

Wymiarowanie stóp fundamentowych

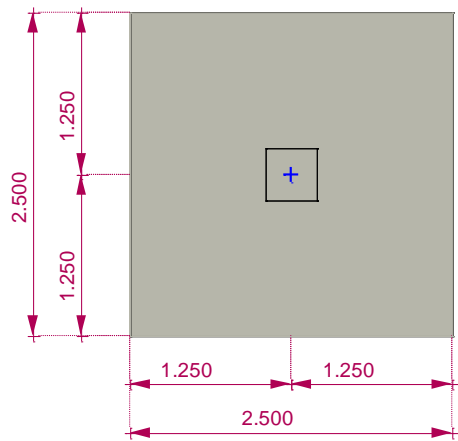
Norma: Eurokod [PL]

Parametry gruntu

Nazwa	Opis	Rzędna wierzchu z_i [m]	Grubość h_i [m]	Gęstość ρ_s [kg/m ³]	Kąt tarcia wewn. φ [°]	Spójność c [kN/m ²]	Moduł sprężystości E_0 [kN/m ²]
CST	Zagęszczony, suchy piasek	0	10	2000	35.00	–	63000

Fundament

Geometria:

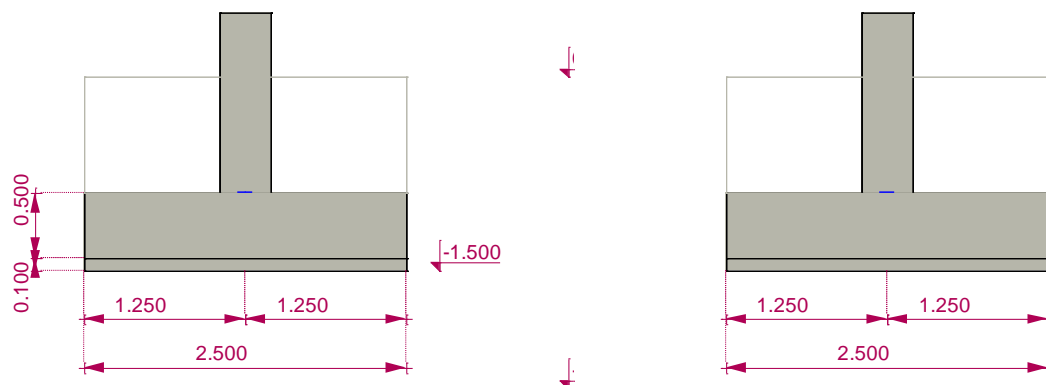


Materiały

- Beton: C25/30
 $f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$
Gęstość: $\rho_C = 2200 \text{ kg/m}^3$
- Żelbet:
Gęstość: $\rho_{RC} = 2500 \text{ kg/m}^3$
- Stal zbrojeniowa
Zbrojenie podłużne: B500A
 $f_{yk} = 500.25 \text{ N/mm}^2$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"



Głębokość posadowienia: $D = 1.5 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru objętościowego materiałów:

$$\text{Beton: } \gamma_{C,k} = \rho_C \cdot g \cdot 10^{-3} = 2200 \cdot 9.810 \cdot 10^{-3} = 21.582 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Żelbet: } \gamma_{RC,k} = \rho_{RC} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2500 \cdot 9.810 \cdot 10^{-3} = 24.525 \text{ kN/m}^3$$

Szerokość stopy fundamentowej: $B = 2.5 \text{ m}$

Długość stopy fundamentowej: $L = 2.5 \text{ m}$

Grubość płyty $h = 0.5 \text{ m}$

Nachylenie podstawy: $\alpha = 0^\circ$

Objętość fundamentu: $V_f = 3.125 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru fundamentu: $G_{f,k} = V_f \cdot \gamma_{RC,k} = 3.125 \cdot 24.525 = 76.641 \text{ kN} (\downarrow)$

Podbeton

Grubość podbetonu: $h_b = 0.1 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru podbetonu: $G_{b,k} = B \cdot L \cdot h_b \cdot \gamma_{C,k} = 2.5 \cdot 2.5 \cdot 0.1 \cdot 21.582 = 13.489 \text{ kN} (\downarrow)$

Grunt zasypowy

Materiał: Zagęszczony, suchy, żwir piaszczysty (BST)

Gęstość gruntu zasypowego: $\rho_{bf} = 2100 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy gruntu zasypowego: $\gamma_{bf} = \rho_{bf} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2100 \cdot 9.810 \cdot 10^{-3} = 20.601 \text{ kN/m}^3$

Objętość gruntu zasypowego: $V_{bf} = 5.481 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru gruntu zasypowego

$$G_{bf,k} = V_{bf} \cdot \gamma_{bf} = 5.481 \cdot 20.601 = 112.91 \text{ kN}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Obliczenie nośności podłoża

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

	Współczynniki częściowe		
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1.35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1.50
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0.00
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{ϕ}	1.00
	Spójność efektywna	γ_c	1.00
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1.00
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1.00
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1.00
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1.40
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1.10
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1.10

Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu $\rho_s = 2000 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \rho_s \cdot g \cdot \gamma_{\gamma} \cdot 10^{-3} = 2000 \cdot 9.810 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 19.62 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewn.: $\phi'_k = 35.00^\circ$

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:

$$\phi' = \text{Arc tg} \frac{\text{tg } \phi'_k}{\gamma_{\phi}} = \text{Arc tg} \frac{\text{tg } 35.00^\circ}{1} = 35.00^\circ$$

Spójność: $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Spójność efektywna: $c' = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{0}{1} = 0 \text{ kN/m}^2$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym $\phi_{cv} = 32.00^\circ$

Charakterystyczny efektywny nacisk od nadkładu w poziomie posadowienia:

$$q'_k = g \cdot \rho_{s,1} \cdot D \cdot 10^{-3} = 9.810 \cdot 2000 \cdot 1.5 \cdot 10^{-3} = 29.43 \text{ kN/m}^2$$

Przypadek obciążenia: **Komb #8** (SGN)

Podp. węzłowa [28]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 0.0064002 \text{ kN}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$F_y = -30.613 \text{ kN}$$

$$F_z = -138.48 \text{ kN}$$

$$M_x = 132.51 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.075482 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-138.48) = 138.48 \text{ kN} (\downarrow)$$

Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{d,x} = F_x = 0.0064002 \text{ kN}$$

$$H_{d,y} = F_y = -30.613 \text{ kN}$$

$$H_d = \sqrt{H_{d,x}^2 + H_{d,y}^2} = \sqrt{0.0064002^2 + (-30.613)^2} = 30.613 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 138.48 + (76.641 + 13.489 + 112.91) \cdot 1.35 = 412.59 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0,x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,x} + G_{bfk} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$
$$= \frac{138.48 \cdot 0 + 0.075482 + 0.0064002 \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (76.641 \cdot 0 + 112.91 \cdot 0) \cdot 1.35}{412.59} = 0 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0,y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,y} + G_{bfk} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$
$$= \frac{138.48 \cdot 0 - 132.51 + (-30.613) \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (76.641 \cdot 0 + 112.91 \cdot 0) \cdot 1.35}{412.59} = -0.366 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 2.5 - |(-0.366)| \cdot 2 = 1.768 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 2.5 - |0| \cdot 2 = 2.5 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1.768 \cdot 2.5 = 4.42 \text{ m}^2$$

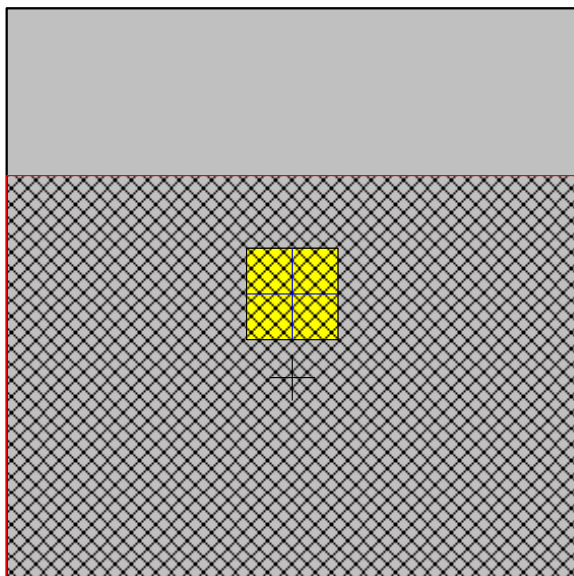
$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{412.59}{4.42} = 93.346 \text{ kN/m}^2$$

$$H_B = -30.613 \text{ kN}$$

$$H_L = 0.0064002 \text{ kN}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon



Obliczeniowe efektywne naprężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \gamma_{\gamma} \cdot q'_k = 1 \cdot 29.43 = 29.43 \text{ kN/m}^2$$

Warunki z odpływem

Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń [PN EN 1997-1 Załącznik D D.4](#)

Współczynniki nośności:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \left(\tan 45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right)^2 = e^{3.1416 \cdot \tan 35.00^\circ} \cdot \left(\tan 45^\circ + \frac{35.00^\circ}{2} \right)^2 = 33.296$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi' = 2 \cdot (33.296 - 1) \cdot \tan 35.00^\circ = 45.228$$

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \varphi'} = \frac{(33.296 - 1)}{\tan 35.00^\circ} = 46.124$$

Współczynniki kształtu podstawy fundamentu:

$$s_{\gamma} = 1 - 0.3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0.3 \cdot \frac{1.768}{2.5} = 0.78784$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi' = 1 + \frac{1.768}{2.5} \cdot \sin 35.00^\circ = 1.4056$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1.4056 \cdot 33.296 - 1}{33.296 - 1} = 1.4182$$

Współczynniki nachylenia podstawy:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$b_{\gamma} = 1$$

$$b_q = b_{\gamma} = 1$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon

$$b_c = 1$$

Współczynniki nachylenia obciążenia:

$$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{1.768}{2.5}}{1 + \frac{1.768}{2.5}} = 1.5858$$

$$m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} = \frac{2 + \frac{2.5}{1.768}}{1 + \frac{2.5}{1.768}} = 1.4142$$

$$m = m_B \cdot \left(\frac{H_B}{H}\right)^2 + m_L \cdot \left(\frac{H_L}{H}\right)^2 = 1.5858 \cdot \left(\frac{-30.613}{30.613}\right)^2 + 1.4142 \cdot \left(\frac{0.0064002}{30.613}\right)^2 = 1.5858$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'}\right]^{(m+1)} = \left[1 - \frac{30.613}{412.59 + 4.42 \cdot 0 \cdot \cotg 35.00^\circ}\right]^{(1.5858+1)} = 0.81927$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'}\right]^m = \left[1 - \frac{30.613}{412.59 + 4.42 \cdot 0 \cdot \cotg 35.00^\circ}\right]^{1.5858} = 0.88493$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tg \varphi'} = 0.88493 - \frac{1 - 0.88493}{46.124 \cdot \tg 35.00^\circ} = 0.88136$$

Współczynniki		Spójność c	Ciężar własny γ	Nadkład q
Współczynniki nośności	N	46.124	45.228	33.296
Współczynniki kształtu podstawy fundamentu	s	1.4182	0.78784	1.4056
Współczynniki nachylenia podstawy	b	1	1	1
Współczynniki nachylenia obciążenia	i	0.88136	0.81927	0.88493

Nośność podłoża:

$$R_{V,d} = \frac{(c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot b_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot b_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \cdot A'}{\gamma_{R,v}} =$$
$$= \frac{(0 \cdot 46.124 \cdot 1.4182 \cdot 1 \cdot 0.88136 + 29.43 \cdot 33.296 \cdot 1.4056 \cdot 1 \cdot 0.88493 + 0.5 \cdot 19.62 \cdot 1.768 \cdot 45.228 \cdot 1 \cdot 0.78784 \cdot 0.81927) \cdot 4.42}{1.4} =$$
$$= 5446.7 \text{ kN}$$

Wykorzystanie nośności:

$$\Lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_{V,d}} = \frac{412.59}{5446.7} = 0.076 \leq \Lambda_{R,v,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Warunek mimośrod

Współczynnik graniczny dla mimośrodu: $\gamma_{ecc,lim} = 0.25$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Podpora	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	V_d [kN]	e_x [m]	e_y [m]	γ_{ecc}	✓ ✗
19.	1.157	-30.818	-82.836	87.743	13.208	285.88	0.049	-0.372	0.1684	✓
19.	1.157	-30.818	-82.836	87.743	13.208	356.94	0.039	-0.298	0.1348	✓
19.	-1.1558	-17.642	-80.133	49.829	-13.194	283.18	-0.049	-0.213	0.1048	✓
19.	-1.1558	-17.642	-80.133	49.829	-13.194	354.24	-0.039	-0.171	0.084	✓
19.	-0.029736	29.157	-72.586	-120.66	-0.33943	275.63	-0.001	0.501	0.2008	✓
19.	-0.029736	29.157	-72.586	-120.66	-0.33943	346.69	-0.001	0.398	0.1596	✓
19.	1.1511	-30.286	-143.94	81.671	13.14	346.98	0.04	-0.288	0.1312	✓
19.	1.1511	-30.286	-143.94	81.671	13.14	418.05	0.033	-0.239	0.1088	✓
19.	-1.1618	-17.11	-141.24	43.757	-13.262	344.28	-0.041	-0.157	0.0792	✓
19.	-1.1618	-17.11	-141.24	43.757	-13.262	415.34	-0.034	-0.13	0.0656	✓
19.	-0.035711	29.689	-133.69	-126.73	-0.40756	336.73	-0.001	0.429	0.172	✓
19.	-0.035711	29.689	-133.69	-126.73	-0.40756	407.8	-0.001	0.354	0.142	✓
19.	-0.020977	-14.16	-148.54	70.705	-0.23937	351.59	-0.001	-0.225	0.0904	✓
19.	-0.020977	-14.16	-148.54	70.705	-0.23937	422.65	-0.001	-0.187	0.0752	✓
20.	1.0527	-28.942	-79.771	81.271	12.395	282.81	0.046	-0.349	0.158	✓
20.	1.0527	-28.942	-79.771	81.271	12.395	353.88	0.037	-0.279	0.1264	✓
20.	-1.0518	-22.606	-80.033	63.613	-12.384	283.08	-0.046	-0.273	0.1276	✓
20.	-1.0518	-22.606	-80.033	63.613	-12.384	354.14	-0.037	-0.218	0.102	✓
20.	-0.012381	30.307	-76.722	-129.78	-0.14579	279.77	-0.001	0.529	0.212	✓
20.	-0.012381	30.307	-76.722	-129.78	-0.14579	350.83	0	0.422	0.1688	✓
20.	1.0534	-28.745	-141.18	78.948	12.403	344.23	0.038	-0.279	0.1268	✓
20.	1.0534	-28.745	-141.18	78.948	12.403	415.29	0.031	-0.232	0.1052	✓
20.	-1.0511	-22.409	-141.44	61.29	-12.376	344.49	-0.038	-0.217	0.102	✓
20.	-1.0511	-22.409	-141.44	61.29	-12.376	415.55	-0.031	-0.18	0.0844	✓
20.	-0.011652	30.505	-138.13	-132.1	-0.13705	341.18	0	0.441	0.1764	✓
20.	-0.011652	30.505	-138.13	-132.1	-0.13705	412.24	0	0.365	0.146	✓
20.	-0.0042446	-15.518	-151.8	85.393	-0.049634	354.84	0	-0.267	0.1068	✓
20.	-0.0042446	-15.518	-151.8	85.393	-0.049634	425.91	0	-0.222	0.0888	✓
21.	1.033	-27.87	-80.036	78	12.238	283.08	0.045	-0.335	0.152	✓
21.	1.033	-27.87	-80.036	78	12.238	354.14	0.036	-0.267	0.1212	✓
21.	-1.0318	-29.072	-80.002	81.372	-12.224	283.05	-0.045	-0.349	0.1576	✓
21.	-1.0318	-29.072	-80.002	81.372	-12.224	354.11	-0.036	-0.279	0.126	✓
21.	0.0015099	29.96	-76.2	-124.78	0.018099	279.24	0	0.511	0.2044	✓
21.	0.0015099	29.96	-76.2	-124.78	0.018099	350.31	0	0.408	0.1632	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

21.	1.038	-28.283	-142.32	82.9	12.297	345.36	0.037	-0.289	0.1304	✓
21.	1.038	-28.283	-142.32	82.9	12.297	416.43	0.031	-0.24	0.1084	✓
21.	-1.0268	-29.485	-142.28	86.272	-12.165	345.33	-0.037	-0.301	0.1352	✓
21.	-1.0268	-29.485	-142.28	86.272	-12.165	416.39	-0.031	-0.25	0.1124	✓
21.	0.0065068	29.547	-138.48	-119.88	0.077084	341.52	0	0.403	0.1612	✓
21.	0.0065068	29.547	-138.48	-119.88	0.077084	412.59	0	0.334	0.1336	✓
21.	0.0073062	-16.106	-152.77	92.173	0.086515	355.81	0	-0.286	0.1144	✓
21.	0.0073062	-16.106	-152.77	92.173	0.086515	426.88	0	-0.239	0.0956	✓
22.	1.0907	-15.962	-77.095	42.489	12.692	280.14	0.048	-0.186	0.0936	✓
22.	1.0907	-15.962	-77.095	42.489	12.692	351.2	0.038	-0.148	0.0744	✓
22.	-1.0893	-25.54	-77.43	67.999	-12.675	280.47	-0.048	-0.297	0.138	✓
22.	-1.0893	-25.54	-77.43	67.999	-12.675	351.54	-0.038	-0.237	0.11	✓
22.	1.0984	-15.956	-135.43	42.419	12.782	338.47	0.04	-0.154	0.0776	✓
22.	1.0984	-15.956	-135.43	42.419	12.782	409.54	0.033	-0.127	0.064	✓
22.	-1.0816	-25.534	-135.76	67.93	-12.586	338.81	-0.039	-0.246	0.114	✓
22.	-1.0816	-25.534	-135.76	67.93	-12.586	409.87	-0.032	-0.203	0.094	✓
23.	1.2116	-12.629	-69.871	33.917	13.616	272.91	0.053	-0.152	0.082	✓
23.	1.2116	-12.629	-69.871	33.917	13.616	343.98	0.042	-0.121	0.0652	✓
23.	-1.2112	-24.955	-72.748	67.018	-13.611	275.79	-0.052	-0.297	0.1396	✓
23.	-1.2112	-24.955	-72.748	67.018	-13.611	346.86	-0.041	-0.236	0.1108	✓
23.	0.031157	21.969	-63.332	-95.677	0.34993	266.38	0.001	0.409	0.164	✓
23.	0.031157	21.969	-63.332	-95.677	0.34993	337.44	0.001	0.323	0.1296	✓
23.	1.2197	-12.546	-114.69	32.989	13.707	317.74	0.045	-0.128	0.0692	✓
23.	1.2197	-12.546	-114.69	32.989	13.707	388.8	0.037	-0.104	0.0564	✓
23.	-1.203	-24.872	-117.57	66.09	-13.52	320.61	-0.044	-0.253	0.1188	✓
23.	-1.203	-24.872	-117.57	66.09	-13.52	391.68	-0.036	-0.207	0.0972	✓
26.	1.1571	30.95	-82.836	-89.249	13.208	285.88	0.049	0.377	0.1704	✓
26.	1.1571	30.95	-82.836	-89.249	13.208	356.94	0.039	0.302	0.1364	✓
26.	-1.1558	17.765	-80.134	-51.235	-13.194	283.18	-0.049	0.219	0.1072	✓
26.	-1.1558	17.765	-80.134	-51.235	-13.194	354.24	-0.039	0.175	0.0856	✓
26.	-0.029838	-28.863	-72.584	117.31	-0.34061	275.63	-0.001	-0.488	0.1956	✓
26.	-0.029838	-28.863	-72.584	117.31	-0.34061	346.69	-0.001	-0.388	0.1556	✓
26.	1.151	31.485	-143.94	-95.351	13.14	346.98	0.04	0.329	0.1476	✓
26.	1.151	31.485	-143.94	-95.351	13.14	418.05	0.033	0.273	0.1224	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

26.	-1.1619	18.299	-141.24	-57.338	-13.263	344.28	-0.041	0.198	0.0956	✓
26.	-1.1619	18.299	-141.24	-57.338	-13.263	415.34	-0.034	0.164	0.0792	✓
26.	-0.020946	15.517	-148.54	-86.194	-0.2391	351.59	-0.001	0.272	0.1092	✓
26.	-0.020946	15.517	-148.54	-86.194	-0.2391	422.65	-0.001	0.226	0.0908	✓
26.	-0.035867	-28.329	-133.69	111.2	-0.40945	336.73	-0.001	-0.381	0.1528	✓
26.	-0.035867	-28.329	-133.69	111.2	-0.40945	407.79	-0.001	-0.314	0.126	✓
27.	1.0527	29.002	-79.771	-81.971	12.395	282.81	0.046	0.351	0.1588	✓
27.	1.0527	29.002	-79.771	-81.971	12.395	353.88	0.037	0.281	0.1272	✓
27.	-1.0518	22.659	-80.033	-64.236	-12.384	283.08	-0.046	0.275	0.1284	✓
27.	-1.0518	22.659	-80.033	-64.236	-12.384	354.14	-0.037	0.22	0.1028	✓
27.	-0.012461	-30.203	-76.723	128.55	-0.14682	279.77	-0.001	-0.524	0.21	✓
27.	-0.012461	-30.203	-76.723	128.55	-0.14682	350.83	0	-0.418	0.1672	✓
27.	1.0534	29.2	-141.18	-84.299	12.403	344.23	0.038	0.296	0.1336	✓
27.	1.0534	29.2	-141.18	-84.299	12.403	415.29	0.031	0.245	0.1104	✓
27.	-1.0512	22.857	-141.44	-66.564	-12.376	344.49	-0.038	0.233	0.1084	✓
27.	-1.0512	22.857	-141.44	-66.564	-12.376	415.55	-0.031	0.193	0.0896	✓
27.	-0.0042153	16.012	-151.8	-91.215	-0.049475	354.84	0	0.284	0.1136	✓
27.	-0.0042153	16.012	-151.8	-91.215	-0.049475	425.91	0	0.237	0.0948	✓
27.	-0.011783	-30.006	-138.13	126.23	-0.13874	341.18	0	-0.423	0.1692	✓
27.	-0.011783	-30.006	-138.13	126.23	-0.13874	412.24	0	-0.35	0.14	✓
28.	-1.0318	28.991	-80.002	-80.418	-12.224	283.05	-0.045	0.346	0.1564	✓
28.	-1.0318	28.991	-80.002	-80.418	-12.224	354.11	-0.036	0.276	0.1248	✓
28.	0.0014566	-30.203	-76.2	127.66	0.017154	279.24	0	-0.522	0.2088	✓
28.	0.0014566	-30.203	-76.2	127.66	0.017154	350.31	0	-0.416	0.1664	✓
28.	-1.0269	28.582	-142.28	-75.564	-12.166	345.33	-0.037	0.268	0.122	✓
28.	-1.0269	28.582	-142.28	-75.564	-12.166	416.39	-0.031	0.223	0.1016	✓
28.	0.0073062	15.051	-152.77	-79.668	0.08659	355.81	0	0.249	0.0996	✓
28.	0.0073062	15.051	-152.77	-79.668	0.08659	426.88	0	0.208	0.0832	✓
28.	0.0064002	-30.613	-138.48	132.51	0.075482	341.52	0	-0.442	0.1768	✓
28.	0.0064002	-30.613	-138.48	132.51	0.075482	412.59	0	-0.366	0.1464	✓
29.	1.0908	15.959	-77.095	-42.461	12.692	280.14	0.048	0.186	0.0936	✓
29.	1.0908	15.959	-77.095	-42.461	12.692	351.2	0.038	0.148	0.0744	✓
29.	-1.0893	25.547	-77.43	-68.075	-12.676	280.47	-0.048	0.297	0.138	✓
29.	-1.0893	25.547	-77.43	-68.075	-12.676	351.54	-0.038	0.237	0.11	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

29.	1.0984	15.97	-135.43	-42.58	12.781	338.47	0.04	0.154	0.0776	✓
29.	1.0984	15.97	-135.43	-42.58	12.781	409.54	0.033	0.127	0.064	✓
29.	-1.0816	25.557	-135.76	-68.194	-12.587	338.81	-0.039	0.247	0.1144	✓
29.	-1.0816	25.557	-135.76	-68.194	-12.587	409.87	-0.032	0.204	0.0944	✓
30.	1.2117	12.642	-69.871	-34.071	13.616	272.91	0.053	0.153	0.0824	✓
30.	1.2117	12.642	-69.871	-34.071	13.616	343.98	0.042	0.121	0.0652	✓
30.	-1.2112	24.973	-72.748	-67.222	-13.611	275.79	-0.052	0.298	0.14	✓
30.	-1.2112	24.973	-72.748	-67.222	-13.611	346.86	-0.041	0.237	0.1112	✓
30.	0.031051	-21.925	-63.33	95.187	0.34902	266.37	0.001	-0.407	0.1632	✓
30.	0.031051	-21.925	-63.33	95.187	0.34902	337.44	0.001	-0.321	0.1288	✓
30.	1.2197	12.725	-114.69	-35.003	13.707	317.74	0.045	0.134	0.0716	✓
30.	1.2197	12.725	-114.69	-35.003	13.707	388.8	0.037	0.11	0.0588	✓
30.	-1.2031	25.056	-117.57	-68.155	-13.521	320.61	-0.044	0.259	0.1212	✓
30.	-1.2031	25.056	-117.57	-68.155	-13.521	391.68	-0.036	0.212	0.0992	✓
19.	-0.0030642	0.35367	-96.474	-4.0372	-0.03496	299.52	0	0.014	0.0056	✓
20.	0.0005862	0.13185	-97.73	-1.5524	0.0070059	300.77	0	0.005	0.002	✓
21.	0.0028066	-0.27359	-98.446	3.2413	0.033406	301.49	0	-0.011	0.0044	✓
22.	0.0041922	0.0049727	-93.232	-0.057869	0.048873	296.28	0	0	0	✓
23.	0.0042988	0.055166	-79.679	-0.61996	0.048217	282.72	0	0.002	0.0008	✓
26.	-0.0030909	0.35541	-96.474	-4.0575	-0.035299	299.52	0	0.014	0.0056	✓
27.	0.00056843	0.13216	-97.73	-1.5562	0.0066803	300.77	0	0.005	0.002	✓
28.	0.0028066	-0.27093	-98.446	3.2102	0.033078	301.49	0	-0.011	0.0044	✓
29.	0.0041922	0.007816	-93.232	-0.090836	0.048526	296.28	0	0	0	✓
30.	0.0042633	0.055422	-79.679	-0.62284	0.047837	282.72	0	0.002	0.0008	✓

gdzie:

$$V_d = -F_z + (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G,unfav}$$

$$\gamma_{ecc} = \left| \frac{e_x}{b_x} \right| + \left| \frac{e_y}{b_y} \right|$$

Wartości mimośrodów uwzględniają dodatkowy moment w poziomie posadowienia od

sił poziomych

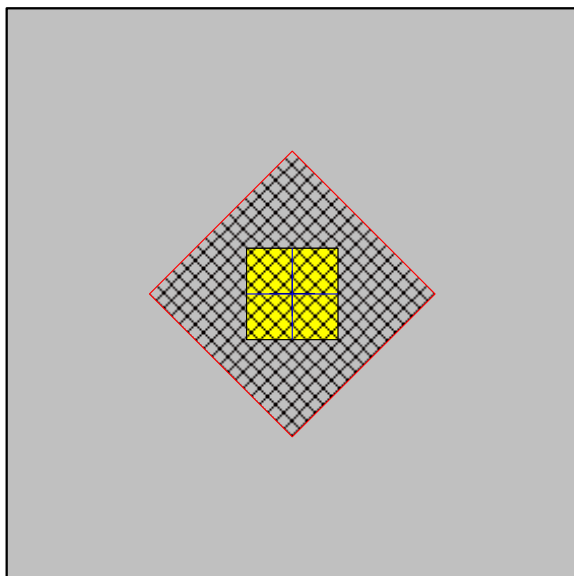
DA : Metoda wymiarowania PN EN 1997-1 2.4.7.3.4 (Design Approaches)

 γ_G : Współczynnik częściowy ciężaru własnego fundamentu

$$\gamma_{ecc,max} = 0.212 \leq \gamma_{ecc,lim} = 0.25 \quad \text{spełniony!}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon

**Warunek stateczności**

$$\gamma_{G,dst} = 1.1$$

$$\gamma_{G,stab} = 0.9$$

Wartość obliczeniowa ciężaru fundamentu: $G_{f,d} = G_{f,k} \cdot \gamma_{G,stab} = 76.641 \cdot 0.9 = 68.977 \text{ kN}$

Wartość obliczeniowa ciężaru podbetonu: $G_{b,d} = G_{b,k} \cdot \gamma_{G,stab} = 13.489 \cdot 0.9 = 12.14 \text{ kN}$

Wartość obliczeniowa ciężaru gruntu zasypowego: $G_{bf,d} = G_{bf,k} \cdot \gamma_{G,stab} = 112.91 \cdot 0.9 = 101.62 \text{ kN}$

Wartość stosunku odległości między osią obrotu a krawędzią fundamentu do wymiaru fundamentu: $\gamma_{\omega} = 0.1$

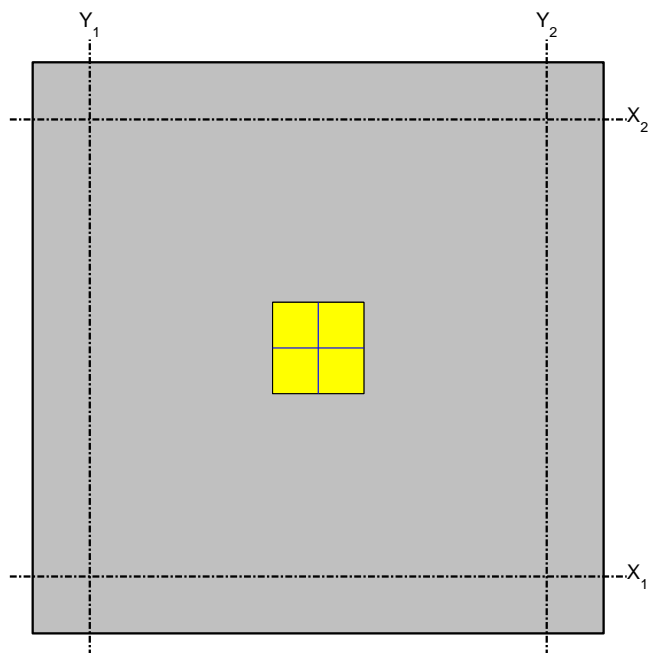
Odległość między osią obrotu a środkiem podstawy fundamentu

$$e_{EQU,x} = \frac{b_x \cdot (1 - \gamma_{\omega})}{2} = \frac{2.5 \cdot (1 - 0.1)}{2} = 1.125 \text{ m}$$

$$e_{EQU,y} = \frac{b_y \cdot (1 - \gamma_{\omega})}{2} = \frac{2.5 \cdot (1 - 0.1)}{2} = 1.125 \text{ m}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon



Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_1 -

Przypadek obciążenia: **Komb #4** (SGN)

Podp. węzłowa [27]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -0.012461 \text{ kN}$$

$$F_y = -30.203 \text{ kN}$$

$$F_z = -76.723 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$M_x = 128.55 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.14682 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-76.723) = 76.723 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{x1, stb} &= F_y \cdot h + (-V) \cdot e_{EQU, y} + (-G_{f, d}) \cdot e_{EQU, y} + (-G_{b, d}) \cdot e_{EQU, y} + (-G_{bf, d}) \cdot e_{EQU, y} = \\ &= (-30.203) \cdot 0.5 + (-76.723) \cdot 1.125 + (-68.977) \cdot 1.125 + (-12.14) \cdot 1.125 + (-101.62) \cdot 1.125 = -307 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{x1, dst} = M_x = 128.55 = 128.55 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU, x1} = \left| \frac{M_{x1, dst}}{M_{x1, stb}} \right| = \left| \frac{128.55}{(-307)} \right| = 0.41875 \leq \Lambda_{EQU, lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_2 -

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon

AxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Przypadek obciążenia: **Komb #3** (SGN)**Podp. węzłowa [20]**

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -0.012381 \text{ kN}$$

$$F_y = 30.307 \text{ kN}$$

$$F_z = -76.722 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$M_x = -129.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.14579 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-76.722) = 76.722 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{x2, stb} &= F_y \cdot h + (-V) \cdot (-e_{EQU,y}) + (-G_{f,d}) \cdot (-e_{EQU,y}) + (-G_{b,d}) \cdot -e_{EQU,y} + (-G_{bf,d}) \cdot (-e_{EQU,y}) = \\ &= 30.307 \cdot 0.5 + (-76.722) \cdot (-1.125) + (-68.977) \cdot (-1.125) + (-12.14) \cdot -1.125 + (-101.62) \cdot (-1.125) = \\ &= 307.05 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{x2, dst} = M_x = (-129.78) = -129.78 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,x2} = \left| \frac{M_{x2, dst}}{M_{x2, stb}} \right| = \left| \frac{(-129.78)}{307.05} \right| = 0.42266 \leq \Lambda_{EQU, lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_1 -Przypadek obciążenia: **Komb #2** (SGN)**Podp. węzłowa [30]**

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -1.2112 \text{ kN}$$

$$F_y = 24.973 \text{ kN}$$

$$F_z = -72.748 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$M_x = -67.222 \text{ kNm}$$

$$M_y = -13.611 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-72.748) = 72.748 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{y1, stb} &= V \cdot e_{EQU,x} + G_{f,d} \cdot e_{EQU,x} + G_{b,d} \cdot e_{EQU,x} + G_{bf,d} \cdot e_{EQU,x} = \\ &= 72.748 \cdot 1.125 + 68.977 \cdot 1.125 + 12.14 \cdot 1.125 + 101.62 \cdot 1.125 = 287.42 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{y1, dst} = M_y + F_x \cdot h = (-13.611) + (-1.2112) \cdot 0.5 = -14.217 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,y1} = \left| \frac{M_{y1, dst}}{M_{y1, stb}} \right| = \left| \frac{(-14.217)}{287.42} \right| = 0.049462 \leq \Lambda_{EQU, lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_2 -

Przypadek obciążenia: **Komb #1** (SGN)

Podp. węzłowa [30]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 1.2117 \text{ kN}$$

$$F_y = 12.642 \text{ kN}$$

$$F_z = -69.871 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$M_x = -34.071 \text{ kNm}$$

$$M_y = 13.616 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-69.871) = 69.871 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{y2, stb} &= V \cdot (-e_{EQU, x}) + G_{f, d} \cdot (-e_{EQU, x}) + G_{b, d} \cdot -e_{EQU, x} + G_{bf, d} \cdot (-e_{EQU, x}) = \\ &= 69.871 \cdot (-1.125) + 68.977 \cdot (-1.125) + 12.14 \cdot -1.125 + 101.62 \cdot (-1.125) = -284.19 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{y2, dst} = M_y + F_x \cdot h = 13.616 + 1.2117 \cdot 0.5 = 14.222 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU, y2} = \left| \frac{M_{y2, dst}}{M_{y2, stb}} \right| = \left| \frac{14.222}{(-284.19)} \right| = 0.050046 \leq \Lambda_{EQU, lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU, max} = 0.423 \leq \Lambda_{EQU, lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Obliczenie przesunięcia (poślizgu)

Przesunięcie (poślizg) fundamentu na gruncie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G, unfav}$	1.35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G, fav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q, unfav}$	1.50
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q, fav}$	0.00

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon

M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_ϕ	1.00
	Spójność efektywna	γ_c	1.00
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1.00
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1.00
	Ciężar objętościowy	γ_γ	1.00
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1.40
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1.10
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1.10

Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu $\rho_s = 2000 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \rho_s \cdot g \cdot \gamma_\gamma \cdot 10^{-3} = 2000 \cdot 9.810 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 19.62 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewn.: $\phi'_k = 35.00^\circ$

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:

$$\phi' = \text{Arc tg} \frac{\text{tg } \phi'_k}{\gamma_\phi} = \text{Arc tg} \frac{\text{tg } 35.00^\circ}{1} = 35.00^\circ$$

Spójność: $c'_k = 0 \text{ kN/m}^2$

Spójność efektywna: $c' = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{0}{1} = 0 \text{ kN/m}^2$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym $\phi_{cv} = 32.00^\circ$

Przypadek obciążenia: **Komb #1** (SGN)

Podp. węzłowa [26]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 1.1571 \text{ kN}$$

$$F_y = 30.95 \text{ kN}$$

$$F_z = -82.836 \text{ kN}$$

$$M_x = -89.249 \text{ kNm}$$

$$M_y = 13.208 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-82.836) = 82.836 \text{ kN} (\downarrow)$$

Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 1.1571 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 30.95 \text{ kN}$$

$$H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{1.1571^2 + 30.95^2} = 30.972 \text{ kN}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G_{fav}} = 82.836 + (76.641 + 13.489 + 112.91) \cdot 1 = 285.88 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0,x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,x} + G_{bfk} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G_{fav}}}{V_d} =$$
$$= \frac{82.836 \cdot 0 + 13.208 + 1.1571 \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (76.641 \cdot 0 + 112.91 \cdot 0) \cdot 1}{285.88} = 0.049 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0,y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,y} + G_{bfk} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G_{fav}}}{V_d} =$$
$$= \frac{82.836 \cdot 0 - (-89.249) + 30.95 \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (76.641 \cdot 0 + 112.91 \cdot 0) \cdot 1}{285.88} = 0.377 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 2.5 - |0.377| \cdot 2 = 1.746 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 2.5 - |0.049| \cdot 2 = 2.402 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1.746 \cdot 2.402 = 4.1939 \text{ m}^2$$

Nośność na przesunięcie (poślizg) z odpływem

$$\delta_k = \varphi_{cv} = 32.00^\circ$$

Obliczeniowa wartość kąta tarcia wewnętrznego na styku konstrukcji z gruntem:

$$\delta_d = \text{Arc tg} \left(\frac{\text{tg } \delta_k}{\gamma_\phi} \right) = \text{Arc tg} \left(\frac{\text{tg } 32.00^\circ}{1} \right) = 32.00^\circ$$

Nośność na przesunięcie (poślizg): [PN EN 1997-1 6.5.3 \(8\)P \(6.3a\)](#)

$$R_d = V_d \cdot \text{tg } \delta_d = 285.88 \cdot \text{tg } 32.00^\circ = 178.64 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):

$$\Lambda_{R,h,s} = \left| \frac{H_d}{R_d} \right| = \left| \frac{30.972}{178.64} \right| = 0.173 \leq \Lambda_{R,h,s,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Przesunięcie (poślizg) fundamentu na podbetonie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

[PN EN 1997-1 Załącznik A](#)

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G_{unfav}}$	1.35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G_{fav}}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q_{unfav}}$	1.50
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q_{fav}}$	0.00

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_ϕ	1.00
	Spójność efektywna	γ_c	1.00
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1.00
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1.00
	Ciężar objętościowy	γ_γ	1.00
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1.40
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1.10
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1.10

Przypadek obciążenia: **Komb #3** (SGN)

Podp. węzłowa [20]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -0.012381 \text{ kN}$$

$$F_y = 30.307 \text{ kN}$$

$$F_z = -76.722 \text{ kN}$$

$$M_x = -129.78 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.14579 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-76.722) = 76.722 \text{ kN} (\downarrow)$$

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu podbetonu

$$H_{d,x} = F_x = -0.012381 \text{ kN}$$

$$H_{d,y} = F_y = 30.307 \text{ kN}$$

$$H_d = \sqrt{H_{d,x}^2 + H_{d,y}^2} = \sqrt{(-0.012381)^2 + 30.307^2} = 30.307 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G,fav} = 76.722 + (76.641 + 112.91) \cdot 1 = 266.28 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0,x} + M_y + F_x \cdot (h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,x} + G_{bfk} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$
$$= \frac{76.722 \cdot 0 + (-0.14579) + (-0.012381) \cdot (0.5 + 0) + (76.641 \cdot 0 + 112.91 \cdot 0) \cdot 1}{266.28} = -0.001 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0,y} - M_x + F_y \cdot (h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,y} + G_{bfk} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$
$$= \frac{76.722 \cdot 0 - (-129.78) + 30.307 \cdot (0.5 + 0) + (76.641 \cdot 0 + 112.91 \cdot 0) \cdot 1}{266.28} = 0.544 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 2.5 - |0.544| \cdot 2 = 1.412 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$L' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 2.5 - |(-0.001)| \cdot 2 = 2.498 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1.412 \cdot 2.498 = 3.5272 \text{ m}^2$$

Współczynnik tarcia między fundamentem a podbetonem: $\mu_{cc} = 0.7$

Współczynnik częściowy dla tarcia między elementami: $\gamma_\mu = 1$

Nośność na przesunięcie (poślizg):

$$R_d = V_d \cdot \frac{\mu_{cc}}{\gamma_\mu} = 266.28 \cdot \frac{0.7}{1} = 186.39 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):

$$\Lambda_{R,h,b} = \left| \frac{H_d}{R_d} \right| = \left| \frac{30.307}{186.39} \right| = 0.163 \leq \Lambda_{R,h,b,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Sprawdzenie fundamentu

Wymiarowanie zbrojenia

$$d_x = h - u_{B,x} = 0.5 - 0.106 = 0.394 \text{ m}$$

$$d_y = h - u_{B,y} = 0.5 - 0.118 = 0.382 \text{ m}$$

Zbrojenie podłużne

	X	Y
Górne	Ø 12 mm 13 mm²	Ø 12 mm 13 mm²
Dolne	Ø 12 mm 13 mm²	Ø 12 mm 13 mm²

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

$$\varepsilon_{cu} = -3.500 \text{ ‰}$$

Współczynnik określający efektywną wysokość strefy ściskanej:

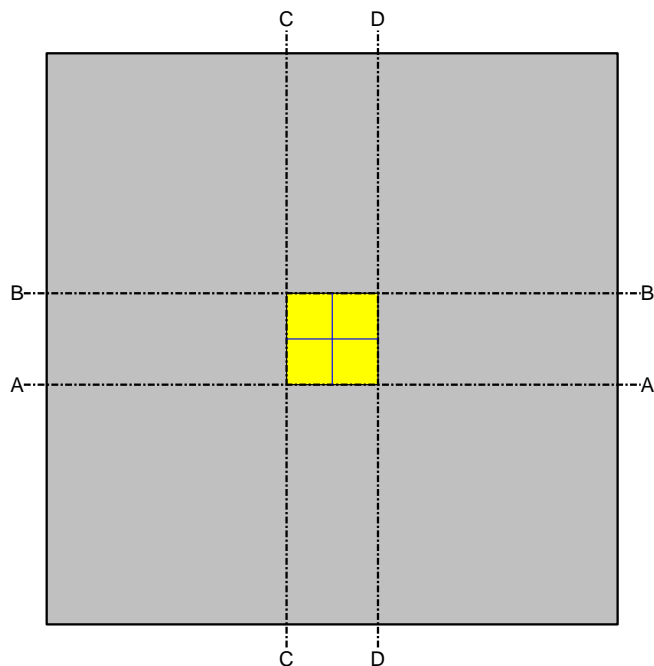
$$\lambda = 0.8 \quad \text{PN EN 1992-1-1 3.1.7 (3.19)}$$

Współczynnik określający efektywną wytrzymałość:

$$\eta = 1 \quad \text{PN EN 1992-1-1 3.1.7 (3.21)}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"



Momenty w analizowanych przekrojach poprzecznych:

	Analizowany przekrój poprzeczny	m_d kNm/m	Przypadek obciążenia
1.	A-A	54.523	Komb #8
2.	B-B	54.422	Komb #7
3.	C-C	54.523	Komb #8
4.	D-D	54.523	Komb #8

Sytuacja obliczeniowa:

Trwała i przejściowa

$$\alpha_{cc} = 1$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1.4 \quad f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot \frac{25}{1.4} = 17.857 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500.25 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_s = 1.15 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.25}{1.15} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$\xi_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \lambda = \frac{(-0.0035)}{(-0.0035) - \frac{f_{yd}}{2E + 08}} \cdot 0.8 = 0.49339$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Wymiarowanie zbrojenia podłużnego na moment zginający M_y

Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny C-C i D-D

Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_{d,(C-C)} = 54.523 \text{ kNm/m} \geq m_{d,(D-D)} = 54.523 \text{ kNm/m} \rightarrow m_d = 54.523 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 54.523 \text{ kNm/m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \zeta_0 = 0.394 \cdot 0.49339 = 0.1944 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 0.394 - \sqrt{0.394^2 - \frac{2 \cdot 54.523}{1 \cdot 17857}} = 0.0078272 \text{ m} \leq x_{c0} = 0.1944 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot x_c}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 17857 \cdot 0.0078272}{435000} = 0.00032132 \text{ m}^2/\text{m} = 321 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = \frac{0.26 \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0.0013 = \frac{0.26 \cdot 2565}{500250} \geq 0.0013 = 0.0013331 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0.0013331 \cdot 0.394 = 0.00052525 \text{ m}^2/\text{m} = 525 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,min} > a_{s1,c} \rightarrow a_{s1} = a_{s,min} = 525 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0.5 = 1 \text{ m} > 0.25 \rightarrow s_{max,slabs} = 0.25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_s}{a_{s,min}} = \frac{0.0001131}{0.00052525} = 0.21532 \text{ m} = 215 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne: $\varnothing 12/215 \text{ mm}$ ($a_{s,prov} = 525 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Wymiarowanie zbrojenia podłużnego na moment zginający M_x

Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny A-A i B-B

Zbrojenie rozciągane w kierunku y

$$m_{d,(A-A)} = 54.523 \text{ kNm/m} \geq m_{d,(B-B)} = 54.422 \text{ kNm/m} \rightarrow m_d = 54.523 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 54.523 \text{ kNm/m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \zeta_0 = 0.382 \cdot 0.49339 = 0.18848 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 0.382 - \sqrt{0.382^2 - \frac{2 \cdot 54.523}{1 \cdot 17857}} = 0.0080784 \text{ m} \leq x_{c0} = 0.18848 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot x_c}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 17857 \cdot 0.0080784}{435000} = 0.00033162 \text{ m}^2/\text{m} = 332 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$\rho_{l,min} = \frac{0.26 \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0.0013 = \frac{0.26 \cdot 2565}{500250} \geq 0.0013 = 0.0013331 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

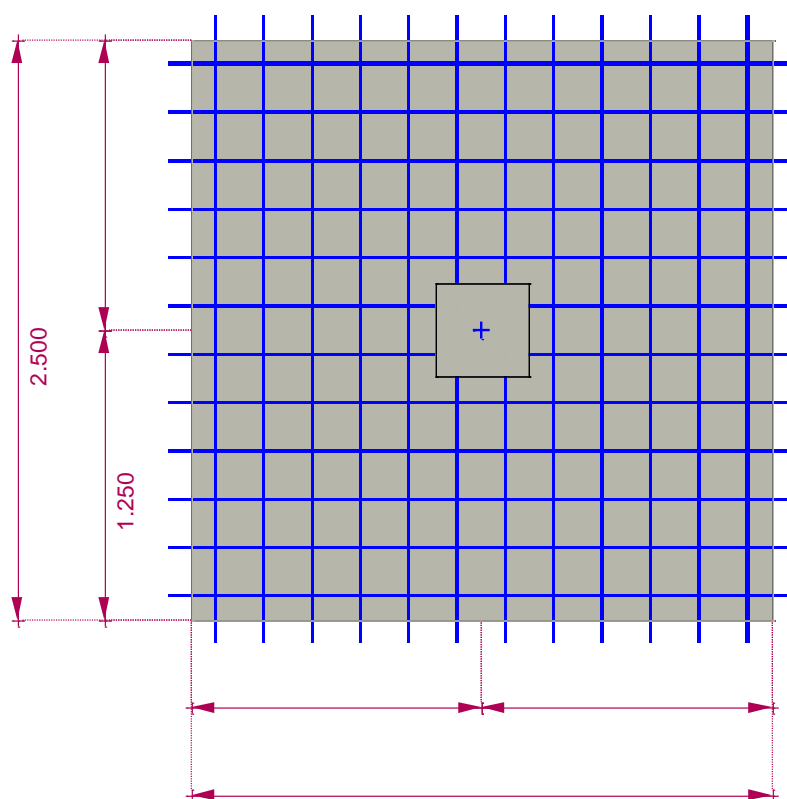
$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0.0013331 \cdot 0.382 = 0.00050925 \text{ m}^2/\text{m} = 509 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,min} > a_{s1,c} \rightarrow a_{s1} = a_{s,min} = 509 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0.5 = 1 \text{ m} > 0.25 \rightarrow s_{max,slabs} = 0.25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_s}{a_{s,min}} = \frac{0.0001131}{0.00050925} = 0.22209 \text{ m} = 222 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne: $\varnothing 12/222 \text{ mm}$ ($a_{s,prov} = 509 \text{ mm}^2/\text{m}$)



Wyznaczanie osiadania

Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża
SLS (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik F

PN EN 1997-1 Załącznik A

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

Współczynniki częściowe			
A0	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1.00
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0.00
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{ϕ}	1.00
	Spójność efektywna	γ_c	1.00
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1.00
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1.00
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1.00
R1	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1.00
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1.00
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1.00

EN 1997-1 2.4.8 (2) Wartość współczynnika częściowego dla stanu granicznego użyteczności powinna normalnie wynosić 1.0.

Przypadek obciążenia: **Komb #9** (SGU Quasi-stała)

Podp. węzłowa [21]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 0.0028066 \text{ kN}$$

$$F_y = -0.27359 \text{ kN}$$

$$F_z = -98.446 \text{ kN}$$

$$M_x = 3.2413 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0.033406 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-98.446) = 98.446 \text{ kN} (\downarrow)$$

Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 0.0028066 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = -0.27359 \text{ kN}$$

$$H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{0.0028066^2 + (-0.27359)^2} = 0.2736 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 98.446 + (76.641 + 13.489 + 112.91) \cdot 1 = 301.49 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0,x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{f,k} \cdot e_{f,x} + G_{bf,k} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

$$= \frac{98.446 \cdot 0 + 0.033406 + 0.0028066 \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (76.641 \cdot 0 + 112.91 \cdot 0) \cdot 1}{301.49} = 0 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{fy} + G_{bfk} \cdot e_{bfy}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$
$$= \frac{98.446 \cdot 0 - 3.2413 + (-0.27359) \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (76.641 \cdot 0 + 112.91 \cdot 0) \cdot 1}{301.49} = -0.011 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 2.5 - |(-0.011)| \cdot 2 = 2.478 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 2.5 - |0| \cdot 2 = 2.5 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 2.478 \cdot 2.5 = 6.195 \text{ m}^2$$

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{301.49}{6.195} = 48.667 \text{ kN/m}^2$$

$$H_B = -0.27359 \text{ kN}$$

$$H_L = 0.0028066 \text{ kN}$$

$$E_s = \frac{1}{m_v} = \frac{(1 - \mu) \cdot E_{s,irr}}{(1 + \mu) \cdot (1 - 2 \cdot \mu)}$$

Napężenie normalne pod narożnikiem prostokątnej powierzchni obciążenia na głębokości z wynosi:

$$\sigma_z = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\text{Arc tg} \left(\frac{b}{z} \cdot \frac{a \cdot (a^2 + b^2) - 2 \cdot a \cdot z \cdot (r - z)}{z \cdot (a^2 + b^2) \cdot (r - z) - z \cdot (r - z)^2} \right) \right] + \left[\frac{b \cdot z}{b^2 + z^2} \cdot \frac{a \cdot (r^2 + z^2)}{(a^2 + z^2) \cdot r} \right] \quad \text{za Steinbrennerem}$$

gdzie:

p jest obciążeniem równomiernie rozłożonym na powierzchni nacisku

a i b są długością i szerokością prostokątnej powierzchni nacisku

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$$

Napężenie w punkcie charakterystycznym:

$$\sigma_{z,a} = \sigma_{z,I} + \sigma_{z,II} + \sigma_{z,III} + \sigma_{z,IV}$$

	a	b
$\sigma_{z,I}$	$(0.5 - 0.37) \cdot L' = 0.325$	$(0.5 - 0.37) \cdot B' = 0.32214$
$\sigma_{z,II}$	$(0.5 + 0.37) \cdot L' = 2.175$	$(0.5 - 0.37) \cdot B' = 0.32214$
$\sigma_{z,III}$	$(0.5 + 0.37) \cdot L' = 2.175$	$(0.5 + 0.37) \cdot B' = 2.1559$
$\sigma_{z,IV}$	$(0.5 + 0.37) \cdot B' = 2.1559$	$(0.5 - 0.37) \cdot L' = 0.325$

Odległość punktu charakterystycznego do osi środkowych powierzchni obciążonej wynosi $0.37B'$ i $0.37L'$.

Efektywne napężenie od nadkładu w podstawie fundamentu:

$$q' = \gamma_\gamma \cdot \text{Sum} \gamma_i \cdot h_i$$

$$q' = 29.43 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne napężenie pionowe od obciążenia fundamentem w poziomie posadowienia:

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{301.49}{6.195} = 48.667 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E,d} = 48.667 \text{ kN/m}^2$$

$$p = q_{E,d} - q' = 48.667 - 29.43 = 19.237 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem na głębokości oddziaływania:

$$\sigma_{D_{lim}} = 9.4846 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie od nadkładu na głębokości oddziaływania:

$$q_{D_{lim}} = 47.423 \text{ kN/m}^2$$

Głębokość oddziaływania:

$$D_{lim} = -2.4171 \text{ m}$$

Głębokość ta zwykle może być przyjęta jako głębokość, na której efektywne naprężenie pionowe od fundamentu stanowi 20% efektywnego naprężenia od nadkładu.:

Osiadanie:

$$s = \sum s_i$$

$$s = 0.187 \text{ mm}$$

$$s = 0.187 \text{ mm} \leq s_{lim} = 50.000 \text{ mm} \quad \text{spełniony!}$$

i	z_0 [m]	h_i [m]	$h_{i,eq}$ [m]	σ_z [kN/m ²]	q' [kN/m ²]	σ_z/q' [%]	s_i [mm]	$\sum s_i$ [mm]
0.	0	0	0	0	0	—	0	0
1.	-0.1	0.1	0.1	0	1.962	0	0	0
2.	-0.2	0.1	0.1	0	3.924	0	0	0
3.	-0.3	0.1	0.1	0	5.886	0	0	0
4.	-0.4	0.1	0.1	0	7.848	0	0	0
5.	-0.5	0.1	0.1	0	9.81	0	0	0
6.	-0.6	0.1	0.1	0	11.772	0	0	0
7.	-0.7	0.1	0.1	0	13.734	0	0	0
8.	-0.8	0.1	0.1	0	15.696	0	0	0
9.	-0.9	0.1	0.1	0	17.658	0	0	0
10.	-1	0.1	0.1	0	19.62	0	0	0
11.	-1.1	0.1	0.1	0	21.582	0	0	0
12.	-1.2	0.1	0.1	0	23.544	0	0	0
13.	-1.3	0.1	0.1	0	25.506	0	0	0
14.	-1.4	0.1	0.1	0	27.468	0	0	0
15.	-1.5	0.1	0.1	19.237	29.43	65.364	0	0
16.	-1.6	0.1	0.1	19.032	31.392	60.628	0.027	0.027
17.	-1.7	0.1	0.1	18.017	33.354	54.017	0.026	0.054

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

AxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

18.	- 1.8	0.1	0.1	16.422	35.316	46.501	0.025	0.078
19.	- 1.9	0.1	0.1	14.765	37.278	39.608	0.022	0.101
20.	- 2	0.1	0.1	13.303	39.24	33.902	0.020	0.121
21.	- 2.1	0.1	0.1	12.088	41.202	29.339	0.018	0.139
22.	- 2.2	0.1	0.1	11.093	43.164	25.7	0.017	0.155
23.	- 2.3	0.1	0.1	10.272	45.126	22.763	0.015	0.171
24.	- 2.4	0.1	0.1	9.5847	47.088	20.355	0.014	0.185
25.	- 2.4171	0.017073	0.017073	9.4846	47.423	20	0.002	0.187
26.	- 2.5	0.082927	0.082927	8.9982	49.05	18.345	0.011	0.198
27.	- 2.6	0.1	0.1	8.4883	51.012	16.64	0.012	0.211
28.	- 2.7	0.1	0.1	8.0372	52.974	15.172	0.012	0.222
29.	- 2.8	0.1	0.1	7.6321	54.936	13.893	0.011	0.234
30.	- 2.9	0.1	0.1	7.2633	56.898	12.766	0.011	0.244

gdzie

z_0 : Głębokość

h_i : Grubość warstwy gruntu

$h_{i,eq}$: Równoważna grubość

$$h_{i,eq} = h_i \cdot \left(\frac{E_{s,i}}{E_s} \cdot \frac{\rho}{\rho_i} \right)^{\frac{1}{2.5}}$$

gdzie

ρ_i : Gęstość warstwy gruntu

$E_{s,i}$: Moduł ścisłości warstwy gruntu

E_s : Moduł ścisłości referencyjnej warstwy gruntu

$$E_s = \frac{E_0}{1 - \frac{2 \cdot \mu^2}{1 - \mu}}$$

ρ : Gęstość referencyjnej warstwy gruntu

σ_z : Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem

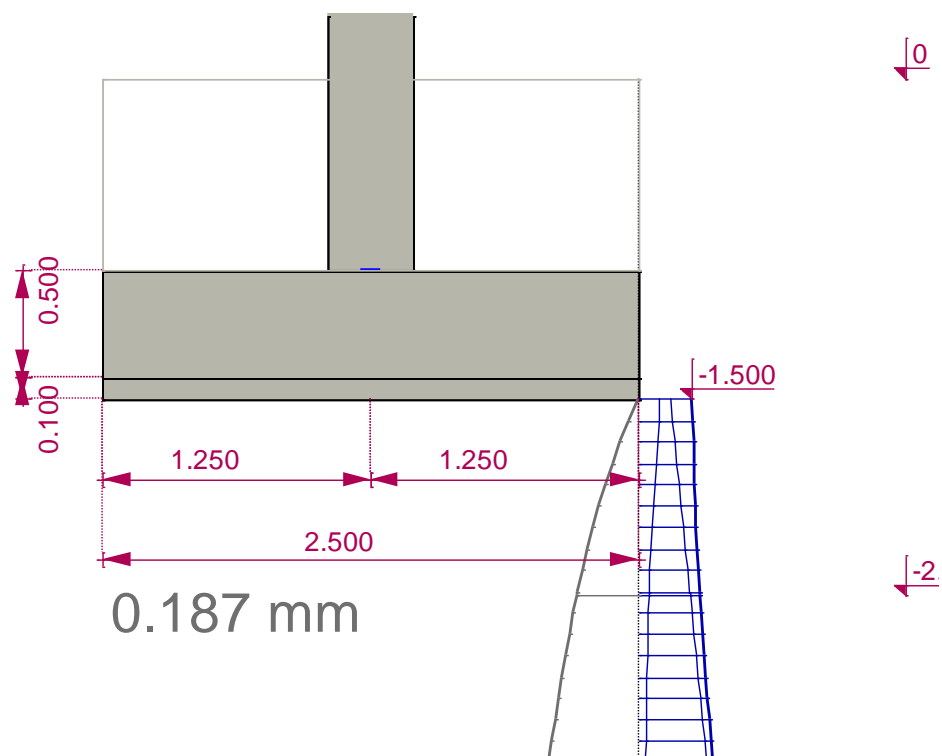
q : Efektywne naprężenie od nadkładu

s_i : Osiadanie warstwy gruntu

s_z : Całkowite osiadanie na danej głębokości

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"



Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

Wymiarowanie stóp fundamentowych

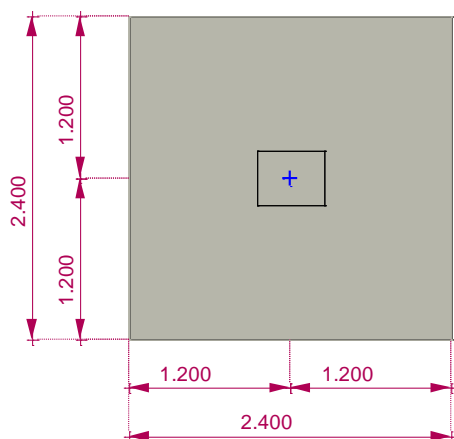
Norma: Eurokod [PL]

Parametry gruntu

Nazwa	Opis	Rzędna wierzchu z_i [m]	Grubość h_i [m]	Gęstość ρ_s [kg/m ³]	Kąt tarcia wewn. φ [°]	Spójność c [kN/m ²]	Moduł sprężystości E_0 [kN/m ²]
JP7	Miękkoplastyczny, chudy ił (e = 0,7)	0	10	2100	11.00	15	1869.2

Fundament

Geometria:



Materialy

Beton: C25/30

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$$

Gęstość: $\rho_C = 2200 \text{ kg/m}^3$

Żelbet:

Gęstość: $\rho_{RC} = 2500 \text{ kg/m}^3$

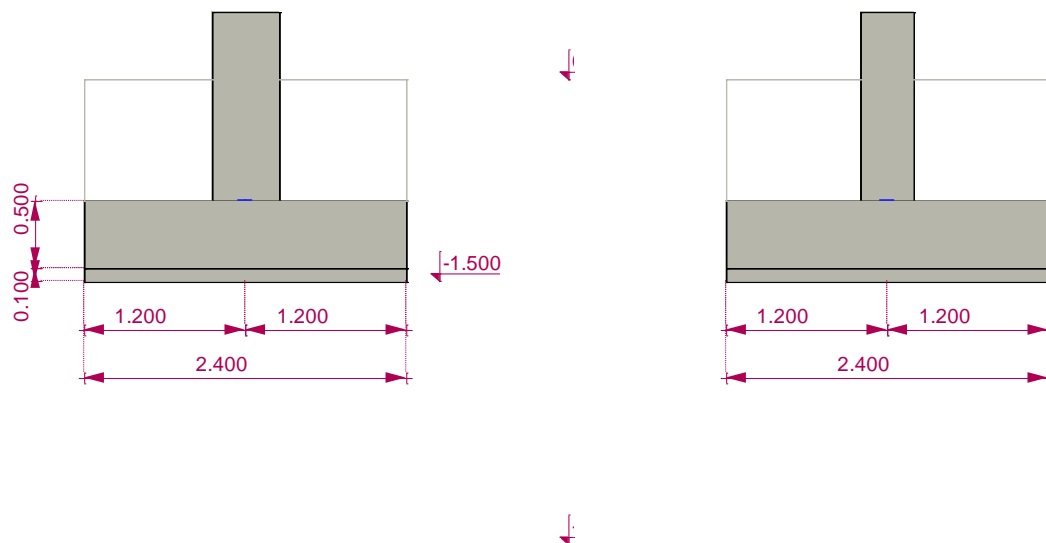
Stal zbrojeniowa

Zbrojenie podłużne: B500A

$$f_{yk} = 500.25 \text{ N/mm}^2$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym



Głębokość posadowienia: $D = 1.5 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru objętościowego materiałów:

$$\text{Beton: } \gamma_{C,k} = \rho_C \cdot g \cdot 10^{-3} = 2200 \cdot 9.810 \cdot 10^{-3} = 21.582 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{Żelbet: } \gamma_{RC,k} = \rho_{RC} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2500 \cdot 9.810 \cdot 10^{-3} = 24.525 \text{ kN/m}^3$$

Szerokość stopy fundamentowej: $B = 2.4 \text{ m}$

Długość stopy fundamentowej: $L = 2.4 \text{ m}$

Grubość płyty $h = 0.5 \text{ m}$

Nachylenie podstawy: $\alpha = 0^\circ$

Objętość fundamentu: $V_f = 2.88 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru fundamentu: $G_{f,k} = V_f \cdot \gamma_{RC,k} = 2.88 \cdot 24.525 = 70.632 \text{ kN} (\downarrow)$

Podbeton

Grubość podbetonu: $h_b = 0.1 \text{ m}$

Charakterystyczna wartość ciężaru podbetonu: $G_{b,k} = B \cdot L \cdot h_b \cdot \gamma_{C,k} = 2.4 \cdot 2.4 \cdot 0.1 \cdot 21.582 = 12.431 \text{ kN} (\downarrow)$

Grunt zasypowy

Materiał: Zagęszczony, suchy, żwir piaszczysty (BST)

Gęstość gruntu zasypowego: $\rho_{bf} = 2100 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy gruntu zasypowego: $\gamma_{bf} = \rho_{bf} \cdot g \cdot 10^{-3} = 2100 \cdot 9.810 \cdot 10^{-3} = 20.601 \text{ kN/m}^3$

Objętość gruntu zasypowego: $V_{bf} = 5.004 \text{ m}^3$

Charakterystyczna wartość ciężaru gruntu zasypowego

$$G_{bf,k} = V_{bf} \cdot \gamma_{bf} = 5.004 \cdot 20.601 = 103.09 \text{ kN}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon VM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Obliczenie nośności podłoża

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

	Współczynniki częściowe		
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1.35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1.50
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0.00
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{φ}	1.00
	Spójność efektywna	γ_c	1.00
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1.00
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1.00
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1.00
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1.40
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1.10
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1.10

Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu $\rho_s = 2100 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \rho_s \cdot g \cdot \gamma_{\gamma} \cdot 10^{-3} = 2100 \cdot 9.810 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 20.601 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewn.: $\varphi'_k = 11.00^\circ$

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:

$$\varphi' = \text{Arc tg} \frac{\text{tg } \varphi'_k}{\gamma_{\varphi}} = \text{Arc tg} \frac{\text{tg } 11.00^\circ}{1} = 11.00^\circ$$

Spójność: $c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$

Spójność efektywna: $c' = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{15}{1} = 15 \text{ kN/m}^2$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym $\varphi_{cv} = 13.00^\circ$

Charakterystyczny efektywny nacisk od nadkładu w poziomie posadowienia:

$$q'_k = g \cdot \rho_{s,1} \cdot D \cdot 10^{-3} = 9.810 \cdot 2100 \cdot 1.5 \cdot 10^{-3} = 30.902 \text{ kN/m}^2$$

Przypadek obciążenia: **Komb #5** (SGN)

Podp. węzłowa [4]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 29.194 \text{ kN}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$F_y = -0.10002 \text{ kN}$$

$$F_z = -417.31 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.88017 \text{ kNm}$$

$$M_y = 202.36 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-417.31) = 417.31 \text{ kN} (\downarrow)$$

Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{d,x} = F_x = 29.194 \text{ kN}$$

$$H_{d,y} = F_y = -0.10002 \text{ kN}$$

$$H_d = \sqrt{H_{d,x}^2 + H_{d,y}^2} = \sqrt{29.194^2 + (-0.10002)^2} = 29.194 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 417.31 + (70.632 + 12.431 + 103.09) \cdot 1.35 = 668.62 \text{ kN}$$

Mimośrodek siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$\begin{aligned} e_x &= \frac{V \cdot e_{0,x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,x} + G_{bfk} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} = \\ &= \frac{417.31 \cdot 0 + 202.36 + 29.194 \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (70.632 \cdot 0 + 103.09 \cdot 0) \cdot 1.35}{668.62} = 0.329 \text{ m} \\ e_y &= \frac{V \cdot e_{0,y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,y} + G_{bfk} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} = \\ &= \frac{417.31 \cdot 0 - 0.88017 + (-0.10002) \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (70.632 \cdot 0 + 103.09 \cdot 0) \cdot 1.35}{668.62} = -0.001 \text{ m} \end{aligned}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 2.4 - |0.329| \cdot 2 = 1.742 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 2.4 - |(-0.001)| \cdot 2 = 2.398 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1.742 \cdot 2.398 = 4.1773 \text{ m}^2$$

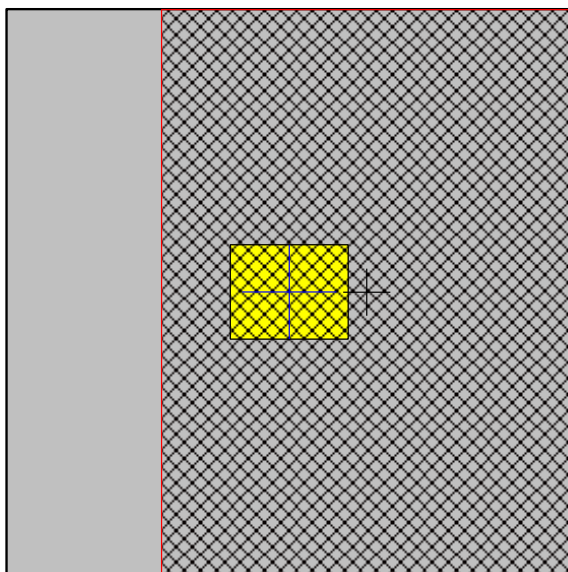
$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{668.62}{4.1773} = 160.06 \text{ kN/m}^2$$

$$H_B = 29.194 \text{ kN}$$

$$H_L = -0.10002 \text{ kN}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"



Obliczeniowe efektywne naprężenie od nadkładu w poziomie podstawy fundamentu:

$$q' = \gamma_{\gamma} \cdot q'_k = 1 \cdot 30.902 = 30.902 \text{ kN/m}^2$$

Warunki z odpływem

Bezwymiarowe współczynniki do obliczeń [PN EN 1997-1 Załącznik D D.4](#)

Współczynniki nośności:

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \varphi'} \cdot \left(\tan 45^\circ + \frac{\varphi'}{2} \right)^2 = e^{3.1416 \cdot \tan 11.00^\circ} \cdot \left(\tan 45^\circ + \frac{11.00^\circ}{2} \right)^2 = 2.7102$$

$$N_{\gamma} = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \varphi' = 2 \cdot (2.7102 - 1) \cdot \tan 11.00^\circ = 0.66485$$

$$N_c = \frac{(N_q - 1)}{\tan \varphi'} = \frac{(2.7102 - 1)}{\tan 11.00^\circ} = 8.7981$$

Współczynniki kształtu podstawy fundamentu:

$$s_{\gamma} = 1 - 0.3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0.3 \cdot \frac{1.742}{2.398} = 0.78207$$

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin \varphi' = 1 + \frac{1.742}{2.398} \cdot \sin 11.00^\circ = 1.1386$$

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1.1386 \cdot 2.7102 - 1}{2.7102 - 1} = 1.2197$$

Współczynniki nachylenia podstawy:

$$\alpha = 0^\circ$$

$$b_{\gamma} = 1$$

$$b_q = b_{\gamma} = 1$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

$$b_c = 1$$

Współczynniki nachylenia obciążenia:

$$m_B = \frac{2 + \frac{B'}{L'}}{1 + \frac{B'}{L'}} = \frac{2 + \frac{1.742}{2.398}}{1 + \frac{1.742}{2.398}} = 1.5792$$

$$m_L = \frac{2 + \frac{L'}{B'}}{1 + \frac{L'}{B'}} = \frac{2 + \frac{2.398}{1.742}}{1 + \frac{2.398}{1.742}} = 1.4208$$

$$m = m_B \cdot \left(\frac{H_B}{H}\right)^2 + m_L \cdot \left(\frac{H_L}{H}\right)^2 = 1.5792 \cdot \left(\frac{29.194}{29.194}\right)^2 + 1.4208 \cdot \left(\frac{(-0.10002)}{29.194}\right)^2 = 1.5792$$

$$i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'}\right]^{(m+1)} = \left[1 - \frac{29.194}{668.62 + 4.1773 \cdot 15 \cdot \cotg 11.00^\circ}\right]^{(1.5792+1)} = 0.92577$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V_d + A' \cdot c' \cdot \cotg \varphi'}\right]^m = \left[1 - \frac{29.194}{668.62 + 4.1773 \cdot 15 \cdot \cotg 11.00^\circ}\right]^{1.5792} = 0.95387$$

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tg \varphi'} = 0.95387 - \frac{1 - 0.95387}{8.7981 \cdot \tg 11.00^\circ} = 0.9269$$

Współczynniki		Spójność c	Ciężar własny γ	Nadkład q
Współczynniki nośności	N	8.7981	0.66485	2.7102
Współczynniki kształtu podstawy fundamentu	s	1.2197	0.78207	1.1386
Współczynniki nachylenia podstawy	b	1	1	1
Współczynniki nachylenia obciążenia	i	0.9269	0.92577	0.95387

Nośność podłoża:

$$R_{V,d} = \frac{(c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot b_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot b_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma) \cdot A'}{\gamma_{R,v}} =$$
$$= \frac{(15 \cdot 8.7981 \cdot 1.2197 \cdot 1 \cdot 0.9269 + 30.902 \cdot 2.7102 \cdot 1.1386 \cdot 1 \cdot 0.95387 + 0.5 \cdot 20.601 \cdot 1.742 \cdot 0.66485 \cdot 1 \cdot 0.78207 \cdot 0.92577) \cdot 4.17}{1.4}$$
$$= 742.34 \text{ kN}$$

Wykorzystanie nośności:

$$\Lambda_{R,v} = \frac{V_d}{R_{V,d}} = \frac{668.62}{742.34} = 0.901 \leq \Lambda_{R,v,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Warunek mimośrod

Współczynnik graniczny dla mimośrodu: $\gamma_{ecc,lim} = 0.25$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Podpora	F_x [kN]	F_y [kN]	F_z [kN]	M_x [kNm]	M_y [kNm]	V_d [kN]	e_x [m]	e_y [m]	γ_{ecc}	✓ ✗
3.	31.892	-0.062848	-131.66	0.55305	158.4	317.81	0.559	-0.002	0.23375	✓
3.	31.892	-0.062848	-131.66	0.55305	158.4	382.96	0.464	-0.002	0.19417	✓
3.	-23.089	-0.025837	-134.15	0.22731	-148.64	320.3	-0.507	-0.001	0.21167	✓
3.	-23.089	-0.025837	-134.15	0.22731	-148.64	385.45	-0.422	-0.001	0.17625	✓
3.	-22.924	6.2804	-132.21	-55.266	-53.084	318.36	-0.21	0.185	0.16458	✓
3.	-22.924	6.2804	-132.21	-55.266	-53.084	383.52	-0.174	0.154	0.13667	✓
3.	-14.512	-6.517	-176.68	55.622	-41.368	362.83	-0.138	-0.164	0.12583	✓
3.	-14.512	-6.517	-176.68	55.622	-41.368	427.98	-0.117	-0.139	0.10667	✓
3.	-28.235	-0.029963	-417.14	0.26361	-193.92	603.29	-0.35	0	0.14583	✓
3.	-28.235	-0.029963	-417.14	0.26361	-193.92	668.44	-0.315	0	0.13125	✓
3.	-28.07	6.2763	-415.2	-55.23	-98.369	601.35	-0.192	0.098	0.12083	✓
3.	-28.07	6.2763	-415.2	-55.23	-98.369	666.51	-0.173	0.089	0.10917	✓
3.	-19.658	-6.5212	-459.67	55.658	-86.653	645.82	-0.152	-0.092	0.10167	✓
3.	-19.658	-6.5212	-459.67	55.658	-86.653	710.97	-0.138	-0.084	0.0925	✓
4.	23.193	-0.026223	-134.19	0.23081	149.55	320.34	0.51	-0.001	0.21292	✓
4.	23.193	-0.026223	-134.19	0.23081	149.55	385.49	0.424	-0.001	0.17708	✓
4.	-31.788	-0.051417	-131.69	0.45244	-157.49	317.84	-0.556	-0.002	0.2325	✓
4.	-31.788	-0.051417	-131.69	0.45244	-157.49	382.99	-0.461	-0.001	0.1925	✓
4.	22.812	5.9718	-132.2	-52.551	52.103	318.35	0.207	0.176	0.15958	✓
4.	22.812	5.9718	-132.2	-52.551	52.103	383.5	0.172	0.146	0.1325	✓
4.	15.059	-6.2535	-176.8	53.302	46.187	362.95	0.152	-0.157	0.12875	✓
4.	15.059	-6.2535	-176.8	53.302	46.187	428.1	0.129	-0.133	0.10917	✓
4.	29.194	-0.10002	-417.31	0.88017	202.36	603.46	0.364	-0.002	0.1525	✓
4.	29.194	-0.10002	-417.31	0.88017	202.36	668.62	0.329	-0.001	0.1375	✓
4.	28.814	5.898	-415.32	-51.901	104.92	601.47	0.203	0.092	0.12292	✓
4.	28.814	5.898	-415.32	-51.901	104.92	666.63	0.183	0.083	0.11083	✓
4.	21.061	-6.3272	-459.93	53.952	98.999	646.08	0.173	-0.089	0.10917	✓
4.	21.061	-6.3272	-459.93	53.952	98.999	711.23	0.157	-0.081	0.099167	✓
5.	31.199	-0.045537	-129.78	0.40071	156.07	315.93	0.553	-0.001	0.23083	✓
5.	31.199	-0.045537	-129.78	0.40071	156.07	381.09	0.459	-0.001	0.19167	✓
5.	-22.926	-0.018838	-132.22	0.16569	-148.88	318.37	-0.511	-0.001	0.21333	✓
5.	-22.926	-0.018838	-132.22	0.16569	-148.88	383.53	-0.424	0	0.17667	✓
5.	-21.576	6.2617	-166.95	-55.101	-55.986	353.1	-0.195	0.167	0.15083	✓
5.	-21.576	6.2617	-166.95	-55.101	-55.986	418.26	-0.165	0.141	0.1275	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

5.	-14.561	-6.4155	-170.91	55.323	-44.461	357.06	-0.149	-0.166	0.13125	✓
5.	-14.561	-6.4155	-170.91	55.323	-44.461	422.21	-0.126	-0.14	0.11083	✓
5.	-28.854	-0.023088	-408.67	0.20312	-201.05	594.83	-0.367	0	0.15292	✓
5.	-28.854	-0.023088	-408.67	0.20312	-201.05	659.98	-0.331	0	0.13792	✓
5.	-27.504	6.2574	-443.41	-55.064	-108.15	629.56	-0.198	0.093	0.12125	✓
5.	-27.504	6.2574	-443.41	-55.064	-108.15	694.71	-0.179	0.085	0.11	✓
5.	-20.489	-6.4198	-447.36	55.361	-96.627	633.51	-0.172	-0.093	0.11042	✓
5.	-20.489	-6.4198	-447.36	55.361	-96.627	698.66	-0.156	-0.085	0.10042	✓
6.	22.822	-0.021538	-132.19	0.18954	147.97	318.35	0.508	-0.001	0.21208	✓
6.	22.822	-0.021538	-132.19	0.18954	147.97	383.5	0.422	-0.001	0.17625	✓
6.	-31.303	-0.03987	-129.76	0.35074	-156.98	315.91	-0.556	-0.001	0.23208	✓
6.	-31.303	-0.03987	-129.76	0.35074	-156.98	381.06	-0.461	-0.001	0.1925	✓
6.	21.688	5.9547	-166.97	-52.4	56.967	353.12	0.198	0.159	0.14875	✓
6.	21.688	5.9547	-166.97	-52.4	56.967	418.27	0.167	0.134	0.12542	✓
6.	14.014	-6.1516	-170.8	53.001	39.642	356.95	0.135	-0.159	0.1225	✓
6.	14.014	-6.1516	-170.8	53.001	39.642	422.1	0.114	-0.134	0.10333	✓
6.	27.895	-0.095254	-408.54	0.83815	192.61	594.69	0.352	-0.002	0.1475	✓
6.	27.895	-0.095254	-408.54	0.83815	192.61	659.84	0.317	-0.001	0.1325	✓
6.	26.76	5.881	-443.31	-51.751	101.61	629.46	0.187	0.088	0.11458	✓
6.	26.76	5.881	-443.31	-51.751	101.61	694.62	0.169	0.08	0.10375	✓
6.	19.086	-6.2253	-447.14	53.649	84.281	633.29	0.151	-0.091	0.10083	✓
6.	19.086	-6.2253	-447.14	53.649	84.281	698.45	0.137	-0.082	0.09125	✓
7.	31.04	-0.028209	-129.74	0.24845	154.67	315.9	0.549	-0.001	0.22917	✓
7.	31.04	-0.028209	-129.74	0.24845	154.67	381.05	0.455	-0.001	0.19	✓
7.	-22.661	-0.011795	-132.08	0.10401	-146.54	318.23	-0.503	0	0.20958	✓
7.	-22.661	-0.011795	-132.08	0.10401	-146.54	383.38	-0.418	0	0.17417	✓
7.	-20.936	6.2483	-174.2	-54.983	-56.371	360.35	-0.191	0.163	0.1475	✓
7.	-20.936	6.2483	-174.2	-54.983	-56.371	425.5	-0.162	0.138	0.125	✓
7.	-14.327	-6.2396	-172.1	54.907	-42.396	358.25	-0.142	-0.164	0.1275	✓
7.	-14.327	-6.2396	-172.1	54.907	-42.396	423.4	-0.12	-0.139	0.10792	✓
7.	-28.164	-0.016126	-408.49	0.14209	-194.97	594.64	-0.356	0	0.14833	✓
7.	-28.164	-0.016126	-408.49	0.14209	-194.97	659.8	-0.321	0	0.13375	✓
7.	-26.439	6.2439	-450.61	-54.945	-104.8	636.76	-0.189	0.092	0.11708	✓
7.	-26.439	6.2439	-450.61	-54.945	-104.8	701.91	-0.172	0.084	0.10667	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

7.	-19.83	-6.2439	-448.51	54.945	-90.824	634.66	-0.162	-0.092	0.10583	✓
7.	-19.83	-6.2439	-448.51	54.945	-90.824	699.82	-0.147	-0.084	0.09625	✓
8.	22.661	-0.01684	-132.08	0.14825	146.54	318.23	0.503	0	0.20958	✓
8.	22.661	-0.01684	-132.08	0.14825	146.54	383.38	0.418	0	0.17417	✓
8.	-31.04	-0.028297	-129.74	0.24908	-154.67	315.9	-0.549	-0.001	0.22917	✓
8.	-31.04	-0.028297	-129.74	0.24908	-154.67	381.05	-0.455	-0.001	0.19	✓
8.	20.936	5.9427	-174.2	-52.294	56.371	360.35	0.191	0.155	0.14417	✓
8.	20.936	5.9427	-174.2	-52.294	56.371	425.5	0.162	0.131	0.12208	✓
8.	14.327	-5.9752	-172.1	52.58	42.396	358.25	0.142	-0.157	0.12458	✓
8.	14.327	-5.9752	-172.1	52.58	42.396	423.4	0.12	-0.133	0.10542	✓
8.	28.164	-0.090493	-408.49	0.79628	194.97	594.64	0.356	-0.001	0.14875	✓
8.	28.164	-0.090493	-408.49	0.79628	194.97	659.8	0.321	-0.001	0.13417	✓
8.	26.44	5.8691	-450.61	-51.646	104.8	636.76	0.189	0.087	0.115	✓
8.	26.44	5.8691	-450.61	-51.646	104.8	701.91	0.172	0.079	0.10458	✓
8.	19.83	-6.0488	-448.51	53.228	90.824	634.66	0.162	-0.09	0.105	✓
8.	19.83	-6.0488	-448.51	53.228	90.824	699.82	0.147	-0.081	0.095	✓
9.	31.088	-0.010942	-129.86	0.09622	155.09	316.01	0.55	0	0.22917	✓
9.	31.088	-0.010942	-129.86	0.09622	155.09	381.17	0.456	0	0.19	✓
9.	-22.608	-0.0048139	-132.2	0.042288	-146.08	318.35	-0.501	0	0.20875	✓
9.	-22.608	-0.0048139	-132.2	0.042288	-146.08	383.5	-0.416	0	0.17333	✓
9.	-14.299	6.2401	-171.1	-54.911	-42.154	357.26	-0.142	0.164	0.1275	✓
9.	-14.299	6.2401	-171.1	-54.911	-42.154	422.41	-0.12	0.139	0.10792	✓
9.	-14.1	-6.2366	-173.54	54.881	-40.4	359.69	-0.136	-0.163	0.12458	✓
9.	-14.1	-6.2366	-173.54	54.881	-40.4	424.84	-0.115	-0.138	0.10542	✓
9.	-27.689	-0.0091447	-408.66	0.080551	-190.79	594.81	-0.349	0	0.14542	✓
9.	-27.689	-0.0091447	-408.66	0.080551	-190.79	659.96	-0.314	0	0.13083	✓
9.	-19.38	6.2358	-447.56	-54.873	-86.863	633.71	-0.155	0.092	0.10292	✓
9.	-19.38	6.2358	-447.56	-54.873	-86.863	698.87	-0.141	0.084	0.09375	✓
9.	-19.18	-6.241	-449.99	54.919	-85.109	636.15	-0.152	-0.092	0.10167	✓
9.	-19.18	-6.241	-449.99	54.919	-85.109	701.3	-0.138	-0.084	0.0925	✓
10.	22.713	-0.01215	-132.23	0.10695	147.01	318.38	0.505	0	0.21042	✓
10.	22.713	-0.01215	-132.23	0.10695	147.01	383.54	0.419	0	0.17458	✓
10.	-30.982	-0.016787	-129.9	0.14746	-154.16	316.05	-0.547	0	0.22792	✓
10.	-30.982	-0.016787	-129.9	0.14746	-154.16	381.2	-0.453	0	0.18875	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

10.	14.274	5.9357	-171.08	-52.233	41.93	357.23	0.141	0.156	0.12375	✓
10.	14.274	5.9357	-171.08	-52.233	41.93	422.39	0.12	0.132	0.105	✓
10.	14.644	-5.9715	-173.65	52.547	45.194	359.8	0.15	-0.156	0.1275	✓
10.	14.644	-5.9715	-173.65	52.547	45.194	424.96	0.127	-0.132	0.10792	✓
10.	28.644	-0.08575	-408.81	0.75459	199.2	594.96	0.364	-0.001	0.15208	✓
10.	28.644	-0.08575	-408.81	0.75459	199.2	660.11	0.328	-0.001	0.13708	✓
10.	20.205	5.8621	-447.65	-51.585	94.122	633.8	0.168	0.087	0.10625	✓
10.	20.205	5.8621	-447.65	-51.585	94.122	698.96	0.152	0.079	0.09625	✓
10.	20.576	-6.0451	-450.23	53.195	97.385	636.38	0.172	-0.089	0.10875	✓
10.	20.576	-6.0451	-450.23	53.195	97.385	701.53	0.156	-0.081	0.09875	✓
11.	30.986	0.0063771	-129.88	-0.056033	154.2	316.03	0.547	0	0.22792	✓
11.	30.986	0.0063771	-129.88	-0.056033	154.2	381.18	0.453	0	0.18875	✓
11.	-22.719	0.0022204	-132.22	-0.019487	-147.06	318.37	-0.505	0	0.21042	✓
11.	-22.719	0.0022204	-132.22	-0.019487	-147.06	383.52	-0.419	0	0.17458	✓
11.	-14.359	6.2372	-173.54	-54.886	-42.677	359.69	-0.143	0.163	0.1275	✓
11.	-14.359	6.2372	-173.54	-54.886	-42.677	424.84	-0.121	0.138	0.10792	✓
11.	-14.56	-6.2389	-171.1	54.901	-44.451	357.26	-0.149	-0.164	0.13042	✓
11.	-14.56	-6.2389	-171.1	54.901	-44.451	422.41	-0.126	-0.139	0.11042	✓
11.	-28.648	-0.0021103	-408.67	0.01849	-199.23	594.82	-0.364	0	0.15167	✓
11.	-28.648	-0.0021103	-408.67	0.01849	-199.23	659.98	-0.328	0	0.13667	✓
11.	-20.287	6.2329	-449.99	-54.848	-94.848	636.14	-0.168	0.092	0.10833	✓
11.	-20.287	6.2329	-449.99	-54.848	-94.848	701.3	-0.153	0.084	0.09875	✓
11.	-20.489	-6.2433	-447.56	54.939	-96.622	633.71	-0.172	-0.093	0.11042	✓
11.	-20.489	-6.2433	-447.56	54.939	-96.622	698.86	-0.156	-0.084	0.1	✓
12.	22.614	-0.0074252	-132.19	0.065667	146.13	318.34	0.502	0	0.20917	✓
12.	22.614	-0.0074252	-132.19	0.065667	146.13	383.49	0.416	0	0.17333	✓
12.	-31.092	-0.005187	-129.85	0.045882	-155.13	316	-0.55	0	0.22917	✓
12.	-31.092	-0.005187	-129.85	0.045882	-155.13	381.16	-0.456	0	0.19	✓
12.	14.384	5.9338	-173.57	-52.216	42.901	359.72	0.143	0.155	0.12417	✓
12.	14.384	5.9338	-173.57	-52.216	42.901	424.87	0.121	0.131	0.105	✓
12.	14.015	-5.9728	-171	52.56	39.657	357.15	0.135	-0.157	0.12167	✓
12.	14.015	-5.9728	-171	52.56	39.657	422.3	0.114	-0.133	0.10292	✓
12.	27.692	-0.080965	-408.53	0.71311	190.82	594.68	0.349	-0.001	0.14583	✓
12.	27.692	-0.080965	-408.53	0.71311	190.82	659.84	0.314	-0.001	0.13125	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

12.	19.462	5.8603	-449.91	-51.569	87.59	636.06	0.156	0.087	0.10125	✓
12.	19.462	5.8603	-449.91	-51.569	87.59	701.21	0.142	0.079	0.092083	✓
12.	19.094	-6.0464	-447.34	53.207	84.346	633.49	0.151	-0.09	0.10042	✓
12.	19.094	-6.0464	-447.34	53.207	84.346	698.64	0.137	-0.081	0.090833	✓
13.	31.04	0.023697	-129.74	-0.20836	154.67	315.9	0.549	0.001	0.22917	✓
13.	31.04	0.023697	-129.74	-0.20836	154.67	381.05	0.455	0.001	0.19	✓
13.	-22.661	0.0092015	-132.08	-0.081313	-146.54	318.23	-0.503	0	0.20958	✓
13.	-22.661	0.0092015	-132.08	-0.081313	-146.54	383.38	-0.418	0	0.17417	✓
13.	-14.327	6.2396	-172.1	-54.908	-42.4	358.25	-0.142	0.164	0.1275	✓
13.	-14.327	6.2396	-172.1	-54.908	-42.4	423.4	-0.12	0.139	0.10792	✓
13.	-20.936	-6.2465	-174.2	54.967	-56.367	360.35	-0.191	-0.163	0.1475	✓
13.	-20.936	-6.2465	-174.2	54.967	-56.367	425.5	-0.162	-0.138	0.125	✓
13.	-28.164	0.0049667	-408.49	-0.044095	-194.97	594.64	-0.356	0	0.14833	✓
13.	-28.164	0.0049667	-408.49	-0.044095	-194.97	659.8	-0.321	0	0.13375	✓
13.	-19.83	6.2354	-448.51	-54.87	-90.828	634.66	-0.162	0.092	0.10583	✓
13.	-19.83	6.2354	-448.51	-54.87	-90.828	699.82	-0.147	0.084	0.09625	✓
13.	-26.439	-6.2507	-450.61	55.004	-104.8	636.76	-0.189	-0.092	0.11708	✓
13.	-26.439	-6.2507	-450.61	55.004	-104.8	701.91	-0.172	-0.084	0.10667	✓
14.	22.661	-0.0027356	-132.08	0.024429	146.54	318.23	0.503	0	0.20958	✓
14.	22.661	-0.0027356	-132.08	0.024429	146.54	383.38	0.418	0	0.17417	✓
14.	-31.04	0.0063238	-129.74	-0.055665	-154.67	315.9	-0.549	0	0.22875	✓
14.	-31.04	0.0063238	-129.74	-0.055665	-154.67	381.05	-0.455	0	0.18958	✓
14.	14.327	5.937	-172.1	-52.244	42.4	358.25	0.142	0.156	0.12417	✓
14.	14.327	5.937	-172.1	-52.244	42.4	423.4	0.12	0.132	0.105	✓
14.	20.936	-5.9793	-174.2	52.617	56.367	360.35	0.191	-0.156	0.14458	✓
14.	20.936	-5.9793	-174.2	52.617	56.367	425.5	0.162	-0.132	0.1225	✓
14.	28.164	-0.076376	-408.49	0.67186	194.97	594.64	0.356	-0.001	0.14875	✓
14.	28.164	-0.076376	-408.49	0.67186	194.97	659.8	0.321	-0.001	0.13417	✓
14.	19.83	5.8634	-448.51	-51.597	90.828	634.66	0.162	0.087	0.10375	✓
14.	19.83	5.8634	-448.51	-51.597	90.828	699.82	0.147	0.079	0.094167	✓
14.	26.439	-6.0529	-450.61	53.264	104.8	636.76	0.189	-0.089	0.11583	✓
14.	26.439	-6.0529	-450.61	53.264	104.8	701.91	0.172	-0.081	0.10542	✓
15.	31.299	0.040927	-129.77	-0.3608	156.95	315.92	0.556	0.001	0.23208	✓
15.	31.299	0.040927	-129.77	-0.3608	156.95	381.07	0.461	0.001	0.1925	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

15.	-22.814	0.0162	-132.2	-0.14319	-147.9	318.35	-0.508	0	0.21167	✓
15.	-22.814	0.0162	-132.2	-0.14319	-147.9	383.51	-0.421	0	0.17542	✓
15.	-14.299	6.415	-170.91	-55.319	-42.152	357.06	-0.142	0.166	0.12833	✓
15.	-14.299	6.415	-170.91	-55.319	-42.152	422.21	-0.12	0.14	0.10833	✓
15.	-21.389	-6.2592	-166.9	55.08	-54.339	353.05	-0.19	-0.167	0.14875	✓
15.	-21.389	-6.2592	-166.9	55.08	-54.339	418.2	-0.161	-0.141	0.12583	✓
15.	-27.891	0.012097	-408.66	-0.10721	-192.57	594.81	-0.352	0	0.14667	✓
15.	-27.891	0.012097	-408.66	-0.10721	-192.57	659.96	-0.317	0	0.13208	✓
15.	-19.376	6.4109	-447.36	-55.283	-86.826	633.52	-0.155	0.093	0.10333	✓
15.	-19.376	6.4109	-447.36	-55.283	-86.826	698.67	-0.141	0.085	0.094167	✓
15.	-26.466	-6.2633	-443.35	55.116	-99.013	629.5	-0.183	-0.094	0.11542	✓
15.	-26.466	-6.2633	-443.35	55.116	-99.013	694.66	-0.165	-0.085	0.10417	✓
16.	22.921	0.001954	-132.24	-0.016743	148.83	318.39	0.511	0	0.21292	✓
16.	22.921	0.001954	-132.24	-0.016743	148.83	383.54	0.424	0	0.17667	✓
16.	-31.193	0.017835	-129.81	-0.15718	-156.01	315.96	-0.553	0.001	0.23083	✓
16.	-31.193	0.017835	-129.81	-0.15718	-156.01	381.11	-0.458	0	0.19083	✓
16.	14.273	6.1129	-170.89	-52.66	41.929	357.04	0.141	0.158	0.12458	✓
16.	14.273	6.1129	-170.89	-52.66	41.929	422.19	0.12	0.133	0.10542	✓
16.	21.875	-5.9908	-167.03	52.718	58.614	353.18	0.203	-0.159	0.15083	✓
16.	21.875	-5.9908	-167.03	52.718	58.614	418.33	0.171	-0.135	0.1275	✓
16.	28.849	-0.071687	-408.81	0.63085	201	594.96	0.367	-0.001	0.15333	✓
16.	28.849	-0.071687	-408.81	0.63085	201	660.11	0.331	-0.001	0.13833	✓
16.	20.202	6.0393	-447.46	-52.013	94.1	633.61	0.168	0.088	0.10667	✓
16.	20.202	6.0393	-447.46	-52.013	94.1	698.76	0.152	0.08	0.096667	✓
16.	27.804	-6.0644	-443.6	53.366	110.78	629.75	0.202	-0.091	0.12208	✓
16.	27.804	-6.0644	-443.6	53.366	110.78	694.9	0.183	-0.082	0.11042	✓
17.	31.792	0.058265	-131.67	-0.51341	157.52	317.82	0.556	0.002	0.2325	✓
17.	31.792	0.058265	-131.67	-0.51341	157.52	382.97	0.461	0.001	0.1925	✓
17.	-23.201	0.023306	-134.17	-0.20511	-149.62	320.32	-0.511	0.001	0.21333	✓
17.	-23.201	0.023306	-134.17	-0.20511	-149.62	385.47	-0.424	0.001	0.17708	✓
17.	-14.772	6.516	-176.68	-55.613	-43.658	362.83	-0.145	0.164	0.12875	✓
17.	-14.772	6.516	-176.68	-55.613	-43.658	427.98	-0.123	0.139	0.10917	✓
17.	-23.113	-6.2774	-132.27	55.239	-54.753	318.42	-0.216	-0.185	0.16708	✓
17.	-23.113	-6.2774	-132.27	55.239	-54.753	383.57	-0.179	-0.154	0.13875	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

17.	-29.198	0.01943	-417.16	-0.17085	-202.39	603.31	-0.365	0	0.15208	✓
17.	-29.198	0.01943	-417.16	-0.17085	-202.39	668.46	-0.329	0	0.13708	✓
17.	-20.769	6.5122	-459.67	-55.579	-96.434	645.82	-0.169	0.092	0.10875	✓
17.	-20.769	6.5122	-459.67	-55.579	-96.434	710.97	-0.153	0.084	0.09875	✓
17.	-29.111	-6.2812	-415.26	55.273	-107.53	601.41	-0.208	-0.098	0.1275	✓
17.	-29.111	-6.2812	-415.26	55.273	-107.53	666.56	-0.188	-0.089	0.11542	✓
18.	23.094	0.0065725	-134.14	-0.057823	148.68	320.29	0.507	0	0.21125	✓
18.	23.094	0.0065725	-134.14	-0.057823	148.68	385.45	0.422	0	0.17583	✓
18.	-31.898	0.029381	-131.64	-0.25866	-158.46	317.79	-0.559	0.001	0.23333	✓
18.	-31.898	0.029381	-131.64	-0.25866	-158.46	382.95	-0.464	0.001	0.19375	✓
18.	14.797	6.2142	-176.71	-52.957	43.881	362.86	0.145	0.156	0.12542	✓
18.	14.797	6.2142	-176.71	-52.957	43.881	428.02	0.123	0.132	0.10625	✓
18.	22.627	-6.0075	-132.14	52.864	50.478	318.29	0.201	-0.177	0.1575	✓
18.	22.627	-6.0075	-132.14	52.864	50.478	383.44	0.167	-0.147	0.13083	✓
18.	28.24	-0.067093	-417.04	0.59011	193.96	603.19	0.35	-0.001	0.14625	✓
18.	28.24	-0.067093	-417.04	0.59011	193.96	668.35	0.316	-0.001	0.13208	✓
18.	19.943	6.1405	-459.61	-52.309	89.16	645.76	0.157	0.087	0.10167	✓
18.	19.943	6.1405	-459.61	-52.309	89.16	710.92	0.142	0.079	0.092083	✓
18.	27.773	-6.0812	-415.04	53.512	95.757	601.19	0.187	-0.095	0.1175	✓
18.	27.773	-6.0812	-415.04	53.512	95.757	666.34	0.169	-0.086	0.10625	✓
3.	-3.38	-0.0031974	-259.66	0.028135	-29.743	445.81	-0.071	0	0.029583	✓
4.	3.947	-0.049454	-259.77	0.43517	34.733	445.92	0.083	-0.001	0.035	✓
5.	-3.9194	-0.0032863	-254.97	0.028883	-34.489	441.12	-0.084	0	0.035	✓
6.	3.3523	-0.0494	-254.88	0.43466	29.5	441.03	0.071	-0.001	0.03	✓
7.	-3.6353	-0.0033396	-254.84	0.029318	-31.99	440.99	-0.077	0	0.032083	✓
8.	3.6353	-0.049347	-254.84	0.43428	31.99	440.99	0.077	-0.001	0.0325	✓
9.	-3.3563	-0.0033396	-254.96	0.029442	-29.535	441.11	-0.072	0	0.03	✓
10.	3.9212	-0.049347	-255.05	0.43402	34.506	441.2	0.084	-0.001	0.035417	✓
11.	-3.9206	-0.0033396	-254.97	0.029257	-34.5	441.12	-0.084	0	0.035	✓
12.	3.3557	-0.049276	-254.88	0.43389	29.529	441.03	0.072	-0.001	0.030417	✓
13.	-3.6353	-0.0032685	-254.84	0.028761	-31.99	440.99	-0.077	0	0.032083	✓
14.	3.6353	-0.049312	-254.84	0.43389	31.99	440.99	0.077	-0.001	0.0325	✓
15.	-3.3538	-0.0031974	-254.96	0.027949	-29.512	441.11	-0.071	0	0.029583	✓
16.	3.9191	-0.049312	-255.05	0.43401	34.487	441.2	0.083	-0.001	0.035	✓
17.	-3.9456	-0.0030553	-259.67	0.026823	-34.72	445.83	-0.083	0	0.034583	✓

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

18.	3.3803	-0.049383	-259.6	0.43425	29.745	445.75	0.071	-0.001	0.03	✓
-----	--------	-----------	--------	---------	--------	--------	-------	--------	------	---

gdzie:

$$V_d = -F_z + (G_{f,k} + G_{b,k} + G_{bf,k}) \cdot \gamma_{G,unfav}$$

$$\gamma_{ecc} = \left| \frac{e_x}{b_x} \right| + \left| \frac{e_y}{b_y} \right|$$

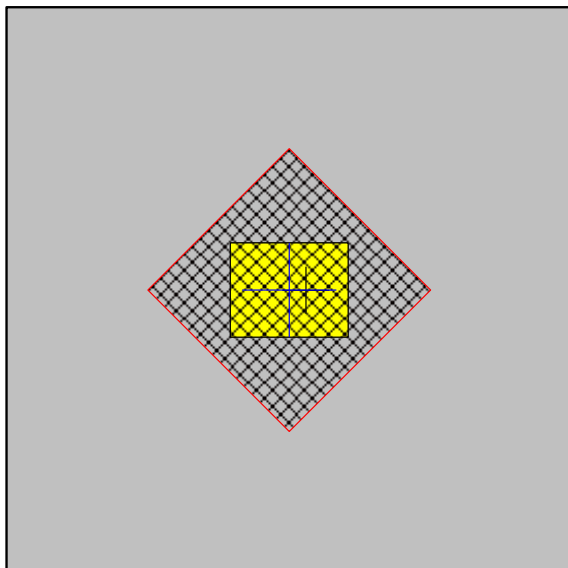
Wartości mimośrodów uwzględniają dodatkowy moment w poziomie posadowienia od

sił poziomych

DA : Metoda wymiarowania PN EN 1997-1 2.4.7.3.4 (Design Approaches)

γ_G : Współczynnik częściowy ciężaru własnego fundamentu

$$\gamma_{ecc,max} = 0.23375 \leq \gamma_{ecc,lim} = 0.25 \quad \text{spełniony!}$$



Warunek stateczności

$$\gamma_{G,dst} = 1.1$$

$$\gamma_{G,stb} = 0.9$$

$$\text{Wartość obliczeniowa ciężaru fundamentu: } G_{f,d} = G_{f,k} \cdot \gamma_{G,stb} = 70.632 \cdot 0.9 = 63.569 \text{ kN}$$

$$\text{Wartość obliczeniowa ciężaru podbetonu: } G_{b,d} = G_{b,k} \cdot \gamma_{G,stb} = 12.431 \cdot 0.9 = 11.188 \text{ kN}$$

$$\text{Wartość obliczeniowa ciężaru gruntu zasypowego: } G_{bf,d} = G_{bf,k} \cdot \gamma_{G,stb} = 103.09 \cdot 0.9 = 92.779 \text{ kN}$$

$$\text{Wartość stosunku odległości między osią obrotu a krawędzią fundamentu do wymiaru fundamentu: } \gamma_{\omega} = 0.1$$

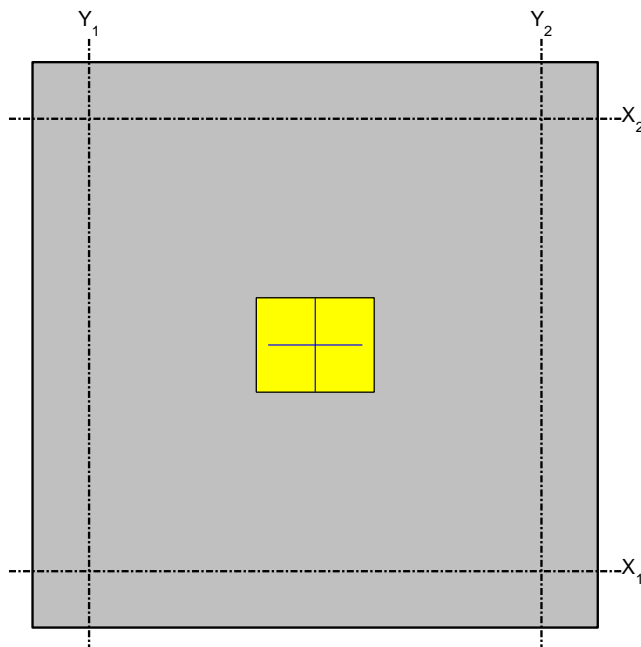
Odległość między osią obrotu a środkiem podstawy fundamentu

$$e_{EQU,x} = \frac{b_x \cdot (1 - \gamma_{\omega})}{2} = \frac{2.4 \cdot (1 - 0.1)}{2} = 1.08 \text{ m}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$e_{EQU,y} = \frac{b_y \cdot (1 - \gamma_w)}{2} = \frac{2.4 \cdot (1 - 0.1)}{2} = 1.08 \text{ m}$$



Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_1 -

Przypadek obciążenia: **Komb #4** (SGN)

Podp. węzłowa [17]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -23.113 \text{ kN}$$

$$F_y = -6.2774 \text{ kN}$$

$$F_z = -132.27 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$M_x = 55.239 \text{ kNm}$$

$$M_y = -54.753 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-132.27) = 132.27 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{x1, stb} &= F_y \cdot h + (-V) \cdot e_{EQU,y} + (-G_{fd}) \cdot e_{EQU,y} + (-G_{bd}) \cdot e_{EQU,y} + (-G_{bf,d}) \cdot e_{EQU,y} = \\ &= (-6.2774) \cdot 0.5 + (-132.27) \cdot 1.08 + (-63.569) \cdot 1.08 + (-11.188) \cdot 1.08 + (-92.779) \cdot 1.08 = -326.93 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{x1, dst} = M_x = 55.239 = 55.239 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,x1} = \left| \frac{M_{x1, dst}}{M_{x1, stb}} \right| = \left| \frac{55.239}{(-326.93)} \right| = 0.16896 \leq \Lambda_{EQU, lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Sprawdzenie obrotu wokół osi - x_2 -

Przypadek obciążenia: **Komb #3** (SGN)

Podp. węzłowa [3]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -22.924 \text{ kN}$$

$$F_y = 6.2804 \text{ kN}$$

$$F_z = -132.21 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$M_x = -55.266 \text{ kNm}$$

$$M_y = -53.084 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-132.21) = 132.21 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{x2,stab} &= F_y \cdot h + (-V) \cdot (-e_{EQU,y}) + (-G_{f,d}) \cdot (-e_{EQU,y}) + (-G_{b,d}) \cdot (-e_{EQU,y}) + (-G_{bf,d}) \cdot (-e_{EQU,y}) = \\ &= 6.2804 \cdot 0.5 + (-132.21) \cdot (-1.08) + (-63.569) \cdot (-1.08) + (-11.188) \cdot (-1.08) + (-92.779) \cdot (-1.08) = 326.87 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{x2,dst} = M_x = (-55.266) = -55.266 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,x2} = \left| \frac{M_{x2,dst}}{M_{x2,stab}} \right| = \left| \frac{(-55.266)}{326.87} \right| = 0.16908 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_1 -

Przypadek obciążenia: **Komb #2** (SGN)

Podp. węzłowa [18]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -31.898 \text{ kN}$$

$$F_y = 0.029381 \text{ kN}$$

$$F_z = -131.64 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$M_x = -0.25866 \text{ kNm}$$

$$M_y = -158.46 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-131.64) = 131.64 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$\begin{aligned} M_{y1,stab} &= V \cdot e_{EQU,x} + G_{f,d} \cdot e_{EQU,x} + G_{b,d} \cdot e_{EQU,x} + G_{bf,d} \cdot e_{EQU,x} = \\ &= 131.64 \cdot 1.08 + 63.569 \cdot 1.08 + 11.188 \cdot 1.08 + 92.779 \cdot 1.08 = 323.11 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Moment wywracający

$$M_{y1,dst} = M_y + F_x \cdot h = (-158.46) + (-31.898) \cdot 0.5 = -174.41 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$\Lambda_{EQU,y1} = \left| \frac{M_{y1,dst}}{M_{y1,stab}} \right| = \left| \frac{(-174.41)}{323.11} \right| = 0.53978 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Sprawdzenie obrotu wokół osi - y_2 -

Przypadek obciążenia: **Komb #1** (SGN)

Podp. węzłowa [3]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 31.892 \text{ kN}$$

$$F_y = -0.062848 \text{ kN}$$

$$F_z = -131.66 \text{ kN} (\downarrow)$$

$$M_x = 0.55305 \text{ kNm}$$

$$M_y = 158.4 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-131.66) = 131.66 \text{ kN} (\downarrow)$$

Moment stabilizujący

$$M_{y2,stab} = V \cdot (-e_{EQU,x}) + G_{f,d} \cdot (-e_{EQU,x}) + G_{b,d} \cdot -e_{EQU,x} + G_{bf,d} \cdot (-e_{EQU,x}) = \\ = 131.66 \cdot (-1.08) + 63.569 \cdot (-1.08) + 11.188 \cdot -1.08 + 92.779 \cdot (-1.08) = -323.13 \text{ kNm}$$

Moment wywracający

$$M_{y2,dst} = M_y + F_x \cdot h = 158.4 + 31.892 \cdot 0.5 = 174.35 \text{ kNm}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,y2} = \left| \frac{M_{y2,dst}}{M_{y2,stab}} \right| = \left| \frac{174.35}{(-323.13)} \right| = 0.53957 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Współczynnik wykorzystania stateczności

$$\Lambda_{EQU,max} = 0.540 \leq \Lambda_{EQU,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Obliczenie przesunięcia (poślizgu)

Przesunięcie (poślizg) fundamentu na gruncie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik A

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1.35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1.50
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0.00

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon

M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{ϕ}	1.00
	Spójność efektywna	γ_c	1.00
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1.00
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1.00
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1.00
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1.40
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1.10
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1.10

Obliczeniowe wartości parametrów gruntu pod fundamentem

Gęstość warstwy gruntu $\rho_s = 2100 \text{ kg/m}^3$

Ciężar objętościowy:

$$\gamma' = \rho_s \cdot g \cdot \gamma_{\gamma} \cdot 10^{-3} = 2100 \cdot 9.810 \cdot 1 \cdot 10^{-3} = 20.601 \text{ kN/m}^3$$

Kąt tarcia wewn.: $\phi'_k = 11.00^\circ$

Efektywny kąt tarcia wewnętrznego:

$$\phi' = \text{Arc tg} \frac{\text{tg } \phi'_k}{\gamma_{\phi}} = \text{Arc tg} \frac{\text{tg } 11.00^\circ}{1} = 11.00^\circ$$

Spójność: $c'_k = 15 \text{ kN/m}^2$

Spójność efektywna: $c' = \frac{c'_k}{\gamma_c} = \frac{15}{1} = 15 \text{ kN/m}^2$

Kąt tarcia wewnętrznego w stanie krytycznym $\phi_{cv} = 13.00^\circ$

Przypadek obciążenia: **Komb #2** (SGN)

Podp. węzłowa [18]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -31.898 \text{ kN}$$

$$F_y = 0.029381 \text{ kN}$$

$$F_z = -131.64 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.25866 \text{ kNm}$$

$$M_y = -158.46 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-131.64) = 131.64 \text{ kN} (\downarrow)$$

Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = -31.898 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = 0.029381 \text{ kN}$$

$$H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{(-31.898)^2 + 0.029381^2} = 31.898 \text{ kN}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{Gfav} = 131.64 + (70.632 + 12.431 + 103.09) \cdot 1 = 317.79 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0,x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,x} + G_{bfk} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{Gfav}}{V_d} =$$
$$= \frac{131.64 \cdot 0 + (-158.46) + (-31.898) \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (70.632 \cdot 0 + 103.09 \cdot 0) \cdot 1}{317.79} = -0.559 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0,y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,y} + G_{bfk} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{Gfav}}{V_d} =$$
$$= \frac{131.64 \cdot 0 - (-0.25866) + 0.029381 \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (70.632 \cdot 0 + 103.09 \cdot 0) \cdot 1}{317.79} = 0.001 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 2.4 - |(-0.559)| \cdot 2 = 1.282 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 2.4 - |0.001| \cdot 2 = 2.398 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1.282 \cdot 2.398 = 3.0742 \text{ m}^2$$

Nośność na przesunięcie (poślizg) z odpływem

$$\delta_k = \varphi_{cv} = 13.00^\circ$$

Obliczeniowa wartość kąta tarcia wewnętrznego na styku konstrukcji z gruntem:

$$\delta_d = \text{Arc tg} \left(\frac{\text{tg } \delta_k}{\gamma_\phi} \right) = \text{Arc tg} \left(\frac{\text{tg } 13.00^\circ}{1} \right) = 13.00^\circ$$

Nośność na przesunięcie (poślizg): [PN EN 1997-1 6.5.3 \(8\)P \(6.3a\)](#)

$$R_d = V_d \cdot \text{tg } \delta_d = 317.79 \cdot \text{tg } 13.00^\circ = 73.369 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):

$$\Lambda_{R,h,s} = \left| \frac{H_d}{R_d} \right| = \left| \frac{31.898}{73.369} \right| = 0.435 \leq \Lambda_{R,h,s,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Przesunięcie (poślizg) fundamentu na podbetonie

Metoda wymiarowania 2: {A1 "+" M1 "+" R2} (Decydująca)

[PN EN 1997-1 Załącznik A](#)

Współczynniki częściowe			
A1	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1.35
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1.50
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0.00

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_ϕ	1.00
	Spójność efektywna	γ_c	1.00
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1.00
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1.00
	Ciężar objętościowy	γ_γ	1.00
R2	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1.40
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1.10
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1.10

Przypadek obciążenia: **Komb #2** (SGN)

Podp. węzłowa [18]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = -31.898 \text{ kN}$$

$$F_y = 0.029381 \text{ kN}$$

$$F_z = -131.64 \text{ kN}$$

$$M_x = -0.25866 \text{ kNm}$$

$$M_y = -158.46 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-131.64) = 131.64 \text{ kN} (\downarrow)$$

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu podbetonu

$$H_{d,x} = F_x = -31.898 \text{ kN}$$

$$H_{d,y} = F_y = 0.029381 \text{ kN}$$

$$H_d = \sqrt{H_{d,x}^2 + H_{d,y}^2} = \sqrt{(-31.898)^2 + 0.029381^2} = 31.898 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G,fav} = 131.64 + (70.632 + 103.09) \cdot 1 = 305.36 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0,x} + M_y + F_x \cdot (h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,x} + G_{bfk} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$
$$= \frac{131.64 \cdot 0 + (-158.46) + (-31.898) \cdot (0.5 + 0) + (70.632 \cdot 0 + 103.09 \cdot 0) \cdot 1}{305.36} = -0.571 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0,y} - M_x + F_y \cdot (h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{f,y} + G_{bfk} \cdot e_{bf,y}) \cdot \gamma_{G,fav}}{V_d} =$$
$$= \frac{131.64 \cdot 0 - (-0.25866) + 0.029381 \cdot (0.5 + 0) + (70.632 \cdot 0 + 103.09 \cdot 0) \cdot 1}{305.36} = 0.001 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 2.4 - |(-0.571)| \cdot 2 = 1.258 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 2.4 - |0.001| \cdot 2 = 2.398 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 1.258 \cdot 2.398 = 3.0167 \text{ m}^2$$

Współczynnik tarcia między fundamentem a podbetonem: $\mu_{cc} = 0.7$

Współczynnik częściowy dla tarcia między elementami: $\gamma_\mu = 1$

Nośność na przesunięcie (poślizg):

$$R_d = V_d \cdot \frac{\mu_{cc}}{\gamma_\mu} = 305.36 \cdot \frac{0.7}{1} = 213.75 \text{ kN}$$

Wykorzystanie na przesunięcie (poślizg):

$$\Lambda_{R,h,b} = \left| \frac{H_d}{R_d} \right| = \left| \frac{31.898}{213.75} \right| = 0.149 \leq \Lambda_{R,h,b,lim} = 1.000 \quad \text{spełniony!}$$

Sprawdzenie fundamentu

Wymiarowanie zbrojenia

$$d_x = h - u_{B,x} = 0.5 - 0.106 = 0.394 \text{ m}$$

$$d_y = h - u_{B,y} = 0.5 - 0.118 = 0.382 \text{ m}$$

Zbrojenie podłużne

	X	Y
Górne	Ø 12 mm 13 mm²	Ø 12 mm 13 mm²
Dolne	Ø 12 mm 13 mm²	Ø 12 mm 13 mm²

Wymiarowanie zbrojenia na zginanie

$$\varepsilon_{cu} = -3.500 \text{ ‰}$$

Współczynnik określający efektywną wysokość strefy ściskanej:

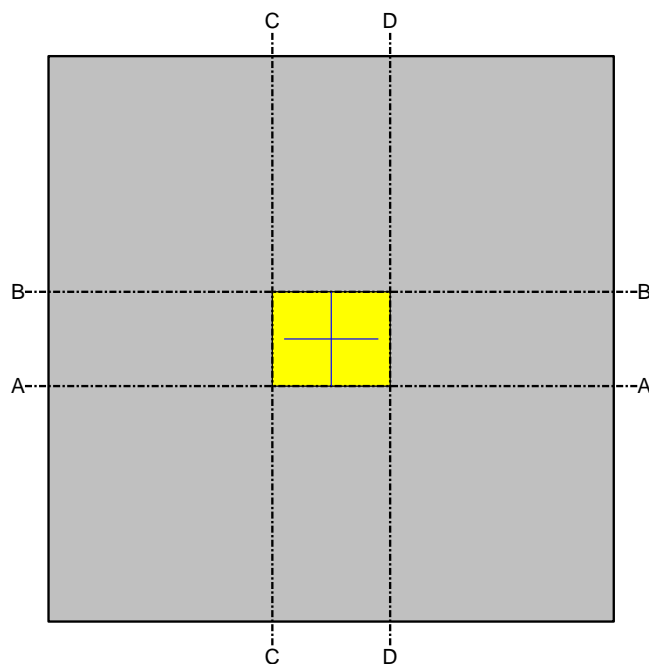
$$\lambda = 0.8 \quad \text{PN EN 1992-1-1 3.1.7 (3.19)}$$

Współczynnik określający efektywną wytrzymałość:

$$\eta = 1 \quad \text{PN EN 1992-1-1 3.1.7 (3.21)}$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"



Momenty w analizowanych przekrojach poprzecznych:

	Analizowany przekrój poprzeczny	m_d kNm/m	Przypadek obciążenia
1.	A-A	82.811	Komb #5
2.	B-B	82.725	Komb #6
3.	C-C	74.659	Komb #6
4.	D-D	74.737	Komb #5

Sytuacja obliczeniowa:

Trwała i przejściowa

$$\alpha_{cc} = 1$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_c = 1.4 \quad f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \cdot \frac{25}{1.4} = 17.857 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yk} = 500.25 \text{ N/mm}^2 \quad \gamma_s = 1.15 \quad f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500.25}{1.15} = 435 \text{ N/mm}^2$$

$$\xi_0 = \frac{\varepsilon_{cu}}{\varepsilon_{cu} - \frac{f_{yd}}{E_s}} \cdot \lambda = \frac{(-0.0035)}{(-0.0035) - \frac{f_{yd}}{2E + 08}} \cdot 0.8 = 0.49339$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

Wymiarowanie zbrojenia podłużnego na moment zginający M_y

Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny C-C i D-D

Zbrojenie rozciągane w kierunku x

$$m_{d,(C-C)} = 74.659 \text{ kNm/m} < m_{d,(D-D)} = 74.737 \text{ kNm/m} \rightarrow m_d = 74.737 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 74.737 \text{ kNm/m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \zeta_0 = 0.394 \cdot 0.49339 = 0.1944 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 0.394 - \sqrt{0.394^2 - \frac{2 \cdot 74.737}{1 \cdot 17857}} = 0.01077 \text{ m} \leq x_{c0} = 0.1944 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot x_c}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 17857 \cdot 0.01077}{435000} = 0.0004421 \text{ m}^2/\text{m} = 442 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

$$\rho_{l,min} = \frac{0.26 \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0.0013 = \frac{0.26 \cdot 2565}{500250} \geq 0.0013 = 0.0013331 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0.0013331 \cdot 0.394 = 0.00052525 \text{ m}^2/\text{m} = 525 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,min} > a_{s1,c} \rightarrow a_{s1} = a_{s,min} = 525 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0.5 = 1 \text{ m} > 0.25 \rightarrow s_{max,slabs} = 0.25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_s}{a_{s,min}} = \frac{0.0001131}{0.00052525} = 0.21532 \text{ m} = 215 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne: $\varnothing 12/215 \text{ mm}$ ($a_{s,prov} = 525 \text{ mm}^2/\text{m}$)

Wymiarowanie zbrojenia podłużnego na moment zginający M_x

Sprawdzenie na krawędzi podpieranego elementu - przekrój poprzeczny A-A i B-B

Zbrojenie rozciągane w kierunku y

$$m_{d,(A-A)} = 82.811 \text{ kNm/m} \geq m_{d,(B-B)} = 82.725 \text{ kNm/m} \rightarrow m_d = 82.811 \text{ kNm/m}$$

$$m_d = 82.811 \text{ kNm/m}$$

$$x_{c0} = d \cdot \zeta_0 = 0.382 \cdot 0.49339 = 0.18848 \text{ m}$$

$$x_c = d - \sqrt{d^2 - \frac{2 \cdot m_d}{\eta \cdot f_{cd}}} = 0.382 - \sqrt{0.382^2 - \frac{2 \cdot 82.811}{1 \cdot 17857}} = 0.012339 \text{ m} \leq x_{c0} = 0.18848 \text{ m}$$

Powierzchnia zbrojenia rozciąganego:

$$a_{s1,c} = \frac{\eta \cdot f_{cd} \cdot x_c}{f_{yd}} = \frac{1 \cdot 17857 \cdot 0.012339}{435000} = 0.00050653 \text{ m}^2/\text{m} = 507 \text{ mm}^2/\text{m}$$

Minimalne zbrojenie

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$\rho_{l,min} = \frac{0.26 \cdot f_{ctm}}{f_{yk}} \geq 0.0013 = \frac{0.26 \cdot 2565}{500250} \geq 0.0013 = 0.0013331 \quad \text{PN EN 1992-1-1 9.2.1.1 (1)}$$

Minimalne rozciągane zbrojenie podłużne:

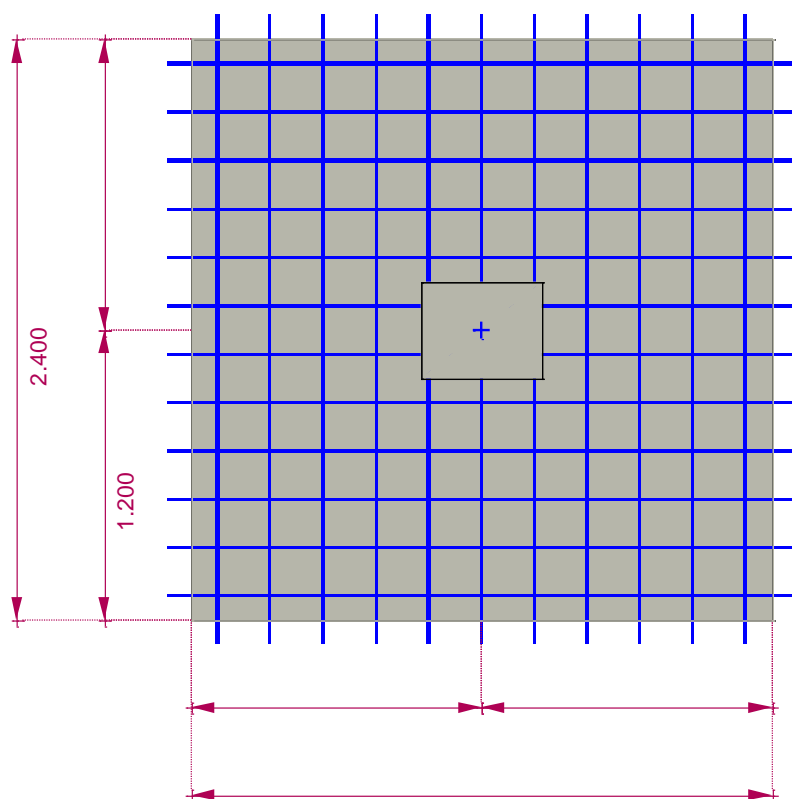
$$a_{s,min} = \rho_{l,min} \cdot d = 0.0013331 \cdot 0.382 = 0.00050925 \text{ m}^2/\text{m} = 509 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$a_{s,min} > a_{s1,c} \rightarrow a_{s1} = a_{s,min} = 509 \text{ mm}^2/\text{m}$$

$$s_{max,slabs} = 2 \cdot h = 2 \cdot 0.5 = 1 \text{ m} > 0.25 \rightarrow s_{max,slabs} = 0.25 \text{ m} \quad \text{EN-1992-1 9.3.1.1 (3)}$$

$$s = \frac{A_s}{a_{s,min}} = \frac{0.0001131}{0.00050925} = 0.22209 \text{ m} = 222 \text{ mm}$$

Zbrojenie podłużne: $\varnothing 12/222 \text{ mm}$ ($a_{s,prov} = 509 \text{ mm}^2/\text{m}$)



Wyznaczanie osiadania

Metoda sumowania odkształceń warstw podłoża
SLS (Decydująca)

PN EN 1997-1 Załącznik F

PN EN 1997-1 Załącznik A

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szymon

Współczynniki częściowe			
A0	Oddziaływania stałe, niekorzystne	$\gamma_{G,unfav}$	1.00
	Oddziaływania stałe, korzystne	$\gamma_{G,fav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, niekorzystne	$\gamma_{Q,unfav}$	1.00
	Oddziaływania zmienne, korzystne	$\gamma_{Q,fav}$	0.00
M1	Efektywny kąt tarcia wewnętrznego	γ_{ϕ}	1.00
	Spójność efektywna	γ_c	1.00
	Wytrzymałość gruntu na ścinanie bez odpływu	γ_{cu}	1.00
	Wytrzymałość na jednoosiowe ściskanie	γ_{qu}	1.00
	Ciężar objętościowy	γ_{γ}	1.00
R1	Nośność podłoża	$\gamma_{R,v}$	1.00
	Nośność na przesunięcie (poślizg)	$\gamma_{R,h}$	1.00
	Siły od gruntu	$\gamma_{R,e}$	1.00

EN 1997-1 2.4.8 (2) Wartość współczynnika częściowego dla stanu granicznego użyteczności powinna normalnie wynosić 1.0.

Przypadek obciążenia: **Komb #9** (SGU Quasi-stała)

Podp. węzłowa [4]

Obliczeniowe wartości obciążeń na wierzchu fundamentu - Siły wewn. podpór węzłowych

$$F_x = 3.947 \text{ kN}$$

$$F_y = -0.049454 \text{ kN}$$

$$F_z = -259.77 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.43517 \text{ kNm}$$

$$M_y = 34.733 \text{ kNm}$$

$$V = -F_z = -(-259.77) = 259.77 \text{ kN} (\downarrow)$$

Obliczeniowa wartość obciążeń w podstawie fundamentu

$$H_{dx} = F_x = 3.947 \text{ kN}$$

$$H_{dy} = F_y = -0.049454 \text{ kN}$$

$$H_d = \sqrt{H_{dx}^2 + H_{dy}^2} = \sqrt{3.947^2 + (-0.049454)^2} = 3.9473 \text{ kN}$$

$$V_d = V + (G_{fk} + G_{bk} + G_{bfk}) \cdot \gamma_{G,unfav} = 259.77 + (70.632 + 12.431 + 103.09) \cdot 1 = 445.92 \text{ kN}$$

Mimośród siły pionowej (V_d) względem środka podstawy fundamentu

$$e_x = \frac{V \cdot e_{0,x} + M_y + F_x \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{fx} + G_{bfk} \cdot e_{bf,x}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

AxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

$$= \frac{259.77 \cdot 0 + 34.733 + 3.947 \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (70.632 \cdot 0 + 103.09 \cdot 0) \cdot 1}{445.92} = 0.083 \text{ m}$$

$$e_y = \frac{V \cdot e_{0,y} - M_x + F_y \cdot (h_b + h_1 + h_2) + (G_{fk} \cdot e_{fy} + G_{bfk} \cdot e_{bfy}) \cdot \gamma_{G,unfav}}{V_d} =$$
$$= \frac{259.77 \cdot 0 - 0.43517 + (-0.049454) \cdot (0.1 + 0.5 + 0) + (70.632 \cdot 0 + 103.09 \cdot 0) \cdot 1}{445.92} = -0.001 \text{ m}$$

Efektywna szerokość fundamentu:

$$B' = b_x - |e_x| \cdot 2 = 2.4 - |0.083| \cdot 2 = 2.234 \text{ m}$$

Efektywna długość fundamentu:

$$L' = b_y - |e_y| \cdot 2 = 2.4 - |(-0.001)| \cdot 2 = 2.398 \text{ m}$$

Efektywne pole powierzchni fundamentu:

$$A' = B' \cdot L' = 2.234 \cdot 2.398 = 5.3571 \text{ m}^2$$

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{445.92}{5.3571} = 83.238 \text{ kN/m}^2$$

$$H_B = 3.947 \text{ kN}$$

$$H_L = -0.049454 \text{ kN}$$

$$E_s = \frac{1}{m_v} = \frac{(1 - \mu) \cdot E_{s,ir}}{(1 + \mu) \cdot (1 - 2 \cdot \mu)}$$

Naprężenie normalne pod narożnikiem prostokątnej powierzchni obciążenia na głębokości z wynosi:

$$\sigma_z = \frac{p}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\text{Arc tg} \left(\frac{b}{z} \cdot \frac{a \cdot (a^2 + b^2) - 2 \cdot a \cdot z \cdot (r - z)}{z \cdot (a^2 + b^2) \cdot (r - z) - z \cdot (r - z)^2} \right) \right] + \left[\frac{b \cdot z}{b^2 + z^2} \cdot \frac{a \cdot (r^2 + z^2)}{(a^2 + z^2) \cdot r} \right] \quad \text{za Steinbrennerem}$$

gdzie:

p jest obciążeniem równomiernie rozłożonym na powierzchni nacisku

a i b są długością i szerokością prostokątnej powierzchni nacisku

$$r = \sqrt{a^2 + b^2 + z^2}$$

Naprężenie w punkcie charakterystycznym:

$$\sigma_{z,a} = \sigma_{z,I} + \sigma_{z,II} + \sigma_{z,III} + \sigma_{z,IV}$$

	a	b
$\sigma_{z,I}$	$(0.5 - 0.37) \cdot L' = 0.31174$	$(0.5 - 0.37) \cdot B' = 0.29042$
$\sigma_{z,II}$	$(0.5 + 0.37) \cdot L' = 2.0863$	$(0.5 - 0.37) \cdot B' = 0.29042$
$\sigma_{z,III}$	$(0.5 + 0.37) \cdot L' = 2.0863$	$(0.5 + 0.37) \cdot B' = 1.9436$
$\sigma_{z,IV}$	$(0.5 + 0.37) \cdot B' = 1.9436$	$(0.5 - 0.37) \cdot L' = 0.31174$

Odległość punktu charakterystycznego do osi środkowych powierzchni obciążonej wynosi $0.37B'$ i $0.37L'$.

Efektywne naprężenie od nadkładu w podstawie fundamentu:

$$q' = \gamma_\gamma \cdot \text{Sum} \gamma_i \cdot h_i$$

$$q' = 30.902 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem w poziomie posadowienia:

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

$$q_{E,d} = \frac{V_d}{A'} = \frac{445.92}{5.3571} = 83.238 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{E,d} = 83.238 \text{ kN/m}^2$$

$$p = q_{E,d} - q' = 83.238 - 30.902 = 52.337 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem na głębokości oddziaływania:

$$\sigma_{D_{lim}} = 14.248 \text{ kN/m}^2$$

Efektywne naprężenie od nadkładu na głębokości oddziaływania:

$$q_{D_{lim}} = 71.24 \text{ kN/m}^2$$

Głębokość oddziaływania:

$$D_{lim} = -3.4581 \text{ m}$$

Głębokość ta zwykle może być przyjęta jako głębokość, na której efektywne naprężenie pionowe od fundamentu stanowi 20% efektywnego naprężenia od nadkładu.:

Osiadanie:

$$s = \sum s_i$$

$$s = 17.965 \text{ mm}$$

$$s = 17.965 \text{ mm} \leq s_{lim} = 50.000 \text{ mm} \quad \text{spełniony!}$$

i	z_0 [m]	h_i [m]	$h_{i,eq}$ [m]	σ_z [kN/m ²]	q' [kN/m ²]	σ_z/q' [%]	s_i [mm]	$\sum s_i$ [mm]
0.	0	0	0	0	0	—	0	0
1.	− 0.1	0.1	0.1	0	2.0601	0	0	0
2.	− 0.2	0.1	0.1	0	4.1202	0	0	0
3.	− 0.3	0.1	0.1	0	6.1803	0	0	0
4.	− 0.4	0.1	0.1	0	8.2404	0	0	0
5.	− 0.5	0.1	0.1	0	10.301	0	0	0
6.	− 0.6	0.1	0.1	0	12.361	0	0	0
7.	− 0.7	0.1	0.1	0	14.421	0	0	0
8.	− 0.8	0.1	0.1	0	16.481	0	0	0
9.	− 0.9	0.1	0.1	0	18.541	0	0	0
10.	− 1	0.1	0.1	0	20.601	0	0	0
11.	− 1.1	0.1	0.1	0	22.661	0	0	0
12.	− 1.2	0.1	0.1	0	24.721	0	0	0
13.	− 1.3	0.1	0.1	0	26.781	0	0	0
14.	− 1.4	0.1	0.1	0	28.841	0	0	0
15.	− 1.5	0.1	0.1	52.337	30.902	169.37	0	0
16.	− 1.6	0.1	0.1	51.623	32.962	156.61	1.733	1.733
17.	− 1.7	0.1	0.1	48.269	35.022	137.83	1.665	3.398

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert SzymAxisVM X4 R2c · Zarejestrowany na: Biuro Projektowe "PROJEKTANT"

18.	- 1.8	0.1	0.1	43.368	37.082	116.95	1.527	4.925
19.	- 1.9	0.1	0.1	38.577	39.142	98.557	1.366	6.291
20.	- 2	0.1	0.1	34.531	41.202	83.81	1.218	7.509
21.	- 2.1	0.1	0.1	31.265	43.262	72.269	1.097	8.606
22.	- 2.2	0.1	0.1	28.635	45.322	63.181	0.998	9.604
23.	- 2.3	0.1	0.1	26.486	47.382	55.898	0.919	10.523
24.	- 2.4	0.1	0.1	24.692	49.442	49.941	0.853	11.376
25.	- 2.5	0.1	0.1	23.161	51.502	44.97	0.798	12.173
26.	- 2.6	0.1	0.1	21.826	53.563	40.748	0.750	12.923
27.	- 2.7	0.1	0.1	20.64	55.623	37.107	0.708	13.631
28.	- 2.8	0.1	0.1	19.57	57.683	33.927	0.670	14.301
29.	- 2.9	0.1	0.1	18.592	59.743	31.12	0.636	14.937
30.	- 3	0.1	0.1	17.689	61.803	28.622	0.605	15.542
31.	- 3.1	0.1	0.1	16.85	63.863	26.384	0.576	16.117
32.	- 3.2	0.1	0.1	16.064	65.923	24.368	0.549	16.666
33.	- 3.3	0.1	0.1	15.326	67.983	22.543	0.523	17.189
34.	- 3.4	0.1	0.1	14.63	70.043	20.887	0.499	17.688
35.	- 3.4581	0.058074	0.058074	14.248	71.24	20	0.277	17.965
36.	- 3.5	0.041926	0.041926	13.972	72.103	19.378	0.200	18.165
37.	- 3.6	0.1	0.1	13.351	74.164	18.001	0.455	18.620
38.	- 3.7	0.1	0.1	12.762	76.224	16.742	0.435	19.055
39.	- 3.8	0.1	0.1	12.204	78.284	15.589	0.416	19.472
40.	- 3.9	0.1	0.1	11.675	80.344	14.531	0.398	19.870
41.	- 4	0.1	0.1	11.173	82.404	13.559	0.381	20.250
42.	- 4.1	0.1	0.1	10.697	84.464	12.665	0.365	20.615

gdzie

 z_0 : Głębokość h_i : Grubość warstwy gruntu $h_{i, equ}$: Równoważna grubość

$$h_{i, equ} = h_i \cdot \left(\frac{E_{s,i}}{E_s} \cdot \frac{\rho}{\rho_i} \right)^{\frac{1}{2.5}}$$

gdzie

 ρ_i : Gęstość warstwy gruntu $E_{s,i}$: Moduł ścisłości warstwy gruntu E_s : Moduł ścisłości referencyjnej warstwy gruntu

Projekt:

Obliczenia wykonał: Biuro Projektowe "PROJEKTANT" mgr inż. Robert Szym

$$E_s = \frac{E_0}{1 - \frac{2 \cdot \mu^2}{1 - \mu}}$$

- ρ : Gęstość referencyjnej warstwy gruntu
 σ_z : Efektywne naprężenie pionowe od obciążenia fundamentem
 q : Efektywne naprężenie od nadkładu
 s_i : Osiadanie warstwy gruntu
 s_z : Całkowite osiadanie na danej głębokości

