

18. KONSOLIDASYON

Bir mühendislik yapısının veya dolgunun altında bulunan zeminin sıkışmasına **konsolidasyon** denir. Sıkışma 3 boyutlu olmasına karşılık fark ihmal edilebilir nitelikte olduğundan 2 boyutlu konsolidasyon teoride ve uygulamada kabul edilmiştir. Konsolidasyon problemlerinde oturmanın hızı ve miktarı önemlidir.

Yapı veya dolgu yüklerinin neden olduğu gerilme artışı, zemin tabakalarını sıkıştırır.

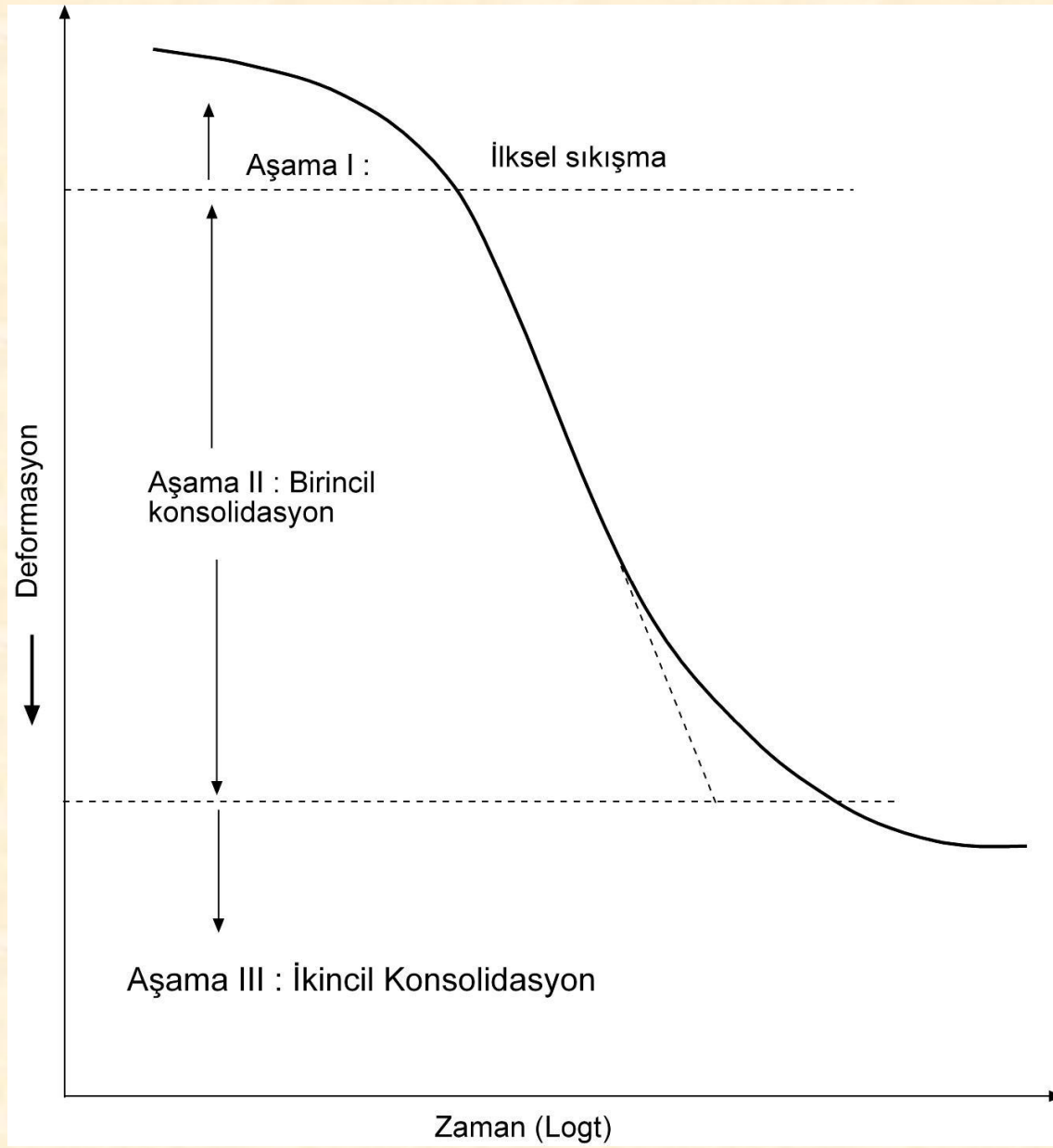
Bu sıkışmaya;

1. Zemin tanelerinin deformasyonu
2. Zemin tanelerinin yer deęiřtirmesi
3. Zemin taneleri arasındaki boşluklardan hava veya suyun atılması neden olur.

Zemin oturma 3 ana gruba ayrılır:

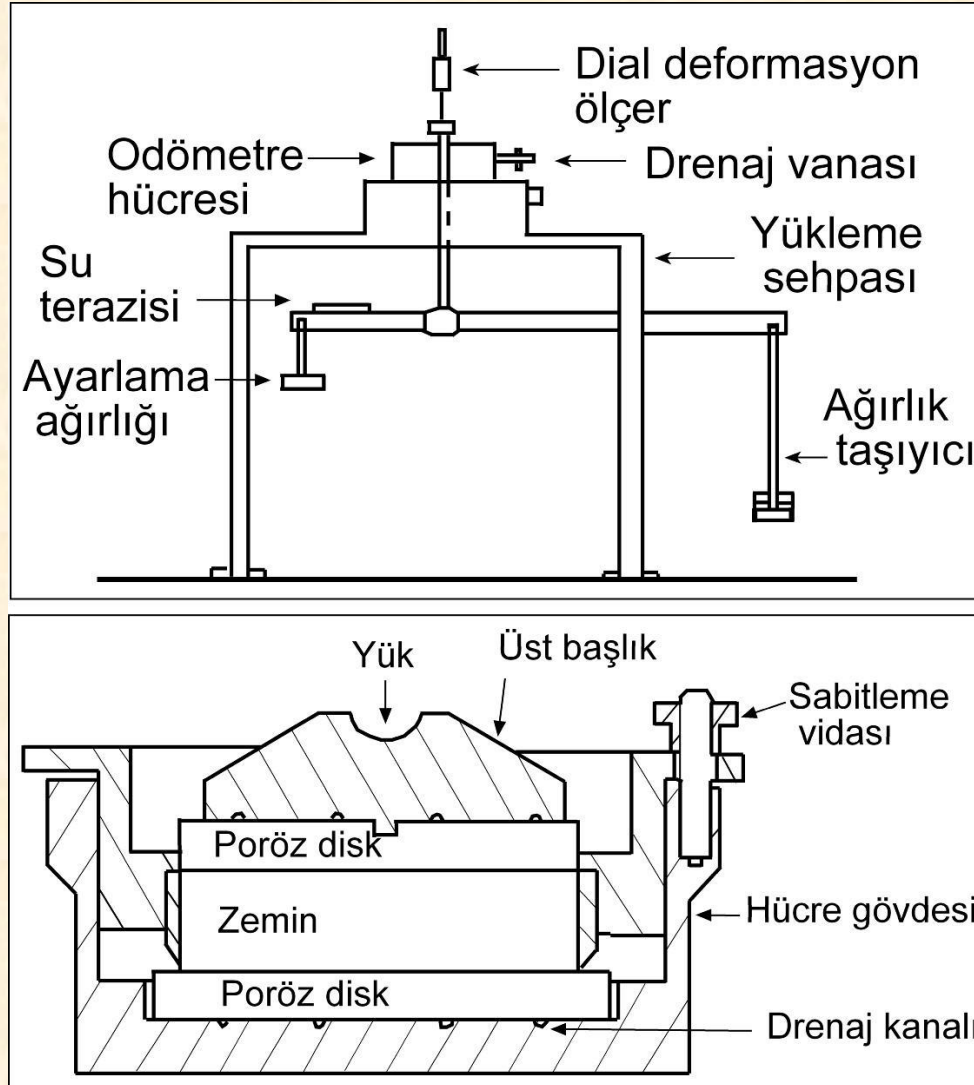
- 1. İlk sıkışma (ani oturma):** Su içeriğinde hiçbir değişikliğin olmadığı kuru, nemli ve doygun zeminlerdeki **elastik** deformasyonun neden olduğu oturmalarıdır.
- 2. Birincil konsolidasyon oturması:** Doygun kohezyonlu zeminlerde boşluk suyunun atılmasından dolayı oluşan hacim değişiklikleri (**plastik**) 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.



Şekil 18.1 . Zeminlerde zaman-deformasyon ilişkisi ve konsolidasyon türleri

Kompresibilite ve permeabiliteyi beraberce kapsayan konsolidasyon katsayısı, odömetre aletiyle belirlenir.



Şekil 18.2 . Odömetre aleti ve konsolidasyon hücresi

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.

Boşaltma işlemi yapılırken geriye dönüşte yükler uygulandığı gibi azaltılır.

Her yük kademesinde 6-15-29-60-135-240- 540-735-960-1215.

saniyelerden sonra,

25-36-49-81-100-120-144-225-400 ve1440.dakikalarda gösterge okumaları alınır.

7 günlük yüklemeden ve boşaltmadan sonra örneğin yük altındaki sıkışması hesaplanır. Çıkan deney örneği tartılarak etüvde sabit ağırlığa kadar kurutulur ve tekrar tartılır.

Kurutulmuş örneğin kütlesi (W_k)

Özgül ağırlığı (G_s)

Ringin veya örneğin alanı (A)

Katı tanelerin yüksekliği (H_s)

$$H_s = \frac{W_k}{A.G_s}$$

veya

$$2H_o = \frac{W_k}{A.G_s}$$

$$2H - 2H_o = \text{boslukyüksekligi}$$

Boslukoranı(e)

e_o = baslangıçtakiboslukoranı

$$e_o = \frac{2H - 2H_o}{2H_o}$$

n. yüklemedekiboslukoranı(e_n)

$$e_n = \frac{2H_n - 2H_o}{2H_o}$$

Zeminler için aşırı konsolide oranı (OCR):

$$\text{OCR} = \frac{P_c}{P}$$

Burada P_c : Numunenin prekonsolidasyon basıncı

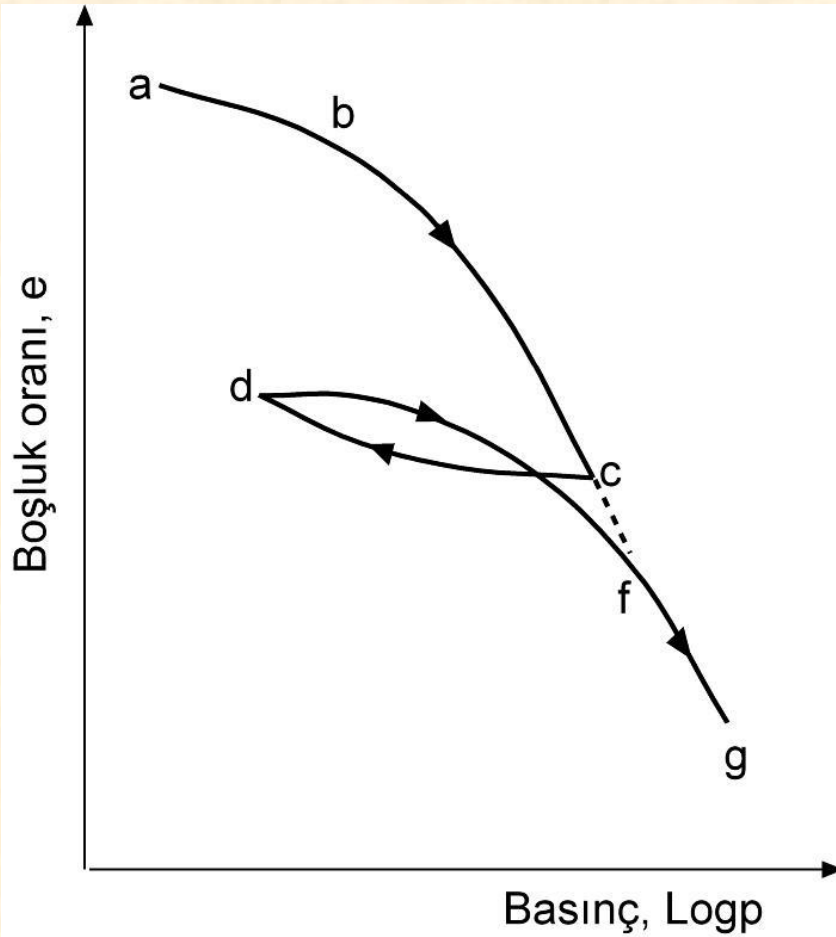
P : Şu andaki efektif düşey basınçtır.

Her basınç altındaki boşluk oranı hesaplandıktan sonra e-log P diyagramları çizilir.

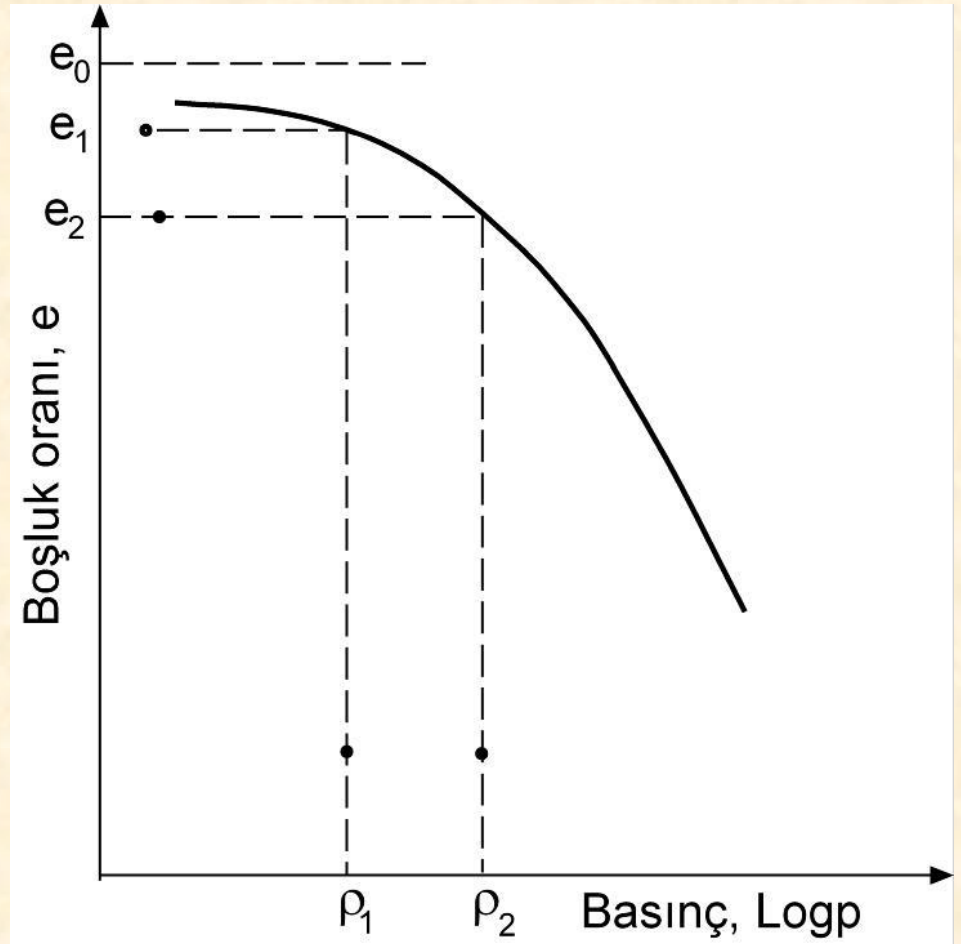
Jeolojik zaman içinde örnek alınan seviyenin üzerinde bulunan malzemenin bir kısmı erozyon ile aşınmış olabilir. Bu şekilde konsolidasyon basıncının kaldırılmış olduğu tabakalara **önceden yüklenmiş** veya **aşırı konsolide** olmuş zemin denir.

Deney ve hesaplamalar sonucunda elde edilen verilerden ince taneli zeminin e-logP ilişkisi çizilir(Şekil).

Yükleme, boşaltma ve tekrar yüklemeye altındaki e-logP ilişkisi Şekil de verilmiştir.



Şekil 18.4. $e - \text{log}P$ ilişkisi

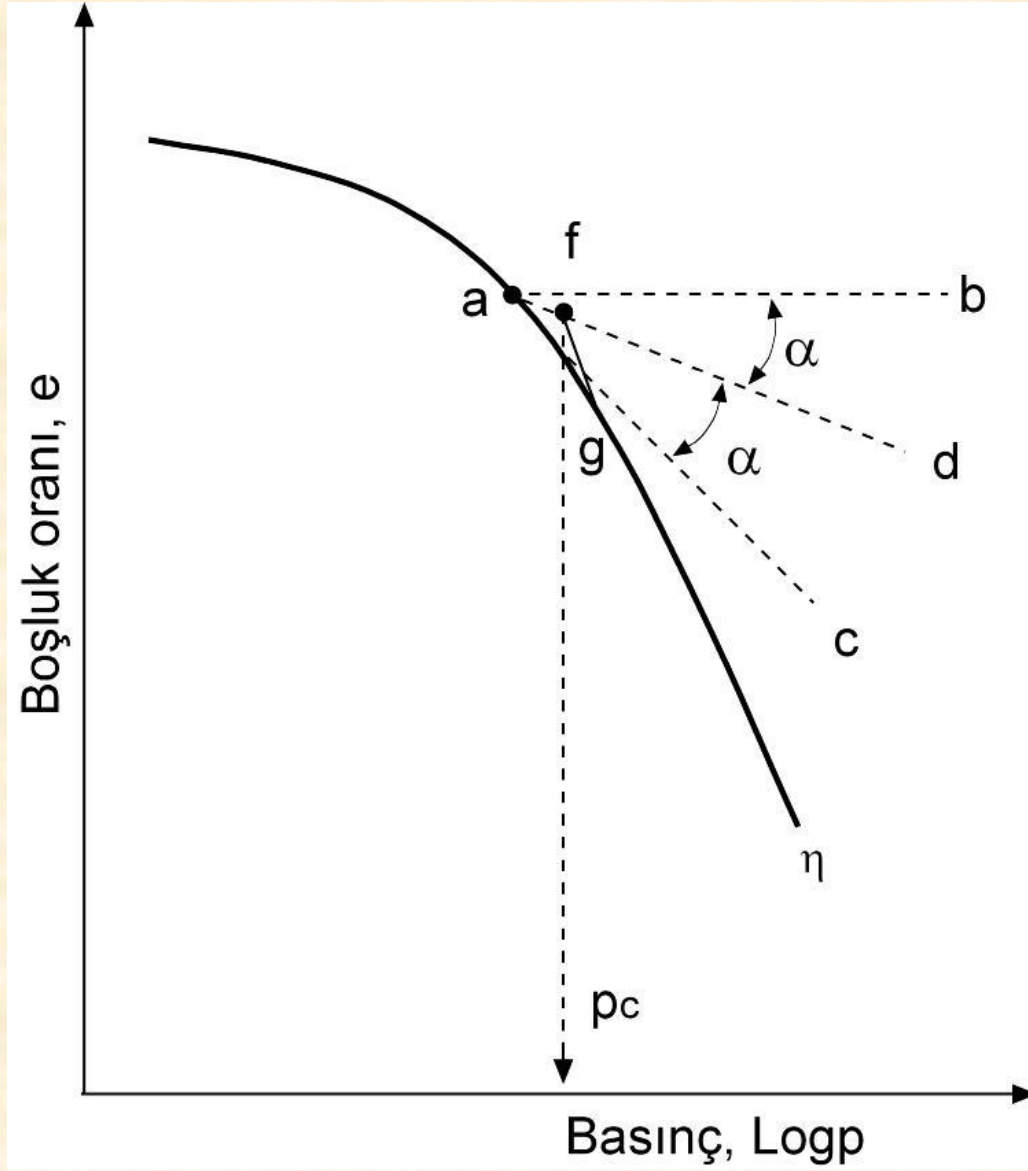


Şekil 18.5 .Yükleme, boşaltma ve yeniden yüklemeyi gösteren $e - \text{log}P$ ilişkisi

Önyükleme (prekonsolidasyon) basıncının bulunması:

Zeminlerin önyükleme basıncı $e\text{-log}P$ eğrisinin yüklemeye kesimi üzerinde belirlenir.

1. Yüklemeye 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. Yüklemeye 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 önyüklemeye basıncını (P_c) verir.



Şekil 18.6. e-logP eğrisi ve önyükleme basıncı

Sıkışma katsayısı;

$$a_v = \frac{\Delta e}{\Delta p}$$

Bu katsayı ile kil tabakasının sıkışma miktarı hesaplanabilir.

Hacimsel sıkışma katsayısı;

$$m_v = \frac{a_v}{1 + e}$$

Uygulanan her yük için hesaplanan bu değerler kullanılarak, aşağıdaki bağıntıyla oturma miktarı hesaplanır.

$$S = m_v \cdot \Delta p \cdot H_1$$

H₁: numune kalınlığı

Konsolidasyonda Zamanın Etkisi

$$T = \frac{C_v \cdot t}{H^2}$$

C_v: Konsolidasyon katsayısı

t: zaman

T: boyutsuz bir zaman faktörüdür

$$C_v = \frac{K}{G_w \cdot m_v}$$

C_v: zamanın bir fonksiyonudur ve permeabilite ile ilişkilidir.

H, iki yüzeyden de drenaj imkanı olan tabaka kalınlığının yarısını, bir yüzden drenaj imkanı olan tabakalarda tabaka kalınlığını ifade eder.