

7. Projekt techniczny stopy fundamentowej

7.1. Założenia

Obiekt posadowiony jest na jednorodnej warstwie piasku drobnego zalegającej do 5m poniżej planowanego fundamentu o następujących parametrach geotechnicznych

$$I_d = 0,40 \quad \gamma = 18,5 \text{ kN/m}^3 \quad \varphi_k = 30^\circ,$$

Na stopie zaplanowano wymieniając od góry:

- 25 cm posadzki betonowej
- 45 cm podsypki piaskowej

Wymiary stopy 2,1x 2,1 x 0,60 m

Wymiary słupa 0,40 x 0,40 m

Na poziomie górnej powierzchni stopy działają następujące oddziaływania obliczeniowe (ze względu na uproszczony schemat obliczeń przyjęto, że za równo moment jak i siła pozioma działa na obu kierunkach z tą samą wartością):

V_d	H_d	M_d
kN	kN	kNm
3499	3,54	5,49

7.2. Sprawdzenie warunku GEO

Wyznaczenie dodatkowych stałych obciążeń

Ciężar własny fundamentu:

$$V_{G1} = 2,1 \cdot 2,1 \cdot 0,60 \cdot 25 = 66,2 \text{ kN}$$

Ciężar posadzki nad fundamentem:

$$V_{G3} = (2,1 \cdot 2,1 - 0,40 \cdot 0,40) \cdot (0,25 \cdot 24 + 0,45 \cdot 18,5) = 60,9 \text{ kN}$$

Łącznie:

$$V_{GF} = (66,2 + 60,9) \cdot 1,35 = 172 \text{ kN}$$

Wyznaczenie mimośrodków

$$e_B = e_L = \frac{M + H \cdot d_f}{V_{GF}} = \frac{5,49 + 3,54 \cdot 0,60}{3499 + 172} = 0,00208 \text{ m} \approx 0$$

Stopa jest obciążona osiowo: $\frac{q_{max}}{q_{min}} = 1,00$

Wyznaczenie parametrów geotechnicznych

Zredukowane wymiary fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 2,1 \text{ m}$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 2,1 \text{ m}$$

Przyjęte w obliczeniach parametry geotechniczne:

$$\varphi_k = 30^\circ \Rightarrow \varphi'_d = 32^\circ,$$

Obliczenie współczynników uwzględniających nachylenie siły wypadkowej działającej w podstawie fundamentu:

$$m_B = m_L = m = \frac{2 + (B'/L')}{1 + (B'/L')} = \frac{2 + 1}{1 + 1} = 1,50$$

Wyznaczenie współczynników nośności granicznej

$$N_q = e^{\pi \operatorname{tg} \varphi'} \operatorname{tg}^2(45^\circ + \varphi'/2) = e^{\pi \operatorname{tg} 32^\circ} \operatorname{tg}^2(45^\circ + 32^\circ/2) = 23,18$$

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \operatorname{tg} \varphi' = 2(23,18 - 1) \cdot \operatorname{tg} 32^\circ = 27,72$$

Wyznaczenie współczynników redukcyjnych

$$i_\gamma = i_q = \left(1 - \frac{H_k}{V_k + A'c' \operatorname{ctg} \varphi'}\right)^m = 1,00$$

Wyznaczenie współczynników kształtu

$$s_q = 1 + (B'/L') \sin \varphi'_k = 1 + 1,00 \cdot \sin 32^\circ = 1,53$$

$$s_\gamma = 1 - 0,3(B'/L') = 1 - 0,3 \cdot 1,00 = 0,70$$

Obciążenie obok fundamentu

$$q' = 24 \cdot 0,25 + 18,5 \cdot (0,45 + 0,60) = 25,4 \text{ kPa}$$

$$\begin{aligned} R_d &= (c' N_c b_c s_c i_c + q' N_q s_q i_q + 0,5 \gamma' B' N_\gamma' b_\gamma' s_\gamma' i_\gamma') B' L' / 1,4 = \\ &= (0 + 25,4 \cdot 23,2 \cdot 1 \cdot 1,53 \cdot 1,0 + 0,5 \cdot 18,5 \cdot 2,1 \cdot 27,7 \cdot 1 \cdot 0,70 \cdot 1,0) \cdot 2,1 \cdot 2,1 / 1,4 = (0 + 902 + 376) \cdot 3,15 = 4026 \text{ kN} > 3671 = V_{d,tot} \end{aligned}$$

$$\frac{V_{d,tot}}{R_d} = \frac{3671}{4026} = 91\%$$

Warunek nośności został spełniony

7.3. Wymiarowanie stopy na zginanie

$$q_{Ed} = \frac{V_d}{B' \cdot L'} = 3499 / 4,41 = 793 \text{ kPa}$$

Wyznaczenie momentów zginających dla średnich naprężeń działających na wspornik

$$s_{LL} = L/2 - 0,35l_s = 2,1/2 - 0,35 \cdot 0,40 = 0,91 \text{ m}$$

$$M_{dL} = B \cdot q_{Ed} \cdot s_{LL}^2 \cdot 0,5 = 2,1 \cdot 793 \cdot 0,91^2 \cdot 0,5 = 690 \text{ kNm} \text{ [9.8.2.2. EC2]}$$

Wyznaczenie powierzchni zbrojenia dla średnich naprężeń działających na wspornik

Przyjęto:

$$c_{nom} = 50 \text{ mm}$$

pręty $\varphi 16$

$$d_L = 0,60 - 0,05 - 0,5 \cdot 0,016 = 0,542 \text{ m}$$

$$d_B = 0,60 - 0,05 - 1,5 \cdot 0,016 = 0,526 \text{ m}$$

$$A_s = M / (f_{yd} \cdot 0,9 \cdot d_B)$$

$$A_s = 690 / (435000 \cdot 0,9 \cdot 0,53) = 33,25 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \\ 0,0013 \end{array} \right\} B \cdot d = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \frac{2,6 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} = 0,00135 \\ 0,0013 \end{array} \right\} \cdot 2,1 \cdot 0,53 = 14,3 \text{ cm}^2$$

$$\text{Przyjęto } 17 \text{ prętów } \varphi 16 A_s = 34,85 \text{ cm}^2$$

Rozmieszczenie zbrojenia wg. Puła O.: Projektowanie fundamentów bezpośrednich według Eurokodu 7.:

$$l_s/L = \frac{0,4}{2,1} = 0,19$$

Pasmo środkowe: $1/2B = 1,05m$ 11 prętów

Pasma skrajne: $1/4B = 0,525m$ 3 pręty

7.4. Wymiarowanie stopy fundamentowej na przebicie

Przykładowe obliczenia dla $a=0,53m$

Pole powierzchni wyznaczonej przez obwód kontrolny

$$A_{cont} = 1,89m^2$$

Długość obwodu kontrolnego

$$u = 4,93m$$

Zredukowana wartość siły przebijającej jest równa:

$$V_{Ed,red} = V_{Ed} - \Delta V_{Ed} = 3499kN - 793kPa \cdot 1,89m^2 = 2000 kN$$

[(6.48) EC2]

Średnie naprężenie styczne w przekroju granicznym:

$$v_{Ed} = \frac{V_{Ed,red}}{ud} = \frac{2000}{4,93 \cdot 0,534} = 765kPa \text{ [(6.49) EC2]}$$

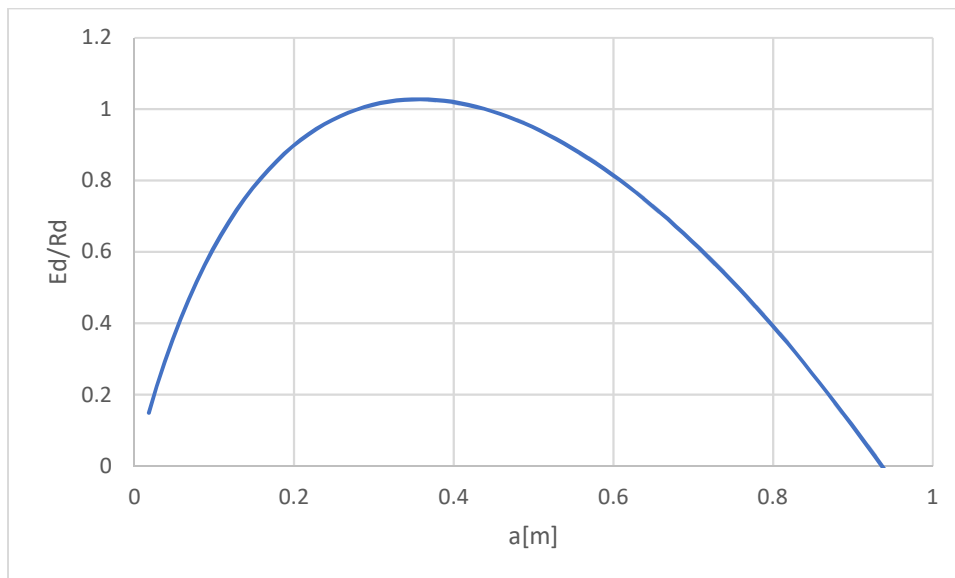
$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{530}} = 1,61 \leq 2,0$$

$$\rho_l = \frac{34,85}{210 \cdot 53} = 0,003$$

$$v_{Rd} = C_{Rd,c} k (100 \rho_l f_{ck})^{(1/3)} \frac{2d}{a} = 0,129 \cdot 1,61 (100 \cdot 0,00313 \cdot 25)^{\frac{1}{3}} \cdot \frac{2 \cdot 0,534}{0,530} = 825kPa \text{ [(6.50) EC2]}$$

$$v_{Rd,min} = 0,035 k^{\frac{3}{2}} \cdot f_{ck}^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{2d}{a} = 0,035 \cdot 1,61^{\frac{3}{2}} \cdot 25^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{2 \cdot 0,534}{0,530} = 705kPa \text{ [(6.50) EC2]}$$

$$\frac{E_d}{R_d} = \frac{v_{Ed}}{v_{Rd}} = \frac{765}{825} = 93\%$$



Należy zwiększyć wymiary fundamentu, lub zabezpieczyć stopę przed przebicciem.

7.5. Obliczenie długości zakotwień [9.8.2.2 EC2]

$$x_{min} = 0,5h = 0,5 \cdot 0,6 = 0,3m$$

$$R = q_{Ed} \cdot x \cdot B = 793 \cdot 0,3 \cdot 2,1 = 500kN$$

$$z_e = 0,5L - 0,5x - 0,35l_s = 0,5 \cdot 2,1 - 0,5 \cdot 0,3 - 0,35 \cdot 0,4 = 0,76m$$

$$z_i = 0,9d = 0,9 \cdot 0,526m = 0,473m$$

$$F_s = R \cdot \frac{z_e}{z_i} = 500 \cdot \frac{0,76}{0,473} = 803kN$$

$$F_{Rs} = 33,3 \cdot 10^{-4} \cdot 435 \cdot 10^3 = 1450kN$$

$$\sigma_{sd} = \frac{f_{yd} \cdot F_s}{F_{Rs}} = \frac{435 \cdot 803}{1450} = 241MPa$$

$$l_{b,rqd} = \frac{\varphi \sigma_{sd}}{4 f_{bd}} = \frac{16 \cdot 241}{4 \cdot 2,90} = 332mm$$