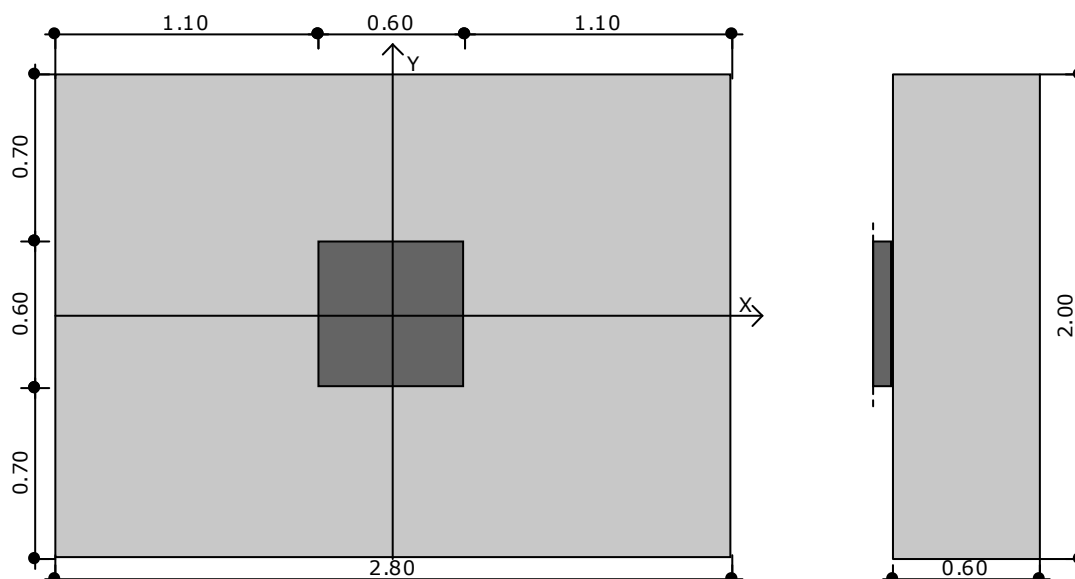


Geometria

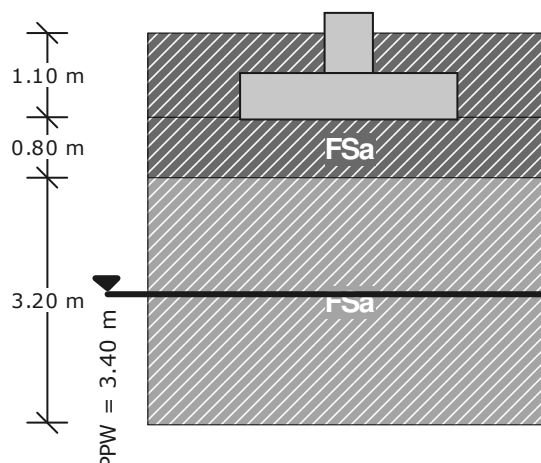
| | | |
|-----------------------------|-----|------|
| Szerokość stopy B | [m] | 2.00 |
| Długość stopy L | [m] | 2.80 |
| Wysokość stopy H_f | [m] | 0.60 |
| Szerokość przekroju słupa b | [m] | 0.60 |
| Wysokość przekroju słupa h | [m] | 0.60 |
| Mimośród e_x | [m] | 0.00 |
| Mimośród e_y | [m] | 0.00 |



Materialy

| | | |
|--|----------------------|--------------|
| Klasa betonu | | C25/30 |
| Ciężar objętościowy betonu | [kN/m ³] | 25.0 |
| Ciężar zasypki | [kN/m ³] | 18.0 |
| Czas realizacji budynku | | poniżej roku |
| Element prefabrykowany | | Nie |
| Granica plastyczności stali (f_{yk}) | [MPa] | 500 |
| Średnica zbrojenia | [mm] | 12.00 |
| Grubość otuliny | [mm] | 50.00 |

Warunki gruntowe



Legenda:

Warstwa - numer porządkowy warstwy
 Nazwa - nazwa warstwy gruntu
 Miąższość - miąższość warstwy
 γ - ciężar właściwy
 ϕ' - efektywny kąt tarcia wewnętrznego gruntu
 C' - spójność efektywna gruntu
 C_u - wytrzymałość na ścinanie
 M - moduł sprężystości
 M_o - moduł sprężystości pierwotnej

| Warstwa | Nazwa gruntu | Miąższość [m] | γ [kN/m ³] | ϕ' [°] | C' [kPa] | C_u [kPa] | M_o [kPa] | M [kPa] |
|---------|---------------------|---------------|-------------------------------|-------------|------------|-------------|-------------|-----------|
| 1 | Piasek drobny (FSa) | 1.9 | 15.3 | 26.7 | 0.0 | 0.0 | 46611.0 | 58264.0 |
| 2 | Piasek drobny (FSa) | 3.2 | 15.8 | 27.6 | 0.0 | 0.0 | 67912.0 | 84890.0 |

| | | |
|------------------------|----------------------|------|
| Głębokość posadowienia | [m] | 1.1 |
| Poziom wody gruntowej | [m] | 3.4 |
| Ciężar zasypki | [kN/m ³] | 18.0 |

Kompletny zestaw obciążeń (ULS/SLS)

Zestaw nr 1:

| Nazwa | V [kN] | M_B [kNm] | M_L [kNm] | H_B [kN] | H_L [kN] |
|-------|--------|-------------|-------------|------------|------------|
| ULS | 117.97 | 9.05 | 159.72 | 8.05 | 52.30 |
| SLS | 117.97 | 9.05 | 159.72 | 8.05 | 52.30 |

Zestaw nr 2:

| Nazwa | V [kN] | M_B [kNm] | M_L [kNm] | H_B [kN] | H_L [kN] |
|-------|--------|-------------|-------------|------------|------------|
| ULS | 117.97 | -9.05 | -66.93 | -8.50 | -21.70 |
| SLS | 117.97 | -9.05 | -66.93 | -8.50 | -21.70 |

Stan graniczny nośności (GEO)

Podejście obliczeniowe DA2

$$\gamma_{G, \text{niekorzystne}} = 1.35, \gamma_o = 1.50$$

$\gamma_R = 1.4$ - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oporu granicznego na wyparcie

$\gamma_{R, h} = 1.1$ - częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oporu granicznego na ścięciu gruntu pod fundamentem

Głębokość posadowienia $h_f = 1.10 \text{ m}$

Schemat nr 1

SPRAWDZENIE PIONOWEJ NOŚNOŚCI PODŁOŻA.

Warunki "z odpływem"

Dodatkowe obciążenia podłoża:

Ciężaru fundamentu (całkowity):

$$G_{fk} = V_f \cdot (\gamma_f - \gamma_w) = 3.36 \cdot (25.00 - 9.81) = 51.0 \text{ [kN]}$$

Ciężar gruntu nad fundamentem:

$$G_k = 47.16 \text{ [kN]}$$

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = N_{ed} + \gamma_{G, niekorzystne} \cdot (G_{fk} + G_k) = 117.97 + 1.35 \cdot (51.04 + 47.16) = 250.54 \text{ [kN]}$$

Obciążenia przekazywane na podłoże (charakterystyczne, wartości momentów bez uwzględnienia nieosiowego działania siły pionowej):

$$V_k = N_k + G_{fk} + G_k = 117.97 + 51.04 + 47.16 = 216.17 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OB,k} + H_{Bk} \cdot h = 9.05 + 8.05 \cdot 0.60 = 13.88 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OL,k} + H_{Lk} \cdot h = 159.72 + 52.30 \cdot 0.60 = 191.10 \text{ [kNm]}$$

$$H_k = \sqrt{H_{Bk}^2 + H_{Lk}^2} = \sqrt{8.05^2 + 52.30^2} = 52.92 \text{ [kN]}$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk} + e_{OB} \cdot N_{G,Qk}}{V_k} = \frac{13.88 + 0.00 \cdot 117.97}{216.17} = 0.06 < 0.3 \cdot B = 0.60 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk} + e_{OL} \cdot N_{G,Qk}}{V_k} = \frac{191.10 + 0.00 \cdot 117.97}{216.17} = 0.88 < 0.3 \cdot L = 0.84 \text{ [m]}$$

Warunek niespełniony

Sprowadzone wymiary fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 2,00 - 2 \cdot 0,06 = 1,87 [m]$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 2,80 - 2 \cdot 0,88 = 1,03 [m]$$

$$A' = B' \cdot L' = 1,87 \cdot 1,03 = 1,93 [m^2]$$

Jednostkowy opór graniczny podłoża

$$\frac{R_k}{A'} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + g' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0,5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$$

$$= 0,00 \cdot 23,42 \cdot 1,00 \cdot 1,88 \cdot 0,60 + 16,83 \cdot 12,78 \cdot 1,00 \cdot 1,81 \cdot 0,63 + 0,5 \cdot 15,30 \cdot 1,87 \cdot 11,85 \cdot 1,00 \cdot 0,46 \cdot 0,48 = 283,31 [kPa]$$

q - napężenie w gruncie (obok fundamentu) w poziomie posadowienia (całkowite)

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{547,17}{1,40} = 390,83 [kN]$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 250,54 < R_d = 390,83 kN$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI GRUNTU NA ŚCIECIE W POZIOMIE POSADOWIENIA

$$H < R_d + R_{p,d}$$

gdzie:

H_d - wartość obliczeniowa siły poziomej przekazywanej przez fundament na grunt,

R_d - opór graniczny podłoża pod fundamentem na ściecie,

R_{p,d} - opór graniczny podłoża na przesunięcie fundamentu, przyjęto = 0,0

Warunki "z odpływem"

Wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu pod fundamentem

$$R_d = \min \left(\frac{\gamma'_{k,h} \cdot \tan \left(\frac{\delta_k}{2} \right)}{\gamma_{R,h}} ; 0,4 \cdot V_d \right) = \min \left(\frac{216,17 \cdot 0,50}{1,10} ; 0,4 \cdot 250,54 \right) = 91,10 [kN]$$

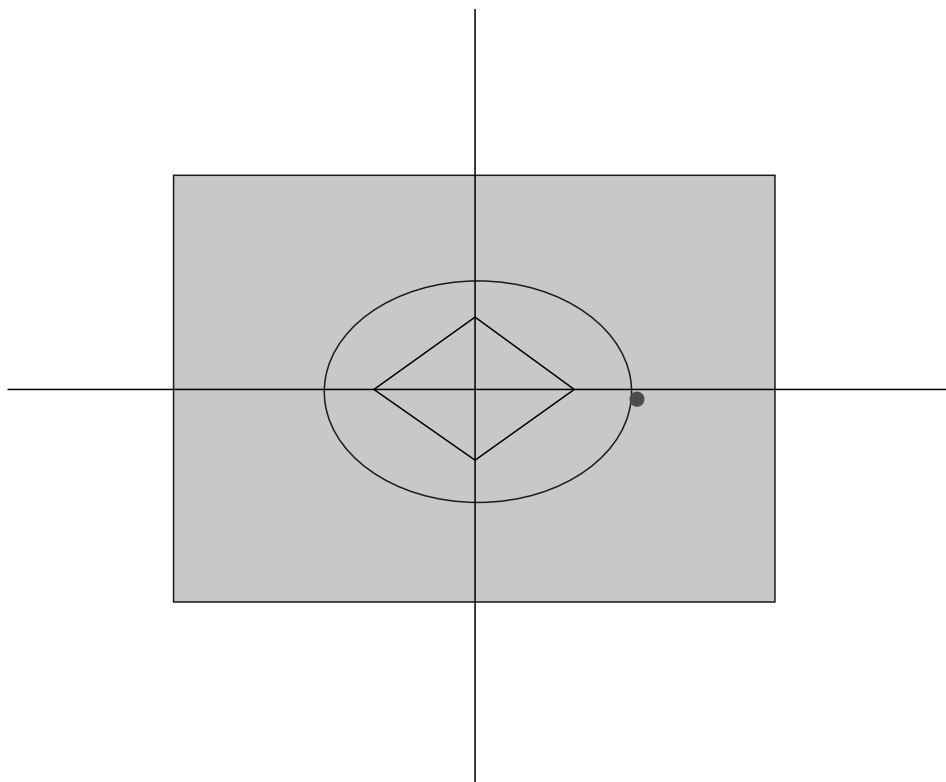
$$H_d = 52,92 < R_d = 91,10 [kN]$$

Warunek nośności na ściecie spełniony.

Sprawdzenie nośności pozostałych warstw

| Poziom spr. | Nawodniona | Warunki z odpływem | | Warunki bez odpływu | |
|-------------|------------|--------------------|-----------|---------------------|-----------|
| | | Ed/Rd (H) | Ed/Rd (V) | Ed/Rd (H) | Ed/Rd (V) |
| 1.90 | NIE | 0.398 | 0.273 | – | – |

Położenie wypadkowej sił:



Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):

Oznaczenia:

- std - oddziaływania stabilizujące
- dst - oddziaływania destabilizujące

Współczynniki częściowe do oddziaływań:

$$\gamma_{G, dst} = 1.10$$

$$\gamma_{G, stb} = 0.90$$

$$\gamma_{Q, dst} = 1.50$$

$$M_{B, dst} = 13.88 < M_{B, stb} = 209.26 \text{ [kNm]}$$

$$M_{L, dst} = 191.10 < M_{L, stb} = 292.97 \text{ [kNm]}$$

Warunek stateczności spełniony.

Schemat nr 2

SPRAWDZENIE PIONOWEJ NOŚNOŚCI PODŁOŻA.

Warunki "z odpływem"

Dodatkowe obciążenia podłoża:

Ciężaru fundamentu (całkowity):

$$G_{f,k} = V_f \cdot (\gamma_f - \gamma_w) = 3.36 \cdot (25.00 - 9.81) = 51.0 \text{ [kN]}$$

Ciężar gruntu nad fundamentem:

$$G_k = 47.16 \text{ [kN]}$$

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = N_d + \gamma_{G, niekorzystne} \cdot (G_{f,k} + G_k) = 117.97 + 1.35 \cdot (51.04 + 47.16) = 250.54 \text{ [kN]}$$

Obciążenia przekazywane na podłoże (charakterystyczne, wartości momentów bez uwzględnienia nieosiowego działania siły pionowej):

$$V_k = N_k + G_{f,k} + G_k = 117.97 + 51.04 + 47.16 = 216.17 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OBk} + H_{Bk} \cdot h = (-9.05) + (-8.50) \cdot 0.60 = -14.15 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OLk} + H_{Lk} \cdot h = (-66.93) + (-21.70) \cdot 0.60 = -79.95 \text{ [kNm]}$$

$$H_k = \sqrt{H_{Bk}^2 + H_{Lk}^2} = \sqrt{(-8.50)^2 + (-21.70)^2} = 23.31 \text{ [kN]}$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk} + e_{OB} \cdot N_{G,Q,k}}{V_k} = \frac{(-14.15) + 0.00 \cdot 117.97}{216.17} = -0.07 < 0.3 \quad B = 0.60 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk} + e_{OL} \cdot N_{G,Q,k}}{V_k} = \frac{(-79.95) + 0.00 \cdot 117.97}{216.17} = -0.37 < 0.3 \quad L = 0.84 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

Sprowadzone wymiary fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 2.00 - 2 \cdot 0.07 = 1.87 \text{ [m]}$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 2.80 - 2 \cdot 0.37 = 2.06 [m]$$

$$A' = B' \cdot L' = 1.87 \cdot 2.06 = 3.85 [m^2]$$

Jednostkowy opór graniczny podłoża

$$\frac{R_k}{A'} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + g' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$$

$$= 0.00 \cdot 23.42 \cdot 1.00 \cdot 1.44 \cdot 0.83 + 16.83 \cdot 12.78 \cdot 1.00 \cdot 1.41 \cdot 0.84 + 0.5 \cdot 15.30 \cdot 1.87 \cdot 11.85 \cdot 1.00 \cdot 0.73 \cdot 0.75 = 348.53 [kPa]$$

q - naprężenie w gruncie (obok fundamentu) w poziomie posadowienia (całkowite)

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{1342.12}{1.40} = 958.66 [kN]$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 250.54 < R_d = 958.66 kN$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI GRUNTU NA ŚCIĘCIE W POZIOMIE POSADOWIENIA

$$H < R_d + R_{p,d}$$

gdzie:

H_d - wartość obliczeniowa siły poziomej przekazywanej przez fundament na grunt,

R_d - opór graniczny podłoża pod fundamentem na ścięcie,

R_{p,d} - opór graniczny podłoża na przesunięcie fundamentu, przyjęto = 0,0

Warunki "z odpływem"

Wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu pod fundamentem

$$R_d = \min \left(\frac{V'_k \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{R,h}}; 0.4 \cdot V_d \right) = \min \left(\frac{216.17 \cdot 0.50}{1.10}; 0.4 \cdot 250.54 \right) = 91.10 [kN]$$

$$H_d = 23.31 < R_d = 91.10 [kN]$$

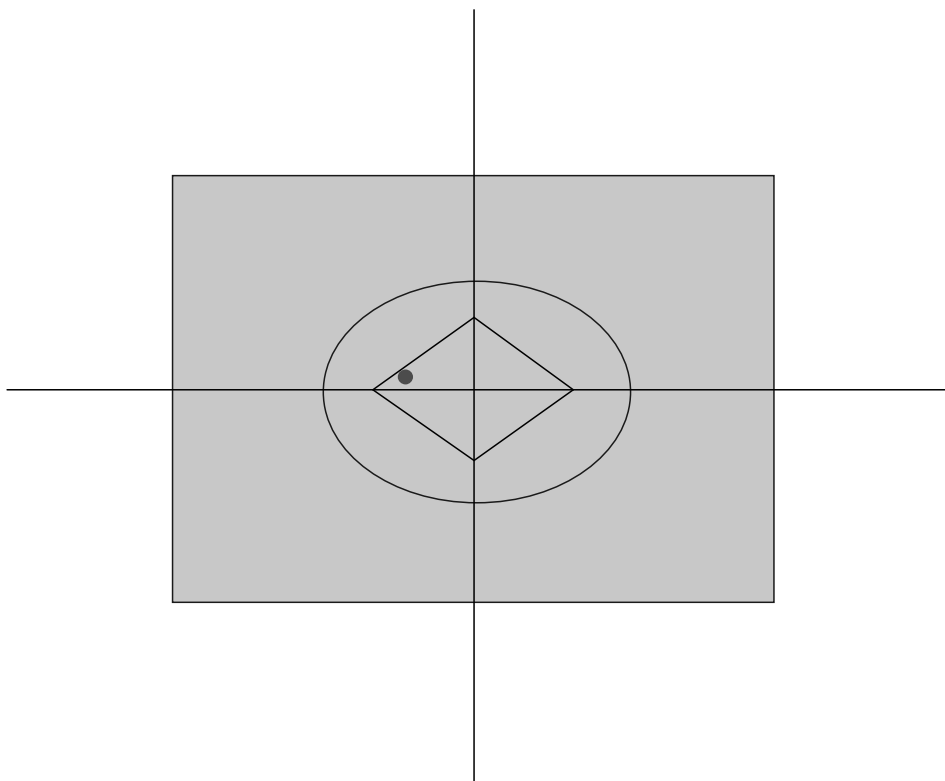
Warunek nośności na ścięcie spełniony.

Sprawdzenie nośności pozostałych warstw

| Poziom spr. | Nawodniona | Warunki z odpływem Ed/Rd (H) Ed/Rd (V) | Warunki bez odpływu Ed/Rd (H) Ed/Rd (V) |
|-------------|------------|---|--|
|-------------|------------|---|--|

| | | | | | |
|------|-----|-------|-------|---|---|
| 1.90 | NIE | 0.175 | 0.153 | - | - |
|------|-----|-------|-------|---|---|

Położenie wypadkowej sił:



Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):

Oznaczenia:

- std - oddziaływania stabilizujące
- dst - oddziaływania destabilizujące

Współczynniki częściowe do oddziaływań:

$$\gamma_{G, dst} = 1.10$$

$$\gamma_{G, stb} = 0.90$$

$$\gamma_{Q, dst} = 1.50$$

$$M_{B, dst} = 14.15 < M_{B, stb} = 209.26 \text{ [kNm]}$$

$$M_{L, dst} = 79.95 < M_{L, stb} = 292.97 \text{ [kNm]}$$

Warunek stateczności spełniony.

Sprawdzenie przebiecia fundamentu:

Wymiary obwodu kontrolnego:

$$b_L = 2.78[m]$$

$$b_B = 2.78[m]$$

Nośność na przebicie spełniona, obwód krytyczny poza stopą.

Wymiarowanie zbrojenia

Zbrojenie potrzebne dla schematu nr 1

$$A_y = 0.81 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

$$A_x = 5.09 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Zbrojenie potrzebne dla schematu nr 2

$$A_y = 0.81 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

$$A_x = 1.70 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Minimalne zbrojenie konstrukcyjne dla fundamentu wynosi: $A_k = 7.34 \text{ cm}^2/\text{mb}$

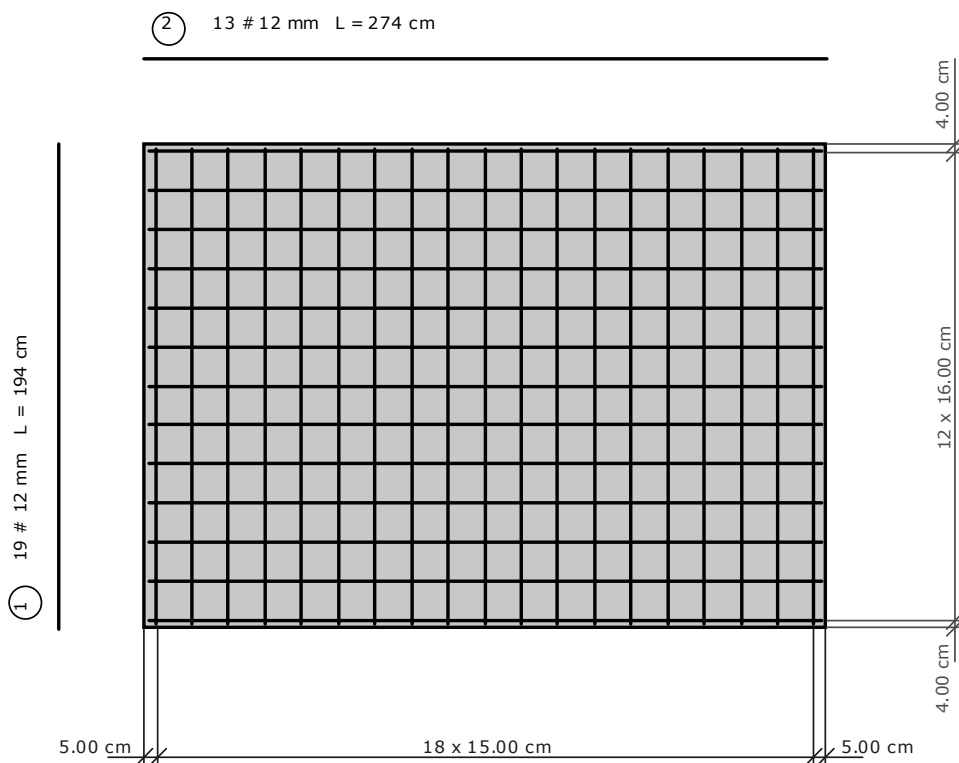
W kierunku y (B) przyjęto $f_i = 12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_1 = 15.2 \text{ cm}$

$$A_{s1} = 7.67 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

W kierunku x (L) przyjęto $f_i = 12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_2 = 16.2 \text{ cm}$

$$A_{s2} = 7.35 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Rozkład prętów fundamentcie



| Nr pręta | Ilość | Długość pręta [cm] | Długość całkowita [m] |
|----------|-------|--------------------|-----------------------|
| 1 | 19 | 194 | 36.86 |
| 2 | 13 | 274 | 35.62 |

| | | |
|-----------------------------|--------|-------|
| Średnica | [mm] | 12.0 |
| Granica plastyczności stali | [MPa] | 500 |
| Masa jednostkowa | [kg/m] | 0.888 |
| Długość ogółem | [m] | 72.48 |
| Masa ogółem | [kg] | 64.3 |

Osiadanie fundamentu

Schemat nr 1

Osiadania pierwotne = 0.079 cm

Osiadania wtórne = 0.000 cm

Osiadania całkowite = 0.079 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = 0.00065

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = -0.00007

Przechyłka = 0.00065 rad

Warunek naprężeniowy

$$0.2 \cdot \sigma_{\mu} = 0.2 \cdot 62.25 = 12.45 \sigma_{sd} = 11.51 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 4.00 m

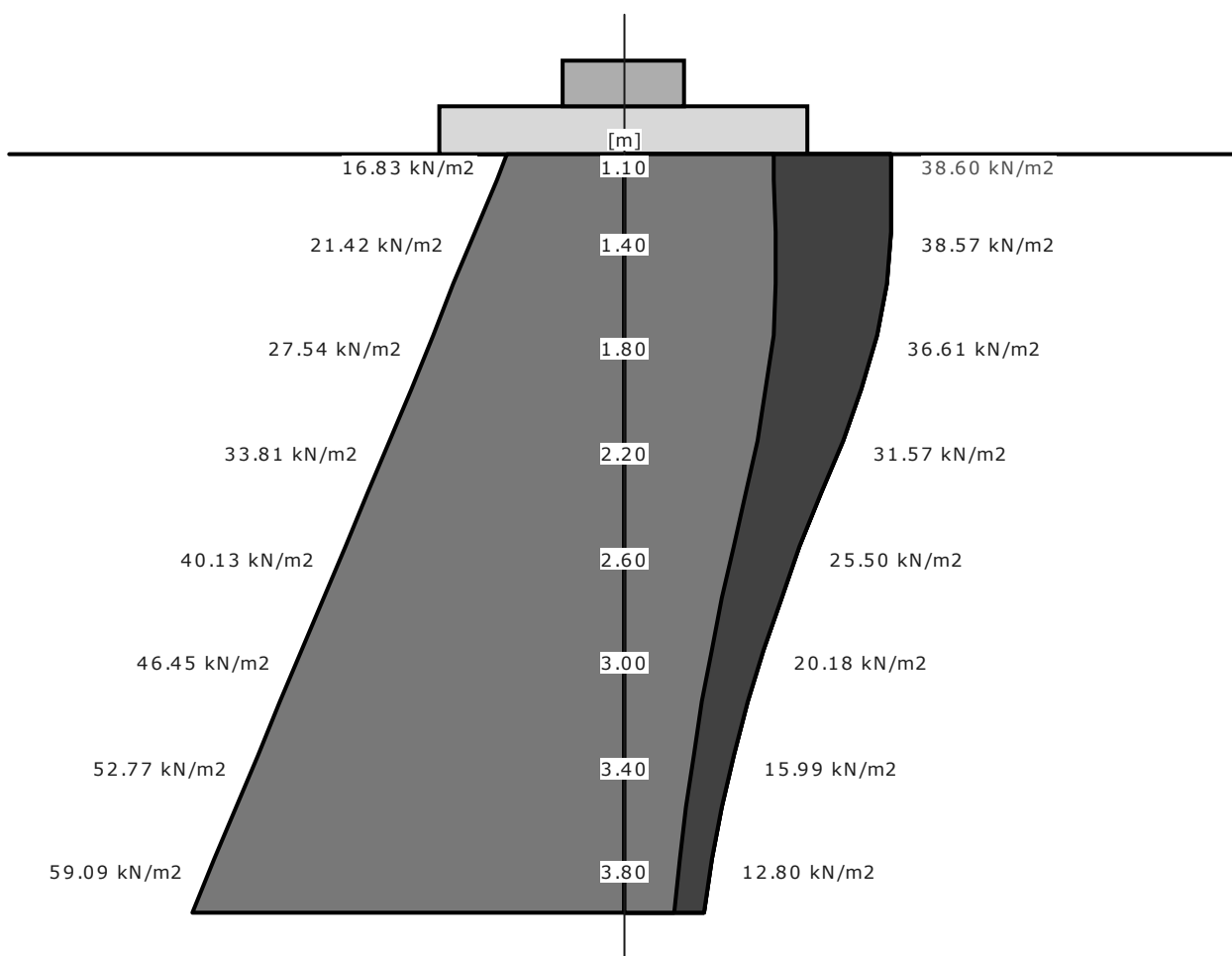


Tabela z wartościami:

| Nr | H [m] | ρ_{zR} [kN/m ²] | ρ_{zS} [kN/m ²] | ρ_{zD} [kN/m ²] | Suma = $\rho_{zS} + \rho_{zD} + \rho_{zDsil} + \rho_{zDfund}$ |
|----|-------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|
| 0 | 1.10 | 16.83 | 16.83 | 21.77 | 38.60 |
| 1 | 1.20 | 18.36 | 16.82 | 21.78 | 38.60 |
| 2 | 1.40 | 21.42 | 16.62 | 21.95 | 38.57 |
| 3 | 1.60 | 24.48 | 15.99 | 22.01 | 38.00 |
| 4 | 1.80 | 27.54 | 14.96 | 21.65 | 36.61 |
| 5 | 2.00 | 30.65 | 13.68 | 20.46 | 34.14 |
| 6 | 2.20 | 33.81 | 12.31 | 19.26 | 31.57 |
| 7 | 2.40 | 36.97 | 10.93 | 17.58 | 28.51 |
| 8 | 2.60 | 40.13 | 9.65 | 15.85 | 25.50 |
| 9 | 2.80 | 43.29 | 8.50 | 14.21 | 22.71 |
| 10 | 3.00 | 46.45 | 7.49 | 12.69 | 20.18 |
| 11 | 3.20 | 49.61 | 6.61 | 11.33 | 17.95 |
| 12 | 3.40 | 52.77 | 5.86 | 10.13 | 15.99 |
| 13 | 3.60 | 55.93 | 5.21 | 9.07 | 14.28 |
| 14 | 3.80 | 59.09 | 4.65 | 8.15 | 12.80 |
| 15 | 4.00 | 62.25 | 4.17 | 7.34 | 11.51 |

Schemat nr 2

Osiadania pierwotne = 0.057 cm

Osiadania wtórne = 0.000 cm

Osiadania całkowite = 0.057 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = -0.00036

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = 0.00009

Przechyłka = 0.00037 rad

Warunek naprężeniowy

$$0.2 \cdot \sigma_{\mu} = 0.2 \cdot 59.09 = 11.82 \sigma_{sd} = 10.82 \left[\frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 3.80 m

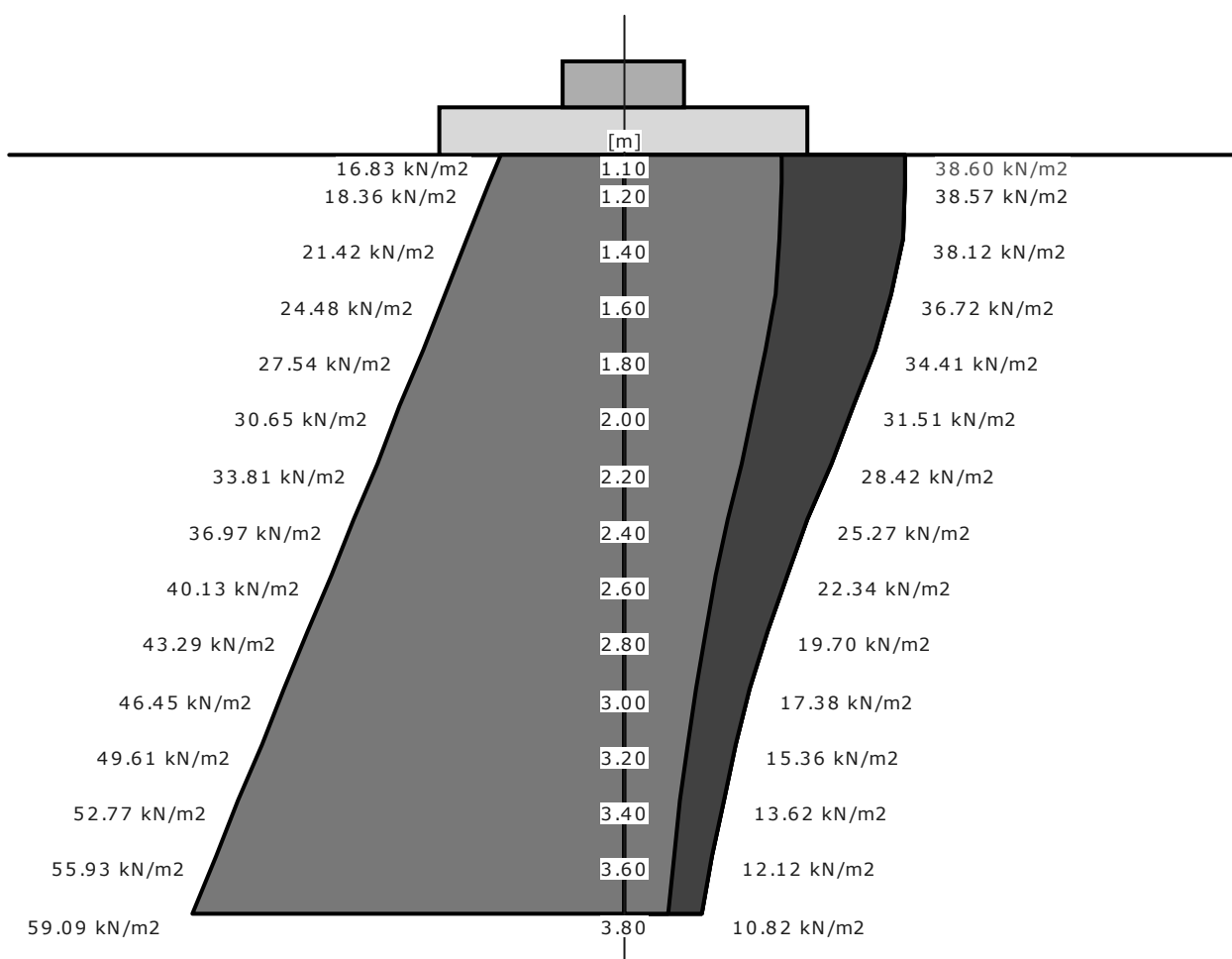


Tabela z wartościami:

| Nr | H [m] | ρ_{zR} [kN/m²] | ρ_{zS} [kN/m²] | ρ_{zD} [kN/m²] | Suma = $\rho_{zS} + \rho_{zD} + \rho_{zDsia} + \rho_{zDfund}$ |
|----|-------|---------------------|---------------------|---------------------|---|
| 0 | 1.10 | 16.83 | 16.83 | 21.77 | 38.60 |
| 1 | 1.20 | 18.36 | 16.82 | 21.76 | 38.57 |
| 2 | 1.40 | 21.42 | 16.62 | 21.51 | 38.12 |
| 3 | 1.60 | 24.48 | 15.99 | 20.73 | 36.72 |
| 4 | 1.80 | 27.54 | 14.96 | 19.45 | 34.41 |
| 5 | 2.00 | 30.65 | 13.68 | 17.84 | 31.51 |
| 6 | 2.20 | 33.81 | 12.31 | 16.11 | 28.42 |
| 7 | 2.40 | 36.97 | 10.93 | 14.34 | 25.27 |
| 8 | 2.60 | 40.13 | 9.65 | 12.69 | 22.34 |
| 9 | 2.80 | 43.29 | 8.50 | 11.20 | 19.70 |
| 10 | 3.00 | 46.45 | 7.49 | 9.89 | 17.38 |

| | | | | | |
|----|------|-------|------|------|-------|
| 11 | 3.20 | 49.61 | 6.61 | 8.75 | 15.36 |
| 12 | 3.40 | 52.77 | 5.86 | 7.76 | 13.62 |
| 13 | 3.60 | 55.93 | 5.21 | 6.91 | 12.12 |
| 14 | 3.80 | 59.09 | 4.65 | 6.17 | 10.82 |

Legenda:

| | |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| H [m] | głębokość liczona od poziomu terenu |
| ρ_{ZR} [kN/m ²] | naprężenia pierwotne |
| ρ_{ZS} [kN/m ²] | naprężenia wtórne |
| ρ_{ZD} [kN/m ²] | naprężenia dodatkowe |