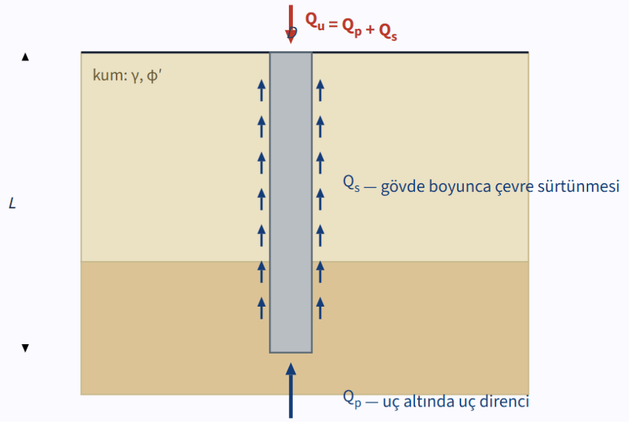
Geoteknik ders sunumu · Kazıklar

Kumda kazık taşıma gücü

Ders anlatımı: uç direnci, çevre sürtünmesi ve kritik derinlik. Her yöntemin kuramı, ardından çözümlü bir örnek.

Meyerhof (1976) · Vesic (1977) · Coyle ve Castello (1981) · Çözümlü örnekler



Giriş

Bu derste neler öğreneceğiz?

- Bir kazığın yükünü **uç direnci** ve **çevre sürtünmesi** olarak nasıl taşıdığını açıklayabilmek
- Kumda **efektif gerilme** profilini, su seviyesi dahil, çıkarabilmek
- Uç direncini üç yöntemle hesaplayabilmek: **Meyerhof**, **Vesic**, **Coyle ve Castello**
- Çevre sürtünmesini ve **kritik derinliğin** (L′) rolünü yorumlayabilmek
- **Emniyetli taşıma gücüne** ulaşıp yöntemlerin sonuçlarını birlikte değerlendirebilmek

DERS AKIŞI

Her yöntem **üç adımda** işlenir:

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

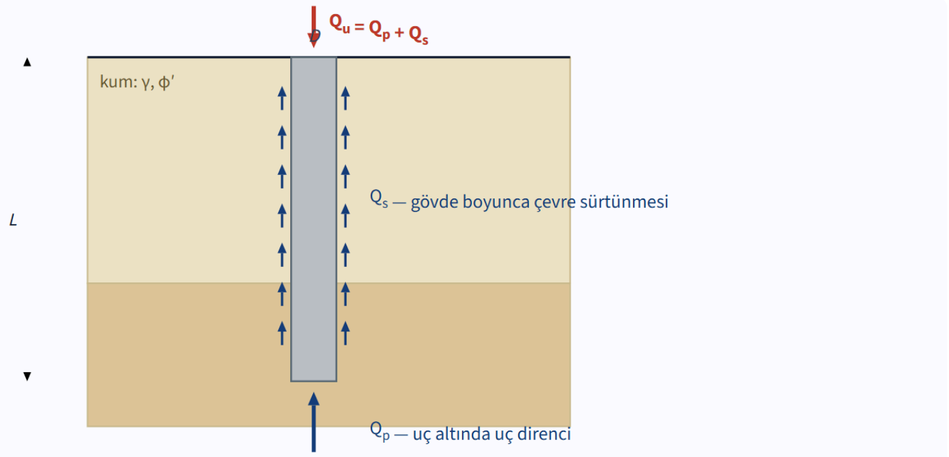
2 · **Soru**: verilenler ve istenen

3 · **Çözüm**: adım adım, sayılarla

Örneklerin hepsi aynı kazıkla yapılır: böylece yöntemler yan yana karşılaştırılır.

Yük iki yoldan aktarılır

KURAM



Kazık yükünü **aynı anda iki yoldan** zemine verir: ucun altındaki zemin **uç direnciyle** (Q_p), gövde boyunca kum **çevre sürtünmesiyle** (Q_s) karşı koyar.

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

Çevre sürtünmesi **küçük** bir yer değiştirmede, uç direnci ise **çok daha büyük** bir yer değiştirmede tam değerine ulaşır; iki bileşen aynı anda doruğa çıkmaz.

Bu derste: **tek kazık**, **kum** ($c' = 0$), çakma ya da fore, sabit kesitli.

Kumda her şey efektif gerilmeyle orantılı

KURAM

Kumda hem **uç direnci** hem **birim çevre sürtünmesi** efektif düşey gerilmeyle orantılıdır. Hesap, profildeki σ'_v değerinin doğru bulunmasıyla başlar.

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

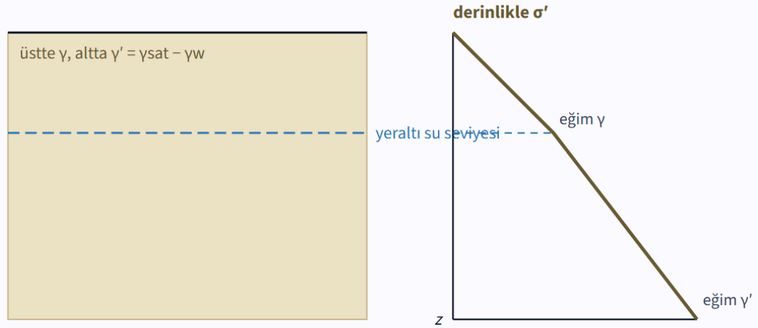
γ : nemli birim hacim ağırlık (YASS üstünde)

γ_{sat} : doygun birim hacim ağırlık (YASS altında)

$\gamma_w = 9{,}81$ kN/m³ : suyun birim hacim ağırlığı

YASS: yeraltı su seviyesi

> YASS altında gerilme eğimi **küçülür**: $\gamma' = \gamma_{sat} - \gamma_w$



Soru

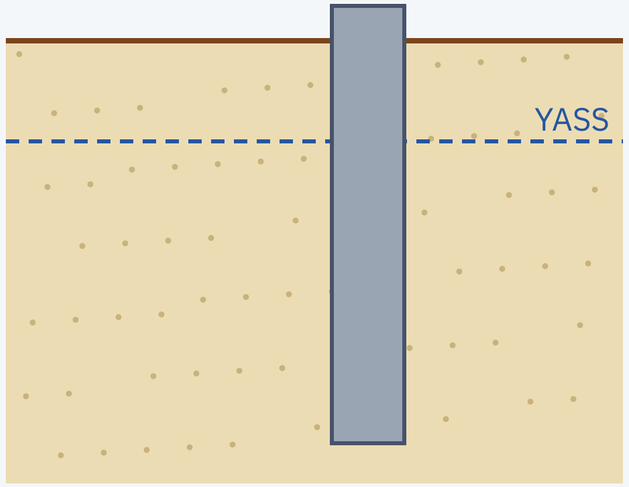
SORU

Verilenler

Kum, YASS üstünde	$\gamma = 17\ \mathrm{kN/m^3}$
Kum, YASS altında	$\gamma_{sat} = 19{,}5\ \mathrm{kN/m^3}$
YASS derinliği	**2,0 m**
Suyun birim hacim ağırlığı	$\gamma_w = 9{,}81\ \mathrm{kN/m^3}$

İSTENEN

8 m derinlikte toplam düşey gerilmeyi, boşluk suyu basıncını ve **efektif düşey gerilmeyi** bulunuz.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Toplam düşey gerilme (YASS üstünde nemli, altında doygun birim hacim ağırlık)

$$\sigma_v = 17(2) + 19{,}5(6) = 34 + 117 = \mathbf{151{,}0}\ \mathrm{kPa}$$

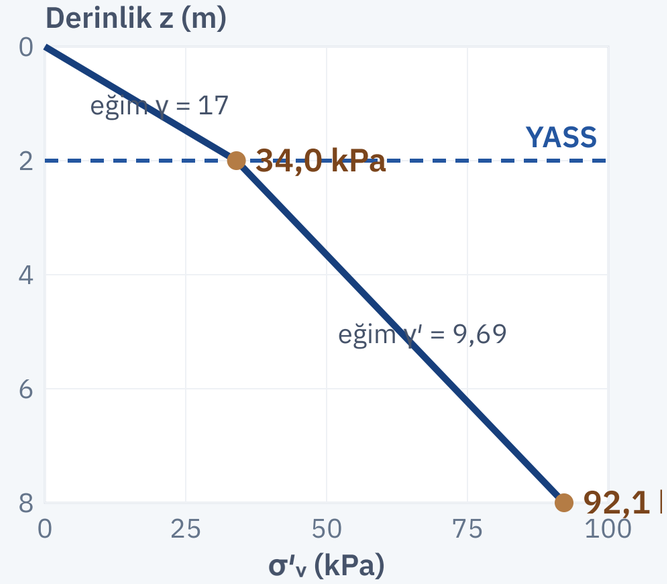
2 Boşluk suyu basıncı (YASS'ın altındaki 6 m'lik su yüksekliği)

$$u = \gamma_w\, h_w = 9{,}81\,(6) = \mathbf{58{,}9}\ \mathrm{kPa}$$

3 Efektif düşey gerilme

$$\sigma'_v = \sigma_v - u = 151{,}0 - 58{,}9 = \mathbf{92{,}1}\ \mathrm{kPa}$$

Aynı sonuç: σ′ᵥ = 17(2) + (19,5 – 9,81)(6) = **92,1 kPa**.
YASS altında efektif birim hacim ağırlık 9,69 kN/m³.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Uç direnci: genel ifade

KURAM

Ucun altında kum, temel altındaki gibi **taşıma gücü kırılmasıyla** göçer; ancak ucun bulunduğu derinlikteki **örtü gerilmesi** kumu sıkıca çevreler.

Kumda c′ = 0 olduğundan yalnızca derinlik (örtü) terimi kalır. Kazık çapı küçük olduğu için genişlik terimi ($0{,}5\gamma' D N_\gamma$) ihmal edilir:

$$q_p = \sigma'_v \, N^*_q \qquad Q_p = A_p \, q_p$$

σ'_v : ucun bulunduğu derinlikteki efektif düşey gerilme

N^*_q : kazık problemine ait taşıma gücü katsayısı

A_p : kazık ucunun alanı

N^*_q NEREDEN GELİR? ÜÇ YAKLAŞIM

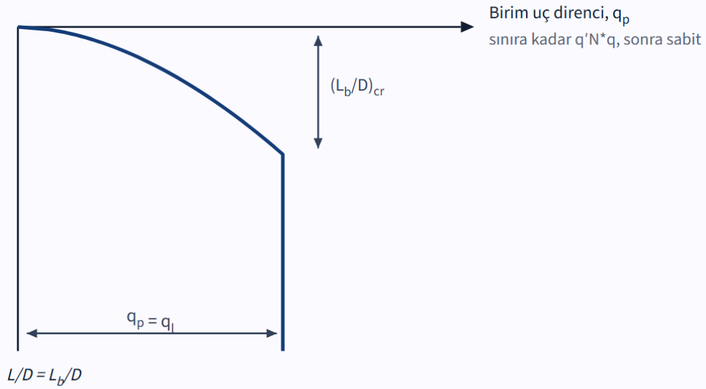
Meyerhof (1976): N^*_q yalnızca φ′den; q_p bir **sınır değerle** kırpılır

Vesic (1977): boşluk genişlemesi kuramı; kumun **rijitliği** de hesaba girer

Coyle ve Castello (1981): 24 gerçek yükleme deneyine uydurulmuş; N^*_q L/D'ye de bağlı

Uç direnci sonsuza kadar artmaz

KURAM



Homojen kumda birim uç direnci gömülme oranıyla artar ve **$(L_b/D)_{cr}$** değerinde **doruğa** ulaşır; bundan sonra sabit kalır (q_l).

VESIC (1970) · OGEECHEE NEHRİ KAZIK DENEYİ (D = 0,457 m)

L (m)	L/D	q_p (kN/m²)
3,02	6,61	3 304
6,12	13,39	9 365
8,87	19,40	11 472
12,00	26,26	11 587
15,00	32,82	13 971

q_p en büyük değeri yaklaşık **12 000 kN/m²**

$(L/D)_{cr}$ yaklaşık **16 – 18**

Ortalama $N_{60} \approx 30$ için $4p_aN_{60} = 4(100)(30) = 12\,000$ kN/m²: **ölçülen plato ile bağıntı örtüşüyor**

Meyerhof: N*q φ'den, bir sınırla

KURAM

Meyerhof, N^*_q'yu yalnızca **içsel sürtünme açısından** alır (kendi abağı, aşağıda). Hesaplanan q_p bir **sınır değeri** aşamaz:

$$q_p = \sigma'_v N^*_q \;\leq\; q_l \qquad q_l = 0{,}5\, p_a\, N^*_q \tan\varphi'$$

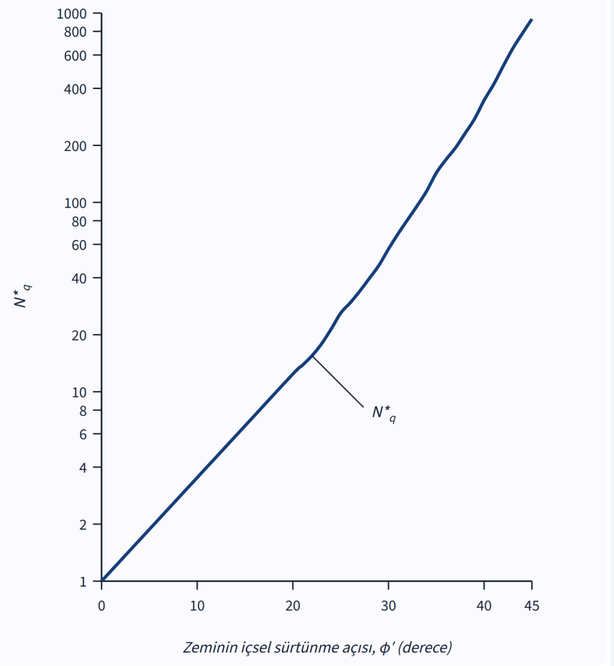
p_a = 100 kN/m² : atmosfer basıncı

φ′ : uç seviyesindeki kumun efektif sürtünme açısı

N^*_q DEĞERLERİ (MEYERHOF ABAĞI; MODÜLÜN OKUDUĞU SERİ)

φ′ (°)	20	25	30	32	34	35	36	38	40	42	45
N^*_q	12,4	26,0	56,7	81,0	115,0	143,0	168,0	231,0	346,0	525,0	930,0

φ′ = 35° için N^*_q = 143,0 ve q_l = 5 006 kPa; γ = 18 kN/m³ olan kumda bu sınıra yaklaşık **1,9 m** derinlikte ulaşılır



Meyerhof: adım adım ve sınırın anlamı

KURAM

HESAP ADIMLARI

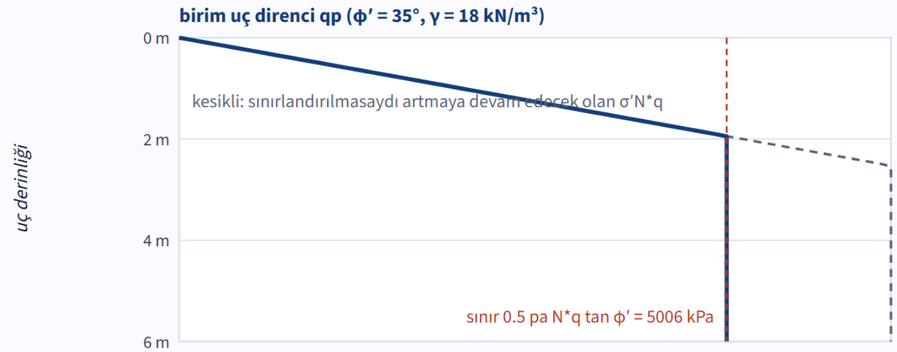
1. Uç seviyesinde σ'_v hesapla

2. φ' ile N^*_q değerini abaktan/tablodan oku

3. $q_p = \sigma'_v N^*_q$

4. $q_l = 0{,}5\ p_a\ N^*_q\ \tan\varphi'$

5. q_p = en küçük($\sigma'_v N^*_q$, q_l) ve $Q_p = A_p q_p$



Eğri **sınır değer belirleyici olana kadar** $\sigma' N^*_q$ doğrusunu izler; sonra yatay kalır. Sınır olmasaydı q_p derinlikle sonsuza kadar büyürdü, ki saha deneyleri bunu göstermez.

Soru

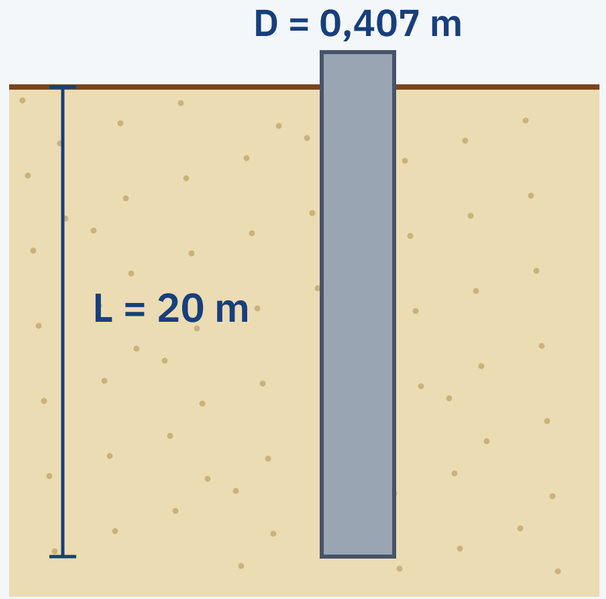
SORU

Verilenler

Kazık	**betonarme, çakma, kare kesitli**
Kesit boyutu	**D = 0,407 m**
Boy	**L = 20 m**
Kum (homojen)	$\gamma = 18\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 35^\circ$
Yeraltı suyu	**yok**

İSTENEN

Meyerhof (1976) yöntemine göre kazığın **uç direncini** Q_p bulunuz.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Kesit alanı ve uçtaki efektif gerilme

$$A_p = 0{,}407^2 = 0{,}1656\ \mathrm{m}^2 \qquad \sigma'_v = \gamma L = 18(20) = 360\ \mathrm{kPa}$$

2 N*q değeri (φ′ = 35°, Meyerhof tablosu) ve σ′N*q

$$N_q^* = 143{,}0 \qquad \sigma'_v N_q^* = 360(143{,}0) = 51\,480\ \mathrm{kPa}$$

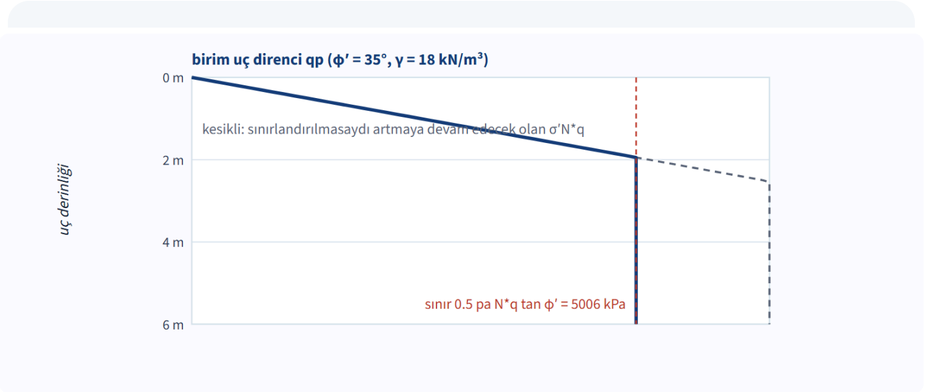
3 Sınır değer

$$q_l = 0{,}5\, p_a N_q^* \tan\varphi' = 0{,}5(100)(143{,}0)\tan 35^\circ = 5\,006\ \mathrm{kPa}$$

4 Birim uç direnci: ikisinin küçüğü; sınır belirleyici

$$q_p = \min(51\,480;\ 5\,006) = \mathbf{5\,006}\ \mathrm{kPa}$$

$Q_p = A_p\, q_p = 0{,}1656 \times 5\,006 =$ **829 kN**. Sınır olmasaydı yaklaşık 8 528 kN çıkardı.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Vesic: kum ucun altında bir boşluk gibi genişler

KURAM

Vesic, uç direncini **boşluk genişlemesi kuramından** türetir: uç, çevresindeki zeminde bir boşluğu genişletir; bu yüzden cevapta kumun yalnızca **dayanımı** değil **rijitliği** de yer alır.

$$Q_p = A_p \, \bar{\sigma}'_o \, N^*_\sigma$$

Burada $\bar{\sigma}'_o$ **düşey** değil, uç seviyesindeki **ortalama efektif normal gerilmedir**:

$$\bar{\sigma}'_o = \frac{1 + 2K_o}{3} \, q' \qquad K_o = 1 - \sin\varphi'$$

K_o: sükunetteki yanal toprak basıncı katsayısı

q': uç seviyesindeki efektif düşey gerilme ($= \sigma'_v$)

MEYERHOF İLE İLİŞKİ

$$N^*_\sigma = \frac{3 \, N^*_q}{1 + 2K_o}$$

Biçim Meyerhof'unkiyle aynıdır; iki yöntem **katsayının neyden üretildiğinde** ayrılır, denklemin şeklinde değil.

Vesic: azaltılmış rijitlik indisi

KURAM

N^*_σ, kumun **azaltılmış rijitlik indisi** I_{rr}'ye ve φ′ye bağlıdır; I_{rr} plastik bölgedeki hacim değişimini de hesaba katar:

$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r\,\Delta} \qquad I_r = \frac{E_s}{2(1+\mu_s)\,q'\tan\varphi'} = \frac{G_s}{q'\tan\varphi'}$$

E_s : zeminin elastisite modülü, μ_s : Poisson oranı, G_s : kayma modülü

Δ : ucun altındaki plastik bölgede ortalama hacimsel birim şekil değiştirme

PRATİK YAKLAŞIMLAR (CHEN VE KULHAWY, 1994; 25° ≤ φ′ ≤ 45°)

$$\frac{E_s}{p_a} = m \quad \mu_s = 0{,}1 + 0{,}3\,\frac{\varphi' - 25}{20} \quad \Delta = 0{,}005\left(1 - \frac{\varphi' - 25}{20}\right)$$

TEK GİRDİ: m = E_s / p_a

Kum	m
gevşek	100 – 200
orta sıkı	200 – 500
sıkı	500 – 1000

Rijitlik indisi genel olarak **75 – 150** (bağıl sıklığı %50 – 80 olan kum)

CPT varsa: I_r = 300/F_r(%) (mekanik), 170/F_r(%) (elektrikli koni)

Vesic: adım adım

KURAM

HESAP ADIMLARI

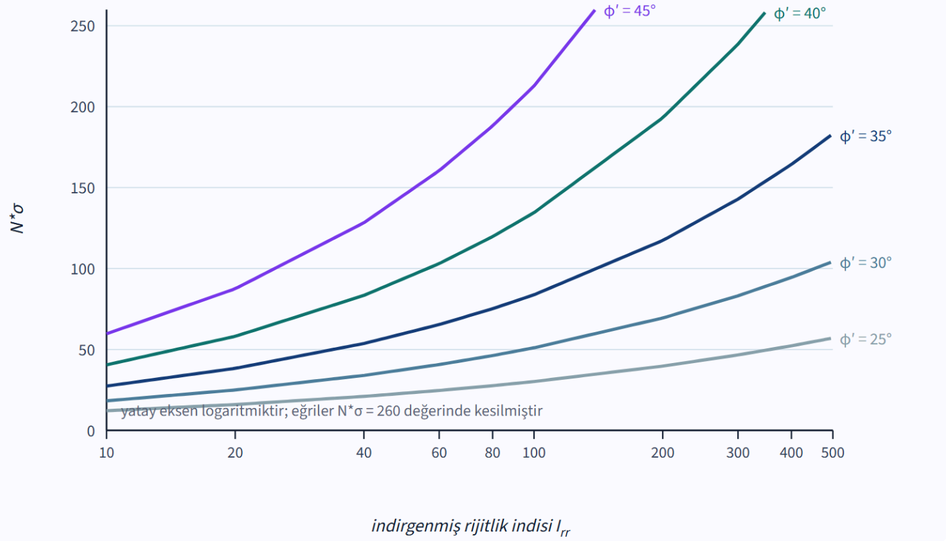
1. $K_o = 1 - \sin\varphi'$ ve $\bar{\sigma}_o = (1 + 2K_o)q'/3$

2. $E_s = m \cdot p_a$, μ_s, I_r

3. Δ ve $I_{rr} = I_r/(1 + I_r\Delta)$

4. φ' ve I_{rr} ile N^*_σ (tablodan, logaritmik interpolasyon)

5. $q_p = \bar{\sigma}_o N^*_\sigma$ ve $Q_p = A_p q_p$



Her φ' için bir eğri: **rijitlik arttıkça N^*_σ artar**; sıkı ve rijit kum, gevşek kumdan çok daha fazla uç direnci verir.

Soru

SORU

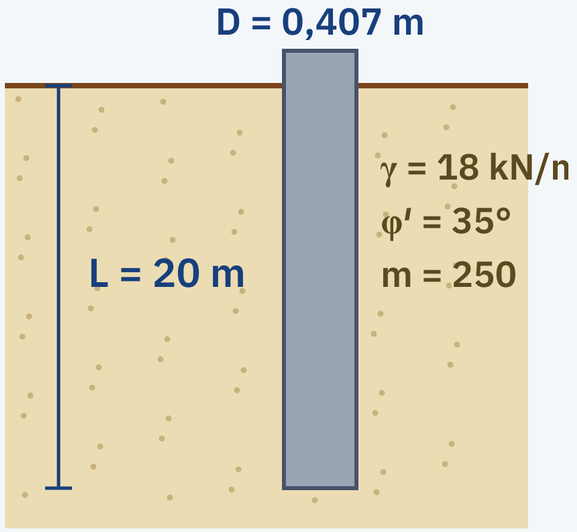
Verilenler

Kazık	**Örnek 2 ile aynı: D = 0,407 m, L = 20 m**
Kum	$\gamma = 18\ \mathrm{kN/m^3}$, $\varphi' = 35^\circ$
Yeraltı suyu	**yok**
Elastisite modülü oranı	$m = E_s/p_a = 250$ **(orta sıkı – sıkı)**
Atmosfer basıncı	$p_a = 100\ \mathrm{kPa}$

İSTENEN

Vesic (1977) yöntemine göre kazığın **uç direncini** Q_p bulunuz.

Uçtaki efektif gerilme: q′ = 18(20) = 360 kPa



Çözüm (1/3)

ÇÖZÜM

1 Sükunetteki katsayı ve ortalama efektif normal gerilme

$$K_o = 1 - \sin 35^\circ = 0{,}426 \qquad \bar{\sigma}'_o = \frac{1 + 2(0{,}426)}{3}(360) = \mathbf{222{,}3}\ \text{kPa}$$

2 Zemin özellikleri

$$E_s = m\,p_a = 250(100) = 25\,000\ \text{kPa} \quad \mu_s = 0{,}1 + 0{,}3\frac{35 - 25}{20} = 0{,}25$$

3 Rijitlik indisi ve hacimsel birim şekil değiştirme

$$I_r = \frac{25\,000}{2(1 + 0{,}25)(360)\tan 35^\circ} = \mathbf{39{,}7} \qquad \Delta = 0{,}005\left(1 - \frac{35 - 25}{20}\right)\frac{360}{100} = 0{,}0090$$

Çözüm (2/3)

ÇÖZÜM

4 Azaltılmış rijitlik indisi

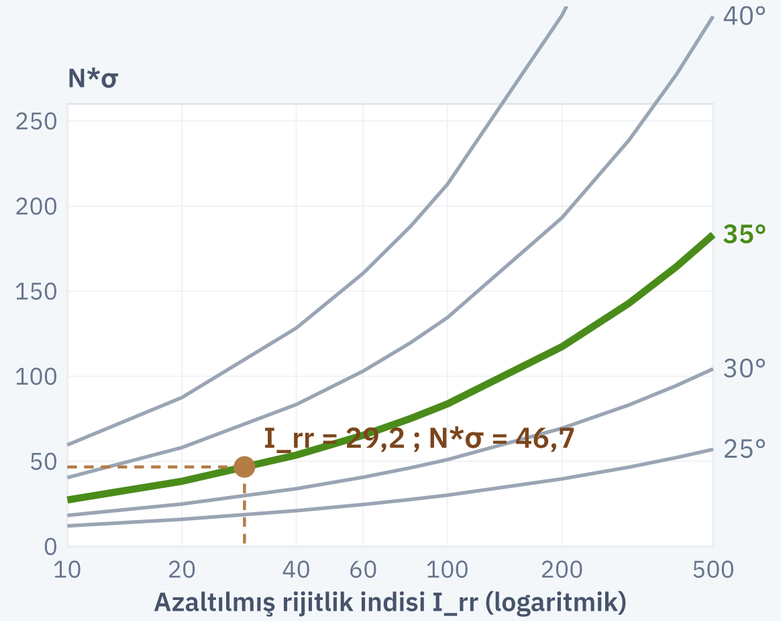
$$I_{rr} = \frac{I_r}{1 + I_r \Delta} = \frac{39{,}7}{1 + (39{,}7)(0{,}0090)} = \mathbf{29{,}2}$$

5 N*σ: tabloda φ′ = 35° satırı, I_{rr} = 29,2 için 20 ile 40 arasında logaritmik interpolasyon

$$N_\sigma^* = 38{,}32 + \frac{\log 29{,}2 - \log 20}{\log 40 - \log 20}\,(53{,}67 - 38{,}32)$$

$$= \mathbf{46{,}7}$$

Grafikte yeşil eğri φ′ = 35°: I_{rr} = 29,2 dikey çizgisiyle kesiştiği noktada **$N^*_\sigma \approx 46{,}7$**.



Çözüm (3/3)

ÇÖZÜM

6 Birim uç direnci

$$q_p = \bar{\sigma}'_o N^*_\sigma = 222{,}3(46{,}7) = \mathbf{10\,389}\ \mathrm{kPa}$$

7 Uç direnci

$$Q_p = A_p\, q_p = 0{,}1656(10\,389) = \mathbf{1\,721}\ \mathrm{kN}$$

Aynı kazık için **Meyerhof: 829 kN**, **Vesic: 1 721 kN**. Vesic, kumun rijitliğini (m = 250) hesaba kattığı için Meyerhof'un sınırlanmış değerinin yaklaşık 2,1 katını verir.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

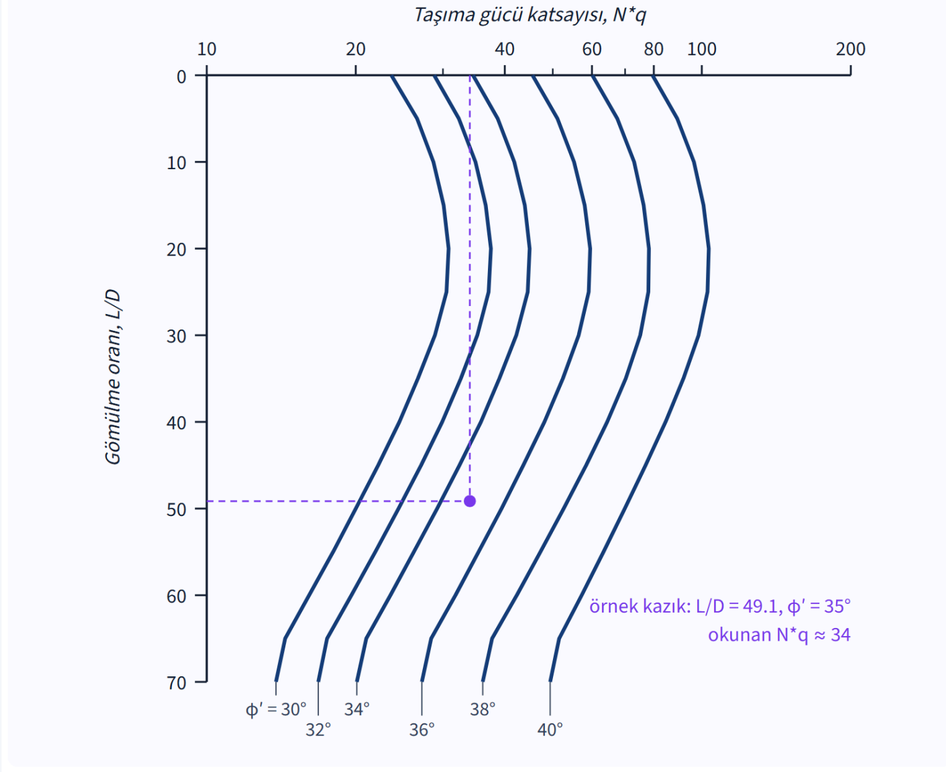
Coyle ve Castello: deneye dayalı N*q

KURAM

Coyle ve Castello, **çakma kazıklarla yapılmış 24 büyük ölçekli saha yükleme deneyini** inceledi ve kum için şu bağıntıyı önerdi:

$$Q_p = q' \, N_q^* \, A_p$$

q′ uçtaki efektif düşey gerilme; N^*_q ise φ′nin yanında **gömülme oranı L/D'ye** de bağlıdır (abak, yanda).



> Katsayı Meyerhof'unkinden **çok daha küçüktür**: φ′ = 35° ve derin kazıkta yaklaşık **34**, Meyerhof'ta **143**. Çünkü bir göçme mekanizmasına değil, **ölçülen kapasitelere** uydurulmuştur.

> Gömülme oranı yaklaşık 20'yi aşınca katsayı **düşer**: aynı çaplı daha uzun kazık daha küçük N^*_q alır.

Soru

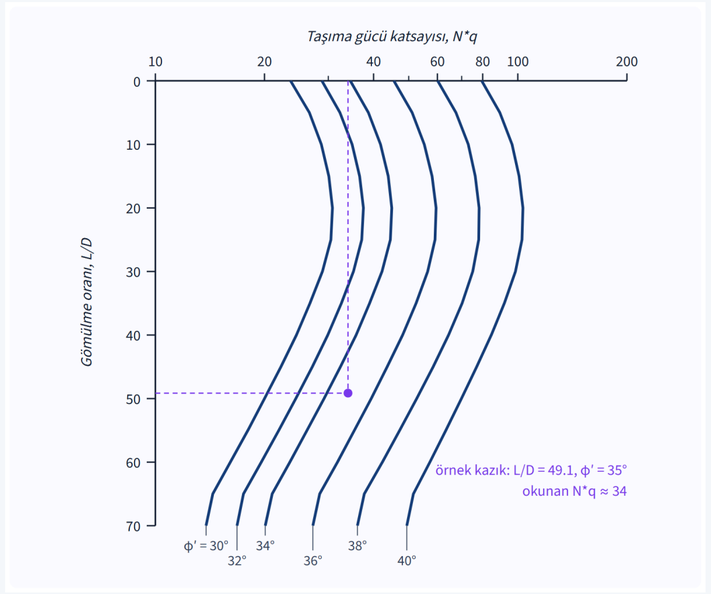
SORU

İSTENEN

Coyle ve Castello (1981) yöntemine göre kazığın **uç direncini** Q_p bulunuz.

Verilenler

Kazık ve kum	**Örnek 2 ile aynı: L = 20 m, D = 0,407 m, φ′ = 35°, γ = 18 kN/m³**
Gömülme oranı	$L/D = 20/0{,}407 = 49{,}1$
Abaktan okunan katsayı	$N_q^* \approx 34$ **(Şekil 7; φ′ = 35°, L/D ≈ 49)**



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Uçtaki efektif gerilme ve katsayı (abaktan, yaklaşık okuma)

$$q' = \gamma L = 18(20) = 360\ \text{kPa} \qquad N_q^* \approx 34$$

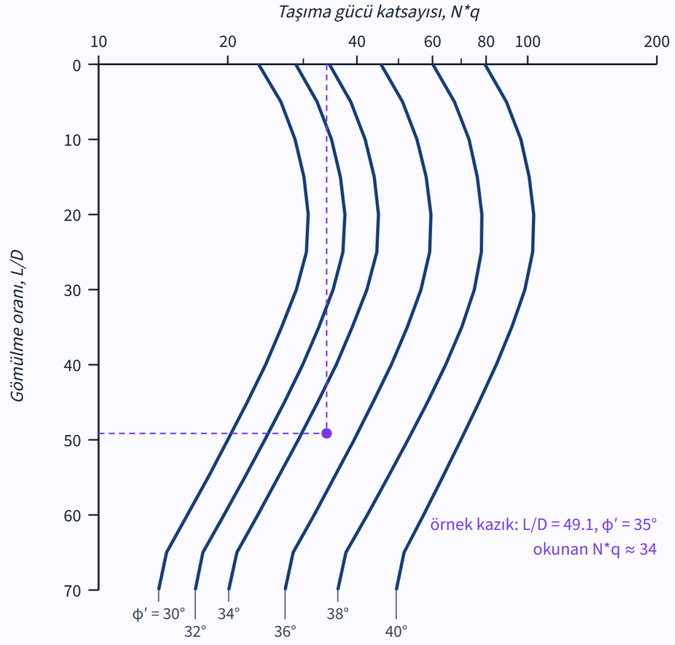
2 Birim uç direnci

$$q_p = q' N_q^* = 360(34) = 12\,240\ \text{kPa}$$

3 Uç direnci

$$Q_p = A_p q_p = 0{,}1656(12\,240) = \mathbf{2\,028}\ \text{kN}$$

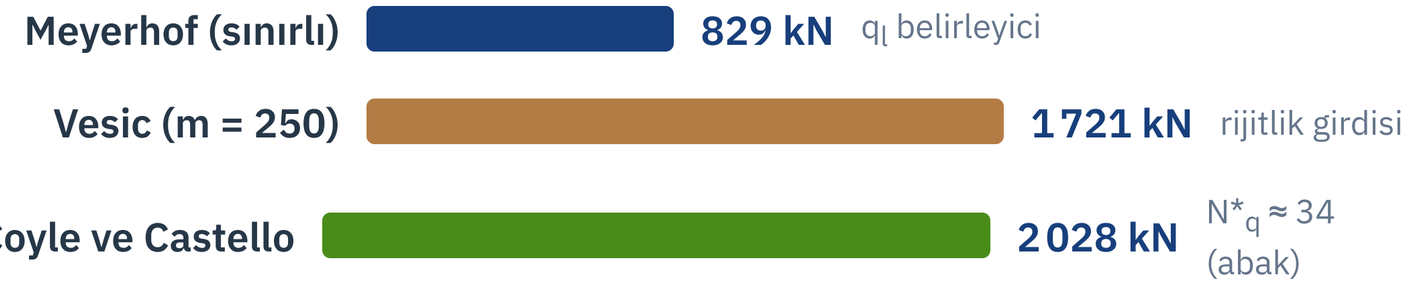
Abaktan okunan N^*_q yaklaşık bir değerdir; φ′ ve L/D'ye göre ±1 – 2 birim oynayabilir. Sonuç, üç yöntemin en büyüğü: **2 028 kN**.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Üç yöntem, aynı kazık

KURAM



Yöntemler birbirinden **ayrı varsayımlara** dayandığı için sonuçlar da ayrışır. Aralık, uç direncinin ne ölçüde bilinebildiğinin dürüst bir göstergesidir.

Meyerhof: sınır değer nedeniyle **temkinli**

Vesic: kum sıklığını **m** ile açıkça girdi yapar

Coyle–Castello: ölçülmüş çakma kazıklara dayanır; abak okuması yaklaşık

Uygulamada: en az iki yöntem hesaplanır, aralığa bakılır, **yük deneyi** ya da yerel deneyim yoksa temkinli uca yakın değer seçilir.

Çevre sürtünmesi: f = K σ′ tanδ′

KURAM

Çevre sürtünmesi, birim sürtünmenin gövde yüzeyi boyunca toplamıdır:

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

Birim sürtünme f, derinlikle şöyle yazılır (L′: kritik derinlik):

$$f = K\,\sigma'_o \tan\delta' \qquad (0 \le z \le L')$$
$$f = f_{z=L'} \qquad (L' \le z \le L)$$

p : kazık kesitinin çevresi, ΔL : p ve f'nin sabit alındığı boy
K : efektif yanal toprak basıncı katsayısı, σ'_o : o derinlikteki efektif düşey gerilme
δ′ : zemin–kazık sürtünme açısı (genellikle 0,5φ′ – 0,8φ′)

K DEĞERLERİ (KAZIK TÜRÜNE GÖRE)

Kazık türü	K
Fore veya jetle yerleştirilen	≈ Ko = 1 – sin φ′
Düşük deplasmanlı çakma	≈ Ko – 1,4Ko = 1,4(1 – sin φ′)
Yüksek deplasmanlı çakma	≈ Ko – 1,8Ko = 1,8(1 – sin φ′)

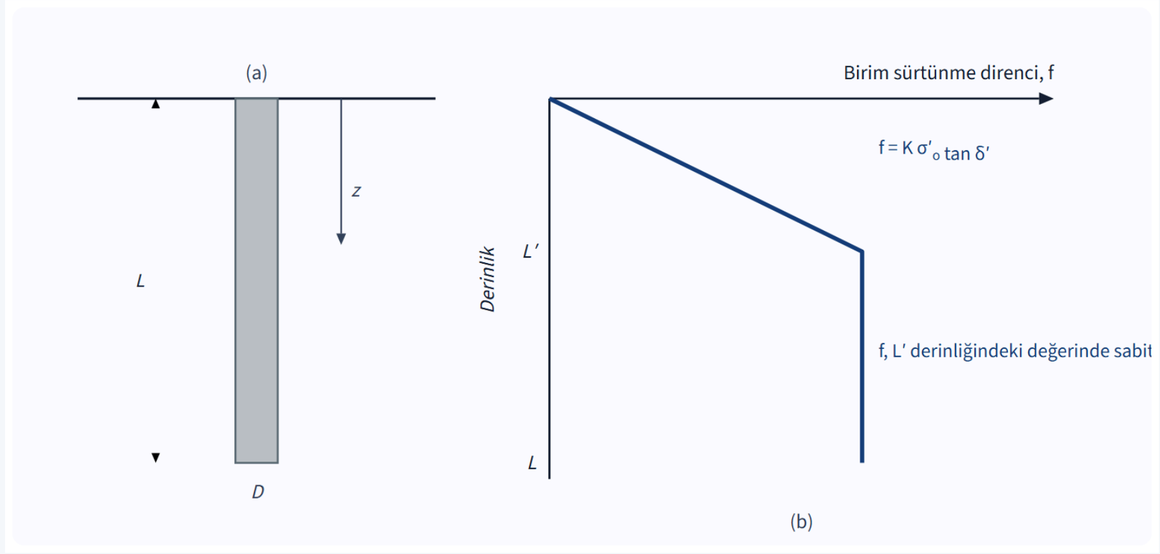
Çakma kumu çevresinde sıkıştırır (yaklaşık 2,5D'ye kadar)

Yüksek deplasmanlı kazık, düşük deplasmanlıdan fazla sürtünme alır

Fore/jet kazık çakma kazıktan düşük sürtünme verir

Kritik derinlik: sürtünme neden artmaz?

KURAM



Ölçülen sürtünme, efektif gerilme gibi derinlikle **sonsuza kadar artmaz**; yaklaşık bir **kritik derinliğe** kadar artar, sonra sabit kalır.

$$L' \approx 15\,D$$

Olağan açıklama **kemerlenmedir**: kum, gövde çevresinde örtü gerilmesinin tamamını kazığa aktarmaz. Modül L′ altında efektif gerilmeyi **L′ derinliğindeki değerinde tutar**; birim sürtünme uca kadar sabit kalır.

> Kaynak L′ için 15D – 20D verir; temkinli değer **15D**

Soru

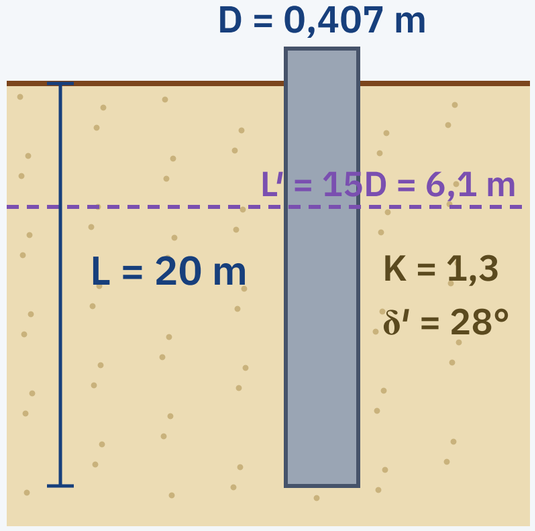
SORU

Verilenler

Kazık ve kum	**Örnek 2 ile aynı: L = 20 m, D = 0,407 m, γ = 18 kN/m³**
Çevre	$p = 4D = 4(0{,}407) = 1{,}628\ \text{m}$
Katsayılar	$K = 1{,}3$ **(yüksek deplasmanlı çakma),** $\delta' = 28^\circ$ **(≈** $0{,}8\varphi'$**)**

İSTENEN

Kritik derinliği (L′ = 15D) dikkate alarak kazığın **çevre sürtünmesini** Q_s bulunuz.



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Kritik derinlik ve o derinlikteki gerilme

$$L' = 15D = 15(0{,}407) = \mathbf{6{,}105}\ \text{m} \qquad \sigma'(L') = 18(6{,}105) = 109{,}9\ \text{kPa}$$

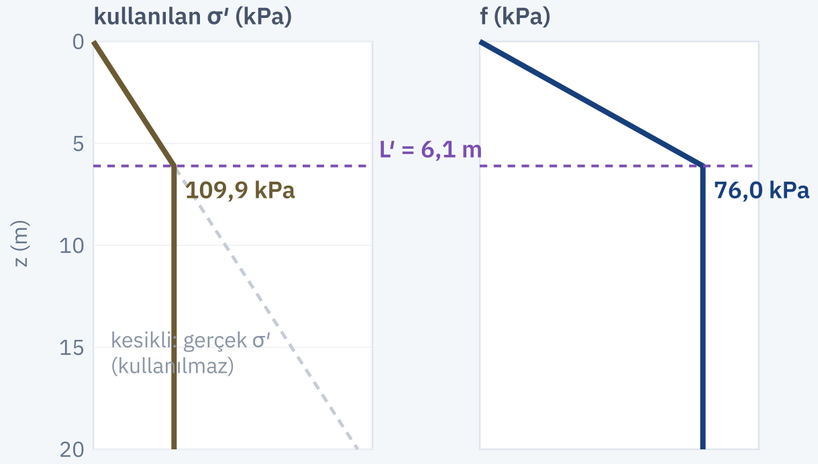
2 L′ ve uçtaki birim sürtünme (L′ altında sabit)

$$f_{L'} = K\,\sigma'(L')\tan\delta' = 1{,}3(109{,}9)\tan 28^\circ = \mathbf{76{,}0}\ \text{kPa}$$

3 Q_s: üçgen (0 – L′) + dikdörtgen (L′ – L) alanı × çevre

$$Q_s = p\left[\tfrac{1}{2} f_{L'} L' + f_{L'}(L - L')\right]$$
$$= 1{,}628\left[\tfrac{1}{2}(76{,}0)(6{,}10) + (76{,}0)(13{,}89)\right]$$

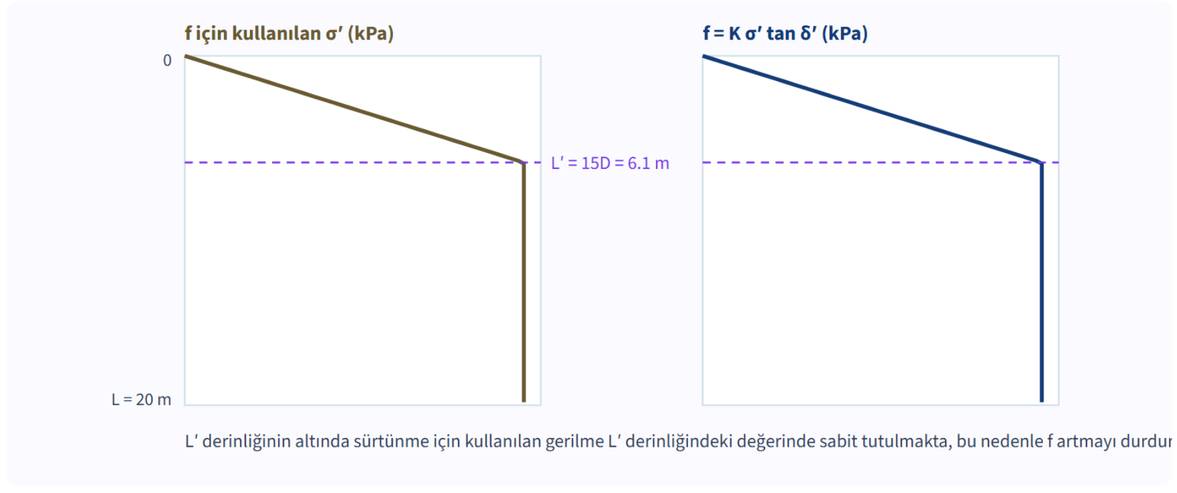
Q_S = 1,628 [231,9 + 1 055,4] = **2 096 kN**.



Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Kritik derinliği unutursak ne olur?

KURAM



Aynı kazığı **L′ dikkate almadan**, gerilme uca kadar doğrusal artıyormuş gibi hesaplayalım:

$$f_L = 1{,}3(360)\tan 28^\circ = 248{,}8\ \text{kPa}$$
$$Q_s = p\,\tfrac{1}{2} f_L L = 4\,051\ \text{kN}$$

4 051 kN yerine **2 096 kN**: yaklaşık **%93 fazla**. Uzun kazıkta kritik derinliği atlamak, güvensiz tarafa büyük bir hata yapar.

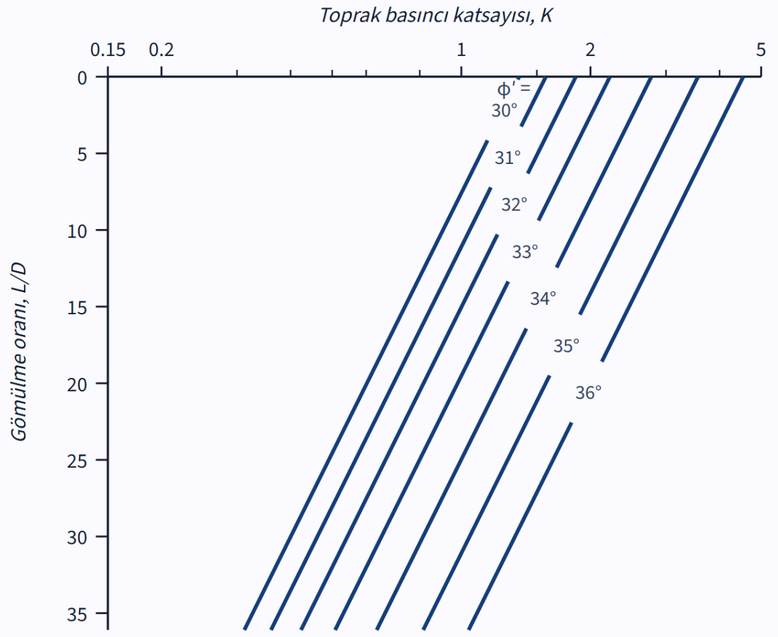
Coyle ve Castello: tek ortalama gerilmeyle

KURAM

Coyle ve Castello çevre sürtünmesini, **gömülü boy boyunca ortalama efektif gerilmeyle tek seferde** hesaplamayı önerdi:

$$Q_s = f_{av}\, p\, L = (K\, \bar{\sigma}'_o \tan\delta')\, p\, L$$
$$\delta' = 0{,}8\varphi'$$

K, deneylerden belirlenmiştir ve **L/D** ile φ′ye göre abaktan okunur (yanda).



Ayrı bir kritik derinlik yoktur: ortalama alma bu işi görür

Bu yüzden iki çevre yöntemi, **uzun kazıkta büyük farklar** verebilir

Soru

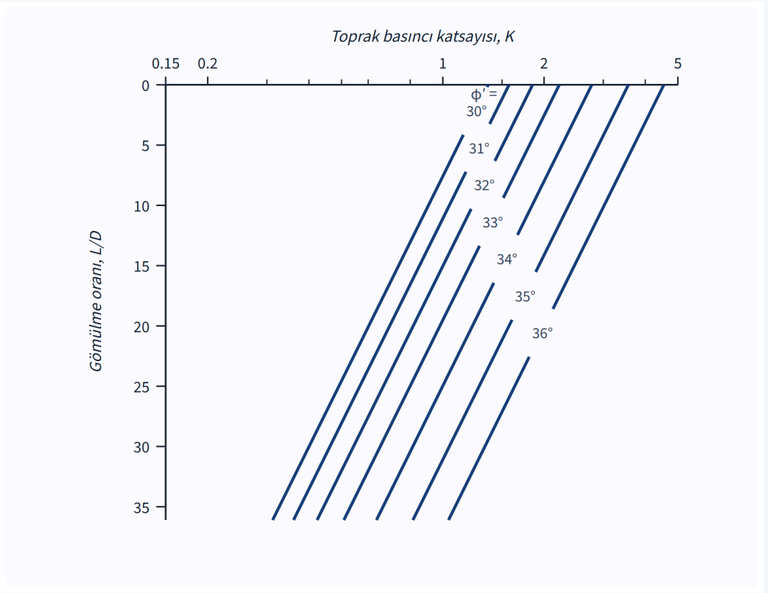
SORU

İSTENEN

Coyle ve Castello (1981) yöntemine göre kazığın **çevre sürtünmesini** Q_s bulunuz.

Verilenler

Kazık ve kum	**Örnek 2 ile aynı: L = 20 m, D = 0,407 m, φ′ = 35°, γ = 18 kN/m³**
Katsayı	$K \approx 0{,}41$ **(Şekil 10; abak L/D = 36 değerine kadar çizilmiştir, L/D ≈ 49 için eğri uzatılarak okunur; modülde bu değeri K kutusuna yazın, modül kendi abak okumasıyla 0,48 doldurur)**
Sürtünme açısı	$\delta' = 0{,}8\varphi' = 0{,}8(35^\circ) = 28^\circ$



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Boy boyunca ortalama efektif gerilme (homojen kum, YASS yok)

$$\bar{\sigma}'_o = \frac{\gamma L}{2} = \frac{18(20)}{2} = \mathbf{180}\ \text{kPa}$$

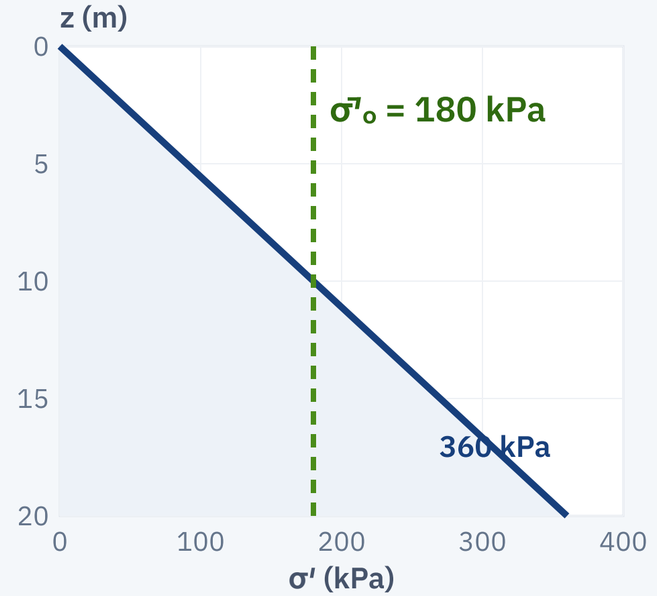
2 Ortalama birim sürtünme

$$f_{av} = K\,\bar{\sigma}'_o \tan\delta' = 0{,}41(180)\tan 28^\circ = \mathbf{39{,}2}\ \text{kPa}$$

3 Çevre sürtünmesi

$$Q_s = f_{av}\,p\,L = 39{,}2(1{,}628)(20) = \mathbf{1\,278}\ \text{kN}$$

K–δ′ yöntemi (L′ ile) **2096 kN**, Coyle–Castello **1278 kN**: bu uzun kazıkta ikisi arasında yaklaşık %64 fark var.



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**

Zemin yalnızca birkaç sondajla biliniyorsa ya da kapasite ağırlıklı olarak **uca** dayanıyorsa üst uç seçilir

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

Soru

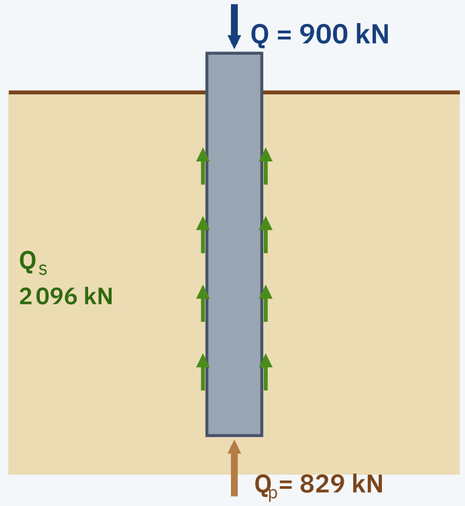
SORU

Verilenler

Uç direnci	Q_p = 829 kN (Meyerhof, Örnek 2)
Çevre sürtünmesi	Q_s = 2 096 kN (K–δ′, Örnek 5)
Güvenlik katsayısı	FS = 3
Kazığa gelen çalışma yükü	Q = 900 kN

İSTENEN

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



Çözüm

ÇÖZÜM

1 Nihai taşıma gücü

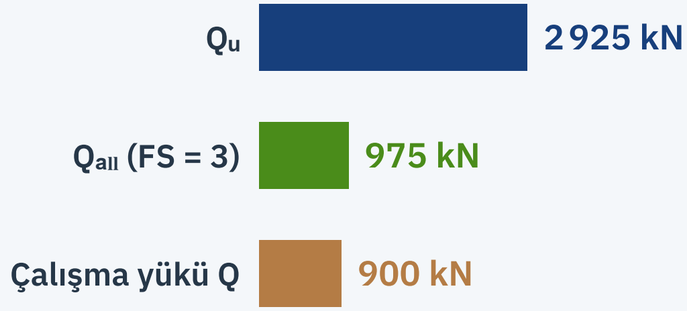
$$Q_u = Q_p + Q_s = 829 + 2\,096 = \mathbf{2\,925}\ \text{kN}$$

2 Emniyetli taşıma gücü

$$Q_{all} = \frac{Q_u}{FS} = \frac{2\,925}{3} = \mathbf{975}\ \text{kN}$$

3 Kontrol

$$Q = 900\ \text{kN} \ \leq\ Q_{all} = 975\ \text{kN} \quad \Rightarrow \quad \text{yeterli}$$



Kullanım oranı Q / Q_{all} = 900 / 975 = **0,92**.

Çözümü GeoTerva'da kontrol edin ↗

Aynı kazık: Q_u ve Q_{all} (FS = 3)

KURAM

Q_u · Q_{all} (kN)

	Q_s: K–δ′ (L′ ile) **2 096 kN**	Q_s: Coyle–Castello **1 278 kN**
Q_p: Meyerhof 829 kN	2 925 · **975**	2 107 · **702**
Q_p: Vesic 1 721 kN	3 817 · **1 272**	2 999 · **1 000**
Q_p: Coyle–Castello 2 028 kN	4 123 · **1 374**	3 305 · **1 102**

Yirmi metrelik kazık için iki çevre ve üç uç yöntemi altı farklı Q_u verir: **2 107 – 4 123 kN**. Hangi birleşimin seçileceği **mühendislik kararıdır**.

Aralığı **yorumla**, tek sayıya güvenme

Çevre sürtünmesi toplamın büyük kısmı: **kritik derinlik** kararı belirleyici

Mümkünse **kazık yükleme deneyi** ile doğrula

Özet

Akılda kalacak noktalar

- $Q_u = Q_p + Q_s$; kumda her iki bileşen de **efektif gerilmeye** bağlıdır
- **Meyerhof**: N^*_q φ'den, q_p sınırlı ($q_l = 0{,}5 p_a N^*_q \tan\varphi'$)
- **Vesic**: $\sigma'_o N^*_\sigma$; kumun rijitliği (m, I_{rr}) hesaba girer
- **Coyle ve Castello**: ölçülmüş kapasitelere uydurulmuş $N^*_q(\varphi', L/D)$ ve $K(\varphi', L/D)$
- Çevre sürtünmesi: $f = K\sigma'\tan\delta'$, **$L' \approx 15D$** altında sabit
- $Q_{all} = (Q_p + Q_s)/FS$, FS = 2,5 – 4

Kaynaklar

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

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

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

Coyle, H.M. and Castello, R.R. (1981). New design correlations for piles in sand. Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, 107(GT7), 965–986.

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.