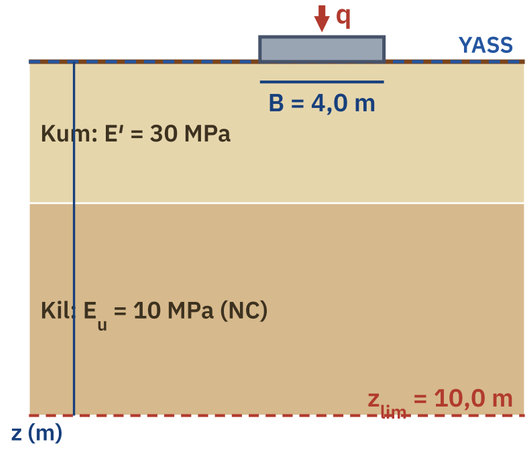
Geoteknik ders sunumu · Oturma

Toplam oturma: kil ve kum tabakaları

Ders anlatımı: kil ve kum tabakalarından oluşan profilde ani (elastik) oturma ile kilin konsolidasyonunun toplanması, merkez, köşe ve rijit temel, zamana bağlı toplam oturma; her konuda çözümlü örnek.

- $S = S_e + S_c$
- Kil ve kum tabakaları
- Steinbrenner
- Gerilme yolu
- Merkez · köşe · rijit
- Oturma–zaman eğrisi



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

- Tabaka türüne göre oturmayı ayırmayı: **kohezyonlu** tabaka = ani oturma + konsolidasyon, **granüler** tabaka = yalnızca elastik oturma
- Aynı dilimlerde **Steinbrenner** (ani) ve **gerilme yolu** (konsolidasyon) hesaplarını birleştirmeyi
- Kazının etkisini görmeyi: **net basınç** ani oturmayı, **kabarma ve yeniden sıkışma** konsolidasyonu belirler
- Esnek temelin **merkez** ve **köşe** oturmasını, rijit temeli ve diferansiyel oturmayı toplam oturmadan bulmayı
- $S(t) = S_e + \Sigma\, U_i(t)\, S_{c,i}$ oturma–zaman eğrisini kurmayı
- Modülün sonucunun, tek tür modüllerin (Elastik + Konsolidasyon) toplamına eşit olduğunu doğrulamayı

DERS AKIŞI

Her konu **üç adımda** işlenir:

1 · **Kuram**: kural nedir, neden öyle?

2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Örnek profil: 4 m kum üzerinde 6 m normal konsolide kil; 4 × 6 m temel, q = 150 kPa. Oturmalar mm cinsindendir.

Toplam oturma = ani oturma + konsolidasyon

KURAM

$$S = S_e + S_c \qquad \text{kohezyonlu tabaka: } S_e(\text{drenajsız}) + S_c \qquad \text{granüler tabaka: } S_e(\text{drenajlı})$$

İki bileşen **aynı dilimlerde**, aynı Boussinesq gerilme artışıyla, aynı kazıyla ve aynı hesap derinliğiyle hesaplanır. Çözüm **analitiktir**: kapalı etki katsayıları, dilim dilim gerilme yolu ve Terzaghi kuramı; sonlu eleman yoktur.

Doygun kil yük uygulanırken hacim değiştirmez (v = 0,5): bu ani oturmasıdır. Su yavaşça çıkar ve kil gerilme yolu boyunca sıkışır: bu konsolidasyondur. Kum suyunu hemen bıraktığı için oturmasının tamamı elastiktir.

> Tek tür profilde modül, Elastik Oturma ya da Konsolidasyon modülüyle **aynı sonucu** verir (Örnek 6).

> Her tabakanın türü Zemin profili tablosunda seçilir ve tabakanın hangi parametrelere ihtiyaç duyacağını belirler.

TABAKA TÜRÜ

Tabaka	Ani oturma	Konsolidasyon
Kohezyonlu	drenajsız E_u, v = 0,5	var: C_c, C_r, C_s, e_0, σ'_p (ya da m_v), C_v
Granüler	drenajlı E′, v′	yok

Hooke yasası ve Steinbrenner katsayıları

KURAM

Net basıncı q_{net} taşıyan tam esnek bir temelin altında oturma, düşey şekil değiştirmenin integralidir (Boussinesq gerilmeleri, homojen yarı uzay):

$$S = \int \varepsilon_z \, dz = \int \frac{\Delta\sigma_z - \nu(\Delta\sigma_x + \Delta\sigma_y)}{E} \, dz$$

Dikdörtgenin köşesi için kapalı çözüm (Steinbrenner):

$$S = q_{net}\, \alpha\, B' \, \frac{1-\nu^2}{E}\, I_s \qquad I_s = F_1 + \frac{1-2\nu}{1-\nu} F_2$$

m′ = L′/B′, n′ = z/B′. **Merkez**: α = 4, B′ = B/2; **köşe**: α = 1, B′ = B.

Kohezyonlu tabakada v = 0,5 olduğundan $I_s = F_1$ ve $(1 - v^2) = 0{,}75$.

ELASTİK OTURMA MODÜLLERİ

F_1, F_2, A_0, A_1, A_2 formülleri ve ayrıntılı örnekler Elastik Oturma sunumlarındadır; burada yalnızca sonuçları toplama için kullanılır.

Tabakalı profil ve net basınç

KURAM

Temel seviyesinin $z_{üst}$ ile z_{alt} derinlikleri arasındaki bir tabaka, kendi E ve v'sıyla I_s farkını katar:

$$\Delta S_e = q_{net}\,\alpha\,B'\,\frac{1-\nu^2}{E}\,[I_s(z_{alt}) - I_s(z_{üst})]$$

Kazı, taban seviyesindeki etkin örtü gerilmesini kaldırır; tek modüllü elastik zeminde boşaltma yeniden yüklemede geri alınır, ani oturmayı **net basınç** belirler:

$$q_{net} = q_{brüt} - \sigma'_{v0}(D_{exc})$$

$q_{net} \le 0$ ise ani oturma oluşmaz (negatif değer elastik kabarmadır).

Sonuç dilim kalınlığına bağlı değildir; dilimler yalnızca tablolara ve renk alanlarına hizmet eder.

NEDEN FARKLI?

Ani oturma **net basınçla**, konsolidasyon ise gerilme yolundaki **etkin gerilme artışıyla** hesaplanır; kazı ikisini farklı yollarla etkiler.

Gerilme yolu ve dilim sıkışması

KURAM

Kohezyonlu dilimlerde konsolidasyon, başlangıçtan son gerilmeye tek adımda değil, **gerilme yolu** boyunca hesaplanır: kazıyla şişme (C_s), yeniden yüklemede önce kabarmanın geri alınması, C_r ile σ'_p'ye kadar yeniden sıkışma, ötesinde C_c ile bakir sıkışma:

$$\sigma'_{v0} \xrightarrow{C_s} \sigma'_{exc} \xrightarrow{C_s} \sigma'_{v0} \xrightarrow{C_r} \sigma'_p \xrightarrow{C_c} \sigma'_{son} \qquad \sigma'_p = OCR \cdot \sigma'_{v0}$$

$$S_c = \sum \left(S_b + S_r + S_v\right), \quad f = \frac{\Delta H}{1 + e_0} \qquad \Delta\sigma_{yük} = q\, I_z(z') \qquad \sigma'_{son} = \sigma'_{exc} + \Delta\sigma_{yük}$$

NC kilde (OCR = 1): $S = C_c\, f \log(\sigma'_{son}/\sigma'_{v0})$ (kazısız).

Kabarma negatiftir; $S_{net} = S_c + S_{kabarma}$. **Korunur** seçeneğinde oturma orijinal zeminden, **sıfırlanır** seçeneğinde kabarmış tabandan ölçülür.

Hesap derinliği: $I_z(z') = p$ (yaygın %10) ya da profilin tabanı; m_v yöntemi doğrusal bir seçenektir.

AYRINTI

Gerilme yolunun, rejimlerin, kazının ve zaman eğrisinin tam anlatımı Konsolidasyon sunumundadır.

Soru

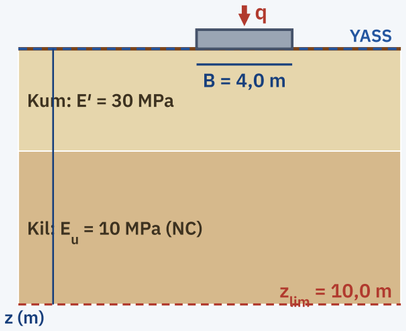
SORU

Verilenler

Profil	**kum 0–4 m:** $E' = 30\ \mathrm{MPa},\ \nu' = 0{,}30,\ \gamma_{sat} = 19$ **· kil 4–10 m (NC):** $E_u = 10\ \mathrm{MPa},\ \nu = 0{,}5,\ e_0 = 1{,}0,\ C_c = 0{,}30,\ C_v = 2\ \mathrm{m^2/yıl},\ \gamma_{sat} = 18$
Temel	**4 × 6 m esnek dikdörtgen,** $q = 150\ \mathrm{kPa}$**, zemin yüzeyinde; YASS yüzeyde; hesap derinliği 10 m (profilin tabanı)**
Kazı	**yok (q_{net} = 150 kPa)**

İSTENEN

Her tabakanın **merkez** ve **köşe** ani oturması S_e.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Kum (0–4 m): k = q(1 – ν′²)/E′ = 150(0,91)/30 000 = 0,004550; 8 I_s(4) = 2,7351

$$\Delta S_e = k\ [(\alpha B' I_s)_4 - 0] = 0{,}004550(2{,}7351) = \mathbf{12{,}4\ mm}$$

2 Kil (4–10 m): k = 150(0,75)/10 000 = 0,011250; 8 I_s(4) = 2,3398; 8 I_s(10) = 3,9643

$$\Delta S_e = 0{,}011250(3{,}9643 - 2{,}3398) = \mathbf{18{,}3\ mm}$$

Merkezde S_e = 12,4 + 18,3 = **30,7 mm**; köşede 3,4 + 9,8 = **13,2 mm** (köşede α = 1, B′ = B).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Boussinesq, etki derinliği ve m_v yöntemi

KURAM

Temelin merkezinin altında dikdörtgen B × L için Newmark köşe katsayısıyla, şerit için α kapalı çözümüyle:

$$\Delta\sigma = q\, I_z(z') \qquad I_z = 4\, I_{köşe}(m,n)\ \ (m = \tfrac{B}{2z'},\ n = \tfrac{L}{2z'}) \qquad I_{z,\text{şerit}} = \frac{\alpha + \sin\alpha}{\pi}$$

Etki derinliği: $I_z(z')$ = p (yaygın %10); kare 2,09 B, L = 1,5 B için 2,55 B, şerit 6,34 B. Profilin tabanı seçilirse hesap son tabakada biter (kaya ya da sıkı çakılda).

Profil z_{lim}'in üstünde biterse son tabaka z_{lim}'e kadar devam eder.

m_v yöntemi: $\Delta H = m_v\, \Delta\sigma'\, H$; doğrusal, $C_c/C_r/C_s$ karışmaz.

BU PROFİLDE

Hesap derinliği profilin tabanı (10 m); sert bir taban varsayılır. Kil dilimi z = 7 m, $I_z(z' = 7) = 0{,}1916$.

Soru

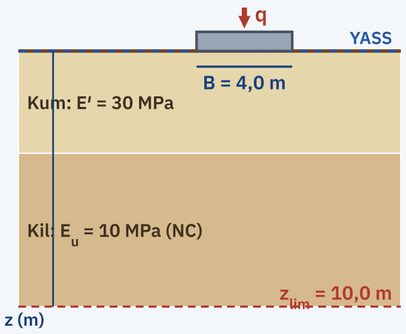
SORU

Verilenler

Profil	**kum 0–4 m:** $E' = 30\ \mathrm{MPa},\ \nu' = 0{,}30,\ \gamma_{sat} = 19$ **· kil 4–10 m (NC):** $E_u = 10\ \mathrm{MPa},\ \nu = 0{,}5,\ e_0 = 1{,}0,\ C_c = 0{,}30,\ C_v = 2\ \mathrm{m^2/yıl},\ \gamma_{sat} = 18$
Temel	**4 × 6 m esnek dikdörtgen,** $q = 150\ \mathrm{kPa}$**, zemin yüzeyinde; YASS yüzeyde; hesap derinliği 10 m (profilin tabanı)**
Dilim	**kil tek dilim,** $H = 6$ **m, orta nokta** $z = 7$ **m;** $f = H/(1+e_0) = 3$ **m**
Gerilmeler	$\sigma'_{v0} = 9{,}19(4) + 8{,}19(3) = 61{,}33\ \mathrm{kPa}$

İSTENEN

I_z, Δσ, σ'_{son} ve **S_c**.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Boussinesq (z′ = 7 m): m = 2/7 = 0,2857; n = 3/7 = 0,4286

$$I_z = 4\,I_{köşe}(0{,}2857;\ 0{,}4286) = 4(0{,}0479) = \mathbf{0{,}1916} \qquad \Delta\sigma = 150(0{,}1916) = 28{,}75\ \text{kPa}$$

2 Son gerilme ve sıkışma (NC: $\sigma'_p = \sigma'_{v0}$)

$$\sigma'_{son} = 61{,}33 + 28{,}75 = 90{,}08\ \text{kPa}$$

$$S_c = C_c f \log\frac{\sigma'_{son}}{\sigma'_{v0}} = 0{,}30(3)\log\frac{90{,}08}{61{,}33} = \mathbf{150{,}2\ mm}$$

Kilin konsolidasyon oturması **150,2 mm**: ani oturmanın (30,7 mm) yaklaşık **4,9 katı**. Yumuşak NC kilde asıl oturma konsolidasyondan gelir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Merkez, köşe ve rijit temel

KURAM

Her dilim için ani ve (kohezyonlu tabakada) konsolidasyon bileşenleri toplanır; tabakalar üzerinden z_{lim}'e kadar toplam, esnek temelin **merkez** oturmasını verir:

$$S = \sum \Delta S_e + \sum (\Delta S_b + \Delta S_r + \Delta S_v) \quad [+ S_{kabarma}]$$

$$S_{köşe} = S_{e,köşe} + S_c \qquad S_{rijit} = 0{,}93\, S_e + S_c \qquad S_{diff} = S_e - S_{e,köşe}$$

Köşe için **yalnızca ani oturma** köşe dikdörtgeninin kendi değerini alır; konsolidasyon, merkez çizgisindeki gerilme yolundan gelir ve köşede de aynı kabul edilir.

Rijit temel düzgün oturur: ani kısım esnek merkezin yaklaşık 0,93 katı, konsolidasyon merkezinki.

Kazı: ani kısım q_{net} ile, kil kabarma ve yeniden sıkışmayla hesaplanır; "korunur" seçiminde $S = S_e + S_c + S_{kabarma}$.

KİL BASKINSA

Konsolidasyon merkez ve köşede aynı olduğundan, kilin baskın olduğu profillerde **diferansiyel oturma** yalnızca ani bileşenin farkıdır.

Soru

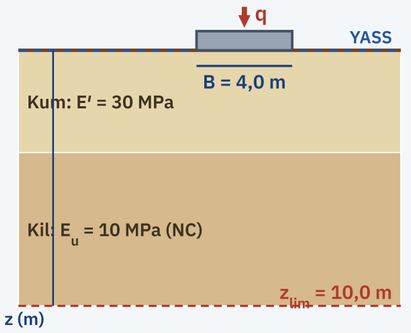
SORU

Verilenler

Profil	**kum 0–4 m:** $E' = 30\ \mathrm{MPa},\ \nu' = 0{,}30,\ \gamma_{sat} = 19$ **· kil 4–10 m (NC):** $E_u = 10\ \mathrm{MPa},\ \nu = 0{,}5,\ e_0 = 1{,}0,\ C_c = 0{,}30,\ C_v = 2\ \mathrm{m^2/yıl},\ \gamma_{sat} = 18$
Temel	**4 × 6 m esnek dikdörtgen,** $q = 150\ \mathrm{kPa}$**, zemin yüzeyinde; YASS yüzeyde; hesap derinliği 10 m (profilin tabanı)**
Önceki örnekler	S_e**: merkez 30,7, köşe 13,2 mm;** S_c **= 150,2 mm (Örnek 1 ve 2)**

İSTENEN

Merkez, köşe, rijit toplam oturma; diferansiyel oturma; ani bileşenin payı.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Toplamlar

$$S_{merkez} = 30{,}7 + 150{,}2 = \mathbf{181{,}0\ mm} \qquad S_{köşe} = 13{,}2 + 150{,}2 = \mathbf{163{,}4\ mm}$$

$$S_{rijit} = 0{,}93(30{,}7) + 150{,}2 = \mathbf{178{,}8\ mm} \qquad S_{diff} = 30{,}7 - 13{,}2 = \mathbf{17{,}5\ mm}$$

	S_e (mm)	S_c (mm)	toplam (mm)
merkez (esnek)	30,7	150,2	**181,0**
köşe (esnek)	13,2	150,2	**163,4**
rijit	28,6	150,2	**178,8**

Ani oturma toplamın yalnızca **%17**'i; diferansiyel oturma 17,5 mm. Kilin konsolidasyonu merkez ve köşede aynı olduğundan köşe merkezin %90'i kadar oturur.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

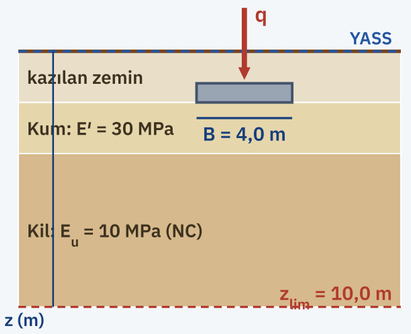
SORU

Verilenler

Profil	**kum 0–4 m ($E' = 30,\ \nu' = 0{,}30,\ \gamma_{sat} = 19$) · kil 4–10 m (NC; $E_u = 10,\ e_0 = 1{,}0,\ C_c = 0{,}30,\ C_s = C_r = 0{,}06,\ \gamma_{sat} = 18$); YASS yüzeyde**
Kazı	**geniş kazı (I_{exc} = 1), derinlik 2 m; temel kazı tabanında**
Temel	**4 × 6 m, $q_{brüt} = 150\ \mathrm{kPa}$; hesap derinliği 10 m**
Dilimler	**kum 2–4 m (H = 2 m), kil 4–10 m (z = 7 m, f = 3 m)**

İSTENEN

q_{net}, S_e; kilin kabarması ve S_c; toplam oturma (korunur ve sıfırlanır).



Çözüm (1/3)

ÇÖZÜM

1 Net basınç: $q_{kald} = \sigma'_{v0}(2\ \text{m}) = 9{,}19(2) = 18{,}38$ kPa

$$q_{net} = 150 - 18{,}38 = \mathbf{131{,}62}\ \text{kPa}$$

2 Ani oturma: kum (z′ 0–2 m) k = 0,003992; kil (z′ 2–8 m) k = 0,009872 ($k = q_{net}(1 - \nu^2)/E$)

$$\text{kum} : \Delta S_e = 0{,}003992(1{,}5131 - 0) = 6{,}0\ \text{mm}$$

$$\text{kil} : \Delta S_e = 0{,}009872(3{,}6370 - 1{,}0554) = 25{,}5\ \text{mm}$$

Kazı net basıncı 150 → 131,6 kPa düşürdü; ani oturma 30,7 → **31,5 mm** (kumun üst 2 m'si kazıldı, kil daha az yüklendi).

Çözüm (2/3)

ÇÖZÜM

3 Kil: gerilme yolu (z′ = 5 m: I_z = 0,3204)

$$\sigma'_{exc} = 61{,}33 - 18{,}38 = 42{,}95\ \text{kPa} \qquad \Delta\sigma = 150(0{,}3204) = 48{,}05\ \text{kPa}$$

$$\text{kabarma} = -0{,}06(3)\log\frac{61{,}33}{42{,}95} = -27{,}8\ \text{mm} \qquad \sigma'_{son} = 42{,}95 + 48{,}05 = 91{,}00\ \text{kPa}$$

4 NC kil ($\sigma'_p = \sigma'_{v0}$): S_b kabarmayı geri alır, S_v bakir sıkışma

$$S_b = 0{,}06(3)\log\frac{61{,}33}{42{,}95} = 27{,}8\ \text{mm} \qquad S_v = 0{,}30(3)\log\frac{91{,}00}{61{,}33} = 154{,}2\ \text{mm}$$

$$S_c = S_b + S_v = \mathbf{182{,}1\ mm}$$

Çözüm (3/3)

ÇÖZÜM

	S_e (mm)	S_c (mm)	kabarma (mm)	toplam (mm)
kazısız (Örnek 3)	30,7	150,2	0	**181,0**
kazılı, **korunur** (orijinal zeminden)	31,5	182,1	-27,8	**185,8**
kazılı, **sıfırlanır** (kabarmış tabandan)	31,5	182,1	—	**213,6**

Orijinal zeminden ölçülen toplam oturma **185,8 mm** (S_e + S_c + kabarma); kabarmış tabandan ölçülen **213,6 mm**. Fark, kabarma kadardır (27,8 mm).

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Ani oturma hemen, konsolidasyon zamanla

KURAM

$$T_v = \frac{C_v\, t}{H_{dr}^2} \qquad U(T_v) = 1 - \sum_{m=0}^{\infty} \frac{2}{M^2} e^{-M^2 T_v} \qquad M = \frac{\pi(2m+1)}{2}$$

$$S(t) = S_e + \sum_i U_i(t)\, S_{c,i} \;\; [+ S_{kabarma}] \qquad t = \frac{T_v\, H_{dr}^2}{C_v}$$

S_e **hemen** vardır (t = 0^+); konsolidasyon her kohezyonlu tabakada kendi C_v ve H_{dr} ile ilerler: H_{dr} = H (tek yönlü) ya da H/2 (çift yönlü).

$T_{v,50}$ = 0,197; $T_{v,90}$ = 0,848; T_v < 0,05'te $U = 2\sqrt{(T_v/\pi)}$.

Eğri, tabaka eğrilerinin toplamıdır; sistemin t_{50} ve t_{90} değeri bu toplamdan okunur. Kohezyonlu tabakası olmayan profilde zaman eğrisi yoktur: oturmanın tamamı ani.

"Korunur" seçiminde eğri kabarmadan başlar ve net deformasyonda biter.

KUM + KİL

Kum oturmasını hemen yapar; **zaman eğrisinin şeklini kil belirler**.

Soru

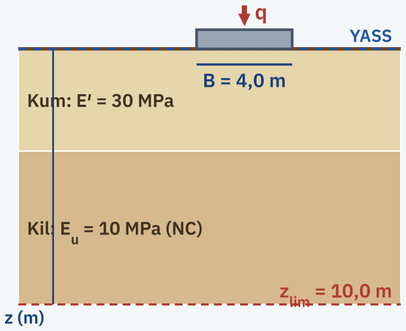
SORU

Verilenler

Profil	**kum 0–4 m:** $E' = 30\ \mathrm{MPa},\ \nu' = 0{,}30,\ \gamma_{sat} = 19$ **· kil 4–10 m (NC):** $E_u = 10\ \mathrm{MPa},\ \nu = 0{,}5,\ e_0 = 1{,}0,\ C_c = 0{,}30,\ C_v = 2\ \mathrm{m^2/yıl},\ \gamma_{sat} = 18$
Temel	**4 × 6 m esnek dikdörtgen,** $q = 150\ \mathrm{kPa}$**, zemin yüzeyinde; YASS yüzeyde; hesap derinliği 10 m (profilin tabanı)**
Önceki örnekler	**S_e = 30,7 mm (Örnek 1); S_c = 150,2 mm (Örnek 2); kazı yok**
Drenaj	**kil üstte (kum) ve altta (sert taban) drene olur: çift yönlü, H = 6 m**
Zamanlar	**t = 0,25; 0,5; 1; 2; 4; 8 yıl**

İSTENEN

H_{dr}, t_{50}, t_{90} ve S(t); t = 0^{+}'daki oturma.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Drenaj yolu ve süreler (C_v = 2 m²/yıl)

$$H_{dr} = \frac{H}{2} = 3\ \text{m} \qquad t_{50} = \frac{0{,}197(3^2)}{2} = \mathbf{0{,}89}\ \text{yıl} \qquad t_{90} = \frac{0{,}848(3^2)}{2} = \mathbf{3{,}82}\ \text{yıl}$$

2 Başlangıç ve son oturma

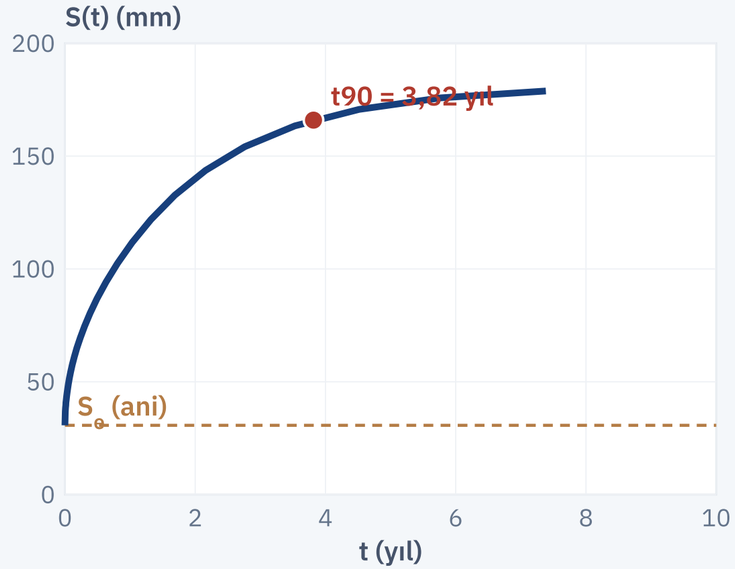
$$S(0^+) = S_e = 30{,}7\ \text{mm} \qquad S(\infty) = S_e + S_c = 30{,}7 + 150{,}2 = \mathbf{181{,}0\ mm}$$

Yük uygulanır uygulanmaz oturma 30,7 mm (toplamın %17'i); kil konsolidasyonunun %90'ı **3,82 yılda** tamamlanır.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

t (yıl)	U	$S_c(t)$ (mm)	$S(t) = S_e + S_c(t)$ (mm)
0,25	0,266	40,0	**71**
0,50	0,376	56,5	**87**
1,00	0,531	79,8	**110**
2,00	0,729	109,6	**140**
4,00	0,910	136,7	**167**
8,00	0,990	148,7	**179**



1 yılda toplam oturma 110 mm (son değerin %61'i), 4 yılda 167 mm (%92). Eğri, ani oturmadan başlayıp kilin konsolidasyonuyla yükselir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Profil	**yalnızca kil, 0–6 m (NC):** $E_u = 10\ \mathrm{MPa}$**,** $e_0 = 1{,}0,\ C_c = 0{,}30,\ \gamma_{sat} = 18$**; YASS yüzeyde**
Temel	**4 × 6 m,** $q = 150\ \mathrm{kPa}$**, kazı yok; hesap derinliği 6 m (profilin tabanı)**
Karşılaştırma	**Elastik Oturma (Kohezyonlu) + Konsolidasyon modülleri**

İSTENEN

Toplam Oturma modülünün S_e, S_c ve toplamını iki tek tür modülün sonuçlarıyla karşılaştırınız.

Çözüm

ÇÖZÜM

Modül	S_e (mm)	S_c (mm)	toplam (mm)
Elastik Oturma: Kohezyonlu zemin	35,3	—	—
Konsolidasyon	—	591,6	—
iki modülün toplamı	35,3	591,6	**626,9**
Toplam Oturma (2B)	35,3	591,6	**626,9**

Toplam Oturma modülü, tek tür profilde iki modülün toplamıyla **birebir aynıdır** (626,9 mm). Köşe toplamı 601,5 mm ($S_{e,köşe}$ = 9,9 + S_c), rijit temel 624,4 mm.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Soru

SORU

Verilenler

Profil	**Dolgu, kumlu 0–2 m (E = 12 MPa) · Kil-1 2–7 m (E_u = 8 MPa; C_c = 0,25; OCR = 1,6) · Kum 7–11 m (E = 35 MPa) · Kil-2 11–20 m (E_u = 15 MPa; C_c = 0,30; OCR = 1,3) · Çakıllı kum 20–30 m (E = 70 MPa)**
Temel, kazı	**10 × 15 m, $q_{brüt}$ = 120 kPa; kazı derinliği 2 m (kazı planı = temel); YASS 2 m**
Hesap derinliği	**etki derinliği, p = %10**
Sonuç	**Toplam Oturma modülünün örnek projesi**

İSTENEN

Tabaka tabaka S_e ve S_c, kabarma; merkez, köşe, rijit toplam; t_{50} ve t_{90}.

Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Kazı ve hesap derinliği

$$q_{kald} = \sigma'_{v0}(2) = 18(2) = 36{,}0\ \text{kPa} \qquad q_{net} = 120 - 36{,}0 = \mathbf{84{,}0}\ \text{kPa}$$

$$z_{lim} = D_f + z' = 2 + 25{,}47 = \mathbf{27{,}47}\ \text{m}$$

Dolgu (0–2 m) kazıyla çıkar; hesap 2 m'den z_{lim} = 27,5 m'ye kadar dört tabakayı kapsar. Son tabaka (çakıllı kum) z_{lim} tarafından kesilir; derin tabakaların katkısı küçüktür.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

Tabaka	z (m)	S_e (mm)	S_c (mm)	kabarma (mm)	toplam = S_e + S_c + kabarma (mm)
Kil-1 (CL, yumuşak)	2,0 – 7,0	20,8	198,4	-62,6	156,6
Kum (SM, orta sıkı)	7,0 – 11,0	5,6	—	—	5,6
Kil-2 (CH, katı)	11,0 – 20,0	14,1	27,0	-6,5	34,6
Çakıllı kum (sıkı)	20,0 – 27,5	1,2	—	—	1,2
Toplam (merkez)		**41,7**	**225,4**	**-69,1**	**198,0**

Merkez **198,0 mm** = S_e 41,7 + S_c 225,4 – kabarma 69,1 (korunur); köşe 168,7 mm, rijit 195,1 mm. Zaman: t_{50} = 0,72 yıl, t_{90} = 3,71 yıl. Modül aynı değerleri verir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Sonuçları okurken akılda tutulacaklar

KURAM

Temel seviyesi = kazı tabanı; tam esnek temelde düzgün basınç; rijit temel ani kısımda ≈ 0,93 × esnek merkez.

Ani oturma: her tabakada homojen yarı uzayın gerilmeleri (kendi v'sıyla); kohezyonlu tabaka drenajsız (v = 0,5), granüler tabaka drenajlı; gömülme düzeltmesi yok ($I_f = 1$).

Konsolidasyon: bir boyutlu Terzaghi; hidrostatik boşluk suyu basıncı, YASS kazıdan etkilenmez; σ'_p geçmişteki en büyük gerilmedir, kazıyla azalmaz; gerilme artışı merkezin altındaki düşeyde alınır.

Oturma pozitif, kabarma negatif; başlıktaki seçici işareti çevirir (motor klasik kalır).

Kapsam dışı: ikincil sıkışma, granüler tabakaların konsolidasyonu, Schmertmann ve SPT/CPT abakları, tabaka içinde derinlikle artan modül (tabakayı bölün), temel rijitliği ve zemin–yapı etkileşimi, 2B/3B konsolidasyon, sonlu elemanlar, taşıma gücü, sıvılaşma.

Özet

Akılda kalacak noktalar

$S = S_e + S_c$: kohezyonlu tabaka = drenajsız ani oturma + konsolidasyon; granüler tabaka = yalnızca drenajlı elastik oturma

Ani oturma (Steinbrenner): $\Delta S_e = q_{net}\, \alpha\, B'\, (1 - \nu^2)/E \cdot [I_s(z_{alt}) - I_s(z_{üst})]$; $q_{net} = q_{brüt} - \sigma'_{v0}(D_{exc})$

Konsolidasyon: gerilme yolu $\sigma'_{v0} \rightarrow \sigma'_{exc} \rightarrow \sigma'_{v0} \rightarrow \sigma'_{p} \rightarrow \sigma'_{son}$ (C_s, C_r, C_c); NC kilde $S_c = C_c\, f \log(\sigma'_{son}/\sigma'_{v0})$

Merkez $S_e + S_c$; **köşe** $S_{e,köşe} + S_c$; **rijit** $0{,}93\, S_e + S_c$; diferansiyel oturma = ani bileşenlerin farkı

Kazı: ani kısım q_{net} ile, kil kabarma + yeniden sıkışmayla; "korunur" $S = S_e + S_c + S_{kabarma}$, "sıfırlanır" $S_e + S_c$

Zaman: $S(t) = S_e + \Sigma\, U_i(t)\, S_{c,i}$; $T_{v,50} = 0{,}197$, $T_{v,90} = 0{,}848$; $H_{dr} = H$ (tek) ya da $H/2$ (çift)

Tek tür profilde sonuç, Elastik Oturma ya da Konsolidasyon modülüyle **birebir aynıdır**

Kaynaklar

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage.

Das, B.M. (2018). Principles of Geotechnical Engineering, 9th ed. Cengage — Bölüm 10–11 (gerilme artışı, konsolidasyon oturması, konsolidasyon hızı).

Steinbrenner, W. (1934). Tafeln zur Setzungsberechnung. Die Strasse, 1, 121–124.

Terzaghi, K. (1943). Theoretical Soil Mechanics. Wiley.

Duncan, J.M. & Buchignani, A.L. (1976). An engineering manual for settlement studies. University of California, Berkeley.

Kulhawy, F.H. & Mayne, P.W. (1990). Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design. EPRI EL-6800.

NOT

Sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap motoruyla üretilmiştir, modül aynı değerleri verir (örnek dilimler: dz = tabaka kalınlığı).

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Kil ve kum tabakalı kendi profilinizi GeoTerva'da kurun; modül oturmayı ve zaman eğrisini birlikte verir.

Modülü açın →

Teori sayfası →

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.