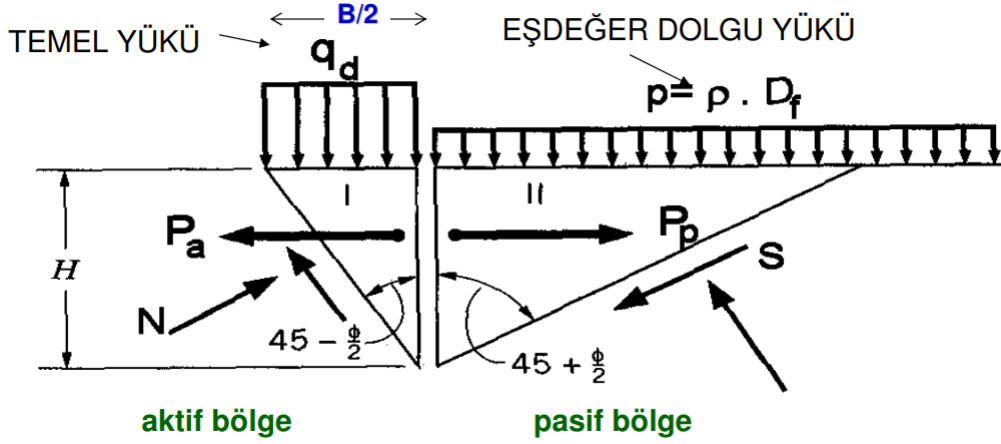


Temel Taşıma Gücüne Yönelik Geoteknik Rapor

İçindekiler

1	Konu	1
2	Yüzeysel Temel Taşıma Gücü	2
2.1	Terzaghi Yöntemi	3
2.2	Meyerhof Yöntemi	6
2.3	Vesic Yöntemi	8
3	Derin Temel Taşıma Gücü	10
3.1	Alpha Yöntemi	11
3.2	Lambda Yöntemi	12
3.3	Beta Yöntemi	12
3.4	Rijit Kolon Grubunun Taşıma Gücü	13
4	“B BLOK” Yüzeysel Temel Taşıma Gücü	14
5	“B BLOK” Derin Temel Taşıma Gücü	18
6	“B BLOK” Birleşik Taşıma Gücü	32
7	“F BLOK” Yüzeysel Temel Taşıma Gücü	32
8	“F BLOK” Derin Temel Taşıma Gücü	36
9	“F BLOK” Birleşik Taşıma Gücü	46

No.lu kamanın eğiminin $45 + \phi/2$ yerine ϕ alınması, temel tabanının sürtünmesiz değil pürüzlü olması ve D_f gömme derinliği boyunca zeminin hiç kayma direnci göstermeyerek sadece ρD_f eşdeğeri yük q gibi etkimesidir.



Şekil 4: Basitleştirilmiş model

Terzaghi ve diğerlerinin bu ve farklı varsayımlarla ulaştıkları taşıma gücü çözümlerinin ana kavramı Şekil 4'deki basitleştirilmiş bir modelle anlatılabilir. Bu modelde son taşıma gücü, yani sistemdeki plastik dengeye ulaşmayı sağlayan q_d yükünün 1 No.lu aktif kamayı aşağıya doğru zorladığı, buna karşı 2 No.lu kamanın pasif direnç gösterdiği kabul edilmektedir. Ara yüzeyde P son yükü plastik denge durumunu gösterdiğinden sistem yenilmektedir.

2.1 Terzaghi Yöntemi

Yüzeysel temelerde Terzaghi taşıma gücü denklemi:

$$q_{ult} = cN_c s_c + qN_q + 0,5\gamma BN_\gamma s_\gamma \quad (1)$$

Üçüncü terimde B' kullanılır. Denklemden:

c : Efektif gerilme analizinde efektif kohezyon c' , UU(konsolidasyonsuz drenajsız) koşullardaki toplam gerilme analizinde drenajsız kayma direnci $S_u(c_u)$ 'dur.

N_c : Taşıma gücü faktörüdür. Efektif gerilme analizinde temel altındaki katmanın efektif kayma direnci açısı ϕ' ile, UU koşullardaki toplam gerilme analizinde kayma direnci açısı $\phi = 0$ ile hesaplanır.

N_q : Taşıma gücü faktörüdür. Efektif gerilme analizinde temel üstündeki katmanın efektif kayma direnci açısı ϕ' ile, UU koşullardaki toplam gerilme analizinde kayma direnci açısı $\phi = 0$ ile hesaplanır.

N_γ : Taşıma gücü faktörüdür. Efektif gerilme analizinde temel üstündeki katmanın efektif kayma direnci açısı ϕ' ile, UU koşullardaki toplam gerilme analizinde kayma direnci açısı $\phi = 0$ ile hesaplanır.

s_c, s_γ : Şekil faktörleri

q : Efektif gerilme analizlerinde temel tabanındaki efektif gerilmedir. Toplam gerilme analizlerinde temel tabanındaki toplam gerilmedir.

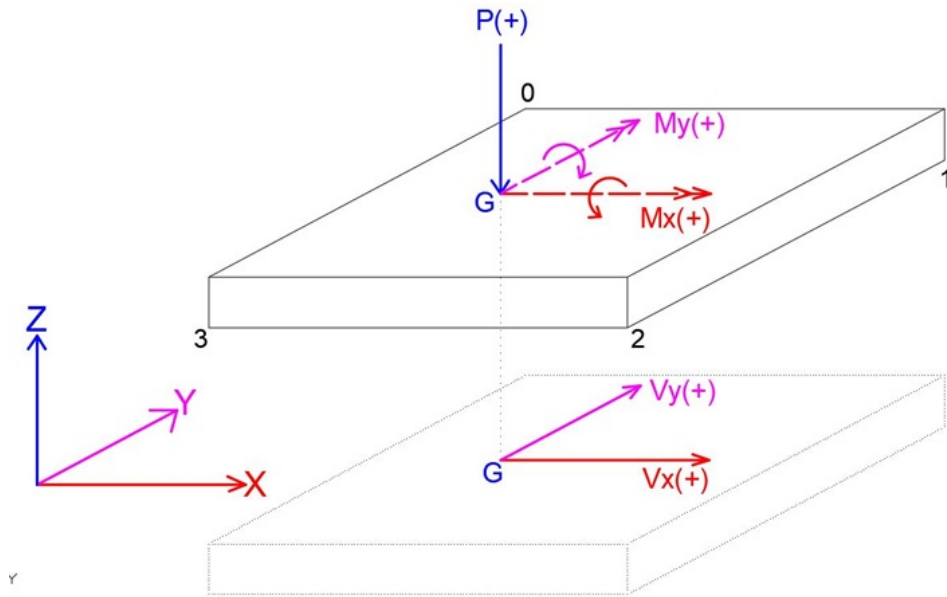
Terzaghi yöntemi düşey yük etkisinde temellerin taşıma gücünü vermektedir. İki yönde eksantrisite de dikkate alınabilmektedir. Koşulu $D/B \leq 1$ 'dir. Yani, D_f değeri B değerini aşamaz. q değeri hesaplanırken D_f ' de bu durum dikkate alınmalıdır. Şekil faktörleri dikdörtgen temellerde B', L' ile hesaplanır. Üçüncü terimde B' kullanılır. Üçüncü terimdeki γ değerinde Y.A.S.S etkisi dikkate alınır. $\phi = 0$ durumunda $N_\gamma = 0, N_q = 1$ olmaktadır.

Kohezyon $c = 0$ olduğunda, ilk terim sıfıra eşit olduğundan denklemde yer almaz.

B: Temel kısa kenarı

L: Temel uzun kenarı

D_f : Temel gömme derinliği



Şekil 5: Temele etkiyen yükler

Yeraltı su seviyesi etkisi ikinci terimde temel tabanında efektif gerilme hesaplanarak dikkate alınır. Üçüncü terimde ise γ değerinde düzeltme yapılır. Y.A.S.S kotu z'nin konumuna göre:

- Durum 1: $YASS=0$ (yüzeyde) $\rightarrow \gamma'$ kullanılır.
- Durum 2: $0 < YASS \leq D_f$ aralığında γ' kullanılır.
- Durum 3: $D_f \leq YASS \leq B$ aralığında, düzeltilmiş birim hacim ağırlığı Denklem (2) ile hesaplanır.

$$\bar{\gamma} = \gamma' + \left(\frac{z - D_f}{B} \right) (\gamma - \gamma') \quad (2)$$

Eksantrisite

e_x : Temel x doğrultusundaki eksantrisite

$$e_x = \frac{M_y}{P} \quad (3)$$

e_y : Temel y doğrultusundaki eksantrisite

$$e_y = \frac{M_x}{P} \quad (4)$$

$$L'_x = L_x - 2 \cdot e_x \quad (5)$$

$$L'_y = L_y - 2 \cdot e_y \quad (6)$$

B' : Etkin temel kısa kenarı

$$B' = \text{Min}(L'_x, L'_y) \quad (7)$$

L' : Etkin temel uzun kenarı

$$L' = \text{Maks}(L'_x, L'_y) \quad (8)$$

Etkin gerilme q_a :

$$q_a = \frac{P}{(B' \times L')} \quad (9)$$

Terzaghi Taşıma Gücü Faktörleri

$$N_q = \left[\frac{e^{2 \cdot \left(\frac{3\pi}{4} - \frac{\phi}{2} \right) \cdot \tan(\phi)}}{2 \cdot \cos^2 \left(\frac{\pi}{4} + \frac{\phi}{2} \right)} \right] \quad (10)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot \phi \quad (11)$$

$$N_\gamma = \frac{\tan \phi}{2} \left[\frac{K_{p\gamma}}{\cos^2 \phi} - 1 \right] \quad (12)$$

$$K_{p\gamma} = 3 \tan^2 \left(45 + \frac{\phi + 33}{2} \right) \quad (13)$$

Şekil Faktörleri

Dikdörtgen temeller için:

$$s_c = 1 + 0.2 \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad (14)$$

$$s_\gamma = 1 - 0.2 \left(\frac{B'}{L'} \right) \quad (15)$$

Şerit temellerde:

$$s_c = 1 \quad (16)$$

$$s_\gamma = 1 \quad (17)$$

Daire temellerde:

$$s_c = 1.3 \quad (18)$$

$$s_\gamma = 1.6 \quad (19)$$

2.2 Meyerhof Yöntemi

Yüzeysel temellerde Meyerhof taşıma gücü denklemi:

$$q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c + qN_q s_q d_q i_q + 0,5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma \quad (20)$$

Meyerhof denkleminde düşey yük yanında yatay kuvvet de dikkate alınabilmektedir. İki yönde eksantrisite hesaplanır. İkinci terimde q hesaplanırken $\frac{D_f}{B} \leq 1$ 'dir.

s_c, s_q, s_γ : Şekil faktörleri

d_c, d_q, d_γ : Derinlik faktörleri

i_c, i_q, i_γ : Yük eğimi faktörleri

P : Eksenel yük

Etkin gerilme q_a için B ve L değerleri kullanılır.

$$q_a = \frac{P}{(BxL)} \quad (21)$$

Taşıma Gücü Faktörleri

$$N_q = e^{\pi \tan \phi} \tan^2 \left(45 + \frac{\phi}{2} \right) \quad (22)$$

$$N_c = (N_q - 1) \cot \phi \quad (23)$$

$$N_\gamma = (N_q - 1) \tan(1.4\phi) \quad (24)$$

Şekil Faktörleri

$$s_c = 1 + 0.2K_p \frac{B}{L} \quad herhangi \quad \phi \quad (25)$$

$$s_q = s_\gamma = 1 + 0.1K_p \frac{B}{L} \quad \phi > 0 \quad (26)$$

$$s_q = s_\gamma = 1 \quad \phi = 0 \quad (27)$$

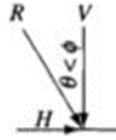
Derinlik Faktörleri

$$d_c = 1 + 0.2\sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad herhangi \quad \phi \quad (28)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 + 0.1\sqrt{K_p} \frac{D}{B} \quad \phi > 0 \quad (29)$$

$$d_q = d_\gamma = 1 \quad \phi = 0 \quad (30)$$

Yük Eğimi Faktörleri



Şekil 6: Yük eğimi

$$i_c = i_q = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{90^\circ}\right)^2 \quad herhangi \quad \phi \quad (31)$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{\theta^\circ}{\phi^\circ}\right)^2 \quad \phi > 0 \quad (32)$$

$$i_\gamma = 0 \quad \theta > 0 \quad ve \quad \phi = 0 \quad durumunda \quad (33)$$

$$K_p = \tan^2(45 + \phi/2) \quad (34)$$

θ : Yük vektörünün düşeyle yaptığı açı, $\theta = 0$ olduğunda bütün i faktörleri 1 olur.

Taşıma Gücünde Azaltma

Meyerhof denklemi ile azaltma için R_e 'nin kullanılması önerilmiştir. Bu azaltma eksantrisine için yapılmaktadır.

$$q_{ult,Re} = q_{ult} \times R_e \quad (35)$$

Azaltma faktörü ince daneli (kohezyonlu zeminler), kumlar ve $0 < \frac{e}{B} < 0.3$ durumu için karşılıklı olarak:

$$R_e = 1 - \frac{2e}{B} \quad (killer) \quad (36)$$

$$R_e = \sqrt{\frac{e}{B}} \quad (kumlar) \quad (37)$$

biçiminde verilmiştir. Başka bir seçenek te B',L' kullanarak şekil ve derinlik faktörlerini hesaplamak ve üçüncü terimde B' kullanmaktır. Bu durumda etkin gerilme $q_a = \frac{P}{B' \times L'}$ olacaktır.

2.3 Vesic Yöntemi

Vesic taşıma gücü denklemi iki yatay kuvvet doğrultusunun bileşkesi için yazılır. Denklemden ikinci terimdeki q hesaplanırken $\frac{D}{B} \leq 1$ 'dir.

$$q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0,5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma \quad (38)$$

$$\phi = 0 \rightarrow q_{ult} = 5.14c_u (1 + s_c + d_c - i_c - b_c - g_c) + q \quad (39)$$

s_c, s_q, s_γ : Şekil faktörleri

d_c, d_q, d_γ : Derinlik faktörleri

i_c, i_q, i_γ : Yük eğimi faktörleri

g_c, g_q, g_γ : Zemin eğimi faktörleri

b_c, b_q, b_γ : Taban eğimi faktörleri

Taşıma Gücü Faktörleri

N_c : Meyerhofla aynıdır.

N_q : Meyerhofla aynıdır.

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \tan \phi \quad (40)$$

Şekil Faktörleri

$$s_c = 1 + \frac{N_q}{N_c} \cdot \frac{B}{L} \quad (41)$$

Tüm ϕ değerleri için:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \tan \phi \quad (42)$$

$$s_\gamma = 1 - 0,4 \frac{B}{L} \geq 0,6 \quad (43)$$

Derinlik Faktörleri

$$d_c = 0,4k \quad (\phi = 0) \quad (44)$$

$$d_c = 1 + 0,4k \quad (45)$$

$$D/B \leq 1 \rightarrow k = D/B \quad (46)$$

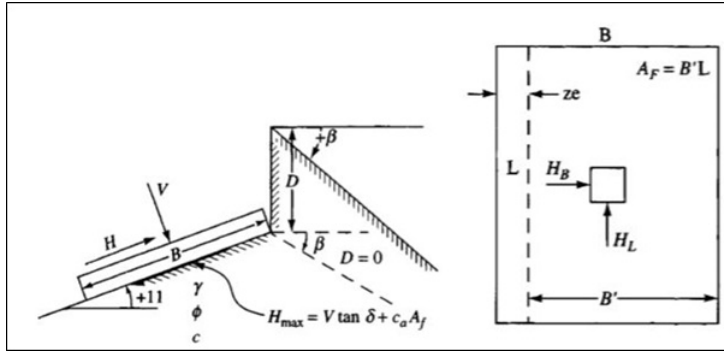
$$D/B > 1 \rightarrow k = \tan^{-1}(D/B) \quad (47)$$

(k)'nın birimi radyan olmalıdır.

$$d_q = 1 + 2 \tan \phi (1 - \sin \phi)^2 k \quad (48)$$

Tüm ϕ değerleri için $d_\gamma = 1$ 'dir.

Yük Eğimi Faktörleri



Şekil 7: Vesic yönteminde yük eğimi

$$A_f = B' L' \quad (49)$$

$$i_c = 1 - \frac{m H_i}{A_f c_a N_c} \quad (\phi = 0) \quad (50)$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1} \quad (\phi > 0) \quad (51)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^m \quad (52)$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H_i}{V + A_f c_a \cot \phi} \right]^{m+1} \quad (53)$$

$$m = m_B = \frac{2 + B/L}{1 + B/L} \quad (54)$$

$$m = m_L = \frac{2 + L/B}{1 + L/B} \quad (55)$$

Zemin Eğimi Faktörleri

$$g_c = \frac{\beta}{5,14} \quad (\phi = 0) \quad (56)$$

β 'nın birimi radyan olmalıdır.

$$g_c = i_q - \frac{1 - i_q}{5,14 \tan \phi} \quad (\phi > 0) \quad (57)$$

$$g_q = g_\gamma = (1 - \tan \beta)^2 \quad (58)$$

Taban Eğimi Faktörleri

$$b_c = g_c \quad (\phi = 0) \quad (59)$$

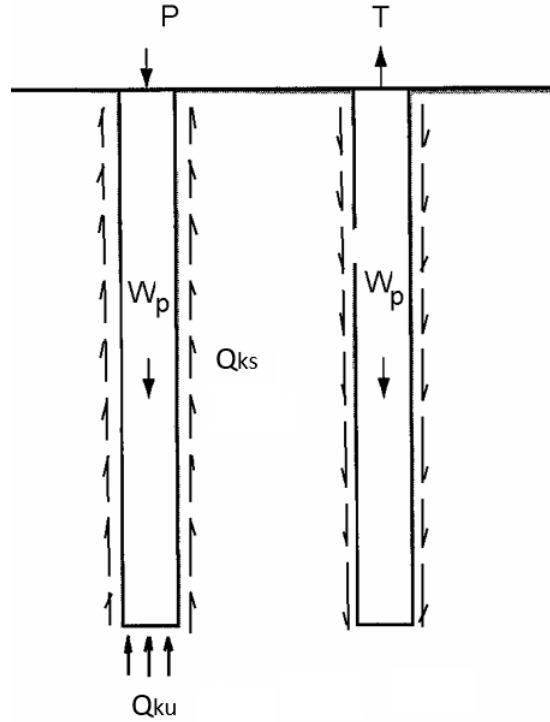
$$b_c = 1 - \frac{2\beta}{5,14 \tan \phi} \quad (60)$$

$$b_q = b_\gamma = (1 - \eta \tan \phi)^2 \quad (61)$$

Şekil ve derinlik faktörlerinde B ve L kullanılmaktadır.

3 Derin Temel Taşıma Gücü

Rijit kolonlu derin temellerin taşıma gücü, α , λ ve β yöntemleriyle hesaplanmaktadır. Rijit kolonlar beton/betonarme kazık veya mikrokazık şeklinde uygulanabileceği gibi, jet enjeksiyon veya derin karıştırma (deep mixing) yöntemleriyle de oluşturulabilir.



Şekil 8: Yapı yüklerinin derin temel ile zemin ortamına aktarılması

Tekil rijit kolonun karakteristik toplam taşıma gücü:

$$Q_{ktv} = Q_{ks} + Q_{ku} - W_p \quad (62)$$

Q_{ks} : Tekil rijit kolonun karakteristik çevre direnci

Q_{ku} : Tekil rijit kolonun karakteristik uç direnci

W_p : Rijit kolonun net öz ağırlığı

3.1 Alpha Yöntemi

α yöntemi derin temellerin kısa dönem taşıma gücü için kullanılır. Drenajsız özelliği olan zemin tabakalarının taşıma gücüne katkısı bu yöntemle hesaplanır.

Çevre Direnci

$$f_s = \alpha \times S_u \quad (63)$$

$$\alpha = 0,5\psi^{-0,5} \quad (\psi \leq 1) \quad (64)$$

$$\alpha = 0,5\psi^{-0,25}(\psi > 1) \quad (65)$$

$$A_s = \pi \times D \times L \quad (66)$$

$$Q_s = f_s \times A_s \quad (67)$$

f_s : Birim çevre sürtünmesi

S_u : Drenajsız kayma direnci

α : Yapışma katsayısı

ψ : İlgili derinlikteki S_u/σ'_0 oranı

A_s : Kolon yanal yüzey alanı

Q_s : Çevre direnci

Uç Direnci

$$f_b = S_u \times N_c \quad (68)$$

$$Q_{ku} = (S_u \times N_c) A_b \quad (69)$$

A_b : Kolon enkesit alanı

f_b : Kolonun birim uç direnci

N_c : Taşıma gücü faktörü

3.2 Lambda Yöntemi

λ yöntemi derin temellerin kısa dönem taşıma gücü için kullanılır. Drenajsız özelliği olan zemin tabakalarının taşıma gücüne katkısı bu yöntemle hesaplanır.

Çevre Direnci

$$f_s = \lambda (\bar{\sigma}'_0 + 2\bar{c}_u) \quad (70)$$

$$\lambda = 0,178 - 0,016 (\ln \pi_3) \quad \text{NC} \quad \text{kil} \quad (71)$$

$$\lambda = 0,232 - 0,0321 (\ln \pi_3) \quad \text{OC} \quad \text{kil} \quad (72)$$

$$\pi_3 = \frac{\pi D f_{\max} L_e^2}{A E_p \mu} \quad (73)$$

$$Q_s = f_s \times A_s \quad (74)$$

$f_{\max}$: Maksimum sürtünme gerilmesi $\cong c_u$

E_p : Rijit kolonun elastisite modülü

D : Rijit kolon çapı

L_e : Rijit kolonun zemin içinde kalan etkin uzunluğu

A : Rijit kolon enkesit alanı

Uç Direnci

$$f_b = S_u \times N_c \quad (75)$$

$$Q_{ku} = (S_u \times N_c) A_b \quad (76)$$

3.3 Beta Yöntemi

β yöntemi derin temellerin uzun dönem taşıma gücü için kullanılır. Drenajlı özelliği olan zemin tabakalarının taşıma gücüne katkısı bu yöntemle hesaplanır.

Çevre Direnci

$$f_s = c' + \beta \sigma'_0 \quad (77)$$

İnce daneli zeminlerde:

$$\beta = (1 - \sin \phi') \cdot OCR^{0,5} \cdot \tan \phi' \quad (78)$$

İri daneli zeminlerde:

$$\beta = (1 - \sin \phi') \tan \phi' \quad (79)$$

$$Q_s = f_s \times A_s \quad (80)$$

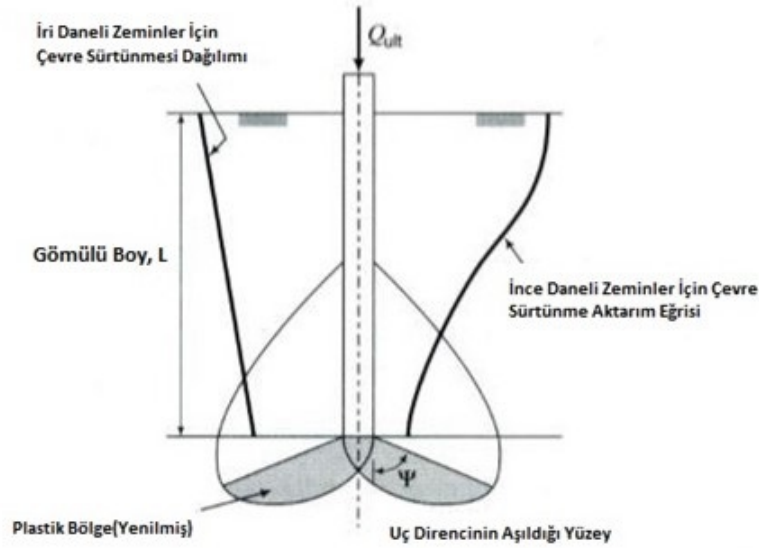
Uç Direnci

$$f_b = N_t \cdot \sigma'_{0Df} \quad (81)$$

$$N_t = \left(\tan \phi' + \sqrt{1 + \tan^2 \phi'} \right)^2 e^{2\psi_p \cdot \tan \phi'} \quad (82)$$

$$Q_{ku} = f_b \cdot A_b \quad (83)$$

ψ_p : Plastikleşme açısı



Şekil 9: Yük transfer özellikleri

Yumuşak ince daneli zeminlerde $\psi_p \leq \pi/3$, yumuşak ince daneli zeminlerden sıkı iri daneli zeminler ve aşırı konsolide ince daneli zeminlere $\pi/3 < \psi_p \leq 0.58\pi$, Sıkı iri daneli zeminlerde ψ_p değeri $\pi/2$ 'yi aşmamalıdır.

3.4 Rijit Kolon Grubunun Taşıma Gücü

Rijit kolon grubunun taşıma gücü için grup verimi geometrik veya “Terzaghi Blok Davranış” yöntemiyle hesaplanır.

$$Q_{ktv,gr} = Q_{ktv} \cdot n_p \cdot E_g \quad (84)$$

$Q_{ktv,gr}$: Grup taşıma gücü

n_p : Rijit kolon sayısı

E_g : Grup verimi

Verim grup geometrisinden Converse-Labarre yöntemiyle:

$$E_g = 1 - \theta \frac{(n-1)m + (m-1)n}{90mn} \quad (85)$$

ifadesiyle hesaplanır.

$$\theta = \arctan \left(\frac{D}{s} \right) \quad (86)$$

Terzaghi blok yönteminde rijit kolonlar ve aralarında kalan zemin bir blok gibi düşünülür.

Bloğun çevresi ve taban alanı ile kolon grubunun son taşıma gücü(kapasite) hesaplanır.

$Q_{ktv,gr} \leq Q_u \times n_p$ şartı uygulanır.

Not: Yuvarlama ve ondalık hassasiyet farkları, sonuçlarda %0.4 - %1 oranında sapmalara yol açabilir. Bu sapma, yöntem ve yazılım farklılıklarından kaynaklanmakta olup, mühendislik uygulamaları için kabul edilebilir. Bu, bir "hata" değil, yüksek hassasiyetli hesaplama ile onun basitleştirilmiş/yuvarlanmış gösterimi arasındaki kaçınılmaz bir farktır.

4 “B BLOK” Yüzeysel Temel Taşıma Gücü

Efektif gerilmeler için Vesic yöntemiyle taşıma gücü hesaplanmıştır.

Temel Geometrisi ve Taban Basıncı

$B = 20m$ $L = 30m$ $D_f = 4,85m$ $q_0 = 300kN/m^2$ $P = 170000kN$ Temel taban kotu=-4,85m

Zemin Profili

dolgu: [-0m]-[-2,8m]

$\gamma_n = 18,5kN/m^3$

$\gamma_{sat} = 19,4kN/m^3$

Efektif kohezyon $c' = 0kN/m^2$

Efektif kayma direnci açısı $\phi' = 26^\circ$

siltli kil (alv): [-2,8m]-[-9,2m]

$\gamma_n = 17kN/m^3$

$\gamma_{sat} = 17,9kN/m^3$

Efektif kohezyon $c' = 4kN/m^2$

Efektif kayma direnci açısı $\phi' = 24^\circ$

çakıllı kum: [-9,2m]-[-10,5m]

$\gamma_n = 17,5kN/m^3$

$$\gamma_{sat} = 19,3kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 1kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 28^\circ$$

$$\text{kil (SaCIM): } [-10,5m]-[-16,5m]$$

$$\gamma_n = 18,7kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 19,5kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 12kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 20^\circ$$

$$\text{kum: } [-16,5m]-[-20m]$$

$$\gamma_n = 17,2kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 18,3kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 1kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 30^\circ$$

$$\text{kil 2 (SaCIM): } [-20m]-[-40m]$$

$$\gamma_n = 18,7kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 19,5kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 18kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 20^\circ$$

Yeraltı Su Seviyesi

$$YASS = -2,2m$$

Temel Taban Seviyesinde Doğal Gerilme Hesabı

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (4,85 - 2,8) \times 17,9 = 89,035kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (4,85 - 2,8) \times 9,81 = 25,996kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (4,85 - 2,8) \times 8,1 = 63,065kN/m^2$$

Geoteknik Parametreler ve YASS Etkisi

$$\text{Temel tabanı üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı } \gamma = 13,003kN/m^3$$

$$\text{Temel tabanı üzerinde kalan zeminin efektif kayma direnci açısı } \phi' = 25,15^\circ = 0,44\pi$$

$$\text{Temel tabanı altında kalan zeminin efektif kohezyonunun ağırlıklı ortalaması } c' = 9,08kPa$$

Temel tabanı altında kalan zeminin efektif kayma direnci açısının ağırlıklı ortalaması

$$\phi' = 23,14^\circ = 0,129\pi$$

Yeraltı Su Seviyesinin Etkisi

3. terimdeki γ değerinde yeraltı su seviyesi etkisi göz önünde bulundurulmuştur.

$0 < YASS \leq D_f \rightarrow \gamma$ kullanılır. Temel altındaki zeminde batık birim hacim ağırlığın ağırlıklı ortalaması $\gamma = 9,129kN/m^3$

Taşıma Gücü Faktörleri

N_c , N_q ve N_γ değerleri (22),(23) ve (40) denklemlerine göre belirlenmiştir.

$$N_q^* = e^{\pi \tan 23,14} \tan^2 \left(45 + \frac{23,14}{2} \right) = 8,79$$

$$N_c = (8,79 - 1) \cot 23,14 = 18,22$$

$$N_q = e^{\pi \tan 25,15} \tan^2 \left(45 + \frac{25,15}{2} \right) = 10,84$$

$$N_\gamma = 2(8,79 + 1) \tan 23,14 = 8,36$$

Şekil Faktörleri

Şekil faktörleri (41), (42) ve (43) denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$s_c = 1 + \frac{10,84}{18,22} \cdot \frac{20}{30} = 1,4$$

$$s_q = 1 + \frac{20}{30} \tan 25,15 = 1,31$$

$$s_\gamma = \max \left(1 - 0,4 \times \frac{20}{30} = 0,73; 0,6 \right) = 0,73$$

Derinlik Faktörleri

(45), (46), (47) ve (48) denklemleri esas alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda:

$$\frac{4,85}{20} \leq 1 \rightarrow k = \frac{4,85}{20} = 0,2425$$

$$d_c = 1 + 0,4 \times 0,24 = 1,1$$

$$d_q = 1 + 2 \times \tan 25,15 \times (1 - \sin 25,15)^2 \times 0,24 = 1,08$$

$$d_\gamma = 1$$

Yük Eğimi Faktörleri

Yük eğimi olmadığı için bu faktörlerin değeri 1'e eşittir.

$$i_q = 1$$

$$i_c = 1$$

$$i_\gamma = 1$$

Zemin Eğimi Faktörleri

Zemin eğimi olmadığı için ($\beta = 0$) bu faktörlerin değeri 1'e eşittir.

$$g_c = 1$$

$$g_q = 1$$

$$g_\gamma = 1$$

Taban Eğimi Faktörleri

Taban eğimi olmadığı için ($\eta = 0$) bu faktörlerin değeri 1'e eşittir.

$$b_c = 1$$

$$b_q = 1$$

$$b_\gamma = 1$$

Taşıma Gücü

$$c' = 9,08kPa$$

$$\phi' = 25,15^\circ (\text{Temel tabanı üzerinde kalan zeminin})$$

$$\phi' = 23,14^\circ (\text{Temel tabanı altında kalan zeminin})$$

$$q = 63,06kN/m^2$$

$$N_c = 18,22 \quad N_q = 10,84 \quad N_\gamma = 8,36$$

$$s_c = 1,4 \quad s_q = 1,31 \quad s_\gamma = 0,73$$

$$d_c = 1,1 \quad d_q = 1,08 \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = 1 \quad i_q = 1 \quad i_\gamma = 1$$

$$g_c = 1 \quad g_q = 1 \quad g_\gamma = 1$$

$$b_c = 1 \quad b_q = 1 \quad b_\gamma = 1$$

$$B = 20m \quad B' = 20m \quad \gamma = 9,129kN/m^3$$

Efektif gerilmelere göre Vesic taşıma gücü denklem (38) sonucunda:

$$q_{ult} = cN_cs_ci_cg_cb_c + qN_qs_qd_qi_qg_qb_q + 0.5\gamma BN_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$\begin{aligned}
q_{ult} &= 9,08 \times 18,22 \times 1,4 \times 1,1 \times 1 \times 1 \times 1 \\
&+ 63,06 \times 10,84 \times 1,31 \times 1,08 \times 1 \times 1 \times 1 \\
&+ 0,5 \times 9,129 \times 20 \times 8,36 \times 0,73 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \\
&= 1778,29kN/m^2
\end{aligned}$$

Tasarım

Taban basıncı $q_0 = 300kN/m^2$

Kısmi faktör $\gamma_{R,v} = 1,4$

Tasarım efektif taşıma gücü:

$$q_t = \frac{q_{ult}}{\gamma_{R,v}} = \frac{1778,29}{1,4} = 1270,21kN$$

$$q_0 = 300kN/m^2 \leq q_t = 1270,21kN/m^2 \rightarrow \checkmark$$

Güvenlik sayısı:

$$FS = \frac{q_{ult}}{q_0} = \frac{1778,29}{300} = 5,93$$

5 “B BLOK” Derin Temel Taşıma Gücü

Rijit kolon tipi: Betonarme kazık

Rijit kolon sayısı= 170

Rijit kolon çapı D= 60cm

Rijit kolon uzunluğu L= 17m

Rijit Kolon Başlığı

Geometri: Poligon

Rijit kolon başlığının koordinatları: Poligon1: p1(X= 72,5676m Y= 22,6904m) ; p2(X= 72,5676m Y= 42,1904m) ; p3(X= 103,3176m Y= 42,1904m) ; p4(X= 103,3176m Y= 22,6904m) ;

Tekil Kolon Çevre Direnci

Kolonla etkileşimde olan her zemin katmanı için çevre direnci ayrı ayrı hesaplanır ve bu değerlerin toplamı, kolonun toplam çevre direncini verir.

- Etkileşen Katman 1: [-4,85m] ↔ [-9,2m]

Zemin: siltli kil (alv)

Rijit kolon/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 4,35\text{m}$

$$\gamma_{sat} = 17,9\text{kN/m}^3 \quad \gamma_n = 17\text{kN/m}^3 \quad \gamma_w = 9,81\text{kN/m}^3 \quad \gamma' = 8,1\text{kN/m}^3$$

$$c' = 4\text{kPa} \quad \phi' = 24^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 24) \times 3^{0,5} \times \tan 24 = 0,46$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (7,025 - 2,8) \times 17,9 = 127,968\text{kN/m}^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (7,025 - 2,8) \times 9,81 = 47,333\text{kN/m}^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (7,025 - 2,8) \times 8,1 = 80,682\text{kN/m}^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 4 + 0,46 \times 80,68 = 40,91\text{kN/m}^2$$

Rijit kolonun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \pi D L_e = \pi \times 0,6 \times 4,35 = 8,2\text{m}^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 40,91 \times 8,2 = 335,46\text{kN}$$

• Etkileşen Katman 2: [-9,2m] ↔ [-10,5m]

Zemin: çakıllı kum

Rijit kolon/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 1,3\text{m}$

$$\gamma_{sat} = 19,3\text{kN/m}^3 \quad \gamma_n = 17,5\text{kN/m}^3 \quad \gamma_w = 9,81\text{kN/m}^3 \quad \gamma' = 9,5\text{kN/m}^3$$

$$c' = 1\text{kPa} \quad \phi' = 28^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 28) \times 3^{0,5} \times \tan 28 = 0,49$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\begin{aligned} \sigma &= +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 \\ &+ (9,2 - 2,8) \times 17,9 + (9,85 - 9,2) \times 19,3 = 179,445 kN/m^2 \end{aligned}$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (9,85 - 9,2) \times 9,81 = 75,047 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\begin{aligned} \sigma' &= +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 \\ &+ (9,2 - 2,8) \times 8,1 + (9,85 - 9,2) \times 9,5 = 104,475 kN/m^2 \end{aligned}$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 1 + 0,49 \times 104,47 = 52,05 kN/m^2$$

Rijit kolonun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \pi D L_e = \pi \times 0,6 \times 1,3 = 2,45 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 52,05 \times 2,45 = 127,53 kN$$

• Etkileşen Katman 3: [-10,5m] ↔ [-16,5m]

Zemin: kil (SaCIM)

Rijit kolon/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 6m$

$$\gamma_{sat} = 19,5 kN/m^3 \quad \gamma_n = 18,7 kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81 kN/m^3 \quad \gamma' = 9,7 kN/m^3$$

$$c' = 12 kPa \quad \phi' = 20^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 20) \times 3^{0,5} \times \tan 20 = 0,41$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 \\ + (10,5 - 9,2) \times 19,3 + (13,5 - 10,5) \times 19,5 = 250,49 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (13,5 - 10,5) \times 9,81 = 110,853 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,5 + (13,5 - 10,5) \times 9,7 = 139,75 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 12 + 0,41 \times 139,75 = 69,97 kN/m^2$$

Rijit kolonun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \pi D L_e = \pi \times 0,6 \times 6 = 11,31 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 69,97 \times 11,31 = 791,32 kN$$

• Etkileşen Katman 4: [-16,5m] ↔ [-20m]

Zemin: kum

Rijit kolon/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 3,5m$

$$\gamma_{sat} = 18,3 kN/m^3 \quad \gamma_n = 17,2 kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81 kN/m^3 \quad \gamma' = 8,5 kN/m^3$$

$$c' = 1 kPa \quad \phi' = 30^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 30) \times 3^{0,5} \times \tan 30 = 0,5$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 + (10,5 - 9,2) \times 19,3 \\ + (16,5 - 10,5) \times 19,5 + (18,25 - 16,5) \times 18,3 = 341,015 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (10,5 - 9,2) \times 9,81 \\ + (16,5 - 10,5) \times 9,81 + (18,25 - 16,5) \times 9,81 = 157,45 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 + (10,5 - 9,2) \times 9,5 \\ + (16,5 - 10,5) \times 9,7 + (18,25 - 16,5) \times 8,5 = 183,725 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 1 + 0,5 \times 183,72 = 92,86 kN/m^2$$

Rijit kolonun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \pi D L_e = \pi \times 0,6 \times 3,5 = 6,6 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 92,86 \times 6,6 = 612,65 kN$$

• Etkileşen Katman 5: [-20m] ↔ [-21,85m]

Zemin: kil 2 (SaCIM)

Rijit kolon/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 1,85m$

$$\gamma_{sat} = 19,5 kN/m^3 \quad \gamma_n = 18,7 kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81 kN/m^3 \quad \gamma' = 9,7 kN/m^3$$

$$c' = 18 kPa \quad \phi' = 20^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 20) \times 3^{0,5} \times \tan 20 = 0,41$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 + (10,5 - 9,2) \times 19,3 \\ + (16,5 - 10,5) \times 19,5 + (20 - 16,5) \times 18,3 + (20,925 - 20) \times 19,5 = 391,078 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (10,5 - 9,2) \times 9,81 \\ + (16,5 - 10,5) \times 9,81 + (20 - 16,5) \times 9,81 + (20,925 - 20) \times 9,81 = 183,692 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 + (10,5 - 9,2) \times 9,5 \\ + (16,5 - 10,5) \times 9,7 + (20 - 16,5) \times 8,5 + (20,925 - 20) \times 9,7 = 207,572 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 18 + 0,41 \times 207,57 = 104,1 kN/m^2$$

Rijit kolonun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \pi D L_e = \pi \times 0,6 \times 1,85 = 3,49 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 104,1 \times 3,49 = 363,02 kN$$

• Toplam Çevre Direnci

Tüm rijit kolon/zemin etkileşim katmanlarının çevre dirençleri toplanır.

$$Q_{ks} = \sum_{i=1}^5 Q_{si} = 335,46 + 127,53 + 791,32 + 612,65 + 363,02 = \mathbf{2229,98 kN}$$

Tekil Kolon Uç Direnci

Kolon ucunda efektif kayma direnci açısı: $\phi' = 20^\circ$

Rijit kolonun uc kotu = -21,85m

Rijit kolonun ucundaki doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2-0) \times 18,5 + (2,8-2,2) \times 19,4 + (9,2-2,8) \times 17,9 + (10,5-9,2) \times 19,3 \\ + (16,5-10,5) \times 19,5 + (20-16,5) \times 18,3 + (21,85-20) \times 19,5 = 409,115 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8-2,2) \times 9,81 + (9,2-2,8) \times 9,81 + (10,5-9,2) \times 9,81 + (16,5-10,5) \times 9,81 \\ + (20-16,5) \times 9,81 + (21,85-20) \times 9,81 = 192,766 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2-0) \times 18,5 + (2,8-2,2) \times 9,6 + (9,2-2,8) \times 8,1 + (10,5-9,2) \times 9,5 \\ + (16,5-10,5) \times 9,7 + (20-16,5) \times 8,5 + (21,85-20) \times 9,7 = 216,545 kN/m^2$$

Plastikleşme açısı $\psi_p = 0,4\pi$

Kolon uç direnci, efektif gerilmeler için (81), (82) ve (83) denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$N_t = \left(\tan 20 + \sqrt{1 + \tan^2 20} \right)^2 e^{2 \times 0,4\pi \times \tan 20} = 5,091$$

$$f_b = 5,091 \times 216,54 = 1102,41 kN/m^2$$

Rijit kolonun enkesit alanı:

$$A_b = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,6^2}{4} = 0,28 m^2$$

Uç direnci:

$$Q_{ku} = 1102,41 \times 0,28 = \mathbf{308,69 kN}$$

Tekil Kolon Taşıma Gücü

Bir rijit kolonun öz ağırlığı:

$$W_p = \left(\frac{\pi D^2}{4} \right) L_p \gamma_c = \left(\frac{\pi \times 0,6^2}{4} \right) \times 17 \times 24 = 115,36 kN$$

Rijit kolon ucunda boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8-2,2) \times 9,81 + (9,2-2,8) \times 9,81 + (10,5-9,2) \times 9,81 + (16,5-10,5) \times 9,81 \\ + (20-16,5) \times 9,81 + (21,85-20) \times 9,81 = 192,766 kN/m^2$$

Kolonun net öz ağırlığı, kolon ucundaki boşluk suyu basıncı dikkate alınarak belirlenir.

$$W_{p,net} = W_p - u_w \times A_b = 115,36 - 192,77 \times 0,28 = 61,38 kN$$

(62) denkleminin uygulanması sonucunda taşıma gücü elde edilmiştir.

$$Q_{ktv} = Q_{ks} + Q_{ku} - W_p = 2229,98 + 308,69 - 61,38 = \mathbf{2477,29kN}$$

Tekil Kolon Tasarımı

Rijit kolonun tasarım eksenel basınç yükü: $P_{tv} = 1115,36kN$

Kısmi faktörler: $\gamma_{Rs} = 1,5$ $\gamma_{Ru} = 2$

Tasarım taşıma gücü:

$$Q_{tv} = \frac{Q_{ks}}{\gamma_{Rs}} + \frac{Q_{ku}}{\gamma_{Ru}} = \frac{2229,98}{1,5} + \frac{308,69}{2} = \mathbf{1641kN}$$

$$P_{tv} = 1115,36kN/m^2 \leq Q_{tv} = 1641kN/m^2 \rightarrow \checkmark$$

Güvenlik sayısı:

$$FS = \frac{Q_{ktv}}{P_{tv}} = \frac{2477,29}{1115,36} = 2,22$$

Rijit Kolon Grubunun Taşıma Gücü

Terzaghi blok yöntemiyle rijit kolon grubunun taşıma gücü hesaplanmıştır.

Blok Çevre Direnci

Blokla etkileşimde olan her zemin katmanı için çevre direnci ayrı ayrı hesaplanır ve bu değerlerin toplamı, kolonun toplam çevre direncini verir.

- **Etkileşen Katman 1: [-4,85m] ↔ [-9,2m]**

Zemin: siltli kil (alv)

Blok/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 4,35m$

$$\gamma_{sat} = 17,9kN/m^3 \quad \gamma_n = 17kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81kN/m^3 \quad \gamma' = 8,1kN/m^3$$

$$c' = 4kPa \quad \phi' = 24^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemini esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 24) \times 3^{0,5} \times \tan 24 = 0,46$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (7,025 - 2,8) \times 17,9 = 127,968kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (7,025 - 2,8) \times 9,81 = 47,333 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (7,025 - 2,8) \times 8,1 = 80,682 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 4 + 0,46 \times 80,68 = 40,91 kN/m^2$$

Blok çevresi $\xi = 100,5m$

Bloğun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \xi \times L_e = 100,5 \times 4,35 = 437,17 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 40,91 \times 437,17 = 17885,82 kN$$

• Etkileşen Katman 2: [-9,2m] ↔ [-10,5m]

Zemin: çakıllı kum

Blok/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 1,3m$

$$\gamma_{sat} = 19,3 kN/m^3 \quad \gamma_n = 17,5 kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81 kN/m^3 \quad \gamma' = 9,5 kN/m^3$$

$$c' = 1 kPa \quad \phi' = 28^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 28) \times 3^{0,5} \times \tan 28 = 0,49$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 + (9,85 - 9,2) \times 19,3 = 179,445 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (9,85 - 9,2) \times 9,81 = 75,047 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 + (9,85 - 9,2) \times 9,5 = 104,475 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 1 + 0,49 \times 104,47 = 52,05 kN/m^2$$

Blok çevresi $\xi = 100,5m$

Bloğun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \xi \times L_e = 100,5 \times 1,3 = 130,65 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 52,05 \times 130,65 = 6799,72 kN$$

• Etkileşen Katman 3: [-10,5m] ↔ [-16,5m]

Zemin: kil (SaCIM)

Blok/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 6m$

$$\gamma_{sat} = 19,5 kN/m^3 \quad \gamma_n = 18,7 kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81 kN/m^3 \quad \gamma' = 9,7 kN/m^3$$

$$c' = 12 kPa \quad \phi' = 20^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 20) \times 3^{0,5} \times \tan 20 = 0,41$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 + (10,5 - 9,2) \times 19,3 + (13,5 - 10,5) \times 19,5 = 250,49 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (13,5 - 10,5) \times 9,81 = 110,853 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,5 + (13,5 - 10,5) \times 9,7 = 139,75 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 12 + 0,41 \times 139,75 = 69,97 kN/m^2$$

Blok çevresi $\xi = 100,5m$

Bloğun yanıl yüzey alanı:

$$A_s = \xi \times L_e = 100,5 \times 6 = 603 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 69,97 \times 603 = 42190,91 kN$$

• Etkileşen Katman 4: [-16,5m] ↔ [-20m]

Zemin: kum

Blok/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 3,5m$

$$\gamma_{sat} = 18,3 kN/m^3 \quad \gamma_n = 17,2 kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81 kN/m^3 \quad \gamma' = 8,5 kN/m^3$$

$$c' = 1 kPa \quad \phi' = 30^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 30) \times 3^{0,5} \times \tan 30 = 0,5$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 + (10,5 - 9,2) \times 19,3 \\ + (16,5 - 10,5) \times 19,5 + (18,25 - 16,5) \times 18,3 = 341,015 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (10,5 - 9,2) \times 9,81 \\ + (16,5 - 10,5) \times 9,81 + (18,25 - 16,5) \times 9,81 = 157,45 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 + (10,5 - 9,2) \times 9,5 \\ + (16,5 - 10,5) \times 9,7 + (18,25 - 16,5) \times 8,5 = 183,725 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 1 + 0,5 \times 183,72 = 92,86 kN/m^2$$

Blok çevresi $\xi = 100,5m$

Bloğun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \xi \times L_e = 100,5 \times 3,5 = 351,75 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 92,86 \times 351,75 = 32664,38 kN$$

• Etkileşen Katman 5: [-20m] ↔ [-21,85m]

Zemin: kil 2 (SaCIM)

Blok/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 1,85m$

$$\gamma_{sat} = 19,5 kN/m^3 \quad \gamma_n = 18,7 kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81 kN/m^3 \quad \gamma' = 9,7 kN/m^3$$

$$c' = 18 kPa \quad \phi' = 20^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 20) \times 3^{0,5} \times \tan 20 = 0,41$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2-0) \times 18,5 + (2,8-2,2) \times 19,4 + (9,2-2,8) \times 17,9 + (10,5-9,2) \times 19,3 \\ + (16,5-10,5) \times 19,5 + (20-16,5) \times 18,3 + (20,925-20) \times 19,5 = 391,078 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8-2,2) \times 9,81 + (9,2-2,8) \times 9,81 + (10,5-9,2) \times 9,81 \\ + (16,5-10,5) \times 9,81 + (20-16,5) \times 9,81 + (20,925-20) \times 9,81 = 183,692 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2-0) \times 18,5 + (2,8-2,2) \times 9,6 + (9,2-2,8) \times 8,1 + (10,5-9,2) \times 9,5 \\ + (16,5-10,5) \times 9,7 + (20-16,5) \times 8,5 + (20,925-20) \times 9,7 = 207,572 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 18 + 0,41 \times 207,57 = 104,1 kN/m^2$$

Blok çevresi $\xi = 100,5m$

Bloğun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \xi \times L_e = 100,5 \times 1,85 = 185,93 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 104,1 \times 185,93 = 19355 kN$$

• Toplam Çevre Direnci

Tüm blok/zemin etkileşim katmanlarının çevre dirençleri toplanır.

$$Q_{ks,gr} = \sum_{i=1}^5 Q_{si} = 17885,82 + 6799,72 + 42190,91 + 32664,38 + 19355 = 118895,84 kN$$

Blok Taban Direnci

Blok tabanında efektif kayma direnci açısı: $\phi' = 20^\circ$

Blok taban kotu = -21,85m

Blok tabanındaki doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2-0) \times 18,5 + (2,8-2,2) \times 19,4 + (9,2-2,8) \times 17,9 + (10,5-9,2) \times 19,3 \\ + (16,5-10,5) \times 19,5 + (20-16,5) \times 18,3 + (21,85-20) \times 19,5 = 409,115 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (16,5 - 10,5) \times 9,81 \\ + (20 - 16,5) \times 9,81 + (21,85 - 20) \times 9,81 = 192,766 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 + (10,5 - 9,2) \times 9,5 \\ + (16,5 - 10,5) \times 9,7 + (20 - 16,5) \times 8,5 + (21,85 - 20) \times 9,7 = 216,545 kN/m^2$$

Plastikleşme açısı $\psi_p = 0,4\pi$

Blok taban direnci, efektif gerilmeler için (81), (82) ve (83) denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$N_t = \left(\tan 20 + \sqrt{1 + \tan^2 20} \right)^2 e^{2 \times 0,4\pi \times \tan 20} = 5,091$$

$$f_b = 5,091 \times 216,54 = 1102,41 kN/m^2$$

Blok taban alanı:

$$A_b = 599,63 m^2$$

Taban direnci:

$$Q_{ku,gr} = 1102,41 \times 599,63 = \mathbf{661071,19 kN}$$

Blok Taşıma Gücü

Blok içindeki rijit kolonların öz ağırlığı:

$$W_{p,b} = n_p \times W_p = 170 \times 115,36 = 19611,08 kN$$

Blok içinde kalan zeminin alanı:

$$A_s = A_b - n_p \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right) = 599,63 - 170 \times \left(\frac{\pi \times 0,6^2}{4} \right) = 551,56 m^2$$

Blok içinde kalan zeminin öz ağırlığı:

$$W_{s,b} = \sum_{i=1}^{10} \gamma_{n,i} L_{e,i} A_s = 17 \times 4,35 \times 551,56 + 17,5 \times 1,3 \times 551,56 + 18,7 \times 6 \times 551,56 + 17,2 \times \\ 3,5 \times 551,56 + 18,7 \times 1,85 \times 551,56 + = 167505,6 kN$$

Bloğun öz ağırlığı:

$$W_b = W_{p,b} + W_{s,b} = 19611,08 + 167505,6 = 187116,68 kN$$

Blok tabanında boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (16,5 - 10,5) \times 9,81 \\ + (20 - 16,5) \times 9,81 + (21,85 - 20) \times 9,81 = 192,766 kN/m^2$$

Blok net öz ağırlığı, blok ucundaki boşluk suyu basıncı dikkate alınarak belirlenir.

$$W_{b,net} = W_b - u_w \times A_b = 187116,68 - 192,77 \times 599,63 = 71529,06kN$$

(62) denkleminin uygulanması sonucunda taşıma gücü elde edilmiştir.

$$Q_{ktv,gr} = Q_{ks,gr} + Q_{ku,gr} - W_b = 118895,84 + 661071,19 - 71529,06 = \mathbf{421139,65kN}$$

Rijit Kolon Grubunun Tasarımı

Rijit kolon grubunun eksenel basınç yükü: $P_{tv,gr} = 170000kN$

Kısmi faktör $\gamma_R = 1,5$

Tasarım grup taşıma gücü:

$$Q_{tv,gr} = \frac{Q_{ktv,gr}}{\gamma_R} = \frac{421139,65}{1,5} = \mathbf{280759,77kN}$$

$$P_{tv,gr} = 170000kN/m^2 \leq Q_{tv} = 280759,77kN/m^2 \rightarrow \checkmark$$

Güvenlik sayısı:

$$FS = \frac{Q_{ktv,gr}}{P_{tv,gr}} = \frac{421139,65}{170000} = 2,48$$

6 “B BLOK” Birleşik Taşıma Gücü

Rijit kolonlar üzerine oturan temel sisteminin birleşik taşıma gücü değerlendirilmektedir.

Toplam kapasite, daha önce hesaplanmış olan yüzeysel temel taşıma gücü ile rijit kolon grubu taşıma gücünün birleştirilmesi sonucunda elde edilir.

Birleşik taşıma gücü:

$$q_{ult,comb} = q_{ult} + \frac{Q_{ktv,gr}}{A} = 1778,29 + \frac{421139,65}{599,63} = \mathbf{2480,63kN/m^2}$$

Tasarım birleşik taşıma gücü:

$$q_{t,comb} = q_t + \frac{Q_{tv,gr}}{A} = 1270,21 + \frac{280759,77}{599,63} = \mathbf{1738,43kN/m^2}$$

7 “F BLOK” Yüzeysel Temel Taşıma Gücü

Efektif gerilmeler için Vesic yöntemiyle taşıma gücü hesaplanmıştır.

Temel Geometrisi ve Taban Basıncı

$B = 16,5m$ $L = 19,5m$ $D_f = 3,95m$ $q_0 = 140kN/m^2$ $P = 35000kN$ Temel taban kotu=-3,95m

Zemin Profili

dolgu: [-0m]-[-2,8m]

$$\gamma_n = 18,5kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 19,4kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 0kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 26^\circ$$

siltli kil (alv): [-2,8m]-[-9,2m]

$$\gamma_n = 17kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 17,9kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 4kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 24^\circ$$

çakıllı kum: [-9,2m]-[-10,5m]

$$\gamma_n = 17,5kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 19,3kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 1kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 28^\circ$$

kil (SaCIM): [-10,5m]-[-16,5m]

$$\gamma_n = 18,7kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 19,5kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 12kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 20^\circ$$

kum: [-16,5m]-[-20m]

$$\gamma_n = 17,2kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 18,3kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 1kN/m^2$$

$$\text{Efektif kayma direnci açısı } \phi' = 30^\circ$$

kil 2 (SaCIM): [-20m]-[-40m]

$$\gamma_n = 18,7kN/m^3$$

$$\gamma_{sat} = 19,5kN/m^3$$

$$\text{Efektif kohezyon } c' = 18kN/m^2$$

Efektif kayma direnci açısı $\phi' = 20^\circ$

Yeraltı Su Seviyesi

$$YASS = -2,2m$$

Temel Taban Seviyesinde Doğal Gerilme Hesabı

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (3,95 - 2,8) \times 17,9 = 72,925 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (3,95 - 2,8) \times 9,81 = 17,168 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (3,95 - 2,8) \times 8,1 = 55,775 kN/m^2$$

Geoteknik Parametreler ve YASS Etkisi

Temel tabanı üzerindeki zeminin birim hacim ağırlığı $\gamma = 14,12 kN/m^3$

Temel tabanı üzerinde kalan zeminin efektif kayma direnci açısı $\phi' = 25,42^\circ = 0,141\pi$

Temel tabanı altında kalan zeminin efektif kohezyonunun ağırlıklı ortalaması $c' = 6,42 kPa$

Temel tabanı altında kalan zeminin efektif kayma direnci açısının ağırlıklı ortalaması

$$\phi' = 24,02^\circ = 0,133\pi$$

Yeraltı Su Seviyesinin Etkisi

3. terimdeki γ değerinde yeraltı su seviyesi etkisi göz önünde bulundurulmuştur.

$0 < YASS \leq D_f \rightarrow \gamma$ kullanılır. Temel altındaki zeminde batık birim hacim ağırlığın ağırlıklı ortalaması $\gamma = 8,921 kN/m^3$

Taşıma Gücü Faktörleri

N_c , N_q ve N_γ değerleri (22),(23) ve (40) denklemlerine göre belirlenmiştir.

$$N_q^* = e^{\pi \tan 24,02} \tan^2 \left(45 + \frac{24,02}{2} \right) = 9,63$$

$$N_c = (9,63 - 1) \cot 24,02 = 19,36$$

$$N_q = e^{\pi \tan 25,42} \tan^2 \left(45 + \frac{25,42}{2} \right) = 11,14$$

$$N_\gamma = 2 (9,63 + 1) \tan 24,02 = 9,47$$

Şekil Faktörleri

Şekil faktörleri (41), (42) ve (43) denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$s_c = 1 + \frac{11,14}{19,36} \cdot \frac{16,5}{19,5} = 1,49$$

$$s_q = 1 + \frac{16,5}{19,5} \tan 25,42 = 1,4$$

$$s_\gamma = \max \left(1 - 0,4 \times \frac{16,5}{19,5} = 0,66; 0,6 \right) = 0,66$$

Derinlik Faktörleri

(45), (46), (47) ve (48) denklemleri esas alınarak yapılan hesaplamalar sonucunda:

$$\frac{3,95}{16,5} \leq 1 \rightarrow k = \frac{3,95}{16,5} = 0,2393939393939394$$

$$d_c = 1 + 0,4 \times 0,24 = 1,1$$

$$d_q = 1 + 2 \times \tan 25,42 \times (1 - \sin 25,42)^2 \times 0,24 = 1,07$$

$$d_\gamma = 1$$

Yük Eğimi Faktörleri

Yük eğimi olmadığı için bu faktörlerin değeri 1'e eşittir.

$$i_q = 1$$

$$i_c = 1$$

$$i_\gamma = 1$$

Zemin Eğimi Faktörleri

Zemin eğimi olmadığı için ($\beta = 0$) bu faktörlerin değeri 1'e eşittir.

$$g_c = 1$$

$$g_q = 1$$

$$g_\gamma = 1$$

Taban Eğimi Faktörleri

Taban eğimi olmadığı için ($\eta = 0$) bu faktörlerin değeri 1'e eşittir.

$$b_c = 1$$

$$b_q = 1$$

$$b_\gamma = 1$$

Taşıma Gücü

$$c' = 6,42kPa$$

$$\phi' = 25,42^\circ (\text{Temel tabanı üzerinde kalan zeminin})$$

$$\phi' = 24,02^\circ (\text{Temel tabanı altında kalan zeminin})$$

$$q = 55,78kN/m^2$$

$$N_c = 19,36 \quad N_q = 11,14 \quad N_\gamma = 9,47$$

$$s_c = 1,49 \quad s_q = 1,4 \quad s_\gamma = 0,66$$

$$d_c = 1,1 \quad d_q = 1,07 \quad d_\gamma = 1$$

$$i_c = 1 \quad i_q = 1 \quad i_\gamma = 1$$

$$g_c = 1 \quad g_q = 1 \quad g_\gamma = 1$$

$$b_c = 1 \quad b_q = 1 \quad b_\gamma = 1$$

$$B = 16,5m \quad B' = 16,5m \quad \gamma = 8,921kN/m^3$$

Efektif gerilmelere göre Vesic taşıma gücü denklem (38) sonucunda:

$$q_{ult} = cN_c s_c d_c i_c g_c b_c + qN_q s_q d_q i_q g_q b_q + 0.5\gamma B N_\gamma s_\gamma d_\gamma i_\gamma g_\gamma b_\gamma$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 6,42 \times 19,36 \times 1,49 \times 1,1 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &\quad + 55,78 \times 11,14 \times 1,4 \times 1,07 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &\quad + 0.5 \times 8,921 \times 16,5 \times 9,47 \times 0,66 \times 1 \times 1 \times 1 \times 1 \\ &= 1599,68kN/m^2 \end{aligned}$$

Tasarım

$$\text{Taban basıncı } q_0 = 140kN/m^2$$

$$\text{Kısmi faktör } \gamma_{R,v} = 1,4$$

Tasarım efektif taşıma gücü:

$$q_t = \frac{q_{ult}}{\gamma_{R,v}} = \frac{1599,68}{1,4} = 1142,63kN$$

$$q_0 = 140kN/m^2 \leq q_t = 1142,63kN/m^2 \rightarrow \checkmark$$

Güvenlik sayısı:

$$FS = \frac{q_{ult}}{q_0} = \frac{1599,68}{140} = 11,43$$

8 “F BLOK” Derin Temel Taşıma Gücü

Rijit kolon tipi: Jet-enjeksiyon

Rijit kolon sayısı= 99

Rijit kolon çapı D= 60cm

Rijit kolon uzunluğu L= 8m

Rijit Kolon Başlığı

Geometri: Poligon

Rijit kolon başlığının koordinatları: Poligon1: p1(X= 44,3676m Y= 23,6404m) ; p2(X= 44,3676m Y= 40,5404m) ; p3(X= 64,2676m Y= 40,5404m) ; p4(X= 64,2676m Y= 23,5404m) ;

Tekil Kolon Çevre Direnci

Kolonla etkileşimde olan her zemin katmanı için çevre direnci ayrı ayrı hesaplanır ve bu değerlerin toplamı, kolonun toplam çevre direncini verir.

• Etkileşen Katman 1: [-3,95m] ↔ [-9,2m]

Zemin: siltli kil (alv)

Rijit kolon/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 5,25m$

$$\gamma_{sat} = 17,9kN/m^3 \quad \gamma_n = 17kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81kN/m^3 \quad \gamma' = 8,1kN/m^3$$

$$c' = 4kPa \quad \phi' = 24^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 24) \times 3^{0,5} \times \tan 24 = 0,46$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (6,575 - 2,8) \times 17,9 = 119,913kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (6,575 - 2,8) \times 9,81 = 42,919kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (6,575 - 2,8) \times 8,1 = 77,038kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 4 + 0,46 \times 77,04 = 39,24kN/m^2$$

Rijit kolonun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \pi DL_e = \pi \times 0,6 \times 5,25 = 9,9m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 39,24 \times 9,9 = 388,37kN$$

• **Etkileşen Katman 2: [-9,2m] ↔ [-10,5m]**

Zemin: çakıllı kum

Rijit kolon/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 1,3m$

$$\gamma_{sat} = 19,3kN/m^3 \quad \gamma_n = 17,5kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81kN/m^3 \quad \gamma' = 9,5kN/m^3$$

$$c' = 1kPa \quad \phi' = 28^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 28) \times 3^{0,5} \times \tan 28 = 0,49$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\begin{aligned} \sigma &= +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 \\ &+ (9,2 - 2,8) \times 17,9 + (9,85 - 9,2) \times 19,3 = 179,445kN/m^2 \end{aligned}$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (9,85 - 9,2) \times 9,81 = 75,047kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\begin{aligned} \sigma' &= +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 \\ &+ (9,2 - 2,8) \times 8,1 + (9,85 - 9,2) \times 9,5 = 104,475kN/m^2 \end{aligned}$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 1 + 0,49 \times 104,47 = 52,05kN/m^2$$

Rijit kolonun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \pi D L_e = \pi \times 0,6 \times 1,3 = 2,45 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 52,05 \times 2,45 = 127,53 kN$$

• **Etkileşen Katman 3: [-10,5m] ↔ [-11,95m]**

Zemin: kil (SaCIM)

Rijit kolon/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 1,45m$

$$\gamma_{sat} = 19,5 kN/m^3 \quad \gamma_n = 18,7 kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81 kN/m^3 \quad \gamma' = 9,7 kN/m^3$$

$$c' = 12 kPa \quad \phi' = 20^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 20) \times 3^{0,5} \times \tan 20 = 0,41$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 \\ + (10,5 - 9,2) \times 19,3 + (11,225 - 10,5) \times 19,5 = 206,128 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (11,225 - 10,5) \times 9,81 = 88,535 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,5 + (11,225 - 10,5) \times 9,7 = 117,682 kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 12 + 0,41 \times 117,68 = 60,81 kN/m^2$$

Rijit kolonun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \pi D L_e = \pi \times 0,6 \times 1,45 = 2,73 m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 60,81 \times 2,73 = 166,22 kN$$

• Toplam Çevre Direnci

Tüm rijit kolon/zemin etkileşim katmanlarının çevre dirençleri toplanır.

$$Q_{ks} = \sum_{i=1}^3 Q_{si} = 388,37 + 127,53 + 166,22 = \mathbf{682,12 kN}$$

Tekil Kolon Uç Direnci

Kolon ucunda efektif kayma direnci açısı: $\phi' = 20^\circ$

Rijit kolonun uc kotu = -11,95m

Rijit kolonun ucundaki doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 \\ + (10,5 - 9,2) \times 19,3 + (11,95 - 10,5) \times 19,5 = 220,265 kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (11,95 - 10,5) \times 9,81 = 95,647 kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,5 + (11,95 - 10,5) \times 9,7 = 124,715 kN/m^2$$

Plastikleşme açısı $\psi_p = 0,4\pi$

Kolon uç direnci, efektif gerilmeler için (81), (82) ve (83) denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$N_t = \left(\tan 20 + \sqrt{1 + \tan^2 20} \right)^2 e^{2 \times 0,4\pi \times \tan 20} = 5,091$$

$$f_b = 5,091 \times 124,71 = 634,9 kN/m^2$$

Rijit kolonun enkesit alanı:

$$A_b = \frac{\pi D^2}{4} = \frac{\pi \times 0,6^2}{4} = 0,28 m^2$$

Uç direnci:

$$Q_{ku} = 634,9 \times 0,28 = \mathbf{177,79kN}$$

Tekil Kolon Taşıma Gücü

Jet enjeksiyon kolonunun birim hacim ağırlığı, etkileşimli zemin katmanlarındaki karışımların birim hacim ağırlıklarının ağırlıklı ortalaması alınarak hesaplanmıştır.

$$\gamma_{c,av} = \frac{\sum_{i=1}^8 \gamma_{mix,i} \times L_{e,i}}{L_p} = \frac{22 \times 5,25 + 22 \times 1,3 + 22 \times 1,45}{8} = 22kN/m^3$$

$$W_p = \gamma_{c,av} L_p A_b = 22 \times 8 \times 0,28 = 49,76kN$$

Rijit kolon ucunda boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (11,95 - 10,5) \times 9,81 = 95,647kN/m^2$$

Kolonun net öz ağırlığı, kolon ucundaki boşluk suyu basıncı dikkate alınarak belirlenir.

$$W_{p,net} = W_p - u_w \times A_b = 49,76 - 95,65 \times 0,28 = 22,98kN$$

(62) denkleminin uygulanması sonucunda taşıma gücü elde edilmiştir.

$$Q_{ktv} = Q_{ks} + Q_{ku} - W_p = 682,12 + 177,79 - 22,98 = \mathbf{836,92kN}$$

Tekil Kolon Tasarımı

Rijit kolonun tasarım eksenel basınç yükü: $P_{tv} = 407,82kN$

Kısmi faktörler: $\gamma_{Rs} = 1,5$ $\gamma_{Ru} = 2$

Tasarım taşıma gücü:

$$Q_{tv} = \frac{Q_{ks}}{\gamma_{Rs}} + \frac{Q_{ku}}{\gamma_{Ru}} = \frac{682,12}{1,5} + \frac{177,79}{2} = \mathbf{543,64kN}$$

$$P_{tv} = 407,82kN/m^2 \leq Q_{tv} = 543,64kN/m^2 \rightarrow \checkmark$$

Güvenlik sayısı:

$$FS = \frac{Q_{ktv}}{P_{tv}} = \frac{836,92}{407,82} = 2,05$$

Rijit Kolon Grubunun Taşıma Gücü

Terzaghi blok yöntemiyle rijit kolon grubunun taşıma gücü hesaplanmıştır.

Blok Çevre Direnci

Blokla etkileşimde olan her zemin katmanı için çevre direnci ayrı ayrı hesaplanır ve bu değerlerin toplamı, kolonun toplam çevre direncini verir.

• **Etkileşen Katman 1: [-3,95m] ↔ [-9,2m]**

Zemin: siltli kil (alv)

Blok/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 5,25\text{m}$

$$\gamma_{sat} = 17,9\text{kN/m}^3 \quad \gamma_n = 17\text{kN/m}^3 \quad \gamma_w = 9,81\text{kN/m}^3 \quad \gamma' = 8,1\text{kN/m}^3$$

$$c' = 4\text{kPa} \quad \phi' = 24^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 24) \times 3^{0,5} \times \tan 24 = 0,46$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (6,575 - 2,8) \times 17,9 = 119,913\text{kN/m}^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (6,575 - 2,8) \times 9,81 = 42,919\text{kN/m}^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (6,575 - 2,8) \times 8,1 = 77,038\text{kN/m}^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 4 + 0,46 \times 77,04 = 39,24\text{kN/m}^2$$

Blok çevresi $\xi = 73,7\text{m}$

Bloğun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \xi \times L_e = 73,7 \times 5,25 = 386,93\text{m}^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 39,24 \times 386,93 = 15184,8\text{kN}$$

• **Etkileşen Katman 2: [-9,2m] ↔ [-10,5m]**

Zemin: çakıllı kum

Blok/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 1,3m$

$$\gamma_{sat} = 19,3kN/m^3 \quad \gamma_n = 17,5kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81kN/m^3 \quad \gamma' = 9,5kN/m^3$$

$$c' = 1kPa \quad \phi' = 28^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 28) \times 3^{0,5} \times \tan 28 = 0,49$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\begin{aligned} \sigma &= +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 \\ &+ (9,2 - 2,8) \times 17,9 + (9,85 - 9,2) \times 19,3 = 179,445kN/m^2 \end{aligned}$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (9,85 - 9,2) \times 9,81 = 75,047kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\begin{aligned} \sigma' &= +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 \\ &+ (9,2 - 2,8) \times 8,1 + (9,85 - 9,2) \times 9,5 = 104,475kN/m^2 \end{aligned}$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 1 + 0,49 \times 104,47 = 52,05kN/m^2$$

Blok çevresi $\xi = 73,7m$

Bloğun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \xi \times L_e = 73,7 \times 1,3 = 95,81m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 52,05 \times 95,81 = 4986,48kN$$

• Etkileşen Katman 3: [-10,5m] ↔ [-11,95m]

Zemin: kil (SaCIM)

Blok/zemin etkileşim bölgesindeki etkin kolon uzunluğu $L_e = 1,45m$

$$\gamma_{sat} = 19,5kN/m^3 \quad \gamma_n = 18,7kN/m^3 \quad \gamma_w = 9,81kN/m^3 \quad \gamma' = 9,7kN/m^3$$

$$c' = 12kPa \quad \phi' = 20^\circ \quad OCR = 3$$

Zemin katmanı drenajlı olduğu için efektif parametreler ile β yöntemi kullanılmıştır.

β katsayısı (78) denklemi esas alınarak hesaplanmıştır.

$$\beta = (1 - \sin 20) \times 3^{0,5} \times \tan 20 = 0,41$$

Katman ortasında doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 \\ + (10,5 - 9,2) \times 19,3 + (11,225 - 10,5) \times 19,5 = 206,128kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (11,225 - 10,5) \times 9,81 = 88,535kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,5 + (11,225 - 10,5) \times 9,7 = 117,682kN/m^2$$

Birim çevre sürtünmesi (77) kullanılarak elde edilmiştir. Kohezyon dikkate alınmıştır.

$$f_s = 12 + 0,41 \times 117,68 = 60,81kN/m^2$$

Blok çevresi $\xi = 73,7m$

Bloğun yanal yüzey alanı:

$$A_s = \xi \times L_e = 73,7 \times 1,45 = 106,87m^2$$

Etkileşim katmanındaki çevre direnci denklem (80)'in uygulanması sonucunda elde edilmiştir.

$$Q_s = 60,81 \times 106,87 = 6498,99kN$$

• Toplam Çevre Direnci

Tüm blok/zemin etkileşim katmanlarının çevre dirençleri toplanır.

$$Q_{ks,gr} = \sum_{i=1}^3 Q_{si} = 15184,8 + 4986,48 + 6498,99 = \mathbf{26670,27kN}$$

Blok Taban Direnci

Blok tabanında efektif kayma direnci açısı: $\phi' = 20^\circ$

Blok taban kotu = -11,95m

Blok tabanındaki doğal gerilmeler hesaplanmıştır.

Toplam gerilme:

$$\sigma = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 19,4 + (9,2 - 2,8) \times 17,9 \\ + (10,5 - 9,2) \times 19,3 + (11,95 - 10,5) \times 19,5 = 220,265kN/m^2$$

Boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (11,95 - 10,5) \times 9,81 = 95,647kN/m^2$$

Efektif gerilme:

$$\sigma' = +(2,2 - 0) \times 18,5 + (2,8 - 2,2) \times 9,6 + (9,2 - 2,8) \times 8,1 \\ + (10,5 - 9,2) \times 9,5 + (11,95 - 10,5) \times 9,7 = 124,715kN/m^2$$

Plastikleşme açısı $\psi_p = 0,4\pi$

Blok taban direnci, efektif gerilmeler için (81), (82) ve (83) denklemleri kullanılarak hesaplanmıştır.

$$N_t = \left(\tan 20 + \sqrt{1 + \tan^2 20} \right)^2 e^{2 \times 0,4\pi \times \tan 20} = 5,091$$

$$f_b = 5,091 \times 124,71 = 634,9kN/m^2$$

Blok taban alanı:

$$A_b = 337,3m^2$$

Taban direnci:

$$Q_{ku,gr} = 634,9 \times 337,3 = \mathbf{214171,57kN}$$

Blok Taşıma Gücü

Blok içindeki rijit kolonların öz ağırlığı:

$$W_{p,b} = n_p \times W_p = 99 \times 49,76 = 4926,52kN$$

Blok içinde kalan zeminin alanı:

$$A_s = Ab - n_p \times \left(\frac{\pi \times D^2}{4} \right) = 337,3 - 99 \times \left(\frac{\pi \times 0,6^2}{4} \right) = 309,31m^2$$

Blok içinde kalan zeminin öz ağırlığı:

$$W_{s,b} = \sum_{i=1}^{10} \gamma_{n,i} L_{e,i} A_s = 17 \times 5,25 \times 309,31 + 17,5 \times 1,3 \times 309,31 + 18,7 \times 1,45 \times 309,31 + = 210535,73kN$$

Bloğun öz ağırlığı:

$$W_b = W_{p,b} + W_{s,b} = 4926,52 + 210535,73 = 47956,65kN$$

Blok tabanında boşluk suyu basıncı:

$$u_w = +(2,8 - 2,2) \times 9,81 + (9,2 - 2,8) \times 9,81 + (10,5 - 9,2) \times 9,81 + (11,95 - 10,5) \times 9,81 = 95,647kN/m^2$$

Blok net öz ağırlığı, blok ucundaki boşluk suyu basıncı dikkate alınarak belirlenir.

$$W_{b,net} = W_b - u_w \times A_b = 47956,65 - 95,65 \times 337,3 = 15694,27kN$$

(62) denkleminin uygulanması sonucunda taşıma gücü elde edilmiştir.

$$Q_{ktv,gr} = Q_{ks,gr} + Q_{ku,gr} - W_b = 26670,27 + 214171,57 - 15694,27 = \mathbf{82855,3kN}$$

Rijit Kolon Grubunun Tasarımı

Rijit kolon grubunun eksenel basınç yükü: $P_{tv,gr} = 35000kN$

Kısmi faktör $\gamma_R = 1,5$

Tasarım grup taşıma gücü:

$$Q_{tv,gr} = \frac{Q_{ktv,gr}}{\gamma_R} = \frac{82855,3}{1,5} = \mathbf{55236,87kN}$$

$$P_{tv,gr} = 35000kN/m^2 \leq Q_{tv} = 55236,87kN/m^2 \rightarrow \checkmark$$

Güvenlik sayısı:

$$FS = \frac{Q_{ktv,gr}}{P_{tv,gr}} = \frac{82855,3}{35000} = 2,37$$

9 “F BLOK” Birleşik Taşıma Gücü

Rijit kolonlar üzerine oturan temel sisteminin birleşik taşıma gücü değerlendirilmektedir.

Toplam kapasite, daha önce hesaplanmış olan yüzeyel temel taşıma gücü ile rijit kolon grubu taşıma gücünün birleştirilmesi sonucunda elde edilir.

Birleşik taşıma gücü:

$$q_{ult,comb} = q_{ult} + \frac{Q_{ktv,gr}}{A} = 1599,68 + \frac{82855,3}{337,3} = \mathbf{1845,32kN/m^2}$$

Tasarım birleşik taşıma gücü:

$$q_{t,comb} = q_t + \frac{Q_{tv,gr}}{A} = 1142,63 + \frac{55236,87}{337,3} = \mathbf{1306,39kN/m^2}$$

Kaynakça

- [1] Bowles, J. E. (1996). *Foundation Analysis and Design* (4. ed.). New York, USA: McGraw-Hill Companies.
- [2] Budhu, M. (2008). *Foundations and Earth Retaining Structures* (3. ed.). New York, USA: John Wiley & Sons.
- [3] Das, M. B. (2006). *Principles of Geotechnical Engineering* (5. ed.). Toronto, Canada: Thomson Canada Limited.
- [4] Eurocode 7: Geotechnical Design – Part 1: General Rules (EN 1997-1:2004). Brussels, Belgium: European Committee for Standardization.
- [5] Meyerhof, G. G. (1973). *Foundation Analysis and Design*. Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall.
- [6] Önalp, A., & Arel, E. (2013). *Geoteknik Bilgisi I Zeminler ve Mekaniği* (4. b.). İstanbul: Birsen Yayınevi Ltd. Şti.
- [7] Önalp, A., & Sert, S. (2010). *Geoteknik Bilgisi III Bina Temelleri* (2. b.). İstanbul: Birsen Yayınevi Ltd. Şti.
- [8] Terzaghi, K. (1967). *Principles of Foundation Engineering*. New York, USA: John Wiley & Sons.
- [9] Terzaghi, K., Peck, R. B., & Mesri, G. (1996). *Soil Mechanics in Engineering Practice* (3rd ed.). New York, USA: John Wiley & Sons.
- [10] Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018). İstanbul, Türkiye: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı.

- [11] Vesic, A. S. (1975). *Foundations: Principles and Applications*. London, UK: Longman.