Geoteknik ders sunumu · Kazıklar

Kilde kazık taşıma gücü

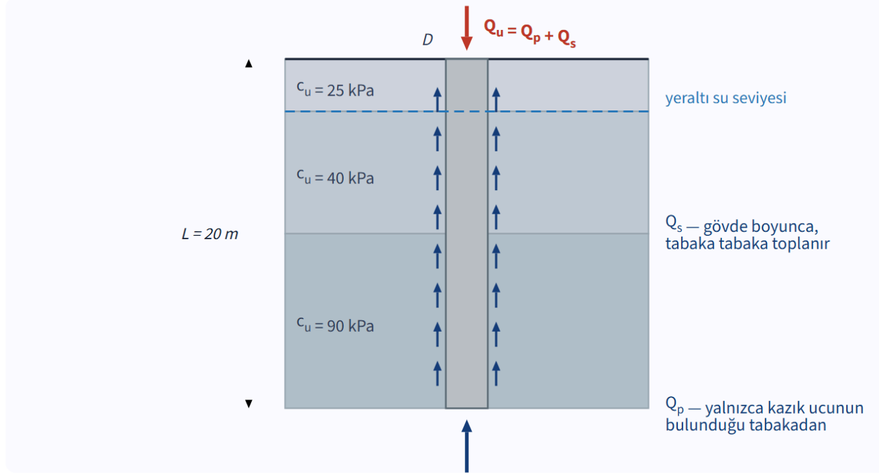
Ders anlatımı: drenajsız uç direnci, α, λ ve β yöntemleriyle çevre sürtünmesi, fore kazık. Her yöntemin kuramı, ardından çözümlü bir örnek.

Meyerhof · Vesic

α · λ · β yöntemleri

Fore kazık

Çözümlü örnekler



Bu derste neler öğreneceğiz?

- Kilin neden **drenajsız** ($\varphi = 0$) ele alındığını ve efektif gerilmenin nerede yine de devreye girdiğini açıklayabilmek
- **Uç direncini** iki yöntemle hesaplayabilmek: Meyerhof ($N^*_c = 9$) ve Vesic (rijitlik)
- Çevre sürtünmesini **üç yaklaşımla** hesaplayabilmek: α, λ ve β
- **Fore kazığın** özel kurallarını uygulayabilmek: iki boyda $\alpha^* = 0$, kendi taban ifadesi
- **Emniyetli taşıma gücüne** ulaşıp yaklaşımların sonuçlarını birlikte yorumlayabilmek

DERS AKIŞI

Her yöntem **üç adımda** işlenir:

1 · **Kuram**: yöntem nasıl çalışır, neden öyle?

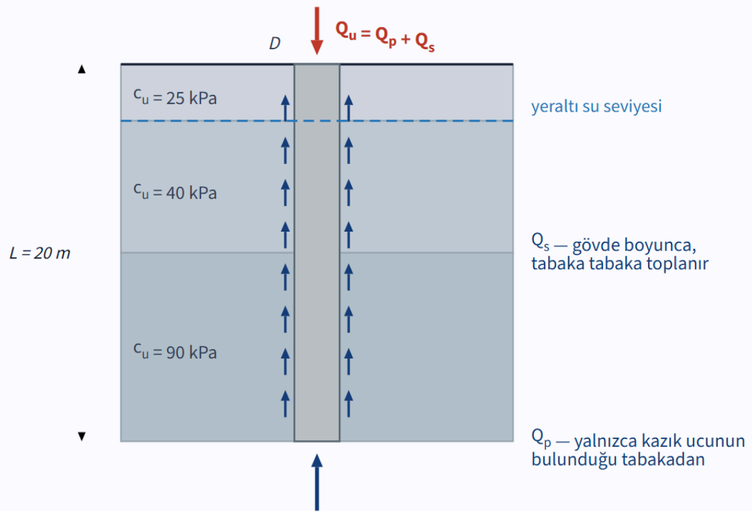
2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Örneklerin çoğu aynı kazıkla yapılır: 20 m boyunda, üç kil tabakasından geçen boru kazık.

Yük iki yoldan aktarılır

KURAM



Kazık yükünü **aynı anda iki yoldan** zemine verir: ucun altındaki kil derin bir temel gibi **uç direnciyle** (Q_p), gövde boyunca kil **adezyonla** (Q_s) karşı koyar.

$$Q_u = Q_p + Q_s \qquad Q_{all} = \frac{Q_u}{FS}$$

Kilde **gövde direnci** tabaka tabaka toplanır; **uç direnci** yalnızca ucun bulunduğu tabakadan gelir.

Tipik bir profilde uç, toplamın çok küçük bir parçasıdır: örnek kazıkta yaklaşık **dokuzda biri**; gövde ise yaklaşık dokuzda sekizi. Belirsizlik de asıl gövdede.

Bu derste: **tek kazık**, kil, çakma ya da fore, sabit kesitli.

Kil neden φ = 0 ile ele alınır?

KURAM

Doygun kilde yapının yükü, suyun boşalabileceğinden **çok daha hızlı** gelir; kil **hacmi değişmeden** kesilir. Bu durumda dayanım tek bir sayıdır: **drenajsız kayma dayanımı** c_u, sürtünme açısı sıfırdır.

$$\varphi = 0 \qquad \tau_f = c_u$$

Kumdan **büyük fark**: direnç artık efektif gerilmeyle orantılı büyümez. Kilde kazık, "başka sayılarla kumda kazık" değildir.

Yine de **iki yöntem** efektif gerilmeyi kullanır: λ yöntemi (boy boyunca ortalamasını) ve β yöntemi (tamamen ona dayanır). Bu yüzden **YASS** burada da önemlidir; uç direncini ve α yöntemini etkilemez.

EFEKTİF GERİLME (λ VE β İÇİN)

$$\sigma' = \sum \gamma_i h_i \qquad \text{(YASS üstü)}$$
$$\sigma' = \sum (\gamma_{sat,i} - \gamma_w) h_i \qquad \text{(YASS altı)}$$

γ_W = 9,81 kN/m³

Katmanlı zeminde σ′ eğimi her tabakada ve YASS'ta değişir

Soru

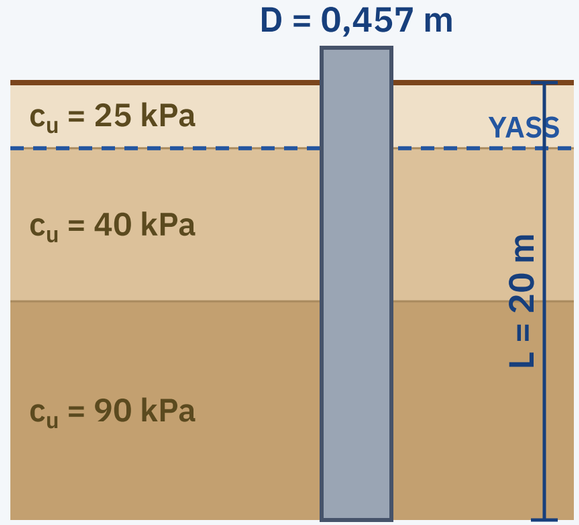
SORU

Verilenler

Kil 1 (0–3 m)	$c_u = 25\ \mathrm{kPa},\ \gamma = 16\ \mathrm{kN/m^3}$
Kil 2 (3–10 m)	$c_u = 40\ \mathrm{kPa},\ \gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$
Kil 3 (10–20 m)	$c_u = 90\ \mathrm{kPa},\ \gamma = 18\ \mathrm{kN/m^3}$
Yeraltı suyu (YASS)	**3,0 m derinlikte**
Kazık	**boru kazık, D = 0,457 m, L = 20 m**
Suyun birim hacim ağırlığı	$\gamma_w = 9{,}81\ \mathrm{kN/m^3}$

İSTENEN

Tabaka sınırlarında (3, 10 ve 20 m) **efektif düşey gerilmeyi** ve boy boyunca **ortalama efektif gerilmeyi** $\bar{\sigma}'_o$ bulunuz.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 3 m (YASS) ve tabaka sınırları: YASS altında $\gamma' = \gamma - \gamma_w$

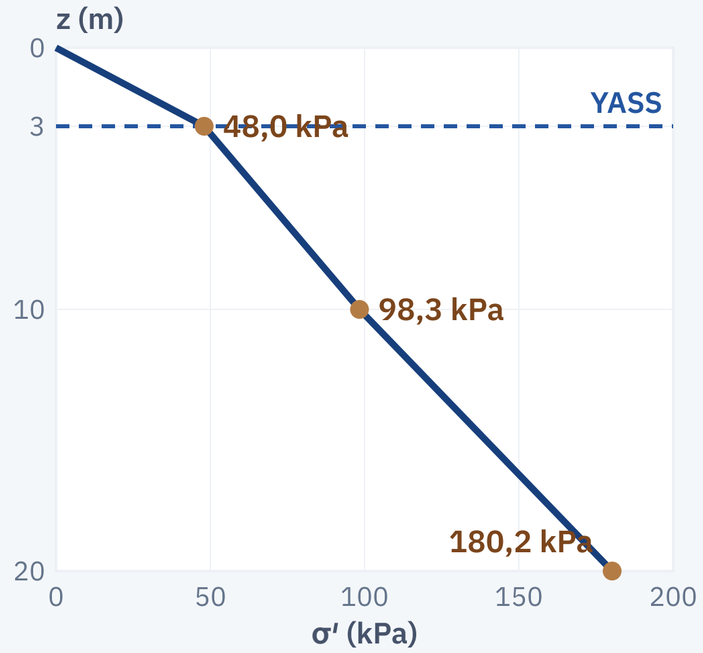
$$\sigma'(3) = 16(3) = \mathbf{48{,}0}\ \text{kPa}$$

2 10 m derinlik (ikinci tabakanın sonu)

$$\sigma'(10) = 48{,}0 + (17 - 9{,}81)(7) = \mathbf{98{,}3}\ \text{kPa}$$

3 20 m derinlik (kazık ucu)

$$\sigma'(20) = 98{,}3 + (18 - 9{,}81)(10) = \mathbf{180{,}2}\ \text{kPa}$$



Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

4 Her tabakada σ′ diyagramının alanı (yamuk)

$$A_1 = \tfrac{1}{2}(0 + 48{,}0)(3) = 72{,}0$$
$$A_2 = \tfrac{1}{2}(48{,}0 + 98{,}3)(7) = 512{,}2$$
$$A_3 = \tfrac{1}{2}(98{,}3 + 180{,}2)(10) = 1\,392{,}8$$

5 Ortalama efektif gerilme: toplam alan / boy

$$\bar{\sigma}'_o = \frac{A_1 + A_2 + A_3}{L} = \frac{1\,977{,}0}{20} = \mathbf{98{,}85}\ \mathrm{kPa}$$

Ortalama, uçtaki değerin yarısından küçüktür (98,8 < 90,1): gerilme derinlikle doğrusal artmaz, YASS'ta eğim değişir. Bu $\bar{\sigma}'_o$ değeri λ yönteminde kullanılacak.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Uç direnci: kazık ucunun altındaki kil

KURAM

Drenajsız doygun kilde sürtünme açısı sıfırdır; kazığın **net nihai uç direnci**, ucun altındaki kilin drenajsız kohezyonu ile bir katsayının çarpımıdır:

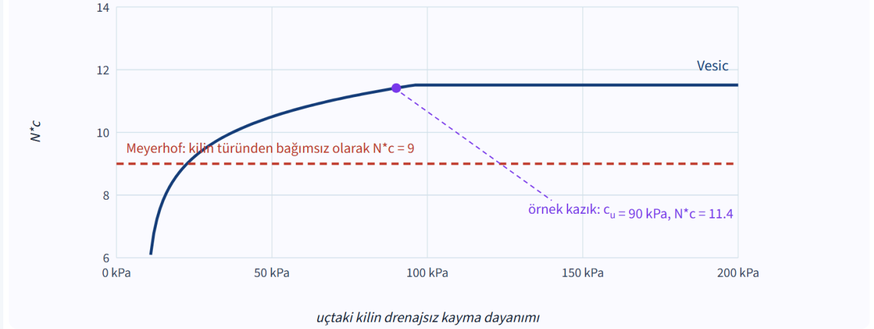
$$Q_p = A_p\, q_p = A_p\, c_u\, N_c^*$$

c_u : **ucun altındaki** kilin drenajsız kayma dayanımı

N^*_c : taşıma gücü katsayısı (iki yaklaşım aşağıda)

A_p : kazık ucunun alanı

> Kazığın **geçtiği** kilin dayanımı uca etki etmez: o dayanım gövdeye aittir.



İki yaklaşım: Meyerhof katsayıyı **9** alır; Vesic ise katsayıyı kilin **rijitliğine** bağlar.

Meyerhof: sabit dokuz

KURAM

Doygun kilde, drenajsız koşulda, Meyerhof biçiminde net nihai yük **klasik dokuz katsayısıyla** verilir:

$$Q_p \approx N_c^* \, c_u \, A_p = 9 \, c_u \, A_p$$

c_u : kazık ucunun altındaki zeminin drenajsız kohezyonu

Başka girdi istemez; kazık derin olduğu sürece (birkaç çap yeterli) derinliğe bağlı değildir.

Sadelik gücüdür; zayıflığı da aynı: kilin rijitliğini hesaba katmaz.

Uç direnci, gövdeye göre küçük olduğundan toplam kapasiteyi çok az etkiler; bu yüzden basit bir değer çoğu zaman yeterlidir.

Soru

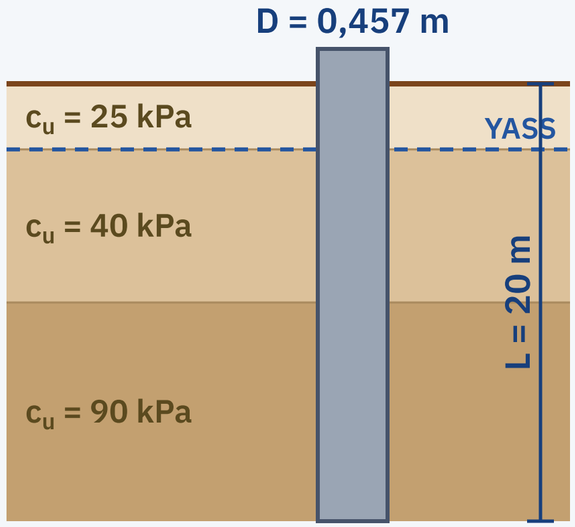
SORU

Verilenler

Kazık	**boru kazık, çakma**
Çap	**D = 0,457 m**
Boy	**L = 20 m**
Ucun altındaki kil	$c_u = 90\ \mathrm{kPa}$

İSTENEN

Meyerhof yöntemine göre kazığın **uç direncini** Q_p bulunuz.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Kazık ucunun alanı

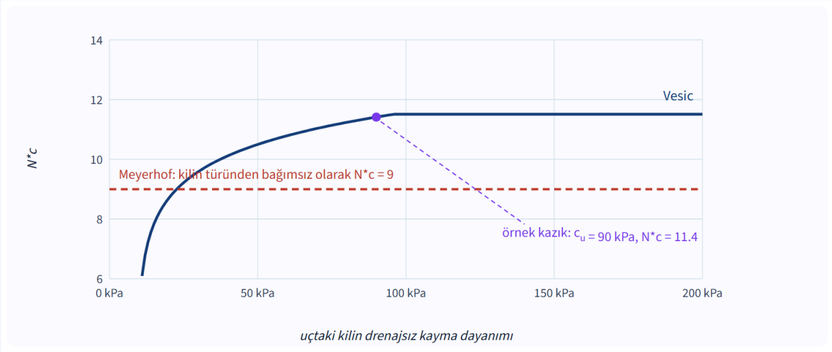
$$A_p = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi (0{,}457)^2}{4} = \mathbf{0{,}1640}\ \mathrm{m^2}$$

2 Birim uç direnci (N*c = 9)

$$q_p = 9\, c_u = 9(90) = \mathbf{810}\ \mathrm{kPa}$$

3 Uç direnci

$$Q_p = A_p\, q_p = 0{,}1640(810) = \mathbf{132{,}9}\ \mathrm{kN}$$



Yöntem başka girdi istemedi: yalnızca ucun altındaki c_u.
Q_p = **132,9 kN**.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Vesic: rijitlik N*c'ye girer

KURAM

Vesic, **boşluk genişlemesi** kuramından: φ = 0 durumundaki katsayı, kilin azaltılmış rijitlik indisinden çıkar. Doygun kilde plastik bölgede hacim değişimi sıfırdır; indirgeme düşer ve **$I_{rr} = I_r$** olur:

$$N_c^* = \frac{4}{3}\left(\ln I_{rr} + 1\right) + \frac{\pi}{2} + 1 \qquad I_r = \frac{E_s}{3\,c_u}$$

TEK GİRDİ: ucun altındaki c_u

O'Neill ve Reese (1999): $I_r \approx 50$ ($c_u/p_a = 0{,}24$), 150 (0,48), 250 – 300 (≥ 0,96). Modül bunu şöyle yaklaşıklar:

$$I_r = 347\,\frac{c_u}{p_a} - 33 \;\le\; 300$$

N^*_c — I_{rr} İLİŞKİSİ

I_{rr}	N^*_c
10	6,97
20	7,90
40	8,82
60	9,36
80	9,75
100	10,04
200	10,97
300	11,51

I_{rr} büyüdükçe katsayı yavaş artar: logaritma

Soru

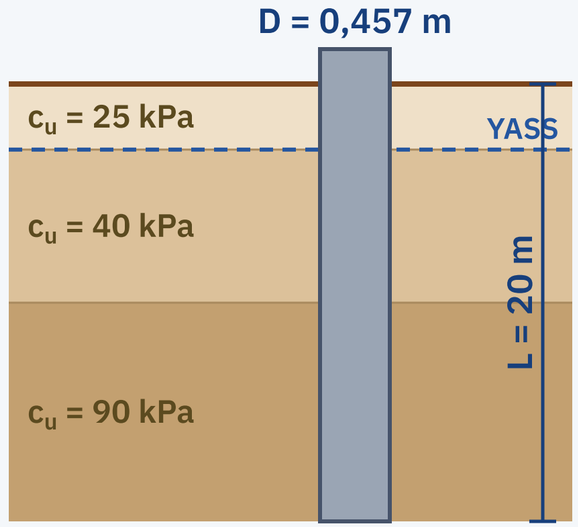
SORU

İSTENEN

Vesic (1977) yöntemine göre kazığın **uç direncini** Q_p bulunuz ve Meyerhof ile karşılaştırınız.

Verilenler

Kazık	**Örnek 2 ile aynı: D = 0,457 m, L = 20 m**
Ucun altındaki kil	$c_u = 90\ \mathrm{kPa}$
Atmosfer basıncı	$p_a = 100\ \mathrm{kPa}$



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

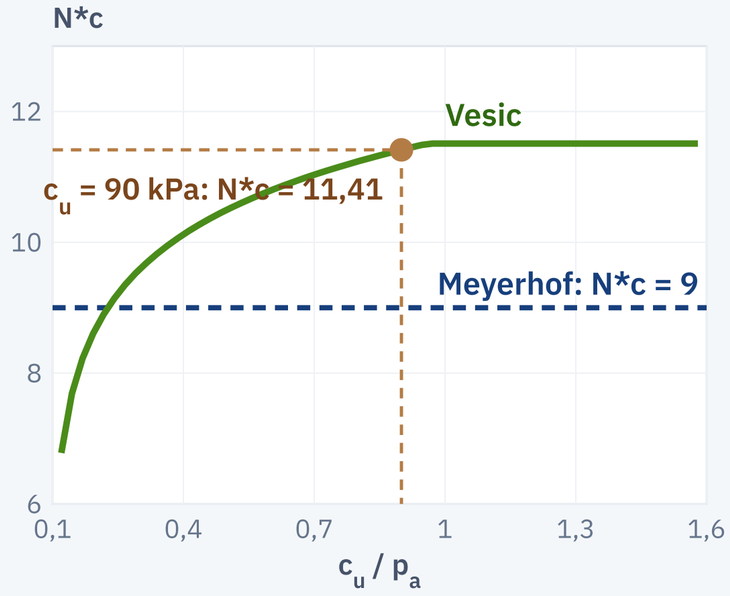
1 Rijitlik indisi ($I_{rr} = I_r$, çünkü kilde hacim değişimi yok)

$$I_{rr} = I_r = 347\,\frac{90}{100} - 33 = \mathbf{279{,}3} \quad (\leq 300)$$

2 N*c katsayısı

$$N_c^* = \frac{4}{3}\,(\ln 279{,}3 + 1) + \frac{\pi}{2} + 1 = \mathbf{11{,}41}$$

Grafikteki yeşil eğri Vesic'in katsayısıdır: c_u = 90 kPa için **N^*_c = 11,41**, Meyerhof'un 9'undan yaklaşık %27 fazla.



Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

3 Birim uç direnci

$$q_p = c_u\, N_c^* = 90(11{,}41) = \mathbf{1\,027}\ \mathrm{kPa}$$

4 Uç direnci

$$Q_p = A_p\, q_p = 0{,}1640(1\,027) = \mathbf{168{,}5}\ \mathrm{kN}$$

Meyerhof: 132,9 kN, **Vesic: 168,5 kN**; fark yaklaşık %27. Uç, toplamın küçük parçası olduğundan toplam kapasiteyi bu fark çok az oynatır.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Çevre sürtünmesi: kapasitenin asıl belirlendiği yer

KURAM

Kilde gövde direnci, birim sürtünmenin gövde yüzeyi boyunca toplamıdır:

$$Q_s = \sum f\, p\, \Delta L$$

Birim sürtünmeyi belirleyen değişkenlerin birçoğu kolayca ölçülemez; bu yüzden **üç yaklaşım** vardır:

α yöntemi: sürtünme yalnızca **drenajsız dayanımdan** (toplam gerilme, kısa dönem)

λ yöntemi: boy boyunca **ortalama efektif gerilme** ile ortalama dayanımın karışımı; tüm kazık için tek katsayı

β yöntemi: **efektif gerilme** ve yoğrulmuş sürtünme açısı (drenajlı, uzun dönem)

Örnek kazıkta gövde toplamın yaklaşık **onda dokuzu**; belirsizlik de burada.

α: dayanımın bir kesri

KURAM

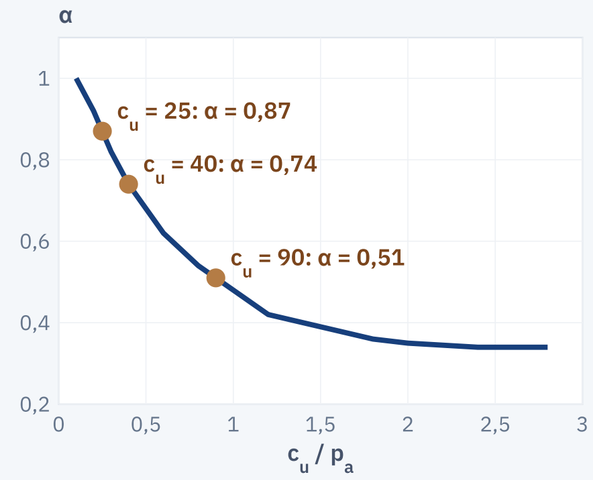
Birim sürtünme, drenajsız dayanımın **deneysel bir adezyon faktörü α** ile çarpımıdır:

$$f = \alpha\, c_u \qquad Q_s = \sum \alpha\, c_u\, p\, \Delta L$$

α : adezyon faktörü; kil güçlendikçe **azalır** (güçlü kil dayanımının daha küçük bir oranını verir)

α aslında c_u'nun yanında **efektif gerilmenin** de fonksiyonudur (Sladen, Randolph–Murphy/API, NGI-99 önerileri)

> Bu modül, yanda çizili **tabloyu (c_u/p_a – α)** interpole eder; tabakanın α'sı elle de girilebilir.



α TABLOSU (ÖZET)

c_u / p_a	α
0,2	0,92
0,6	0,62
1,0	0,48
2,0	0,35

Soru

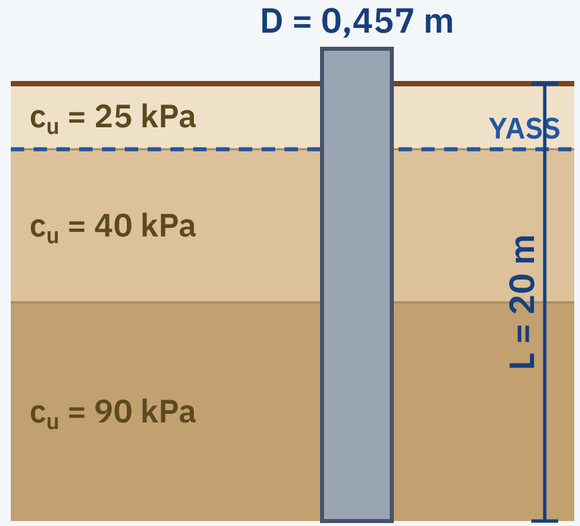
SORU

Verilenler

Kil 1 (0–3 m)	$c_u = 25\ \text{kPa},\ \gamma = 16\ \text{kN/m}^3$
Kil 2 (3–10 m)	$c_u = 40\ \text{kPa},\ \gamma = 17\ \text{kN/m}^3$
Kil 3 (10–20 m)	$c_u = 90\ \text{kPa},\ \gamma = 18\ \text{kN/m}^3$
Yeraltı suyu (YASS)	**3,0 m derinlikte**
Kazık	**boru kazık, D = 0,457 m, L = 20 m**
Çevre	$p = \pi D = \pi(0{,}457) = 1{,}436\ \text{m}$

İSTENEN

α yöntemine göre kazığın **çevre sürtünmesini** Q_S bulunuz. (α, tablodan doğrusal interpolasyonla; p_a = 100 kPa)



Çözüm

ÇÖZÜM

1 α değerleri: c_u/p_a = 0,25; 0,40; 0,90 için tablodan

$$\alpha_1 = 0{,}87,\ \alpha_2 = 0{,}74,\ \alpha_3 = 0{,}51$$

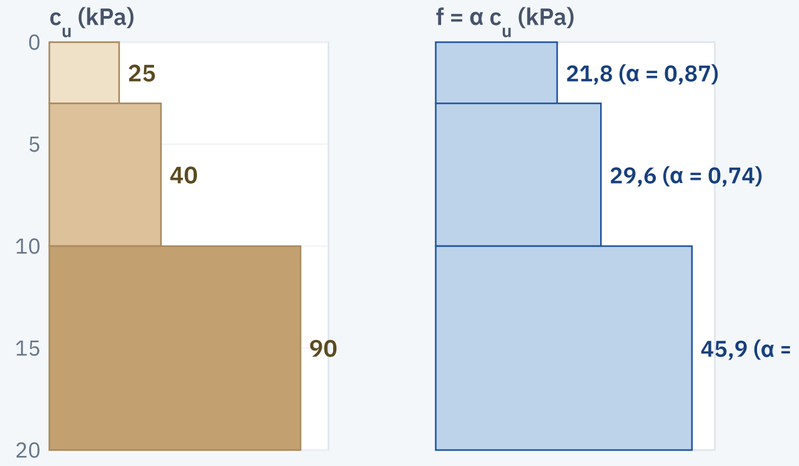
2 Her tabakada birim sürtünme $f = \alpha\, c_u$

$$f_1 = 21{,}8\ ,\ f_2 = 29{,}6\ ,\ f_3 = 45{,}9\ \text{kPa}$$

3 $Q_s = p\,\Sigma\, f\, H$

$$Q_s = 1{,}436\,[21{,}8(3) + 29{,}6(7) + 45{,}9(10)] = \mathbf{1\,050}\ \text{kN}$$

Katkılar: 94 + 297 + 659 = **1050 kN**. En güçlü kil en büyük f'yi verir, ama c_u'nun daha küçük bir oranıyla (α = 0,51).



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

λ: tek bir ortalama, tüm boy için

KURAM

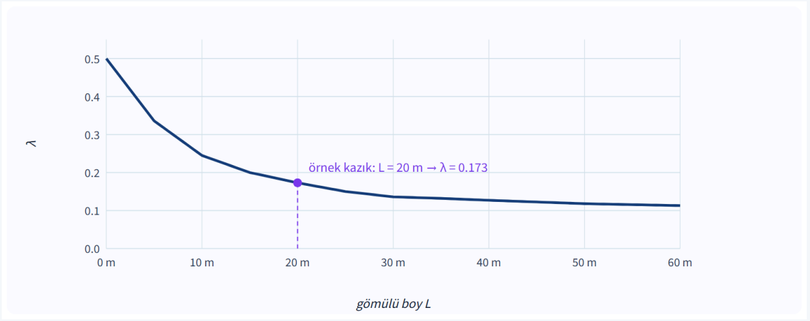
Vijayvergiya ve Focht (1972): kazığın **yerinden ettiği zemin** her derinlikte pasif bir yanal basınç doğurur ve ortalama birim sürtünme buradan çıkar:

$$f_{av} = \lambda \left(\bar{\sigma}'_o + 2\,\bar{c}_u \right) \qquad Q_s = p\,L\,f_{av}$$

$\bar{\sigma}'_o$: gömülü boy boyunca **ortalama efektif düşey gerilme** (σ′ diyagramının alanı / L)

$\bar{c}_u$: ortalama drenajsız dayanım, **kalınlıkla ağırlıklı**: $(c_{u1}L_1 + c_{u2}L_2 + \ldots)/L$

λ : kazık **boyuna** bağlı katsayı (yanda)



λ — GÖMÜLME BOYU

L (m)	λ
0	0,500
5	0,336
10	0,245
15	0,200
20	0,173
30	0,136
40	0,127

Soru

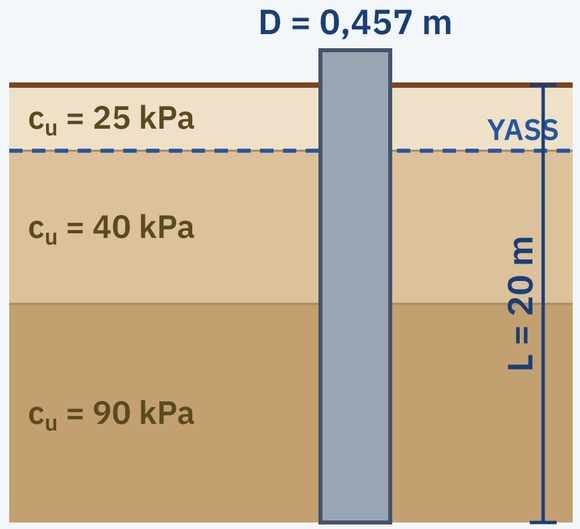
SORU

Verilenler

Kil 1 (0–3 m)	$c_u = 25\ \mathrm{kPa},\ \gamma = 16\ \mathrm{kN/m^3}$
Kil 2 (3–10 m)	$c_u = 40\ \mathrm{kPa},\ \gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$
Kil 3 (10–20 m)	$c_u = 90\ \mathrm{kPa},\ \gamma = 18\ \mathrm{kN/m^3}$
Yeraltı suyu (YASS)	**3,0 m derinlikte**
Kazık	**boru kazık, D = 0,457 m, L = 20 m**
Ortalama efektif gerilme	$\bar{\sigma}'_o = 98{,}85\ \mathrm{kPa}$ **(Örnek 1)**

İSTENEN

λ yöntemiyle kazığın **çevre sürtünmesini** Q_s bulunuz.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Ortalama dayanım (kalınlıkla ağırlıklı)

$$\bar{c}_u = \frac{25(3) + 40(7) + 90(10)}{20} = \mathbf{62{,}75}\ \text{kPa}$$

2 λ (L = 20 m, tablodan) ve ortalama birim sürtünme

$$\lambda = 0{,}173$$

$$f_{av} = \lambda(\bar{\sigma}'_o + 2\bar{c}_u) = 0{,}173\,(98{,}85 + 2(62{,}75)) = \mathbf{38{,}81}\ \text{kPa}$$

3 Çevre sürtünmesi

$$Q_s = p\,L\,f_{av} = 1{,}436(20)(38{,}81) = \mathbf{1\,114}\ \text{kN}$$

λ yöntemi iki ortalamayı birleştirir: **1114 kN**. Grafikte soldaki alan σ̄′o, sağdaki c̄u çizgisi.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

β: efektif gerilme ve yoğrulmuş kabuk

KURAM

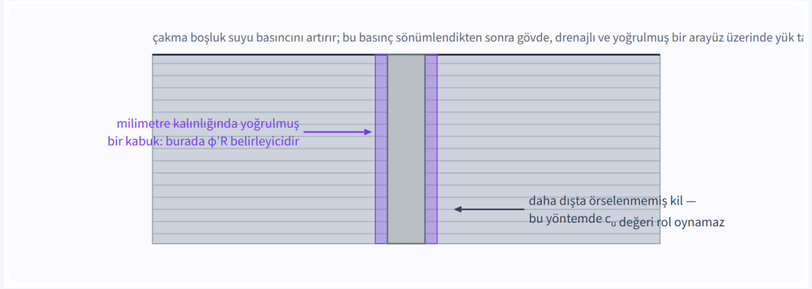
Burland'ın efektif gerilme yaklaşımı (Meyerhof'un aşırı konsolidasyon düzeltmesiyle): drenajsız dayanıma hiç bakmaz; **düşey efektif gerilmeden** ve kilin **yoğrulmuş** drenajlı sürtünme açısından (c′ = 0) çıkar:

$$f = \beta\,\sigma'(z) \qquad \beta = K\tan\delta,\quad \delta = \varphi'_R$$

$$\beta = (1-\sin\varphi'_R)\tan\varphi'_R\sqrt{OCR}$$

K : yanal basınç katsayısı; temkinli olarak **sükunette** alınır, aşırı konsolide kil için √OCR ile artar

OCR = 1 için ifade kendiliğinden normal konsolide biçime iner



φ′R ve OCR **girilir**, zeminden bağıntıyla okunmaz (modülde φ′R 30°, OCR 1 ile açılır).

f, σ′(z) ile birlikte tabaka içinde **derinlikle artar**; β'nın değiştiği sınırda basamak yapar.

Soru

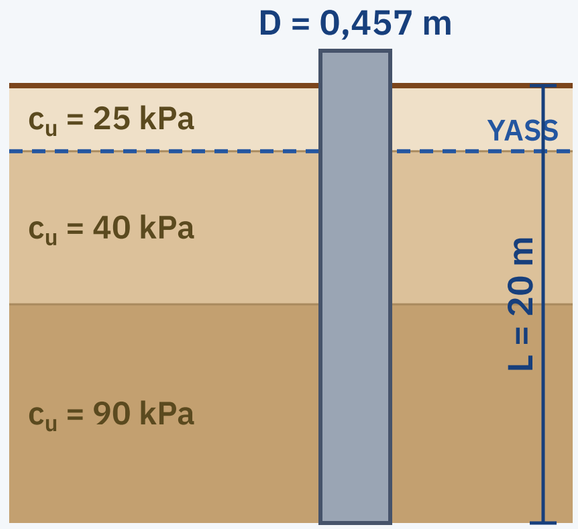
SORU

Verilenler

Kil 1 (0–3 m)	$c_u = 25\ \text{kPa},\ \gamma = 16\ \text{kN/m}^3$
Kil 2 (3–10 m)	$c_u = 40\ \text{kPa},\ \gamma = 17\ \text{kN/m}^3$
Kil 3 (10–20 m)	$c_u = 90\ \text{kPa},\ \gamma = 18\ \text{kN/m}^3$
Yeraltı suyu (YASS)	**3,0 m derinlikte**
Yoğrulmuş sürtünme açısı	$\varphi'_R = 30^\circ$ **(üç tabaka)**
Aşırı konsolidasyon oranı	$OCR = 1;\ 1;\ 2$ **(3. tabaka aşırı konsolide)**
Kazık	**D = 0,457 m, L = 20 m**

İSTENEN

β yöntemiyle kazığın **çevre sürtünmesini** Q_s bulunuz. (Tabaka ortalama σ′ değerleri Örnek 1'in alanlarından.)



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 β katsayıları

$$\beta_{1,2} = (1 - \sin 30^\circ)\tan 30^\circ = \mathbf{0{,}289} \qquad \beta_3 = 0{,}289\sqrt{2} = \mathbf{0{,}408}$$

2 Tabaka ortalama efektif gerilmeleri (alan / kalınlık)

$$\bar{\sigma}'_1 = \frac{72}{3} = 24{,}0, \quad \bar{\sigma}'_2 = \frac{512{,}2}{7} = 73{,}2, \quad \bar{\sigma}'_3 = \frac{1\,392{,}8}{10} = 139{,}3\ \mathrm{kPa}$$

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

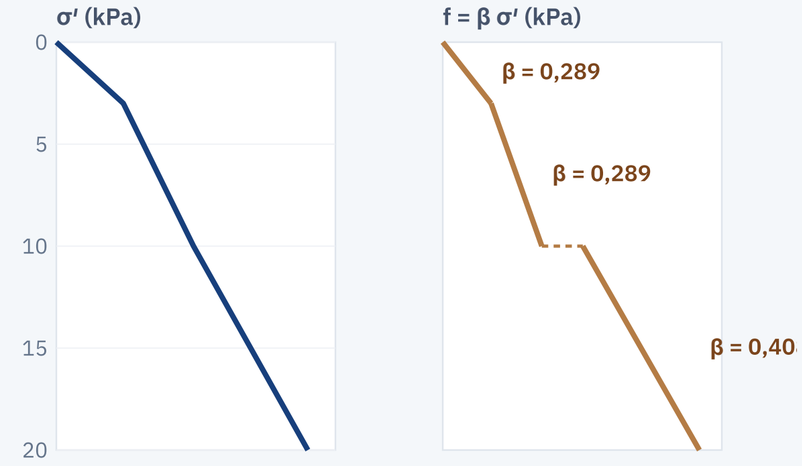
3 Tabaka ortalama birim sürtünmeleri $f = \beta\,\bar{\sigma}'$

$$\bar{f}_1 = 6{,}93, \quad \bar{f}_2 = 21{,}12, \quad \bar{f}_3 = 56{,}86\ \text{kPa}$$

4 Çevre sürtünmesi $Q_s = p\,\Sigma\, f\, H$

$$Q_s = 1{,}436\,[6{,}93(3) + 21{,}12(7) + 56{,}86(10)] = \mathbf{1\,058}\ \text{kN}$$

Ortalama, tabakadaki gerilmenin **gerçek integrali**dir (iki ucun ortalaması değil): YASS tabakayı keserse ikisi %10'dan fazla ayrılabilir. Sonuç **1058 kN**.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Üç yaklaşım, aynı kazık

KURAM



Bu profilde üçü birbirine **birkaç yüzde** yakın. Ama **ilkede** uyuşmuyorlar; uyum bu profilin bir özelliği.

Çok **uzun** kazıkta λ, katsayısı yüzünden düşer

Aşırı konsolide kilde β, √OCR ile yükselir

Yumuşak normal konsolide kilde α, zeminin tüm dayanımına doğru çıkar

Dürüst okuma: kilde gövde direnci **hesapla yaklaşık beşte bir** belirsizlikle bilinir. Büyük işlerde **yükleme deneyi** bu yüzden maliyetine değer.

Fore kazığın kendi kuralları vardır

KURAM

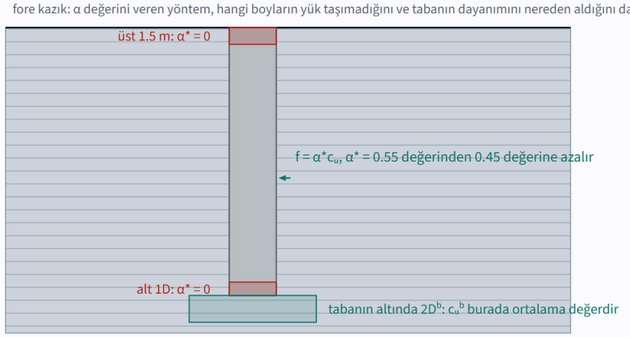
Delik açılır, beton dökülür: zemin yerinden edilmez; delik duvarındaki kil suyu çekip **yumuşar**, taban altında kırıntı toplanır, taban dayanımını geliştirmek için **daha büyük oturma** ister. O'Neill ve Reese'in prosedürü her iki yarıyı da değiştirir.

$$\alpha^* = 0 \;\; (\text{üst } 1{,}5\ \text{m ve alt } 1D) \qquad \alpha^* = 0{,}55 \;\; (\text{diğer yerde})$$

α* = 0,55 ($c_u/p_a \le 1{,}5$), 2,5'te 0,45'e iner

Üst 1,5 m en çok bozulan, gövdeden büzülmeye en yatkın zemin; alt bir çap, tabanın zaten zemini harekete geçirdiği boy

Tabaka kalınlıkları değişmez: derinlik ve σ′ profildeki gibi kalır, yalnız sürtünme taşıyan boy değişir



$$q_p = \min\left[6c_{ub}\left(1 + 0{,}2\frac{L}{D_b}\right),\ 9c_{ub},\ 40p_a\right]$$

c_{ub}: tabanın altındaki **2D$_b$** bölgede ortalama c_u. D_b > 1,91 m ise q_p bir $F_r \le 1$ ile küçültülür.

Soru

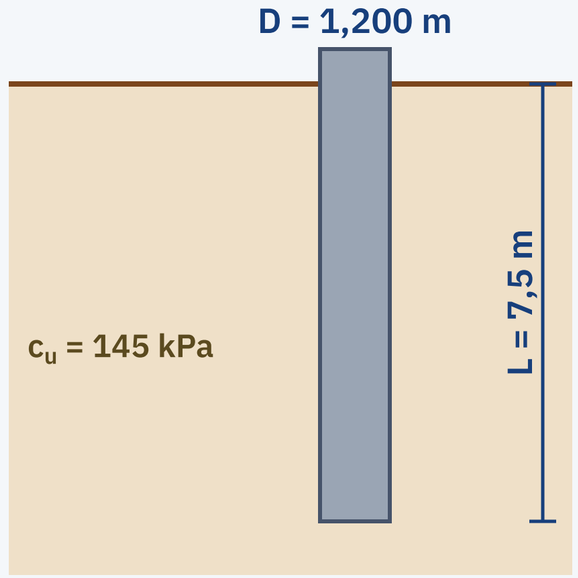
SORU

Verilenler

Kazık	**fore (delme) kazık, daire kesit**
Çap ve boy	**$D = D_b = 1{,}2$ m, $L = 7{,}5$ m**
Kil (homojen)	$c_u = 145\ \mathrm{kPa}$, $\gamma = 18\ \mathrm{kN/m^3}$
Yeraltı suyu	**yok**
Güvenlik katsayısı	**FS = 3**

İSTENEN

Fore kazığın **uç direncini**, **çevre sürtünmesini** ve **emniyetli taşıma gücünü** bulunuz.



Çözüm (1/2)

ÇÖZÜM

1 Tabanın altındaki $2D_b$ bölgede ortalama dayanım ve taban ifadesi

$$c_{ub} = 145\ \text{kPa} \qquad 6c_{ub}\left(1 + 0{,}2\frac{7{,}5}{1{,}2}\right) = 1\,957{,}5\ ; \quad 9c_{ub} = 1\,305\ ; \quad 40p_a = 4\,000$$

2 q_p = üçünün en küçüğü; $D_b = 1{,}2\ \text{m} \le 1{,}91\ \text{m}$ olduğundan $F_r = 1$

$$q_p = \min(1\,957{,}5;\ 1\,305;\ 4\,000) = \mathbf{1\,305}\ \text{kPa}$$

3 Taban alanı ve uç direnci

$$A_b = \frac{\pi(1{,}2)^2}{4} = 1{,}131\ \text{m}^2 \quad Q_p = A_b\, q_p = \mathbf{1\,476}\ \text{kN}$$

$9c_{ub}$ belirleyici: formül $6c_{ub}(1 + 0{,}2L/D_b)$ daha büyük çıktı, ama $9c_u$ tavanı devreye girdi. Q_p = **1 476 kN**.

Çözüm (2/2)

ÇÖZÜM

4 α* ve sürtünme taşıyan boy (üstten 1,5 m ve alttan 1D atılır)

$$\alpha^* = 0{,}55 \quad (c_u/p_a = 1{,}45 \le 1{,}5)$$

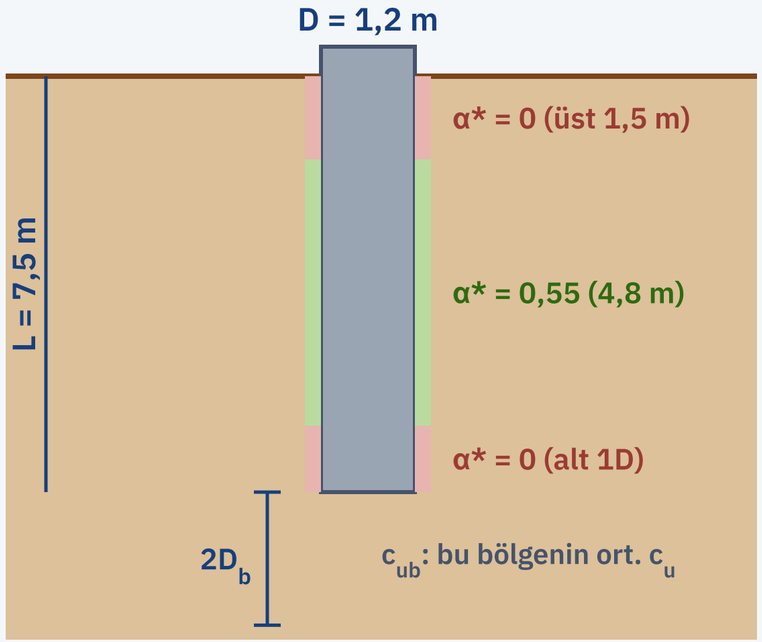
$$L_{eff} = 7{,}5 - 1{,}5 - 1{,}2 = \mathbf{4{,}8}\ \text{m}$$

5 Çevre sürtünmesi

$$Q_s = \pi D\, \alpha^* c_u\, L_{eff} = \pi(1{,}2)(0{,}55)(145)(4{,}8) = \mathbf{1\,443}\ \text{kN}$$

6 Nihai ve emniyetli taşıma gücü

$$Q_u = 1\,476 + 1\,443 = 2\,919\ \text{kN} \qquad Q_{all} = \frac{Q_u}{3} = \mathbf{973}\ \text{kN}$$



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Tek bir güvenlik katsayısıyla toplam

KURAM

Nihai kapasite iki bileşenin toplamıdır; emniyetli kapasite bu toplamın **tamamı üzerine tek bir güvenlik katsayısı** uygulanarak bulunur:

$$Q_{all} = \frac{Q_p + Q_s}{FS}$$

Tek kazık için olağan **FS = 2,5 – 4**

Üst uç: zemin yalnızca birkaç sondajla biliniyorsa, kil **sert ve çatlaklıysa** ya da **yükleme deneyi** planlanmıyorsa

Uç ve çevre yöntemleri birbirinden **bağımsız** seçilebilir; sonuçlar bir arada yorumlanır

Soru

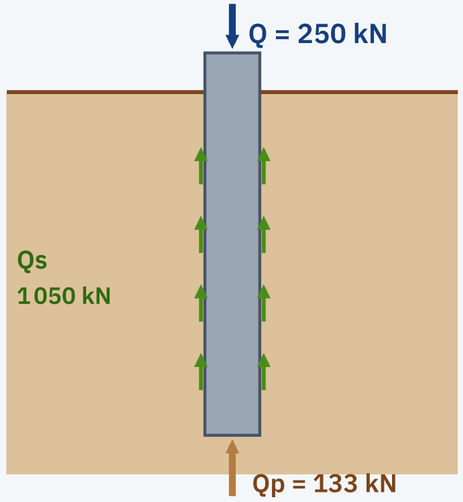
SORU

Verilenler

Uç direnci	Q_p = 132,9 kN (Meyerhof, Örnek 2)
Çevre sürtünmesi	Q_s = 1050 kN (α yöntemi, Örnek 4)
Güvenlik katsayısı	FS = 4
Kazığa gelen çalışma yükü	Q = 250 kN

İSTENEN

Kazığın **emniyetli taşıma gücü** Q_{all} nedir? Çalışma yükü **yeterli** midir?



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Nihai taşıma gücü

$$Q_u = Q_p + Q_s = 132{,}9 + 1\,050{,}1 = \mathbf{1\,183}\ \text{kN}$$

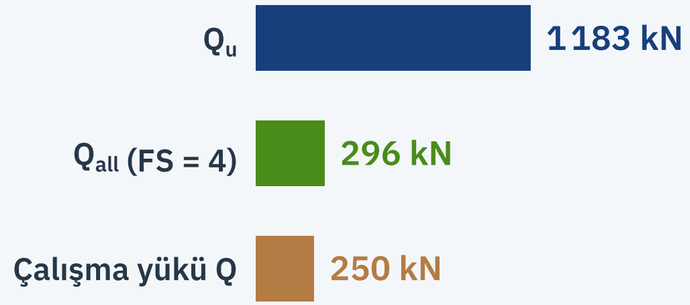
2 Emniyetli taşıma gücü

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS} = \frac{1\,183}{4} = \mathbf{296}\ \text{kN}$$

3 Kontrol

$$Q = 250\ \text{kN} \ \le\ Q_{all} = 296\ \text{kN} \ \Rightarrow\ \text{yeterli}$$

Kullanım oranı Q / Q_{all} = 250 / 296 = **0,85**. Gövde toplamın yaklaşık %89'ini taşıyor.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Aynı kazık: Q_u ve Q_{all} (FS = 4)

KURAM

Q_u · Q_{all} (kN)

	Q_s: α 1 050 kN	Q_s: λ 1 114 kN	Q_s: β 1 058 kN
Q_p: Meyerhof 132,9 kN	1 183 · **296**	1 247 · **312**	1 191 · **298**
Q_p: Vesic 168,5 kN	1 219 · **305**	1 283 · **321**	1 227 · **307**

Altı birleşimde Q_u yalnızca **1 183 – 1 283 kN** arasında: uç küçük olduğundan seçim toplamı çok az etkiliyor; asıl fark çevre sürtünmesinde.

Aralığı **yorumla**, tek sayıya güvenme

Çevre sürtünmesi toplamın **yaklaşık onda dokuzu**

Büyük işte **kazık yükleme deneyi** ile doğrula

Özet

Akılda kalacak noktalar

Kil **drenajsız** ($\varphi = 0$, $\tau_f = c_u$); direnç efektif gerilmeyle orantılı değil

Uç: Meyerhof $N^*_c = 9$; Vesic $N^*_c = f(I_{rr})$, $I_r \approx 347c_u/p_a - 33$; uç toplamın küçük parçası

α: $f = \alpha c_u$ · **λ**: $f_{av} = \lambda(\bar{\sigma} + 2\bar{c}_u)$ · **β**: $f = \beta\sigma'$, $\beta = (1 - \sin\varphi'_R)\tan\varphi'_R\sqrt{OCR}$

Fore kazık: $\alpha^* = 0$ (üst 1,5 m, alt 1D), $q_p = \min[6c_{ub}(1 + 0{,}2L/D_b), 9c_{ub}, 40p_a]$

$Q_{all} = (Q_p + Q_s)/FS$, $FS = 2{,}5 - 4$

Kaynaklar

Das, B.M. (2016). Principles of Foundation Engineering, 8th ed. Cengage Learning; bu sayfa bu kaynağı izlemektedir.

Terzaghi, K., Peck, R.B. and Mesri, G. (1996). Soil Mechanics in Engineering Practice, 3rd ed. Wiley — Tablo 2 içindeki α değerleri.

O’Neill, M.W. and Reese, L.C. (1999). Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods. FHWA-IF-99-025 — fore kazık için α ve kilin rijitlik indisi.

Reese, L.C. and O’Neill, M.W. (1989). Drilled Shafts: Construction Procedures and Design Methods. FHWA — kildeki fore kazığın taban ifadesi.

Burland, J.B. (1973). Shaft friction of piles in clay — a simple fundamental approach. Ground Engineering, 6(3), 30–42.

Meyerhof, G.G. (1976). Bearing capacity and settlement of pile foundations. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 102(GT3), 197–228 — β yönteminin √OCR düzeltmesi.

Vijayvergiya, V.N. and Focht, J.A. (1972). A new way to predict the capacity of piles in clay. Offshore Technology Conference, Paper 1718, Houston.

Vesic, A.S. (1977). Design of Pile Foundations. NCHRP Synthesis of Highway Practice 42, Transportation Research Board.

NOT

Bu sunumdaki şekiller GeoTerva Teori sayfasından alınmıştır; sayısal örneklerin tümü modülün kendi hesap kitaplığıyla üretilmiştir, modül aynı değerleri verir.

GeoTerva

Çevrim içi geoteknik hesaplar

Teoriden uygulamaya

Bu sunumdaki örnek kazığı GeoTerva'da adım adım hesaplayın: sayılar aynıdır.

Modülü açın →

Teori sayfası →

Telefonla açın
Örnek modüller kayıt gerektirmez.