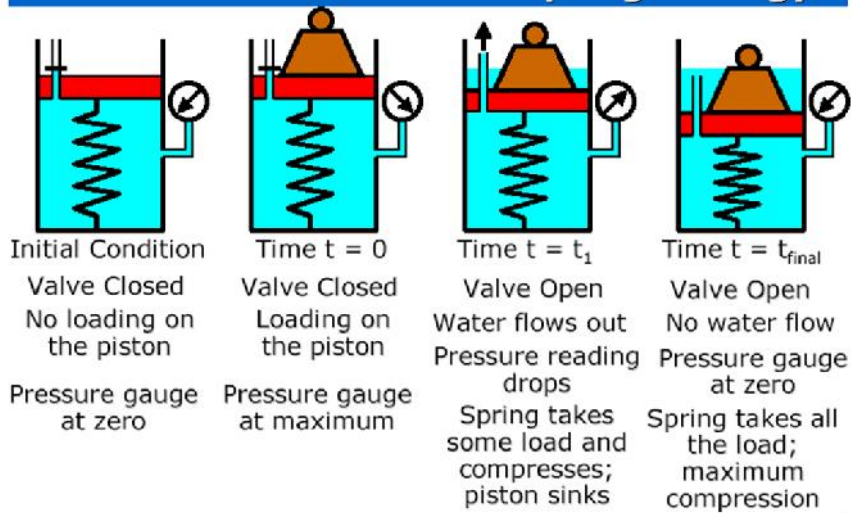
- *Konsolidasyon Teorisi*
 - Toprağın konsolidasyon sürecindeki davranışını,
 - Konsolidasyondan kaynaklanan oturmaların büyüklük ve hızı hakkında bilgi edinilmesini sağlar.
 - Varsayımlar:
 - Zemin suyu doymuş
 - Drenaj düşey yönde
 - Zeminin yatay yönde genişlemediği



Farklı oturmalar → ÇOK ÖNEMLİ BİR SORUN → Ekonomik maliyet artışı

- Su \rightarrow Doymun toprak kütlesi içinde \rightarrow Her yönde hareket edebilir. Bu nedenle, temelde konsolidasyon \rightarrow 3 boyutlu ele alınması gereken bir süreç.
- Bununla birlikte, topraktaki yanıl devamlılığın yüksek olması nedeniyle, yanıl yönde suyun drene olması \rightarrow ZOR
- Bu nedenle, suyun hareket yönünün düşey yönde ve 1 boyutlu olduğu, dolayısıyla oturmanın da düşey yönde olduğu kabul edilir.

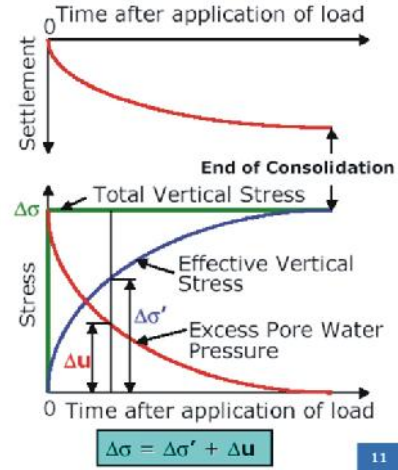
1-D Consolidation – The Spring Analogy



- *Yaydaki Davranış* → Toprak davranışı olarak kabul edilirse; daha sıkı yay (toprak), daha az sıkışma
- *Sıkılık (stiffness)* → Konsolidasyondan kaynaklanan oturmanın büyüklüğünü etkileyecektir.
- Düzenekteki kapağın açılması, toprakta suyun drene olmasına (toprağın geçirimliliğine) benzetilebilir.
- Kapak açıklığı ne kadar küçükse (toprak geçirimliliği) suyun dışarı atılması o kadar yavaş → İnce taneli toprakların konsolidasyon süreci → UZUN ZAMAN alıyor.
- GEÇİRİMLİLİK → Hız ile ilişkili.

- **OEDOMETRE** deneyi, ince taneli toprakların 1 boyutlu konsolidasyon davranışının belirlenmesinde kullanılan bir deneydir.
- 20 mm yükseklikte ve 75 mm çapında örselenmemiş bir toprak örneği, düşey yönde etkiyen yük(lere) tabi tutulur.
- Poroz taşlar kullanılarak (örneğin üst ve alt kesimlerinde) iki yönde drenaj sağlanabilir.

- Yük uygulandıktan bir süre sonra, su boşluklardan dışarı çıkmaya başlayacaktır.
- Bu durum, gözenek suyu basıncında ve boşluk oranında azalmaya, etkin gerilmeye ise artışa neden olacaktır.

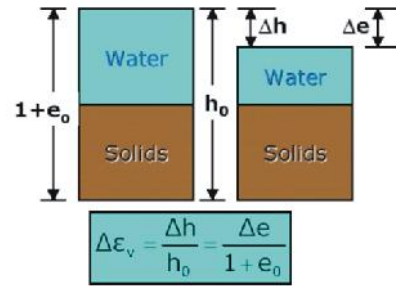


- Uygulanan yükte artışa gidilerek \longrightarrow (çoğunlukla 2 kat artırılarak) deneye devam edilir.

Örn: 50 kPa \longrightarrow 100 kPa \longrightarrow 200 kPa

- Her bir yükleme sonucu oluşan oturma miktarı ve zaman değerleri kaydedilir.

- Topraktaki oturma, boşluk oranındaki değişimle ilgili
- Düşey yöndeki yer değiştirme (örneğin yüksekliğindeki kısalma), boşluk oranındaki değişimlerle ifade edilebilir.
- Eşitlikte $\rightarrow \Delta e$: yükteki artışa bağlı olarak gelişen boşluk oranındaki değişim; e_0 : yüklenmeden önceki boşluk oranı



Field vs. Lab

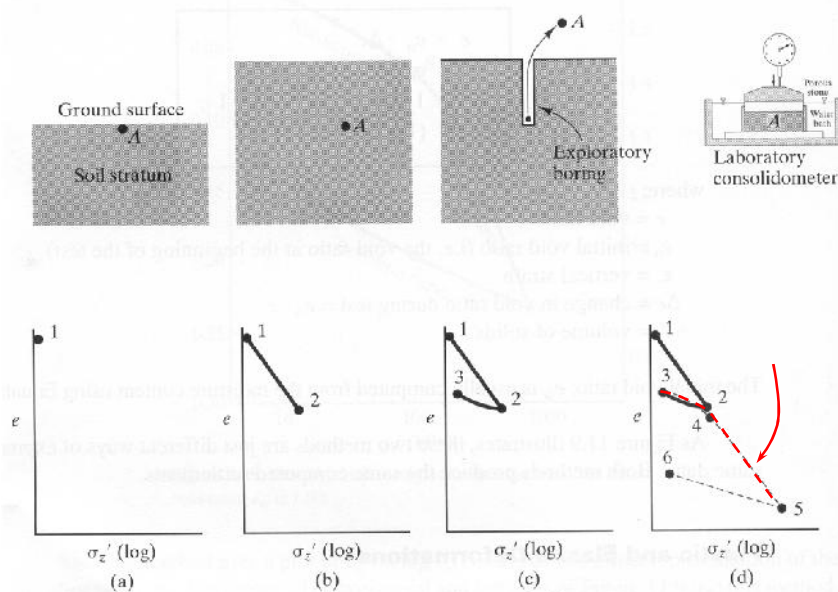
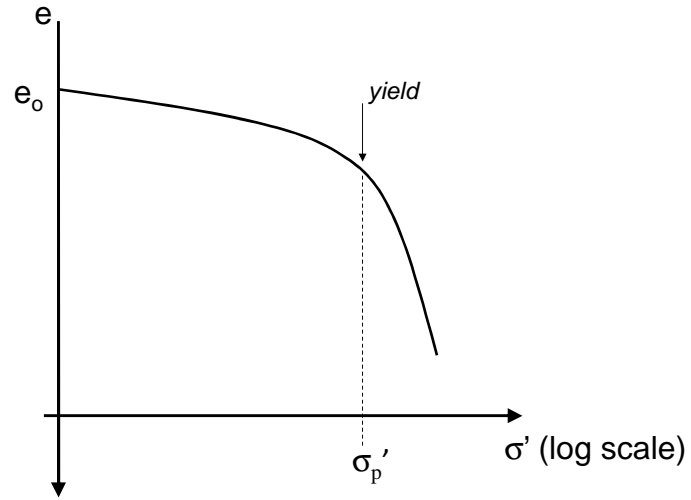


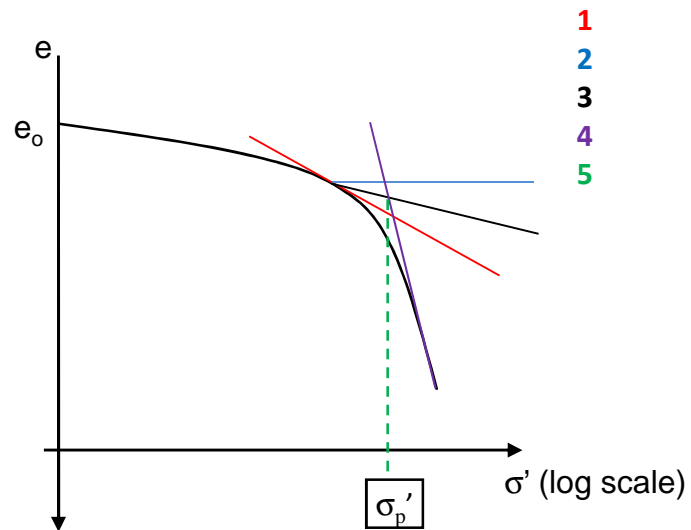
Figure 11.11 Soil profile and consolidation history for an element of soil.

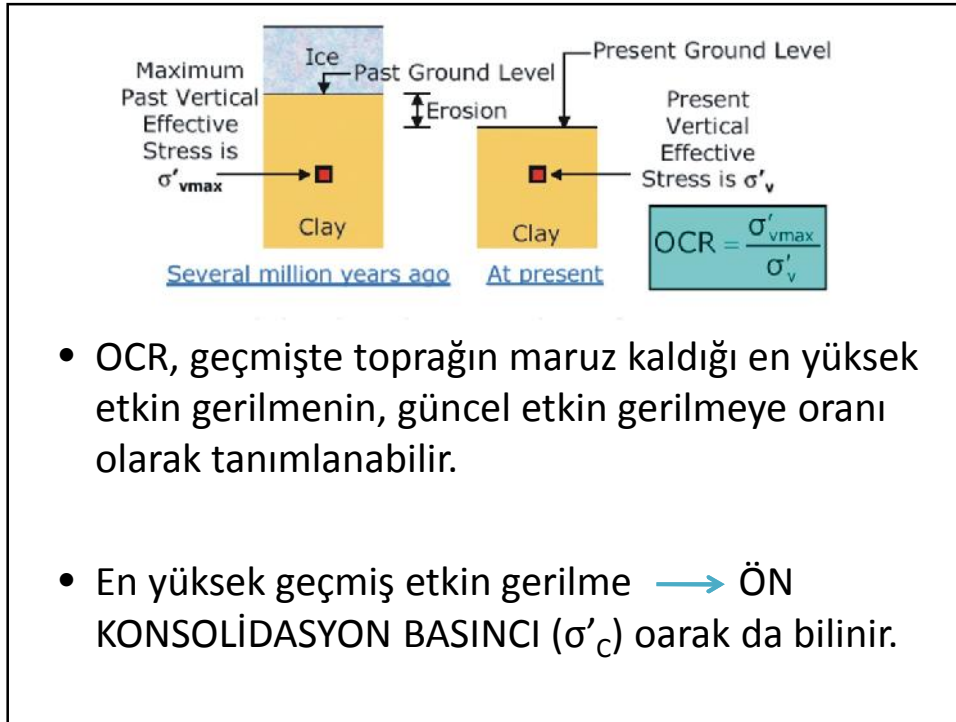
From Coduto 1998 (text)

Konsolidasyon Eğrisi



Ön Konsolidasyon Basıncının Belirlenmesi





Normal Konsolide (NC)-Aşırı Konsolide killer (OC)

- Güncel etkin gerilmeler yüksek bir etkin gerilmeye maruz kalmamış killer \rightarrow NORMAL KONSOLİDE killer (NC)
- NC \rightarrow OCR=1
- NC \rightarrow düşük makaslama dayanımı
- OC \rightarrow Geçmişte, bugünkü etkin gerilmeden yüksek etkin gerilmeye maruz kalmış killer (OC)
- OC \rightarrow OCR>1
- OC \rightarrow Yüksek makaslama dayanımı
- OCR<1 olamaz

(1) ESTIMATION OF SETTLEMENT

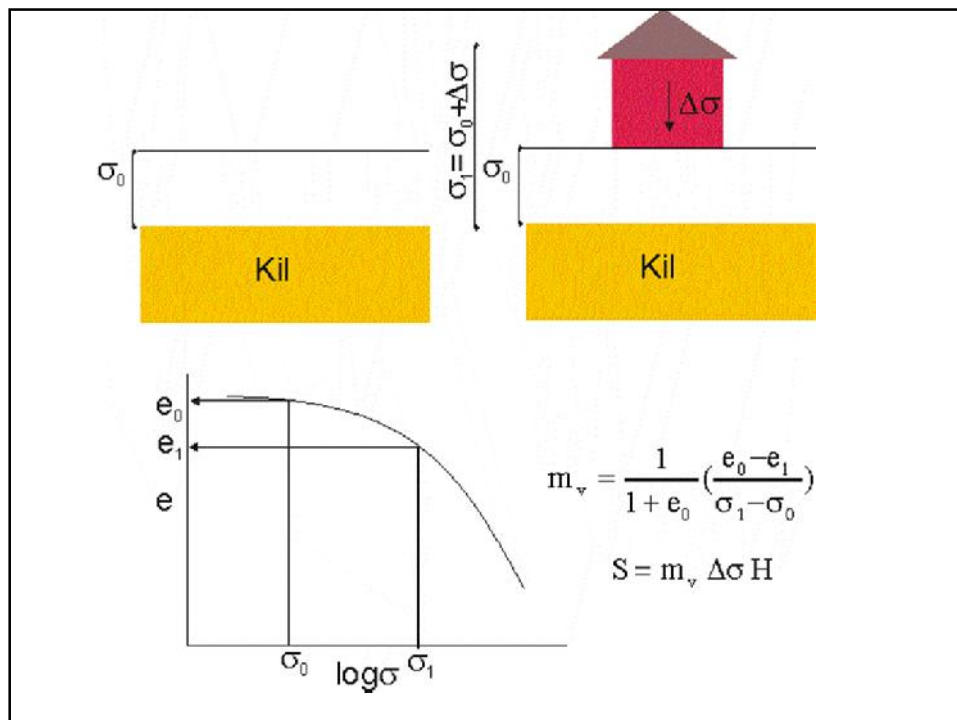
For any stress increment:

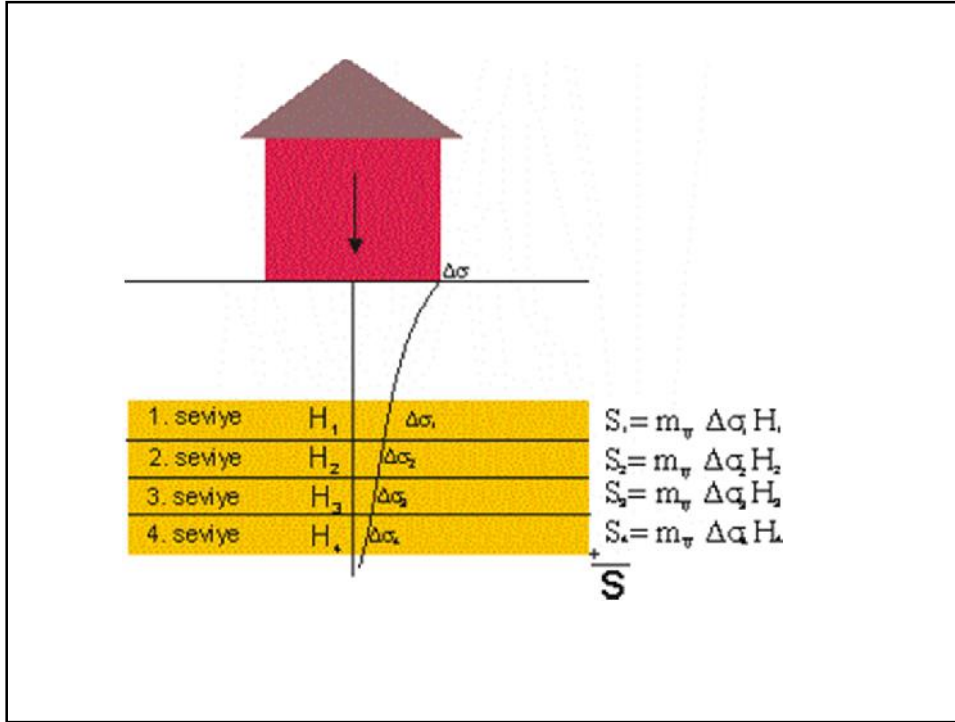
$$\Delta \epsilon_v = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{\Delta e}{1 + e_0}$$

- Coefficient of volume compressibility (m_v)

$$m_v = \frac{1}{1 + e_0} \left(\frac{e_0 - e_1}{\sigma_1 - \sigma_0} \right)$$

$$S = m_v \Delta \sigma H$$





Temel Tasarımında

- **Hatırla:**

- İzin verilebilir taşıma kapasitesi
- Oturma miktarı
- MUTLAKA dikkate alınarak hesaplanmalı...

- ✓ Konsolidasyon Yüzdesi $\rightarrow U$ (%)
- ✓ Zaman Faktörü (T_v) $\rightarrow U$ (%) = $f(T_v)$
- ✓ Konsolidasyon yüzdesi, herhangi bir andaki konsolidasyon oturmasının, nihai oturmaya oranı olarak tanımlanır.

$$T_v = \frac{C_v \cdot t}{d^2}$$

- ✓ Burada, C_v : konsolidasyon katsayısı, t zaman, d ise drenaj uzunluğudur. Her iki yüzeyde geçirimli ise, $d=H/2$, tek yönde drenaj varsa $d=H$ alınır.

Hesaplamalar:

$$\frac{\Delta e}{\Delta H} = \frac{1 + e_0}{H_0} \rightarrow e \times S = w \times G_s$$

$H_0 \rightarrow$ İlk kalınlık

$\Delta H \rightarrow$ Boydaki değişim

$e_0 \rightarrow e_1 + \Delta e$

- ❖ Hacimsel sıkışabilirlik katsayısı (M_v) (cm^2/kg)

$$M_v = \frac{1}{1 + e_0} \left(\frac{e_0 - e_1}{t_1' - t_0'} \right) = \frac{1}{H_0} \left(\frac{H_0 - H_1}{t_1' - t_0'} \right)$$

- ❖ Sıkışma indeksi (C_c) = $\frac{e_0 - e_1}{\log \frac{t_1'}{t_0'}}$ \rightarrow $e - \log P$ grafiğinin doğrusal kesiminin eğimi

- ❖ $C_c = 0.009$ (LL-10)

- Konsolidasyon Yüzdesi (U) = $\frac{e_0 - e}{e_0 - e_1}$

e_0 : ilksel boşluk oranı; e : konsolidasyon sırasındaki boşluk oranı; e_1 : deney sonundaki boşluk oranı

$$0 \leq U \leq 1$$

- Oturma $\rightarrow S = M_v \cdot \Delta \uparrow \cdot H = \frac{Cc}{1 + e_0} \cdot H \cdot \log_{10} \frac{P_0 + \Delta P}{P_0}$

- Konsolidasyon Katsayısı (C_v): İki yol ile bulunabilir.

- Log Time (Casagrande)
- Karekök Zaman yöntemi

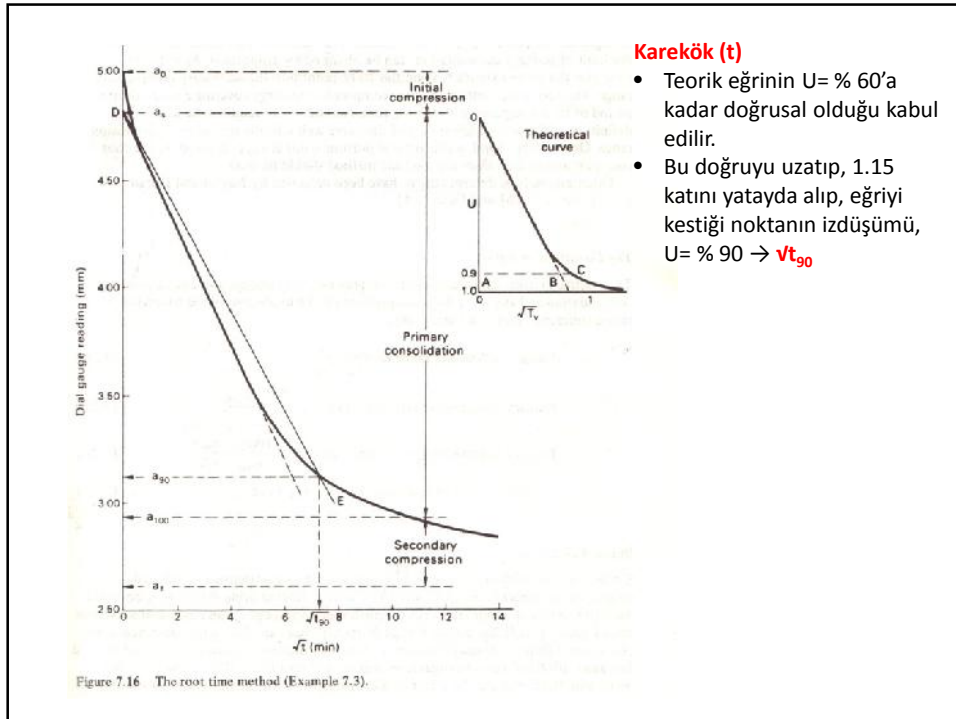
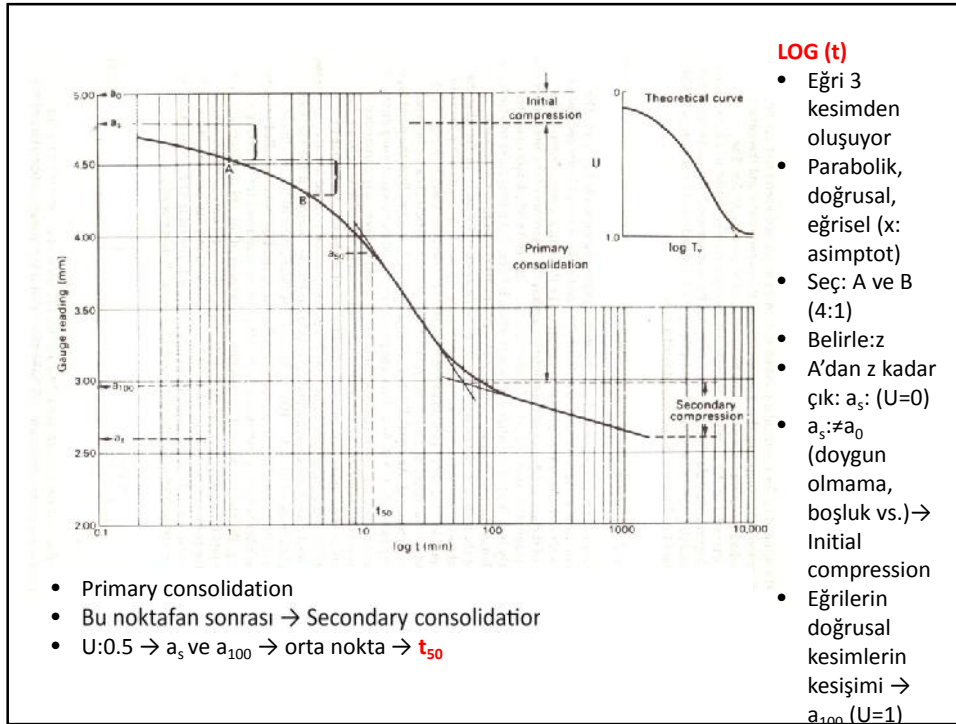
- Log Time $\rightarrow U = \% 50$; $T_v = 0.196$

$$C_v = \frac{0.196 \cdot d^2}{t_{50}}$$

- Karekök zaman $\rightarrow C_v = \frac{0.848 \cdot d^2}{t_{90}}$

$$k = C_v \cdot M_v \cdot \chi_w$$

- k : permeabilite



SORU:

Zaman	Geçen Zaman	P (kPa) $t^{1/2}$ (dak)	25	50	100	200	400	800	1600
09:00			Kalınlık değişim okumaları ($\times 10^{-2}$ mm)						
	0 s	0	0	42	72	118	150	190.5	294.5
	4	0.25	7	44	77	120	153	201.5	304.5
	8.5	0.38	10	46	80	121	154	209.5	305
	15	0.5	12	47	81	122	155	212.5	306
	23.5	0.63	14	47.5	82	122.5	155.5	215	306.5
	34	0.75	15	48	84	123	156	216.5	307.5
	1 dak	1	17	49	86	124	157	218.5	308.8
	2.25	1.5	19	50	89	125	158	222	311.5
	4	2	22	51	91	126	158.5	225	314
	6.25	2.5	25	52	92	127	159.5	228.5	317.5
	9	3	27	53	93	128	161	231	320
	12.25	3.5	29	54	94	128.5	162	235	323
	16	4	30	54.5	95	129	163	237	326.5
	25	5	32	55.5	97	131	164.5	243	332.5
	36	6	34	56.5	99	131.5	166.5	249	337.5
	49	7	35	58	101	134	169	254.5	342.5
	64	8	36	60	103	136	171	259.5	348.5
	81	9	37	61.5	105	138	173	264.5	353.5
	100	10	37.5	62.5	106.5	140	174.5	269.5	358.5
	121	11	38	63.5	107.5	141	176	273.5	365.5
	144	12	38.5	64.5	109	142	177	275.5	369.5
	169	13	39	66	110	144	178.5	279.5	378.5
09:00	24 saat	38	42	72	118	150	190.5	294.5	390