

WIEŻA CIŚNIEŃ

OBLICZENIA STATYCZNE

Sprawdzenie nośności konstrukcji wsporczej (trzonu wieży) oraz stateczności fundamentu

Adres inwestycji:

DZ. NR 61/1 W MIEJSCOWOŚCI KARNIÓW

Projektant:

mgr inż. Waldemar POTONIEC
UPR.B.NR 35/2003

mgr inż. WALDEMAR POTONIEC
uprawnienia budowlane numer 35 / 2003
do projektowania i kierowania
robotami budowlanymi bez ograniczeń
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

SPR.

mgr inż. Grzegorz Bryła

UPRAWNIENIA BUDOWLANE DO
PROJEKTOWANIA BEZ OGRANICZEŃ
W SPECJALNOŚCI KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANEJ
NUMER EWIDENCYJNY POK/0079/POOK/20

Kraków, kwiecień 2022

1. Zestawienie obciążeń

1.2.1 Obciążenie wiatrem

$A := 345$ wysokość nad poziomem morza

Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru

$$v_{b_0} := 22 \cdot [1 + 0.0006 \cdot (A - 300)] \quad \text{mapa wiatru - strefa 1}$$

$$v_{b_0} = 22.594 \quad v_{b_0} := 22.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Bazowa prędkość wiatru

Współczynnik kierunkowy i współczynnik pory roku

$$c_{\text{dir}} := 1 \quad c_{\text{season}} := 1$$

$$v_b := c_{\text{dir}} \cdot c_{\text{season}} \cdot v_{b_0} = 22.6 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Średnia prędkość wiatru

$$z_0 := 0.01\text{m} \quad z_{\text{min}} := 1\text{m} \quad z_{0_II} := 0.05\text{m} \quad \text{kategoria II}$$

Współczynnik terenu

$$k_T := 0.19 \cdot \left(\frac{z_0}{z_{0_II}} \right)^{0.07} = 0.17$$

$$z := 31\text{m}$$

Współczynnik chropowatości terenu

$$c_T := k_T \cdot \ln \left(\frac{z}{z_0} \right) = 1.365$$

Współczynnik orografii

$$c_o := 1$$

$$v_m := c_T \cdot c_o \cdot v_b = 30.842 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości wiatru

Współczynnik turbulencji

$$k_T := 1.0$$

$$\sigma_v := k_T \cdot v_b \cdot k_T = 3.836 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Intensywność turbulencji

$$I_v := \frac{\sigma_v}{v_m} = 0.124$$

Szczytowe ciśnienie prędkości

Gęstość powietrza

$$\rho := 1.25 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

$$q_p := \left(1 + 7I_v\right) \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_m^2 = 1.112 \times 10^3 \text{ Pa}$$

Ciśnienie wiatru na powierzchnię

Walec kołowy

$$b := 220 \text{ cm} \quad a := 1 \text{ m}$$

$$v := 15 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\text{m}^2}{2} \quad \text{lepkość kinematyczna powietrza}$$

$$k := 0.2 \text{ mm} \quad \text{chropowatość}$$

$$\frac{k}{b} = 9.091 \times 10^{-5}$$

$$c_{f_0} := 0.63$$

$$R_e := \frac{b \cdot v_m}{v} = 9.047 \times 10^6 \frac{1}{\text{s}}$$

Tablica 7.12 – Typowe wartości charakteryzujące rozkład ciśnienia na walcu kołowym przy różnych wartościach liczby Reynoldsa i bez wpływu swobodnych końców

Re	α_{min}	$c_{p0,min}$	α_A	$c_{p0,h}$
$5 \cdot 10^5$	85	-2,2	135	-0,4
$2 \cdot 10^6$	80	-1,9	120	-0,7
10^7	75	-1,5	105	-0,8
gdzie α_{min} kąt określający miejsce najniższego ciśnienia [°]; $c_{p0,min}$ najmniejsza wartość współczynnika ciśnienia; α_A kąt określający miejsce oderwania przepływu [°]; $c_{p0,h}$ współczynnik bazowy ciśnienia (na zewnętrznej części walca).				

$$c_{p0} := -1.5$$

$$c_{p0_h} := -0.8$$

Parcie wiatru na powierzchnię walca

$$w_{e_boki} := q_p \cdot c_{p0} \cdot 0.7m = -1.168 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$w_{e_tył} := q_p \cdot c_{p0_h} \cdot 2.9m = -2.58 \cdot \frac{kN}{m}$$

$$w_{e_front} := q_p \cdot 2.9m = 3.225 \cdot \frac{kN}{m}$$

Parcie wiatru na powierzchnię kuli

$$w_{e_kula_boki} := q_p \cdot c_{p0} \cdot 1.98m \cdot 7.56m = -24.972 \cdot kN$$

$$w_{e_kula_tył} := q_p \cdot c_{p0_h} \cdot (9.9m \cdot 7.56m) = -66.593 \cdot kN$$

$$w_{e_kula_front} := q_p \cdot (9.9m \cdot 7.56m) = 83.241 \cdot kN$$

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – wieża ciśnień

Stal: klasa **S235**

Przekrój: rura okrągła 2200mm x 20 mm

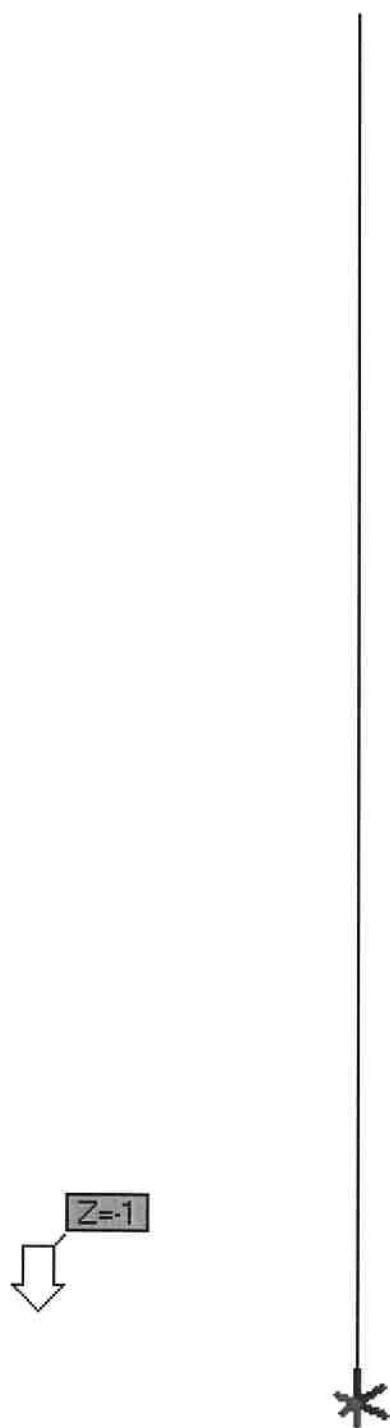
Analiza przypadku z odchyłką górnego wierzchołka wynoszącą 15 cm.

1.2. Konstrukcja stalowa

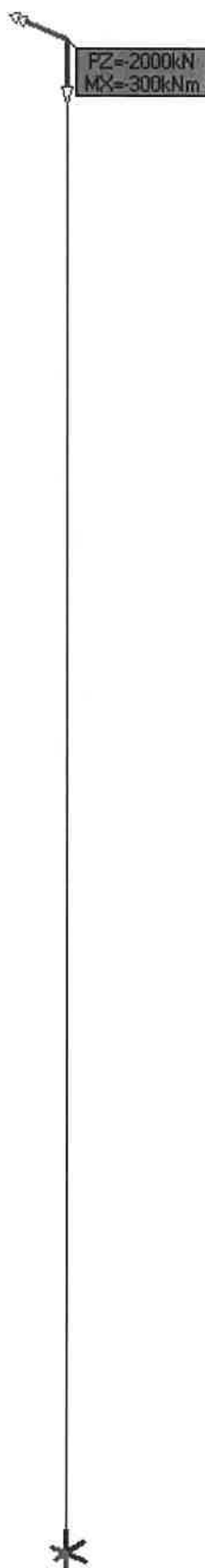
1.2.1. Schemat konstrukcji



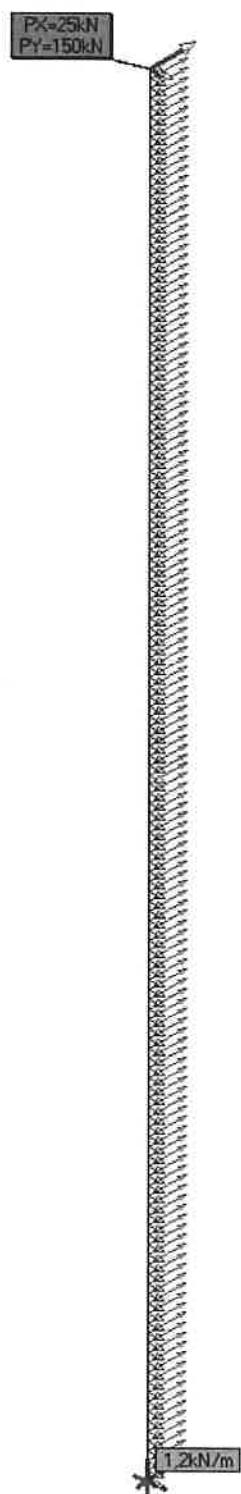
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (w.charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – woda w zbiorniku (w.charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – parcie wiatru (w.charakterystyczne)

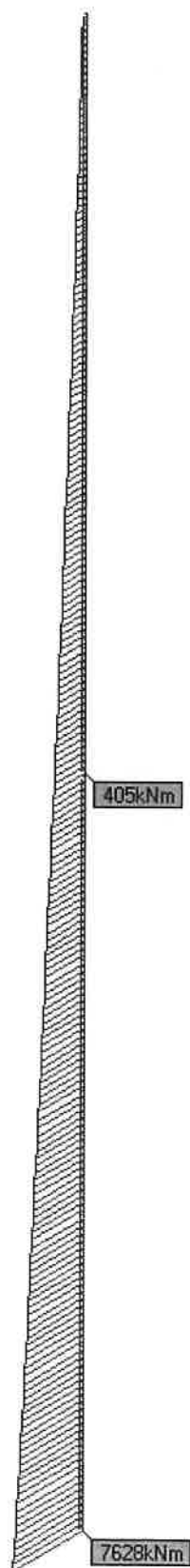


1.2.5. Mnożniki i atrybuty.

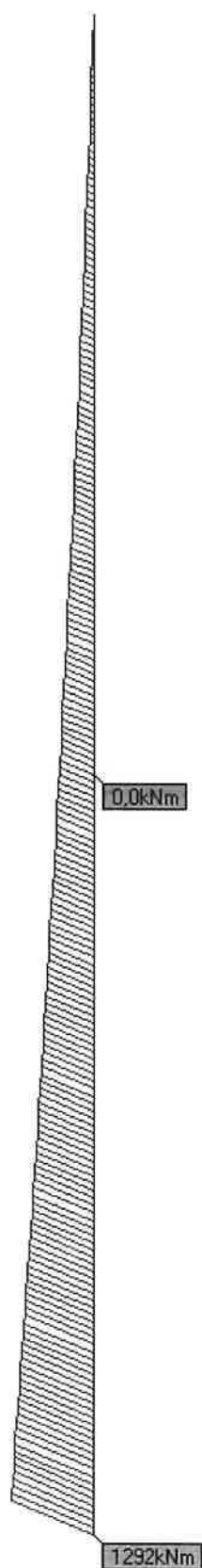
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar wody	1,35	1,35	1	Stały
3	Parcie wiatru	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Konstrukcja stalowa – obliczenia statyczne.

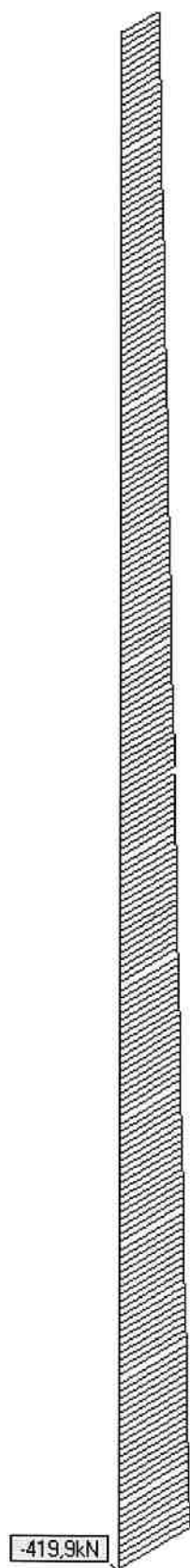
1.3.1. Siły wewnętrzne – M_y (wartości obliczeniowe)



1.3.2. Siły wewnętrzne – Mz (wartości obliczeniowe)



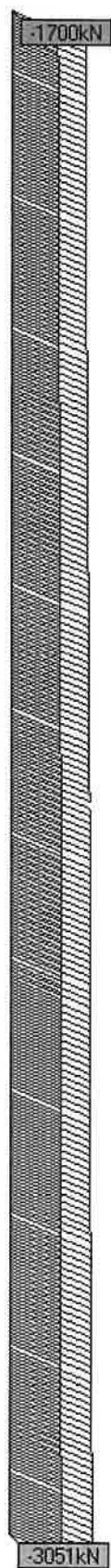
1.3.3. Siły wewnętrzne – Q_y (wartości obliczeniowe)



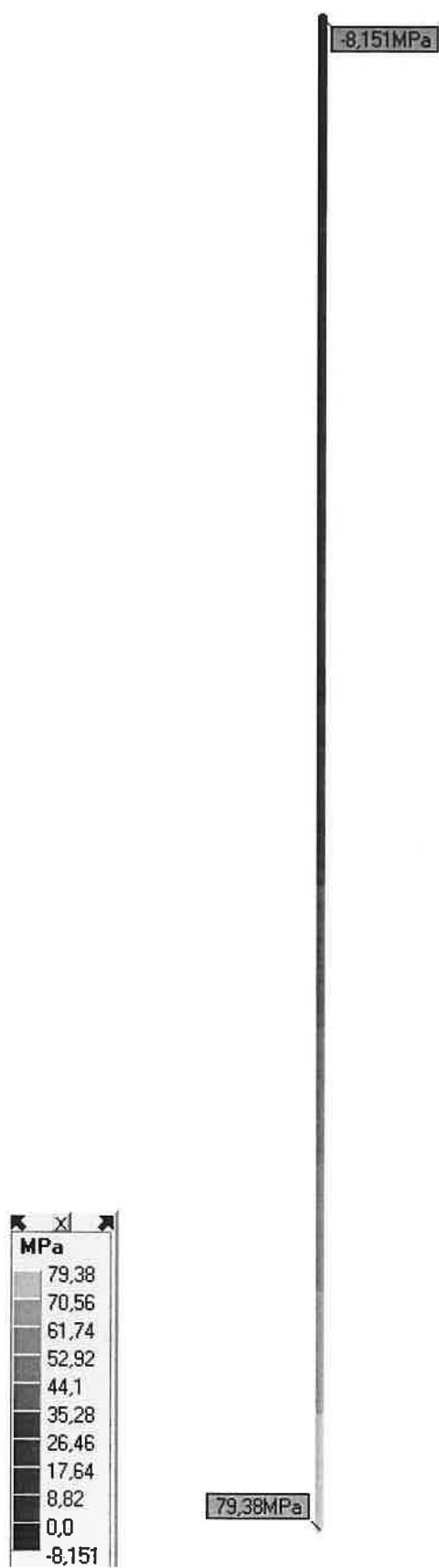
1.3.4. Siły wewnętrzne – Qz (wartości obliczeniowe)



1.3.5. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

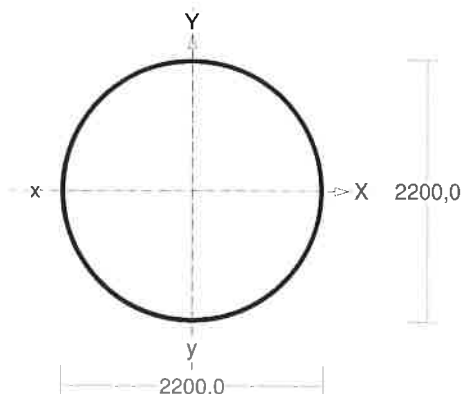


1.4. Naprężenia



1.5. Wymiarowanie

Przekrój: R 2200x20



Wymiary przekroju:

$D=2200,0$ $d=2160,0$ $g=20,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_xg=8137592,1$ $J_yg=8137592,1$ $A=1369,73$
 $i_x=77,1$ $i_y=77,1$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W.**
Wytrzymałość **$f_d=205$ MPa dla $g=20,0$.**

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu: momenty przywęzłowe $M_a = 0,0$ i $M_b = 0,0$ kNm, obciążenie rozłożone na całej długości pręta $q = 1,2$ kN/m. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1,500$.

$M_x = 7627,7$ kNm, $V_y = 419,9$ kN, $N = -2964,9$ kN,

$M_y = 0,0$ kNm, $V_x = 20,2$ kN.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 81,5$ MPa $\sigma_c = -124,8$ MPa.

Stateczność lokalna.

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 4.

W przekroju występują naprężenia spawalnicze.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki $a = 22400,0$ mm.

Warunek stateczności ścianki dla ścianki najbardziej narażonej na jej utratę (9):

$$\sigma_c / \varphi_p f_d = 0,753 < 1$$

Przyjęto, że przekrój wymiarowany będzie w stanie **krytycznym**.

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

- dla zginana względem osi X: $\psi_x = \varphi_p = 0,986$

- dla zginana względem osi Y: $\psi_y = \varphi_p = 0,986$

- dla ściskania: $\psi_o = \varphi_p = 0,282$

Naprężenia:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 81,5$ MPa $\sigma_c = -124,8$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -21,6$ $\Delta\sigma = 103,1$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 880,0$ cm² $\tau = 4,8$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi X: $A_v = 880,0 \text{ cm}^2$ $\tau = 0,2 \text{ MPa}$ $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 21,6 / 1,000 + 103,1 = 124,8 < 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 4,8 / 1,000 = 4,8 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 0,2 / 1,000 = 0,2 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{124,8^2 + 3 \times 4,8^2} = 125,0 < 205 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Siała osiowa: $N = -2964,9 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 1369,73 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 1369,73 \times 205 \times 10^{-1} = 28079,6 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 2964,9 < 28079,6 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 0,500 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,484 \quad \text{dla } l_0 = 22,400$$

$$l_w = 2,484 \times 22,400 = 55,642 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 22,400$$

$$l_w = 1,000 \times 22,400 = 22,400 \text{ m}$$

Sily krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8,14 \times 10^6}{55,642^2} 10^{-2} = 53180,2 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8,14 \times 10^6}{22,400^2} 10^{-2} = 328135,7 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$:

$$N_{RC} = \psi A f_d = 0,282 \times 1369,7 \times 205 \times 10^{-1} = 7923,2 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{7923,2 / 53180,2} = 0,446 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,956$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{7923,2 / 328135,7} = 0,179 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,997$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,956$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{2964,9}{0,956 \times 7923,2} = 0,391 < 1$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 0,986 \times 73978,1 \times 205 \times 10^{-3} = 14956,5 \text{ kNm}$$

- względem osi Y

$$M_R = \psi W_c f_d = 0,986 \times 73978,1 \times 205 \times 10^{-3} = 14956,5 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwiczenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{7923,2} + \frac{7627,7}{1,000 \times 14956,5} + \frac{0,0}{14956,5} = 0,884 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

- dla zginania względem osi X:

$$M_{x \max} = 7627,7 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,956 \times 0,446^2 \frac{1,000 \times 7627,7}{14956,5} \times \frac{2964,9}{7923,2} = 0,045$$

$$\Delta_x = 0,045$$

- dla zginania względem osi Y:

$$M_{y \max} = 112,9 \text{ kNm} \quad \beta_y = 1,000$$

$$\Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,997 \times 0,179^2 \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} \times \frac{2964,9}{7923,2} = 0,000$$

$$\Delta_y = 0,000$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{0,956 \times 7923,2} + \frac{1,000 \times 7627,7}{1,000 \times 14956,5} + \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} = 0,909 < 0,955 = 1 - 0,045$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{0,997 \times 7923,2} + \frac{1,000 \times 7627,7}{1,000 \times 14956,5} + \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} = 0,893 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 0,652 \times 872,0 \times 205 \times 10^{-1} = 6756,9 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 2027,1 \text{ kN}$$

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 0,652 \times 872,0 \times 205 \times 10^{-1} = 6756,9 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 2027,1 \text{ kN}$$

Warunki nośności:

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi Y:} \quad V = 419,9 < 6756,9 = V_R$$

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi X:} \quad V = 20,2 < 6756,9 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 419,9 < 2027,1 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 14956,5 \text{ kNm}$$

- dla zginania względem osi Y: $V_x = 20,2 < 2027,1 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 14956,5 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} + \frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{2964,9}{7923,2} + \frac{7627,7}{14956,5} + \frac{0,0}{14956,5} = 0,884 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$, $x_b = 22,400$.

- dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 20,2 < 6265,9 = 6756,9 \times \sqrt{1 - (2964,9 / 7923,2)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 419,9 < 6265,9 = 6756,9 \times \sqrt{1 - (2964,9 / 7923,2)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 9,3 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 22400 / 350 = 64,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 9,3 < 64,0 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 22400 / 350 = 64,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,2 < 64,0 = a_{\text{gr}}$$

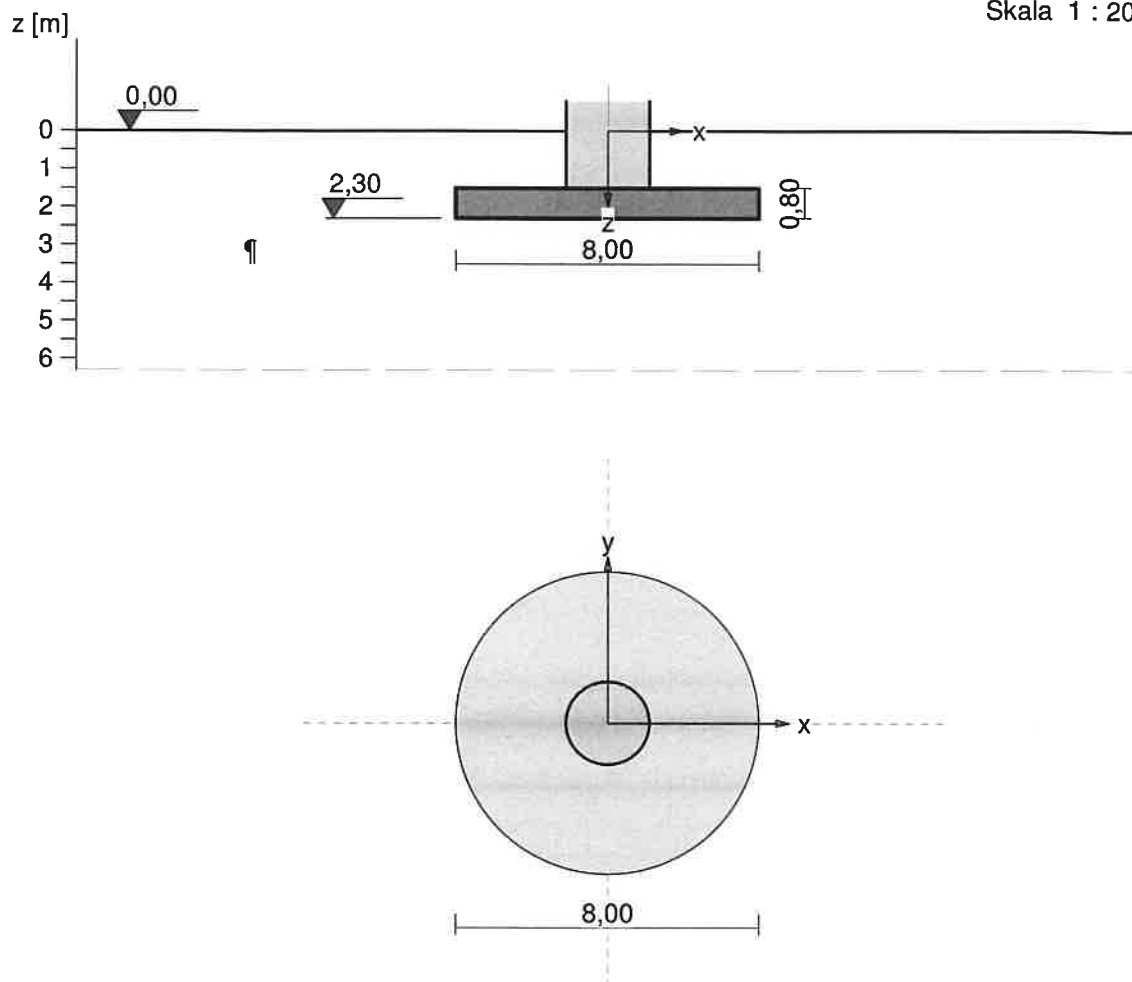
Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = \sqrt{0,2^2 + 9,3^2} = 9,3$$

FUNDAMENT 1. STOPA KOŁOWA

Nazwa fundamentu: stopa kołowa

Skala 1 : 200



1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Istniejący poziom terenu: $z_t = 0,00$ m,

Projektowany poziom terenu: $z_{tp} = 0,00$ m.

1.2. Warstwy gruntu

Lp	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody gruntowej
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	nieokreśl.	Pył	brak wody

1.3. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol gruntu	I_p	I_L	ρ	stopień wilgotn.	c_u	Φ_u	M_0	M
	[-]	[-]	[t/m ³]		[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]
¶		0,14	2,05	m.wilg	19,80	15,8	33772	56287

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup kołowy**

Średnica słupa: $d = 2,20$ m,

Współrzędne osi słupa:

$$x_0 = 4,00 \text{ m}, \quad y_0 = 5,70 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

3. Obciążenie od konstrukcji

Poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,50$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y	γ
	obciążenia *	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[–]
1	D	2986,0	78,0	420,0	7628,0 0	0,00	1,00

* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B25,

Nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 12,0$ mm, na kierunku y: $d_y = 12,0$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

5. Wymiary fundamentu

Poziom posadowienia: $z_f = 2,30$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B = 8,00$ m,

Wysokość: $H = 0,80$ m,

Mimośrod: $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośrodów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	2,30	0,45	0,72

6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiar podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 8,00$ m,.

Wymiar podstawy równoważnej stopy kwadratowej: $B_{zast} = 0,885 \cdot B = 7,08$ m,.

Poziom posadowienia: $H = 2,30$ m.

Rodzaj obciążenia: D,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	E_x	E_y	γ	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	M_{Gx} [kNm]	M_{Gy} [kNm]
Fundament	983,48	0,00	0,00	1,10	1081,83	0,00	0,00
Grunt - pole 1	349,36	1,87	-1,87	1,20	419,23	-784,00	784,00
Grunt - pole 2	349,36	-1,87	-1,87	1,20	419,23	-784,00	-784,00
Grunt - pole 3	349,36	-1,87	1,87	1,20	419,23	784,00	-784,00
Grunt - pole 4	349,36	1,87	1,87	1,20	419,23	784,00	784,00
				Suma	2758,74	0,00	0,00

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa: $N = 2986,00$ kN, mimośrod $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m,

siła pozioma: $H_x = 78,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,80$ m,

siła pozioma: $H_y = 420,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,80$ m,

moment: $M_x = 7628,00$ kNm,

moment: $M_y = 0,00$ kNm.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 2986,00 + 2758,74 = 5744,74 \text{ kN.}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 2986,00 \cdot 0,00 - 420,00 \cdot 0,80 + 7628,00 + 0,00 = 7292,00 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -2986,00 \cdot 0,00 + 78,00 \cdot 0,80 + 0,00 = 62,40 \text{ kNm.}$$

Mimośrod e_x względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 62,40/5744,74 = 0,01 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 7292,00/5744,74 = 1,27 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B + e_{ry}/B = 0,002 + 0,179 = 0,181 \text{ m} < 0,250.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B'_x = B_{zast} - 2 \cdot e_{rx} = 7,08 - 2 \cdot 0,01 = 7,06 \text{ m,} \quad B'_y = B_{zast} - 2 \cdot e_{ry} = 7,08 - 2 \cdot 1,27 = 4,54 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

$$\text{średnia gęstość obliczeniowa: } \rho_{D(r)} = 1,84 \text{ t/m}^3,$$

$$\text{minimalna wysokość: } D_{min} = 2,30 \text{ m,}$$

obciążenie: $\rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,84 \cdot 9,81 \cdot 2,30 = 41,63 \text{ kPa}$.

Współczynniki nośności podłoża:

obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: $\Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 15,80 \cdot 0,90 = 14,22^\circ$,

spójność: $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 17,82 \text{ kPa}$,

$N_B = 0,51$ $N_C = 10,50$, $N_D = 3,66$.

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 78,00/5744,74 = 0,01$, $\text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0136/0,2534 = 0,054$,

$i_{Bx} = 0,96$, $i_{Cx} = 0,98$, $i_{Dx} = 0,98$.

$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 420,00/5744,74 = 0,07$, $\text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0731/0,2534 = 0,289$,

$i_{By} = 0,78$, $i_{Cy} = 0,86$, $i_{Dy} = 0,90$.

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,05 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 18,10 \text{ kN/m}^3$.

Współczynniki kształtu:

$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y'/B_x' = 0,84$, $m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y'/B_x' = 1,19$, $m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y'/B_x' = 1,97$

Odpór graniczny podłoża:

$Q_{fNBx} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 18074,71 \text{ kN}$.

$Q_{fNBy} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 15603,23 \text{ kN}$.

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$N_r = 5744,74 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 15603,23 = 12638,62 \text{ kN}$.

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

7. Wymiarowanie fundamentu

7.1. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na przebicie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca	Nośność betonu	Nośność strzemion
		V [kN]	V _r [kN]	V _s [kN]
* 1	1	1434	2146	—

7.2. Sprawdzenie stopy na przebicie dla obciążenia nr 1

Zestawienie obciążeń:

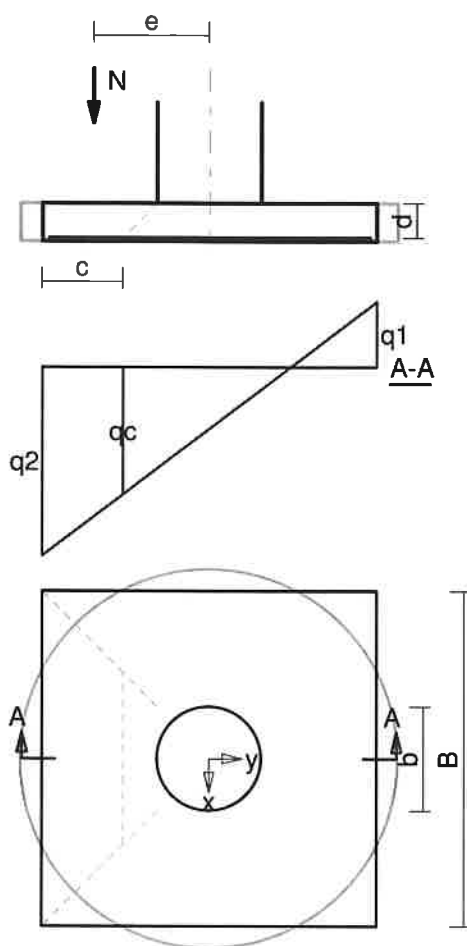
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 7292,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 62,40 \text{ kNm}$.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 2,44 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = -64 \text{ kPa}, \quad q_2 = 183 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $c = 1,71 \text{ m}$, $q_c = 123 \text{ kPa}$.

Przebiecie stopy w przekroju 1:

Siła ścinająca: $V_{Sd} = \int_{Ac} q \cdot dA = 1434 \text{ kN}$.

Nośność betonu na ścinanie: $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (2,20+0,73) \cdot 0,73 \cdot 1000 = 2146 \text{ kN}$.

$$V_{Sd} = 0 \text{ kN} < V_{Rd} = 2146 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.

7.3. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na zginanie

Nr obc.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający	Nośność betonu
			$M \text{ [kNm]}$	$M_r \text{ [kNm]}$
* 1	x	1	981	—
	y	1	2577	—

7.4. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku x

Zestawienie obciążeń:

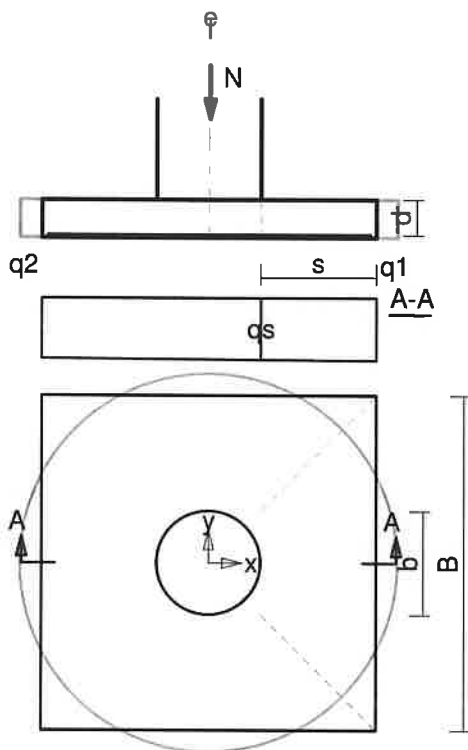
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 7292,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 62,40 \text{ kNm}$.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 2,44 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 61 \text{ kPa}$, $q_2 = 59 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 2,44 \text{ m}$, $q_s = 60 \text{ kPa}$.

Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$M_{sd} = [(b+3 \cdot B) \cdot q_1 + (b+B) \cdot q_s] \cdot s^2 / 12 = [(2,20+3 \cdot 8,00) \cdot 61 + (2,20+8,00) \cdot 60] \cdot 5,95 / 12 = 981 \text{ kNm}$.

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 64,3 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

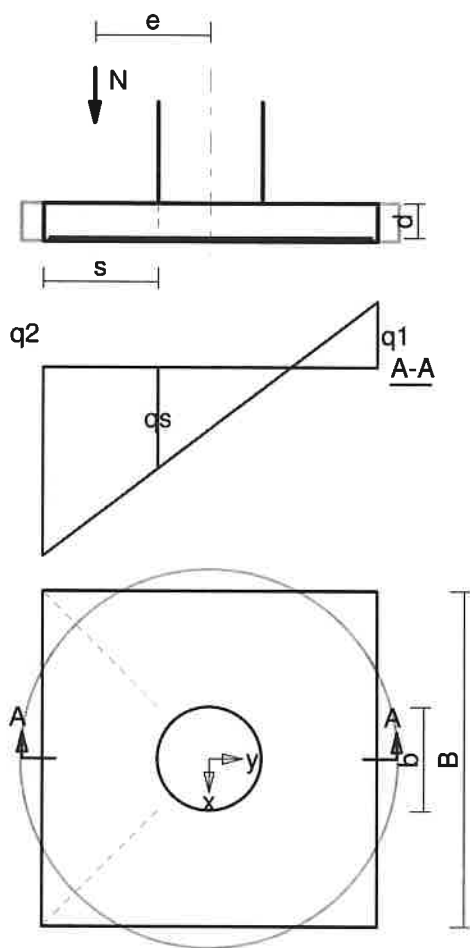
7.5. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku y

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 7292,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 62,40 \text{ kNm}$.
 Mimośrodowość siły względem środka podstawy:
 $e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 2,44 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = -64 \text{ kPa}, \quad q_2 = 183 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 2,44 \text{ m}$, $q_s = 98 \text{ kPa}$.

Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{sd} = [(b+3 \cdot B) \cdot q_2 + (b+B) \cdot q_s] \cdot s^2 / 12 = [(2,20+3 \cdot 8,00) \cdot 183 + (2,20+8,00) \cdot 98] \cdot 5,95 / 12 = 2577 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 175,1 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

1. DANE PODSTAWOWE - FUNDAMENT WIEŻY CIŚNIEŃ:

1.1. Wymiary:

głębokość posadowienia	$D := 2.3 \cdot \text{m}$
wysokość ścian fundamentu	$H_1 := 2.8 \cdot \text{m}$
grubości płyty poziomej i pionowej	$t_p := 80 \cdot \text{cm} \quad t_s := 50 \cdot \text{cm}$
wysokość ściany pionowej	$H_0 := H_1 - t_p = 2 \cdot \text{m}$
wymiar płyty dennej	$B := 8 \cdot \text{m} \quad (\text{promień koła})$
uzeźbrowanie ściany	$l_1 := 1.0 \cdot \text{m} \quad n := 1$
	$l_{\text{ww}} := n \cdot l_1 = 1 \cdot \text{m} \quad l_0 := l_1 = 1 \cdot \text{m}$

1.2. Parametry gruntu zasypowego: żwir

$$\gamma_p := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \Phi_{\text{up}} := 30 \cdot \text{deg} \quad C_{\text{up}} := 0 \cdot \text{kPa}$$

1.3. Parametry gruntu rodzimego: pył

$$\gamma_{\text{gl}} := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \Phi_u := 15.8 \cdot \text{deg} \quad C_u := 19.8 \cdot \text{kPa}$$

1.4. Obciążenie poziomego naziomu gruntu:

$$q_n := 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.5. Współczynnik tarcia betonu po gruncie:

$$\mu := 0.55$$

1.6. Beton B25

$$R_b := 13.3 \cdot \text{MPa} \quad R_{\text{bz}} := 1 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_b := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

1.7. Stal AIIIIN

$$R_a := 420 \cdot \text{MPa}$$

2. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ:

2.2. Siły pionowe:

ciężar płyty fundamentowej

$$G_{n1} := \pi \cdot 4.0 \cdot \text{m} \cdot 4.0 \cdot \text{m} \cdot t_p \cdot \gamma_b = 1.005 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad e_1 := \frac{B}{2} = 4 \cdot \text{m}$$

ciężar płyty pionowej

$$G_{n2} := 2\pi \cdot 1.2 \cdot \text{m} \cdot t_s \cdot H_0 \cdot \gamma_b = 188.496 \cdot \text{kN} \quad e_2 := \frac{B}{2} = 4 \cdot \text{m}$$

ciężar konstrukcji

$$G_{n3} := 829 \cdot \text{kN} = 829 \cdot \text{kN} \quad e_3 := \frac{B}{2} = 4 \cdot \text{m}$$

ciężar gruntu nad płytą

$$G_{n4} := 1.5 \cdot \text{m} \cdot (\pi \cdot 4.0 \cdot \text{m} \cdot 4.0 \cdot \text{m}) \cdot \gamma_p = 1.508 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad e_4 := \frac{B}{2} = 4 \cdot \text{m}$$

3. SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI ŚCIANY:

siły pionowe - wartości obliczeniowe

$$G_{r1} := G_{n1} \cdot 0.9 = 904.779 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r2} := G_{n2} \cdot 0.9 = 169.646 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r3} := G_{n3} \cdot 0.8 = 663.2 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r4} := G_{n4} \cdot 0.8 = 1.206 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$G_r := G_{r1} + G_{r2} + G_{r4} = 2.281 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

siły poziome - wartości obliczeniowe

$$Z_{r1} := 272 \text{ kN} \cdot 1.2 = 326.4 \cdot \text{kN}$$

$$Z_{r2} := 57 \text{ kN} \cdot 1.2 = 68.4 \cdot \text{kN}$$

$$Z_r := Z_{r1} + Z_{r2} = 394.8 \cdot \text{kN}$$

3.1. Sprawdzenie stateczności ściany na obrót względem przedniej krawędzi podstawy fundamentu:

$$m_0 := 0.9$$

moment utrzymujący

$$M_{ur} := G_{r1} \cdot e_1 + G_{r2} \cdot e_2 + G_{r3} \cdot e_3 + G_{r4} \cdot e_4 = 1.178 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

moment wywracający

$$M_{wr} := 7628 \text{ kNm} \quad (\text{reakcja ze statyki})$$

warunek stateczności

$$M_{wr} = 7.628 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{ur} \cdot m_0 = 1.06 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

3.2. Sprawdzenie stateczności ściany na przesunięcie poziome:

$$\mu = 0.55$$

warunek stateczności

$$Z_r = 394.8 \cdot \text{kN} < G_r \cdot \mu = 1.254 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

WNIOSEK - STATECZNOŚĆ FUNDAMENTU NA OBRÓT I PRZESUNIĘCIE JEST SPEŁNIONA

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – wieża ciśnień

Stal: klasa **S235**

Przekrój: rura okrągła 2200mm x 20 mm

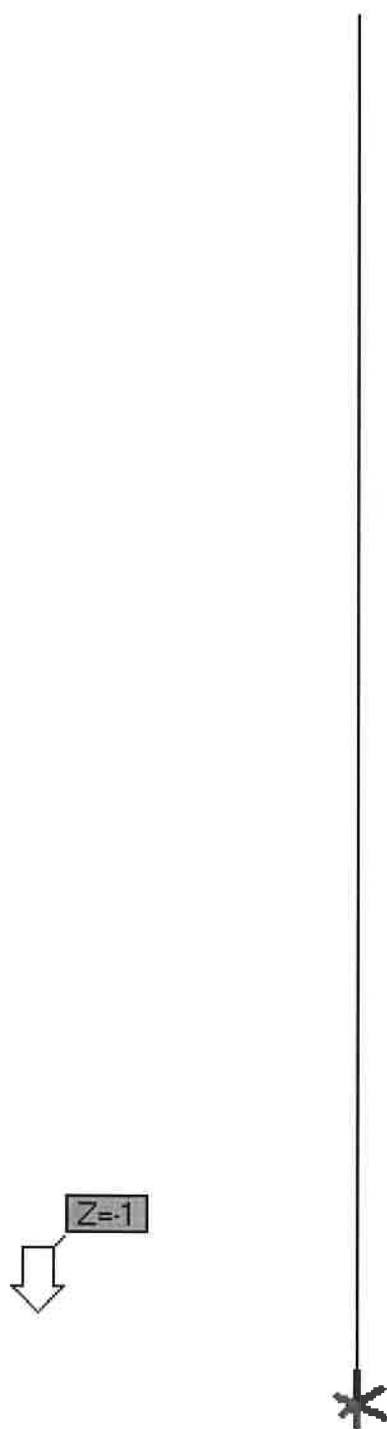
Analiza przypadku z odchyłką górnego wierzchołka wynoszącą 7,6 cm.

1.2. Konstrukcja stalowa

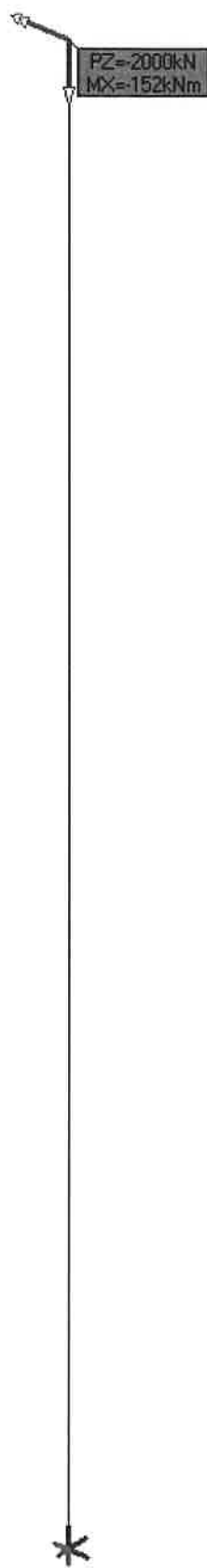
1.2.1. Schemat konstrukcji



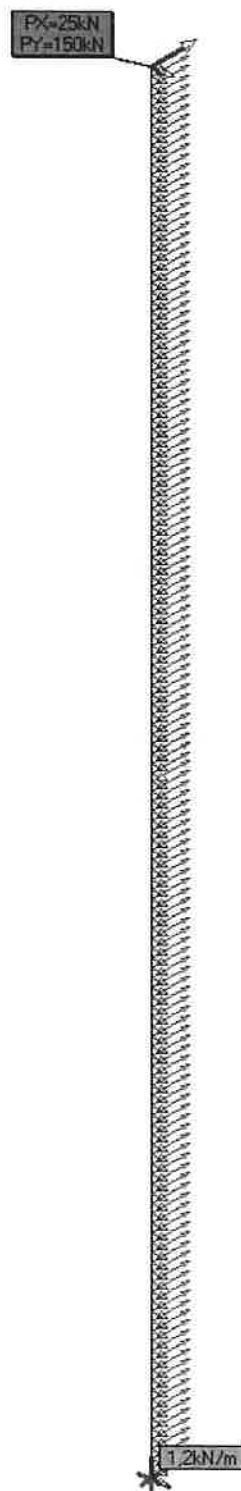
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (w.charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – woda w zbiorniku (w.charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – parcie wiatru (w.charakterystyczne)

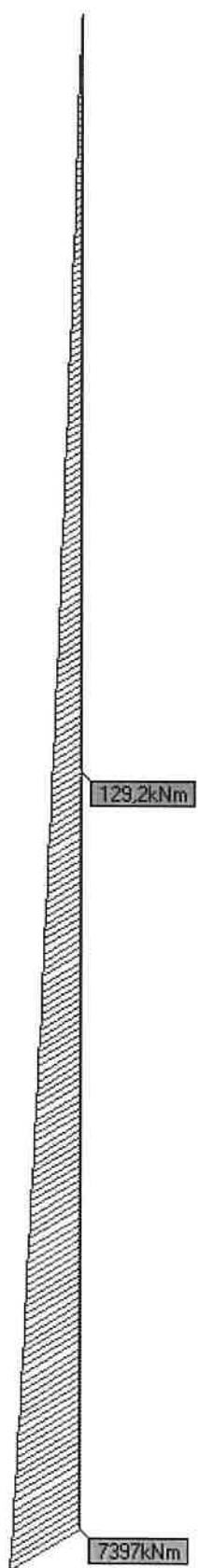


1.2.5. Mnożniki i atrybuty.

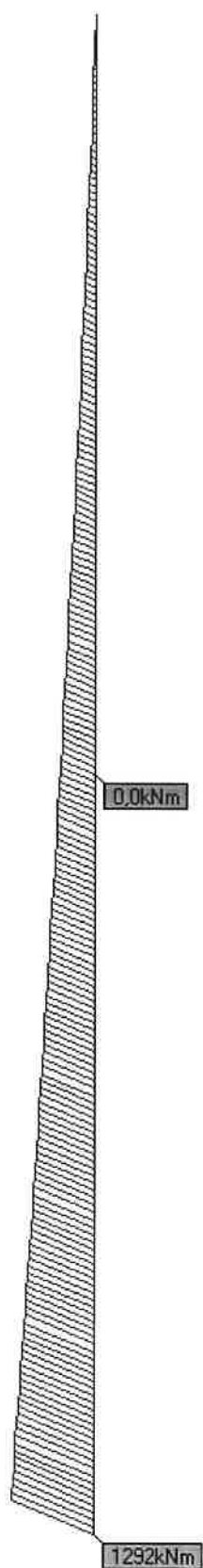
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar wody	1,35	1,35	1	Stały
3	Parcie wiatru	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Konstrukcja stalowa – obliczenia statyczne.

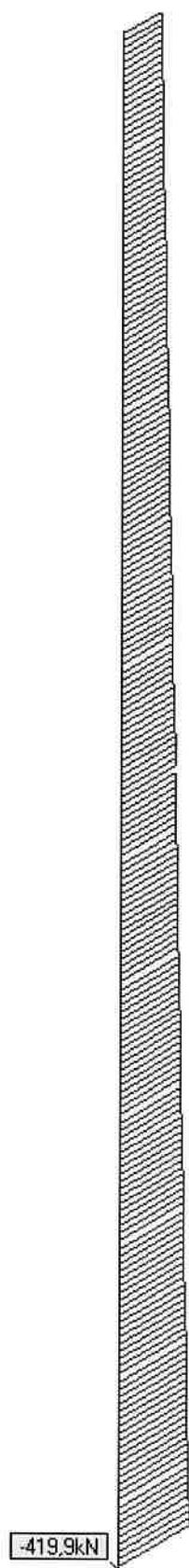
1.3.1. Siły wewnętrzne – M_y (wartości obliczeniowe)



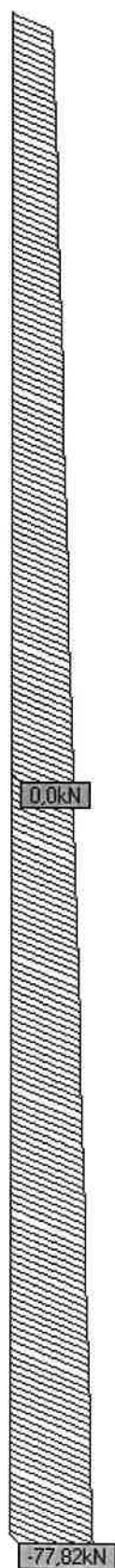
1.3.2. Siły wewnętrzne – M_z (wartości obliczeniowe)



1.3.3. Siły wewnętrzne – Q_y (wartości obliczeniowe)



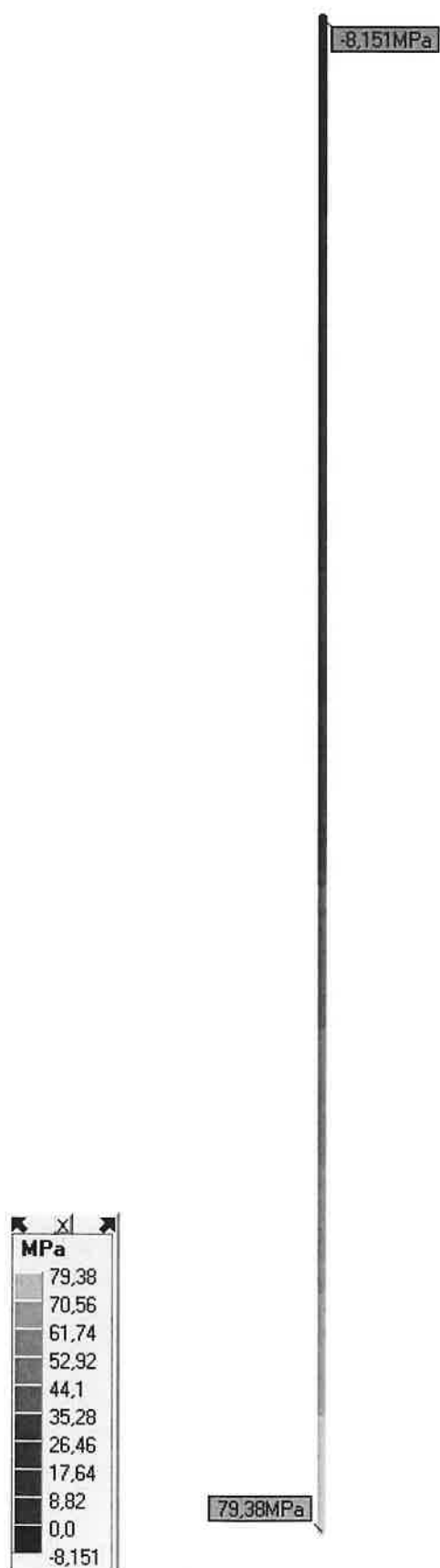
1.3.4. Siły wewnętrzne – Qz (wartości obliczeniowe)



1.3.5. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

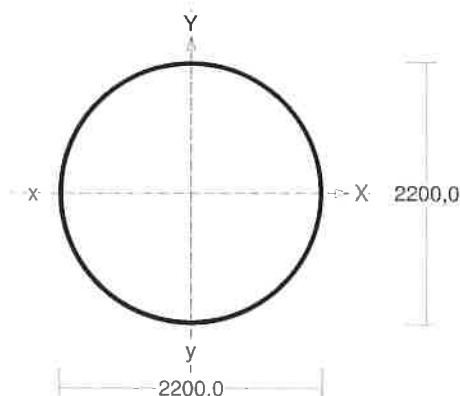


1.4. Naprężenia



1.6. Wymiarowanie

Przekrój: R 2200x20



Wymiary przekroju:

$D=2200,0$ $d=2160,0$ $g=20,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=8137592,1$ $J_{yg}=8137592,1$ $A=1369,73$
 $i_x=77,1$ $i_y=77,1$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W.**
Wytrzymałość **$f_d=205$ MPa dla $g=20,0$.**

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu: momenty przywęzłowe $M_a = 0,0$ i $M_b = 0,0$ kNm, obciążenie rozłożone na całej długości pręta $q = 1,2$ kN/m. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1,500$.

$M_x = 7427,9$ kNm, $V_y = 419,9$ kN, $N = -2964,9$ kN,
 $M_y = 0,0$ kNm, $V_x = 20,2$ kN.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 78,8$ MPa $\sigma_c = -122,1$ MPa.

Stateczność lokalna.

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

W przekroju występują naprężenia spawalnicze.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki $a = 22400,0$ mm.

Warunek stateczności ścianki dla ścianki najbardziej narażonej na jej utratę (9):

$$\sigma_c / \varphi_p f_d = 0,740 < 1$$

Przyjęto, że przekrój wymiarowany będzie w stanie **krytycznym**.

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

- dla zginana względem osi X: $\psi_x = \varphi_p = 0,986$
- dla zginana względem osi Y: $\psi_y = \varphi_p = 0,986$
- dla ściskania: $\psi_o = \varphi_p = 0,282$

Naprężenia:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 78,8$ MPa $\sigma_c = -122,1$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -21,6$ $\Delta\sigma = 100,4$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$
- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 880,0$ cm² $\tau = 4,8$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi X: $A_v = 880,0 \text{ cm}^2$ $\tau = 0,2 \text{ MPa}$ $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 21,6 / 1,000 + 100,4 = 122,1 < 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 4,8 / 1,000 = 4,8 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 0,2 / 1,000 = 0,2 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{122,1^2 + 3 \times 4,8^2} = 122,3 < 205 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Siała osiowa: $N = -2964,9 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 1369,73 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 1369,73 \times 205 \times 10^{-1} = 28079,6 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 2964,9 < 28079,6 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 0,500 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,484 \quad \text{dla } l_o = 22,400$$
$$l_w = 2,484 \times 22,400 = 55,642 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 22,400$$
$$l_w = 1,000 \times 22,400 = 22,400 \text{ m}$$

Sily krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8,14 \times 10^6}{55,642^2} 10^{-2} = 53180,2 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8,14 \times 10^6}{22,400^2} 10^{-2} = 328135,7 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$:

$$N_{RC} = \psi A f_d = 0,282 \times 1369,7 \times 205 \times 10^{-1} = 7923,2 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \sqrt{7923,2 / 53180,2} = 0,446 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,956$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \sqrt{7923,2 / 328135,7} = 0,179 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,997$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,956$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{2964,9}{0,956 \times 7923,2} = 0,391 < 1$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 0,986 \times 73978,1 \times 205 \times 10^{-3} = 14956,5 \text{ kNm}$$

- względem osi Y

$$M_R = \psi W_c f_d = 0,986 \times 73978,1 \times 205 \times 10^{-3} = 14956,5 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{7923,2} + \frac{7427,9}{1,000 \times 14956,5} + \frac{0,0}{14956,5} = 0,871 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

- dla zginania względem osi X:

$$M_{x \max} = 7427,9 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,956 \times 0,446^2 \frac{1,000 \times 7427,9}{14956,5} \times \frac{2964,9}{7923,2} = 0,044$$

$$\Delta_x = 0,044$$

- dla zginania względem osi Y:

$$M_{y \max} = 112,9 \text{ kNm} \quad \beta_y = 1,000$$

$$\Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,997 \times 0,179^2 \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} \times \frac{2964,9}{7923,2} = 0,000$$

$$\Delta_y = 0,000$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{0,956 \times 7923,2} + \frac{1,000 \times 7427,9}{1,000 \times 14956,5} + \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} = 0,896 < 0,956 = 1 - 0,044$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{0,997 \times 7923,2} + \frac{1,000 \times 7427,9}{1,000 \times 14956,5} + \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} = 0,880 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 0,652 \times 872,0 \times 205 \times 10^{-1} = 6756,9 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 2027,1 \text{ kN}$$

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 0,652 \times 872,0 \times 205 \times 10^{-1} = 6756,9 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 2027,1 \text{ kN}$$

Warunki nośności:

- ścinanie wzdłuż osi Y: $V = 419,9 < 6756,9 = V_R$

- ścinanie wzdłuż osi X: $V = 20,2 < 6756,9 = V_R$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 419,9 < 2027,1 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 14956,5 \text{ kNm}$$

- dla zginania względem osi Y: $V_x = 20,2 < 2027,1 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 14956,5 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} + \frac{M_y}{M_{Ry,V}} = \frac{2964,9}{7923,2} + \frac{7427,9}{14956,5} + \frac{0,0}{14956,5} = 0,871 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$, $x_b = 22,400$.

- dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 20,2 < 6265,9 = 6756,9 \times \sqrt{1 - (2964,9 / 7923,2)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 419,9 < 6265,9 = 6756,9 \times \sqrt{1 - (2964,9 / 7923,2)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 8,7 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 22400 / 350 = 64,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 8,7 < 64,0 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 22400 / 350 = 64,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,2 < 64,0 = a_{\text{gr}}$$

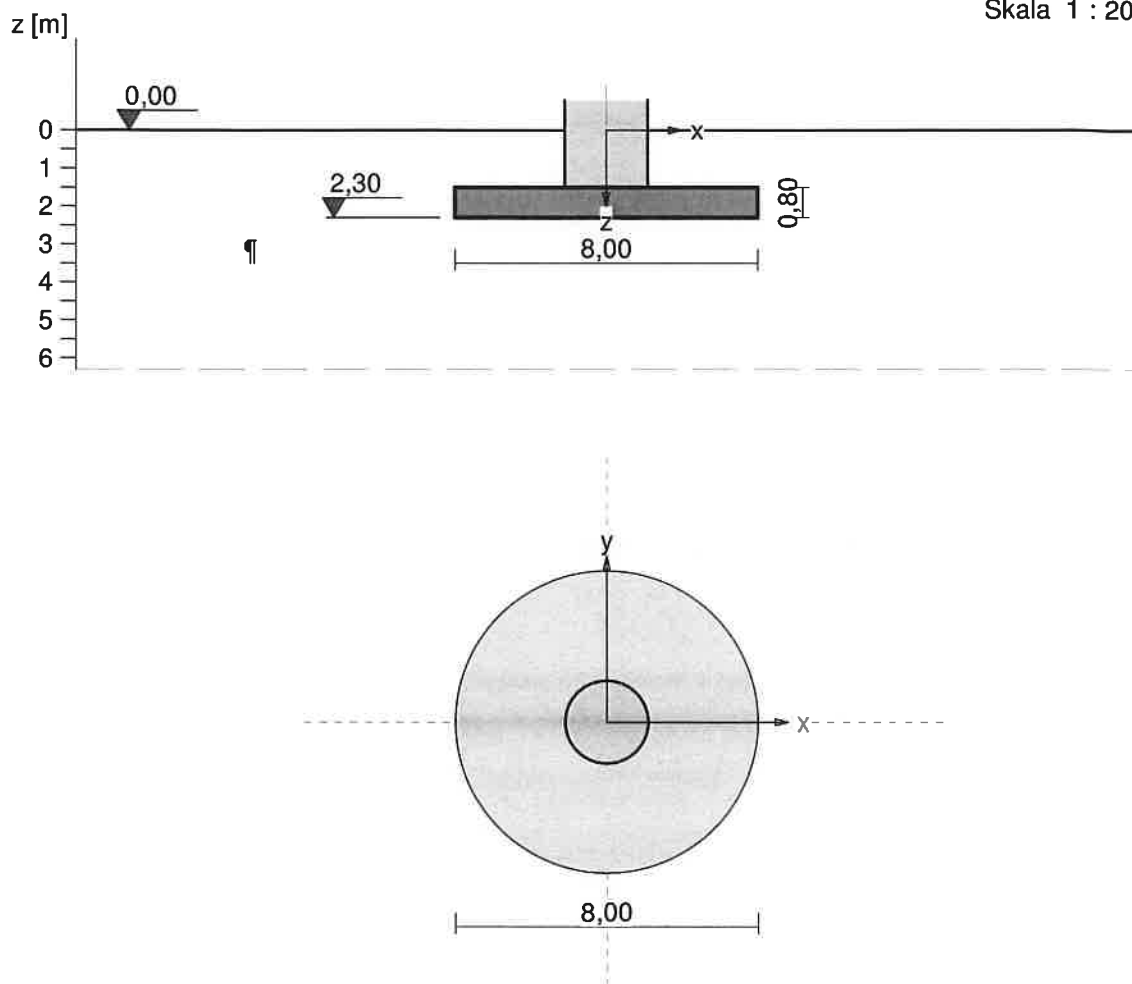
Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = \sqrt{0,2^2 + 8,7^2} = 8,7$$

FUNDAMENT 2. STOPA KOŁOWA

Nazwa fundamentu: stopa kołowa

Skala 1 : 200



1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Istniejący poziom terenu: $z_t = 0,00$ m,

Projektowany poziom terenu: $z_{tp} = 0,00$ m.

1.2. Warstwy gruntu

Lp	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody gruntowej
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	nieokreśl.	Pył	brak wody

1.3. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol gruntu	I_D	I_L	ρ	stopień wilgotn.	c_u	Φ_u	M_0	M
	[-]	[-]	[t/m ³]		[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]
¶		0,14	2,05	m.wilg	19,80	15,8	33772	56287

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup kołowy**

Średnica słupa: $d = 2,20$ m,

Współrzędne osi słupa:

$$x_0 = 5,75 \text{ m}, \quad y_0 = 7,45 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

3. Obciążenie od konstrukcji

Poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,50$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y	γ
	obciążenia*	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[–]
1	D	2986,0	78,0	420,0	7428,0 0	0,00	1,00

* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B25,

Nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 12,0$ mm, na kierunku y: $d_y = 12,0$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

5. Wymiary fundamentu

Poziom posadowienia: $z_f = 2,30$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B = 8,00$ m,

Wysokość: $H = 0,80$ m,

Mimośrod: $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośródów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	2,30	0,45	0,70

6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiar podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 8,00$ m,.

Wymiar podstawy równoważnej stopy kwadratowej: $B_{zast} = 0,885 \cdot B = 7,08$ m,.

Poziom posadowienia: $H = 2,30$ m.

Rodzaj obciążenia: D,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	E_x	E_y	γ	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	M_{Gx} [kNm]	M_{Gy} [kNm]
Fundament	983,48	0,00	0,00	1,10	1081,83	0,00	0,00
Grunt - pole 1	349,36	1,87	-1,87	1,20	419,23	-784,00	784,00
Grunt - pole 2	349,36	-1,87	-1,87	1,20	419,23	-784,00	-784,00
Grunt - pole 3	349,36	-1,87	1,87	1,20	419,23	784,00	-784,00
Grunt - pole 4	349,36	1,87	1,87	1,20	419,23	784,00	784,00
				Suma	2758,74	0,00	0,00

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa: $N = 2986,00$ kN, mimośrodowość wzgl. podst. fund. $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m,

siła pozioma: $H_x = 78,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,80$ m,

siła pozioma: $H_y = 420,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,80$ m,

moment: $M_x = 7428,00$ kNm,

moment: $M_y = 0,00$ kNm.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 2986,00 + 2758,74 = 5744,74 \text{ kN.}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 2986,00 \cdot 0,00 - 420,00 \cdot 0,80 + 7428,00 + 0,00 = 7092,00 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -2986,00 \cdot 0,00 + 78,00 \cdot 0,80 + 0,00 + 0,00 = 62,40 \text{ kNm.}$$

Mimośrodek sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 62,40/5744,74 = 0,01 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 7092,00/5744,74 = 1,23 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B + e_{ry}/B = 0,002 + 0,174 = 0,176 \text{ m} < 0,250.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B'_x = B_{zast} - 2 \cdot e_{rx} = 7,08 - 2 \cdot 0,01 = 7,06 \text{ m,} \quad B'_y = B_{zast} - 2 \cdot e_{ry} = 7,08 - 2 \cdot 1,23 = 4,61 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

średnia gęstość obliczeniowa: $\rho_{D(r)} = 1,84 \text{ t/m}^3$,

minimalna wysokość: $D_{min} = 2,30 \text{ m,}$

obciążenie: $\rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,84 \cdot 9,81 \cdot 2,30 = 41,63 \text{ kPa}$.

Współczynniki nośności podłoża:

obliczeniowy kąt tarcia wewnętrznego: $\Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 15,80 \cdot 0,90 = 14,22^\circ$,

spójność: $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 17,82 \text{ kPa}$,

$N_B = 0,51$ $N_C = 10,50$, $N_D = 3,66$.

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 78,00/5744,74 = 0,01$, $\text{tg } \delta_x / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0136/0,2534 = 0,054$,

$i_{Bx} = 0,96$, $i_{Cx} = 0,98$, $i_{Dx} = 0,98$.

$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 420,00/5744,74 = 0,07$, $\text{tg } \delta_y / \text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0731/0,2534 = 0,289$,

$i_{By} = 0,78$, $i_{Cy} = 0,86$, $i_{Dy} = 0,90$.

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,05 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 18,10 \text{ kN/m}^3$.

Współczynniki kształtu:

$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y' / B_x' = 0,84$, $m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y' / B_x' = 1,20$, $m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y' / B_x' = 1,98$

Odpór graniczny podłoża:

$Q_{fNBx} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 18436,42 \text{ kN}$.

$Q_{fNBy} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 15934,61 \text{ kN}$.

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$N_r = 5744,74 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 15934,61 = 12907,04 \text{ kN}$.

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

7. Wymiarowanie fundamentu

7.1. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na przebicie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca	Nośność betonu	Nośność strzemion
		V [kN]	V _r [kN]	V _s [kN]
* 1	1	1409	2146	—

7.2. Sprawdzenie stopy na przebicie dla obciążenia nr 1

Zestawienie obciążeń:

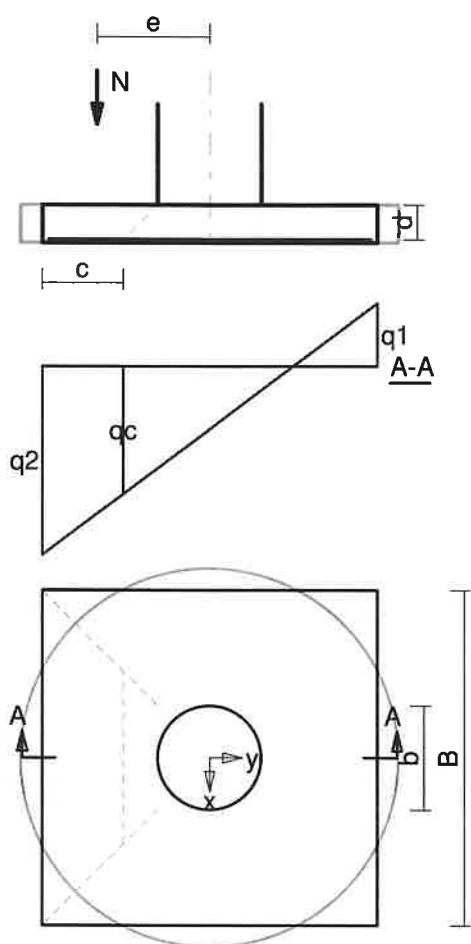
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 7092,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 62,40 \text{ kNm}$.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 2,38 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = -60 \text{ kPa}, \quad q_2 = 179 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $c = 1,71 \text{ m}$, $q_c = 122 \text{ kPa}$.

Przebiecie stopy w przekroju 1:

Siła ścinająca: $V_{Sd} = \int_{Ac} q \cdot dA = 1409 \text{ kN}$.

Nośność betonu na ścinanie: $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (2,20+0,73) \cdot 0,73 \cdot 1000 = 2146 \text{ kN}$.

$$V_{Sd} = 0 \text{ kN} < V_{Rd} = 2146 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.

7.3. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na zginanie

Nr obc.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający	Nośność betonu
			$M \text{ [kNm]}$	$M_r \text{ [kNm]}$
* 1	x	1	981	—
	y	1	2533	—

7.4. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku x

Zestawienie obciążeń:

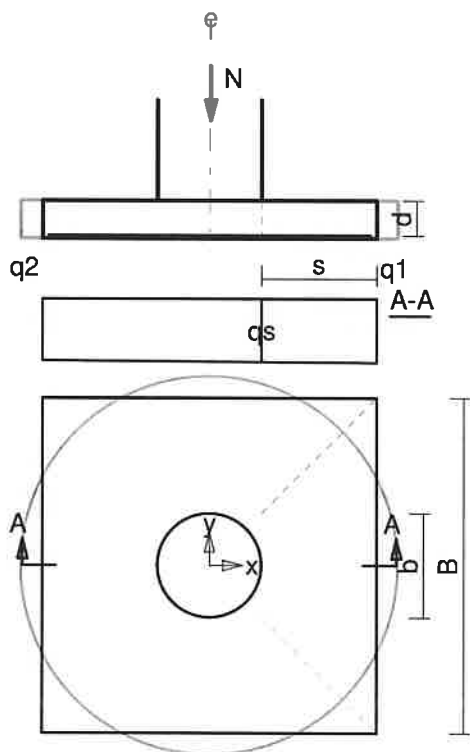
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 7092,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 62,40 \text{ kNm}$.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 2,38 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 61 \text{ kPa}$, $q_2 = 59 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 2,44 \text{ m}$, $q_s = 60 \text{ kPa}$.

Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$M_{sd} = [(b+3 \cdot B) \cdot q_1 + (b+B) \cdot q_s] \cdot s^2 / 12 = [(2,20+3 \cdot 8,00) \cdot 61 + (2,20+8,00) \cdot 60] \cdot 5,95 / 12 = 981 \text{ kNm}$.

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 64,3 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

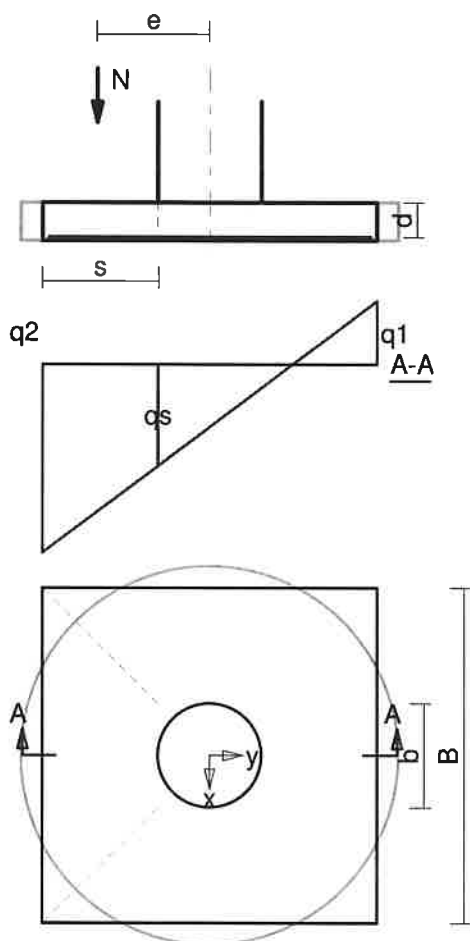
7.5. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku y

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 7092,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 62,40 \text{ kNm}$.
Mimośrodowość siły względem środka podstawy:
 $e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 2,38 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = -60 \text{ kPa}, \quad q_2 = 179 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 2,44 \text{ m}$, $q_s = 97 \text{ kPa}$.

Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{sd} = [(b+3 \cdot B) \cdot q_2 + (b+B) \cdot q_s] \cdot s^2 / 12 = [(2,20+3 \cdot 8,00) \cdot 179 + (2,20+8,00) \cdot 97] \cdot 5,95 / 12 = 2533 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 172,1 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

1. DANE PODSTAWOWE - FUNDAMENT WIEŻY CIŚNIEN:

1.1. Wymiary:

głębokość posadowienia	$D := 2.3 \cdot \text{m}$
wysokość ścian fundamentu	$H_1 := 2.8 \cdot \text{m}$
grubość płyty poziomej i pionowej	$t_p := 80 \cdot \text{cm} \quad t_s := 50 \cdot \text{cm}$
wysokość ściany pionowej	$H_0 := H_1 - t_p = 2 \text{ m}$
wymiar płyty dennej	$B := 8 \cdot \text{m} \quad (\text{promień koła})$
uźebrowanie ściany	$l_1 := 1.0 \cdot \text{m} \quad n := 1$
	$L_{\text{ww}} := n \cdot l_1 = 1 \text{ m} \quad l_0 := l_1 = 1 \text{ m}$

1.2. Parametry gruntu zasypowego: żwir

$$\gamma_p := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \Phi_{\text{up}} := 30 \cdot \text{deg} \quad C_{\text{up}} := 0 \cdot \text{kPa}$$

1.3. Parametry gruntu rodzimego: pył

$$\gamma_{\text{gl}} := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \Phi_u := 15.8 \cdot \text{deg} \quad C_u := 19.8 \cdot \text{kPa}$$

1.4. Obciążenie poziomego naziomu gruntu:

$$q_n := 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

1.5. Współczynnik tarcia betonu po gruncie:

$$\mu := 0.55$$

1.6. Beton B25

$$R_b := 13.3 \cdot \text{MPa} \quad R_{\text{bz}} := 1 \cdot \text{MPa} \quad \gamma_b := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

1.7. Stal AIIIIN

$$R_a := 420 \cdot \text{MPa}$$

2. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ:

2.2. Siły pionowe:

ciężar płyty fundamentowej

$$G_{n1} := \pi \cdot 4.0 \text{ m} \cdot 4.0 \text{ m} \cdot t_p \cdot \gamma_b = 1.005 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad e_1 := \frac{B}{2} = 4 \text{ m}$$

ciężar płyty pionowej

$$G_{n2} := 2\pi \cdot 1.2 \text{ m} \cdot t_s \cdot H_0 \cdot \gamma_b = 188.496 \cdot \text{kN} \quad e_2 := \frac{B}{2} = 4 \text{ m}$$

ciężar konstrukcji

$$G_{n3} := 829 \text{ kN} = 829 \cdot \text{kN} \quad e_3 := \frac{B}{2} = 4 \text{ m}$$

ciężar gruntu nad płytą

$$G_{n4} := 1.5 \text{ m} \cdot (\pi \cdot 4.0 \text{ m} \cdot 4.0 \text{ m}) \cdot \gamma_p = 1.508 \times 10^3 \cdot \text{kN} \quad e_4 := \frac{B}{2} = 4 \text{ m}$$

3. SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI ŚCIANY:

siły pionowe - wartości obliczeniowe

$$G_{r1} := G_{n1} \cdot 0.9 = 904.779 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r2} := G_{n2} \cdot 0.9 = 169.646 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r3} := G_{n3} \cdot 0.8 = 663.2 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r4} := G_{n4} \cdot 0.8 = 1.206 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$G_r := G_{r1} + G_{r2} + G_{r4} = 2.281 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

siły poziome - wartości obliczeniowe

$$Z_{r1} := 272 \text{ kN} \cdot 1.2 = 326.4 \cdot \text{kN}$$

$$Z_{r2} := 57 \text{ kN} \cdot 1.2 = 68.4 \cdot \text{kN}$$

$$Z_r := Z_{r1} + Z_{r2} = 394.8 \cdot \text{kN}$$

3.1. Sprawdzenie stateczności ściany na obrót względem przedniej krawędzi podstawy fundamentu:

$$m_0 := 0.9$$

moment utrzymujący

$$M_{ur} := G_{r1} \cdot e_1 + G_{r2} \cdot e_2 + G_{r3} \cdot e_3 + G_{r4} \cdot e_4 = 1.178 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

moment wywracający

$$M_{wr} := 7397 \text{ kNm} \quad (\text{reakcja ze statyki})$$

warunek stateczności

$$M_{wr} = 7.397 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{ur} \cdot m_0 = 1.06 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

3.2. Sprawdzenie stateczności ściany na przesunięcie poziome:

$$\mu = 0.55$$

warunek stateczności

$$Z_r = 394.8 \cdot \text{kN} < G_r \cdot \mu = 1.254 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

WNIOSEK - STATECZNOŚĆ FUNDAMENTU NA OBRÓT I PRZESUNIĘCIE JEST SPEŁNIONA

1. Wyniki obliczeń – statyka i wymiarowanie – wieża ciśnień

Stal: klasa **S235**

Przekrój: rura okrągła 2200mm x 20 mm

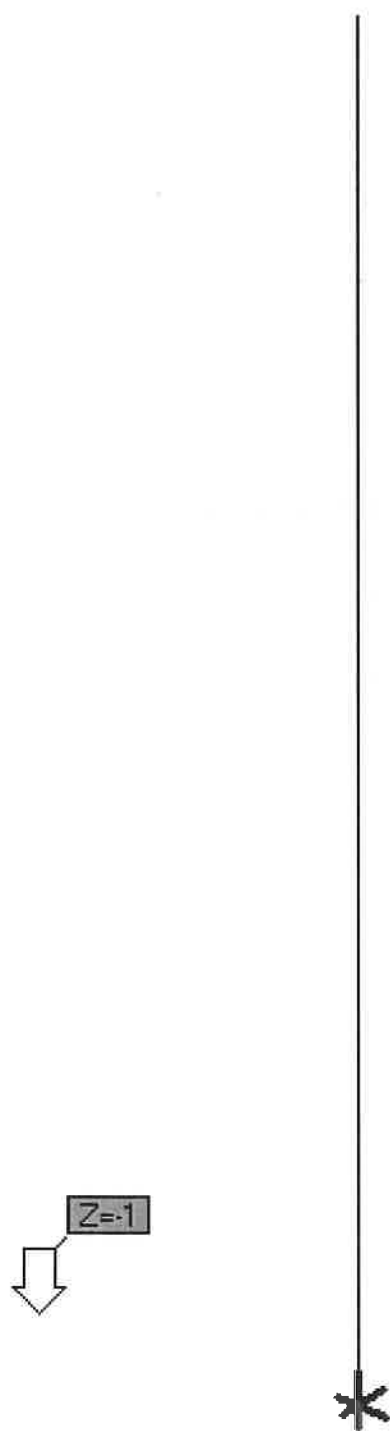
Analiza przypadku bez odchyłki od pionu.

1.2. Konstrukcja stalowa

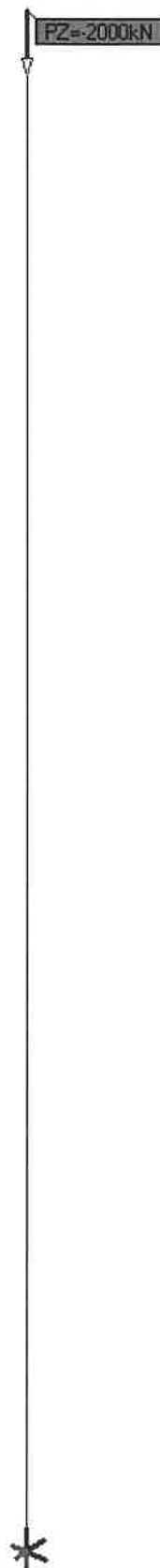
1.2.1. Schemat konstrukcji



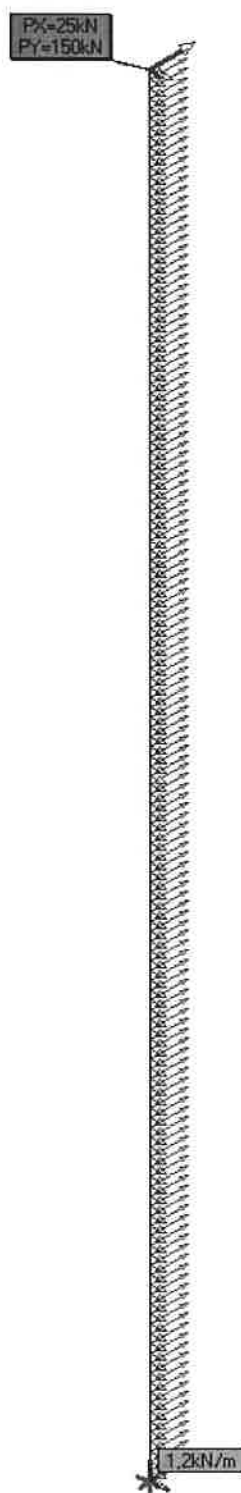
1.2.2. Obciążenia – ciężar własny (w.charakterystyczne)



1.2.3. Obciążenia – woda w zbiorniku (w.charakterystyczne)



1.2.4. Obciążenia – parcie wiatru (w.charakterystyczne)

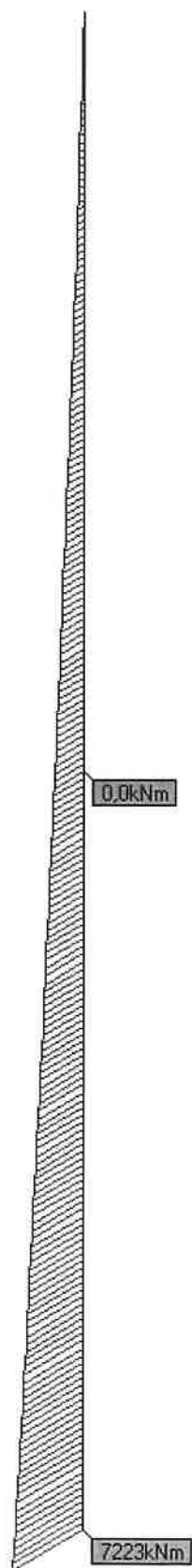


1.2.5. Mnożniki i atrybuty.

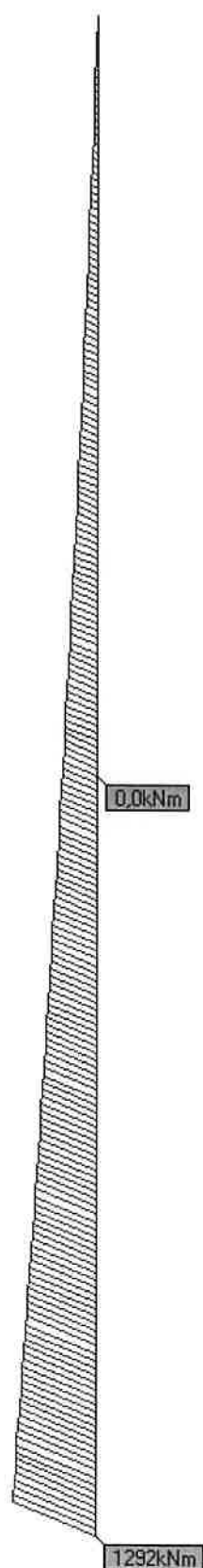
Nr	Opis	Obc(+)	Obc(-)	Udz.	Atrybut
1	Ciężar własny	1,1	1,1	1	Stały
2	Ciężar wody	1,35	1,35	1	Stały
3	Parcie wiatru	1,5	1,5	1	Zmienny

1.3. Konstrukcja stalowa – obliczenia statyczne.

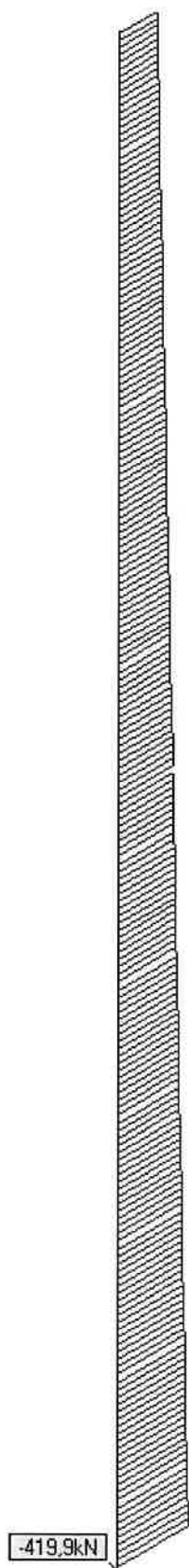
1.3.1. Siły wewnętrzne – M_y (wartości obliczeniowe)



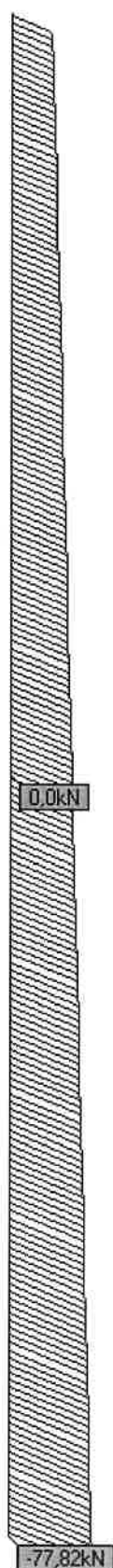
1.3.2. Siły wewnętrzne – Mz (wartości obliczeniowe)



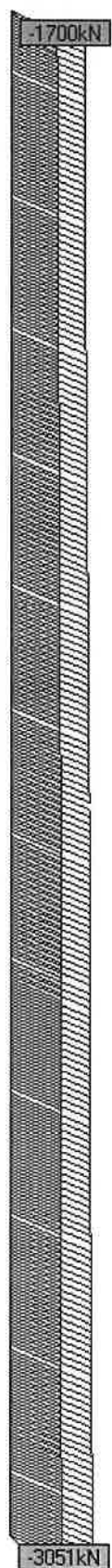
1.3.3. Siły wewnętrzne – Q_y (wartości obliczeniowe)



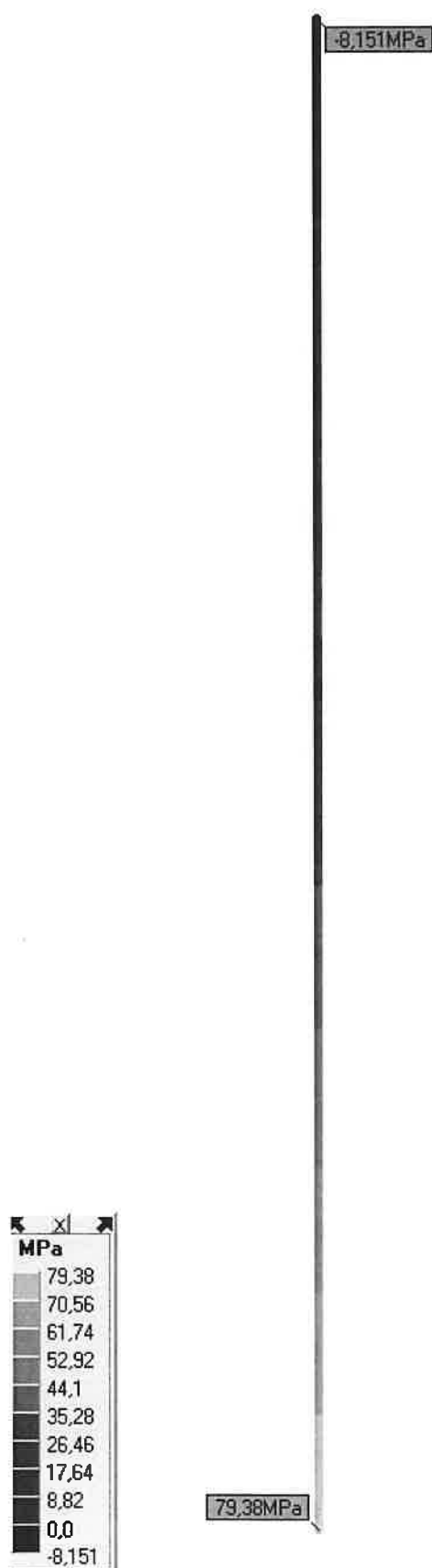
1.3.4. Siły wewnętrzne – Qz (wartości obliczeniowe)



1.3.5. Siły wewnętrzne – N (wartości obliczeniowe)

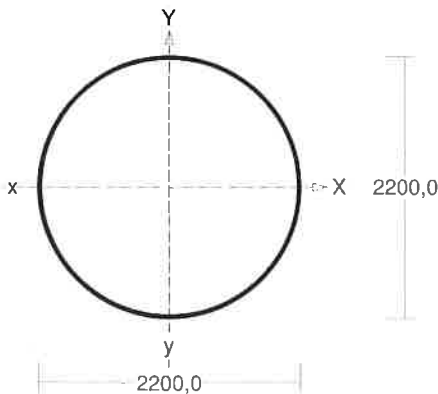


1.4. Naprężenia



1.5. Wymiarowanie

Przekrój: R 2200x20



Wymiary przekroju:

$D=2200,0$ $d=2160,0$ $g=20,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=8137592,1$ $J_{yg}=8137592,1$ $A=1369,73$
 $i_x=77,1$ $i_y=77,1$.

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W.**

Wytrzymałość **$f_d=205$ MPa dla $g=20,0$.**

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **AB**

Obciążenia działające prostopadle do płaszczyzny układu: momenty przywęzłowe $M_a = 0,0$ i $M_b = 0,0$ kNm, obciążenie rozłożone na całej długości pręta $q = 1,2$ kN/m. Częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla tych obciążeń wynosi $\gamma_f = 1,500$.

$M_x = 7222,7$ kNm, $V_y = 419,9$ kN, $N = -2964,9$ kN,

$M_y = 0,0$ kNm, $V_x = 20,2$ kN.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 76,0$ MPa $\sigma_c = -119,3$ MPa.

Stateczność lokalna.

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

W przekroju występują naprężenia spawalnicze.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki $a = 22400,0$ mm.

Warunek stateczności ścianki dla ścianki najbardziej narażonej na jej utratę (9):

$$\sigma_c / \varphi_p f_d = 0,727 < 1$$

Przyjęto, że przekrój wymiarowany będzie w stanie **krytycznym**.

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

- dla zginana względem osi X: $\psi_x = \varphi_p = 0,986$

- dla zginana względem osi Y: $\psi_y = \varphi_p = 0,986$

- dla ściskania: $\psi_o = \varphi_p = 0,282$

Naprężenia:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 76,0$ MPa $\sigma_c = -119,3$ MPa.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -21,6$ $\Delta\sigma = 97,6$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 880,0 \text{ cm}^2$ $\tau = 4,8 \text{ MPa}$ $\psi_{ov} = 1,000$
- ścinanie wzdłuż osi X: $A_v = 880,0 \text{ cm}^2$ $\tau = 0,2 \text{ MPa}$ $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 21,6 / 1,000 + 97,6 = 119,3 < 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 4,8 / 1,000 = 4,8 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ex} = \tau / \psi_{ov} = 0,2 / 1,000 = 0,2 < 118,9 = 0,58 \times 205 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{119,3^2 + 3 \times 4,8^2} = 119,6 < 205 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

Siała osiowa: $N = -2964,9 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 1369,73 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 1369,73 \times 205 \times 10^{-1} = 28079,6 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 2964,9 < 28079,6 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie układu przyjęto podatności węzłów ustalone wg załącznika 1 normy:

$$\chi_1 = 0,500 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,484 \quad \text{dla } l_0 = 22,400$$

$$l_w = 2,484 \times 22,400 = 55,642 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 22,400$$

$$l_w = 1,000 \times 22,400 = 22,400 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8,14 \times 10^6}{55,642^2} 10^{-2} = 53180,2 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 8,14 \times 10^6}{22,400^2} 10^{-2} = 328135,7 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$:

$$N_{RC} = \psi A f_d = 0,282 \times 1369,7 \times 205 \times 10^{-1} = 7923,2 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\text{- dla } N_x \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_x} = 1,15 \times \sqrt{7923,2 / 53180,2} = 0,446 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,956$$

$$\text{- dla } N_y \quad \bar{\lambda} = 1,15 \sqrt{N_{RC} / N_y} = 1,15 \times \sqrt{7923,2 / 328135,7} = 0,179 \Rightarrow \text{Tab.11 b} \Rightarrow \varphi = 0,997$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,956$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{2964,9}{0,956 \times 7923,2} = 0,391 < 1$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- względem osi X

$$M_{Rx} = \psi W_c f_d = 0,986 \times 73978,1 \times 205 \times 10^{-3} = 14956,5 \text{ kNm}$$

- względem osi Y

$$M_{Ry} = \psi W_c f_d = 0,986 \times 73978,1 \times 205 \times 10^{-3} = 14956,5 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\bar{\lambda}_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{7923,2} + \frac{7222,7}{1,000 \times 14956,5} + \frac{0,0}{14956,5} = 0,857 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

- dla zginania względem osi X:

$$M_{x \max} = 7222,7 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,956 \times 0,446^2 \frac{1,000 \times 7222,7}{14956,5} \times \frac{2964,9}{7923,2} = 0,043$$

$$\Delta_x = 0,043$$

- dla zginania względem osi Y:

$$M_{y \max} = 112,9 \text{ kNm} \quad \beta_y = 1,000$$

$$\Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,997 \times 0,179^2 \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} \times \frac{2964,9}{7923,2} = 0,000$$

$$\Delta_y = 0,000$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{0,956 \times 7923,2} + \frac{1,000 \times 7222,7}{1,000 \times 14956,5} + \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} = 0,882 < 0,957 = 1 - 0,043$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{M_{Ry}} = \frac{2964,9}{0,997 \times 7923,2} + \frac{1,000 \times 7222,7}{1,000 \times 14956,5} + \frac{1,000 \times 112,9}{14956,5} = 0,866 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 0,652 \times 872,0 \times 205 \times 10^{-1} = 6756,9 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 2027,1 \text{ kN}$$

- wzdłuż osi X

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_V f_d = 0,58 \times 0,652 \times 872,0 \times 205 \times 10^{-1} = 6756,9 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 2027,1 \text{ kN}$$

Warunki nośności:

- ścinanie wzdłuż osi Y: $V = 419,9 < 6756,9 = V_R$

- ścinanie wzdłuż osi X: $V = 20,2 < 6756,9 = V_R$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 0,000$; $x_b = 22,400$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 419,9 < 2027,1 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 14956,5 \text{ kNm}$$

- dla zginania względem osi Y: $V_x = 20,2 < 2027,1 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 14956,5 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{R,x,V}} + \frac{M_y}{M_{R,y,V}} = \frac{2964,9}{7923,2} + \frac{7222,7}{14956,5} + \frac{0,0}{14956,5} = 0,857 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 0,000$, $x_b = 22,400$.

- dla ścinania wzdłuż osi X:

$$V = 20,2 < 6265,9 = 6756,9 \times \sqrt{1 - (2964,9 / 7923,2)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 419,9 < 6265,9 = 6756,9 \times \sqrt{1 - (2964,9 / 7923,2)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 8,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 22400 / 350 = 64,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 8,2 < 64,0 = a_{\text{gr}}$$

Ugięcia względem osi X liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 0,2 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 22400 / 350 = 64,0 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 0,2 < 64,0 = a_{\text{gr}}$$

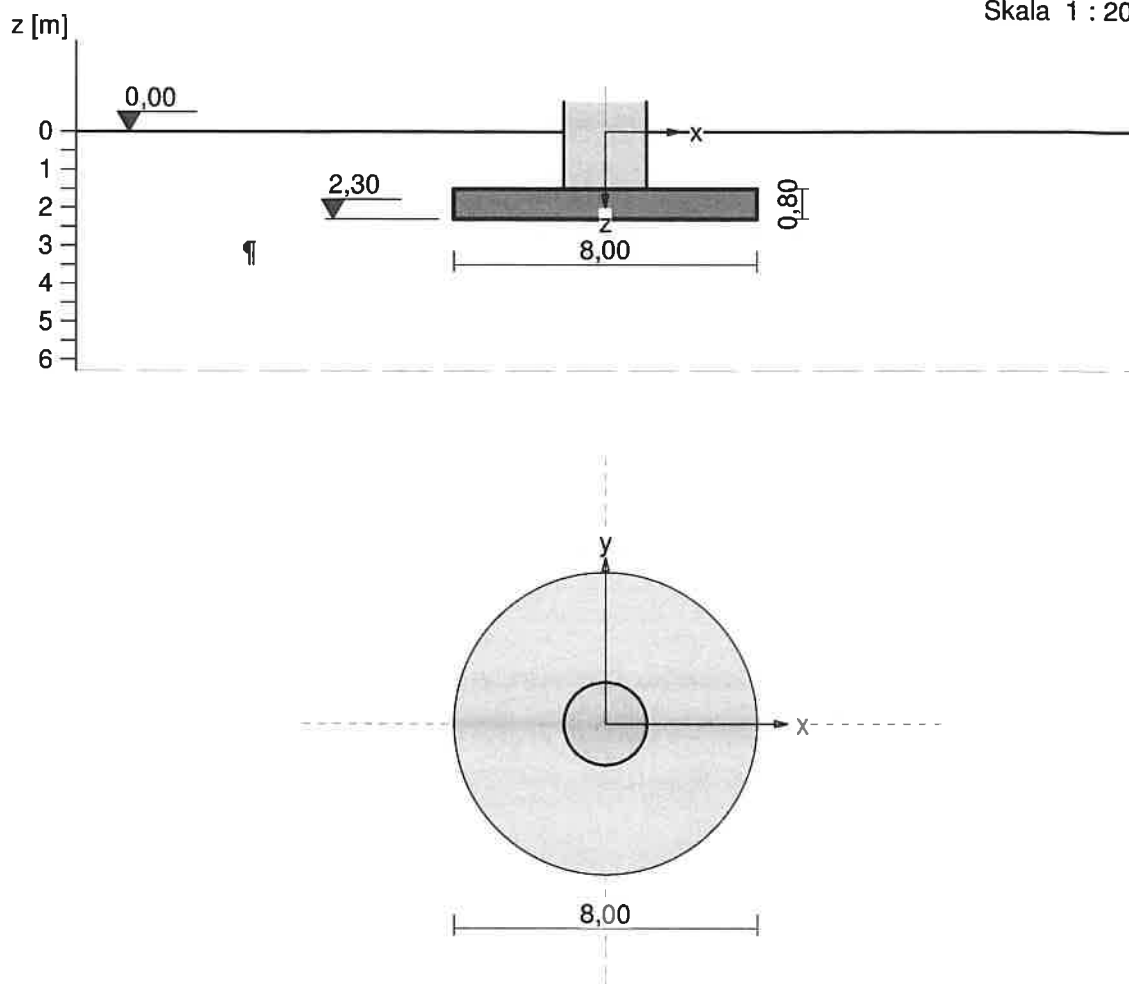
Największe ugięcie wypadkowe wynosi:

$$a = \sqrt{0,2^2 + 8,2^2} = 8,2$$

FUNDAMENT 3. STOPA KOŁOWA

Nazwa fundamentu: stopa kołowa

Skala 1 : 200



1. Podłoże gruntowe

1.1. Teren

Istniejący poziom terenu: $z_t = 0,00$ m,

Projektowany poziom terenu: $z_{tp} = 0,00$ m.

1.2. Warstwy gruntu

Lp	Poziom stropu	Grubość warstwy	Nazwa gruntu	Poz. wody gruntowej
	[m]	[m]		[m]
1	0,00	nieokreśl.	Pył	brak wody

1.3. Parametry geotechniczne występujących gruntów

Symbol	I_D	I_L	ρ	stopień	c_u	Φ_u	M_0	M
gruntu	[-]	[-]	[t/m ³]	wilgotn.	[kPa]	[°]	[kPa]	[kPa]
¶		0,14	2,05	m.wilg	19,80	15,8	33772	56287

2. Konstrukcja na fundamencie

Typ konstrukcji: **słup kołowy**

Średnica słupa: $d = 2,20$ m,

Współrzędne osi słupa:

$$x_0 = 21,00 \text{ m}, \quad y_0 = 9,20 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego: $\phi = 0,00^\circ$.

3. Obciążenie od konstrukcji

Poziom przyłożenia obciążenia: $z_{obc} = 1,50$ m.

Lista obciążeń:

Lp	Rodzaj	N	H_x	H_y	M_x	M_y	γ
	obciążenia*	[kN]	[kN]	[kNm]	[kNm]	[kNm]	[-]
1	D	2986,0	78,0	420,0	7223,0 0	0,00	1,00

* D – obciążenia stałe, zmienne długotrwałe,

D+K - obciążenia stałe, zmienne długotrwałe i krótkotrwałe.

4. Materiał

Rodzaj materiału: **żelbet**

Klasa betonu: B25,

Nazwa stali: St3S-b,

Średnica prętów zbrojeniowych:

na kierunku x: $d_x = 12,0$ mm, na kierunku y: $d_y = 12,0$ mm,

Kierunek zbrojenia głównego: x,

Grubość otuliny: 5,0 cm.

W warunku na przebicie nie uwzględniać strzemion.

5. Wymiary fundamentu

Poziom posadowienia: $z_f = 2,30$ m

Kształt fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy: $B = 8,00$ m,

Wysokość: $H = 0,80$ m,

Mimośrody: $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m.

6. Stan graniczny I

6.1. Zestawienie wyników analizy nośności i mimośrodów

Nr obc.	Rodzaj obciążenia	Poziom [m]	Wsp. nośności	Wsp. mimośr.
* 1	D	2,30	0,44	0,68

6.2. Analiza stanu granicznego I dla obciążenia nr 1

Wymiar podstawy fundamentu rzeczywistego: $B = 8,00$ m,.

Wymiar podstawy równoważnej stopy kwadratowej: $B_{zast} = 0,885 \cdot B = 7,08$ m,.

Poziom posadowienia: $H = 2,30$ m.

Rodzaj obciążenia: D,

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	E_x	E_y	γ	Obc. obl.	Mom. obl.	Mom. obl.
	[kN]	[m]	[m]	[-]	G [kN]	M_{Gx} [kNm]	M_{Gy} [kNm]
Fundament	983,48	0,00	0,00	1,10	1081,83	0,00	0,00
Grunt - pole 1	349,36	1,87	-1,87	1,20	419,23	-784,00	784,00
Grunt - pole 2	349,36	-1,87	-1,87	1,20	419,23	-784,00	-784,00
Grunt - pole 3	349,36	-1,87	1,87	1,20	419,23	784,00	-784,00
Grunt - pole 4	349,36	1,87	1,87	1,20	419,23	784,00	784,00
				Suma	2758,74	0,00	0,00

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji:

siła pionowa: $N = 2986,00$ kN, mimośrodowo wzgl. podst. fund. $E_x = 0,00$ m, $E_y = 0,00$ m,

siła pozioma: $H_x = 78,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,80$ m,

siła pozioma: $H_y = 420,00$ kN, mimośród względem podstawy fund. $E_z = 0,80$ m,

moment: $M_x = 7223,00$ kNm,

moment: $M_y = 0,00$ kNm.

Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = N + G = 2986,00 + 2758,74 = 5744,74 \text{ kN.}$$

Momenty względem środka podstawy:

$$M_{rx} = N \cdot E_y - H_y \cdot E_z + M_x + M_{Gx} = 2986,00 \cdot 0,00 - 420,00 \cdot 0,80 + 7223,00 + 0,00 = 6887,00 \text{ kNm.}$$

$$M_{ry} = -N \cdot E_x + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy} = -2986,00 \cdot 0,00 + 78,00 \cdot 0,80 + 0,00 + 0,00 = 62,40 \text{ kNm.}$$

Mimośrodowo sił względem środka podstawy:

$$e_{rx} = |M_{ry}/N_r| = 62,40/5744,74 = 0,01 \text{ m,}$$

$$e_{ry} = |M_{rx}/N_r| = 6887,00/5744,74 = 1,20 \text{ m.}$$

$$e_{rx}/B + e_{ry}/B = 0,002 + 0,169 = 0,171 \text{ m} < 0,250.$$

Wniosek: Warunek położenia wypadkowej jest spełniony.

Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B_x' = B_{zast} - 2 \cdot e_{rx} = 7,08 - 2 \cdot 0,01 = 7,06 \text{ m,} \quad B_y' = B_{zast} - 2 \cdot e_{ry} = 7,08 - 2 \cdot 1,20 = 4,68 \text{ m.}$$

Obciążenie podłoża obok ławy (min. średnia gęstość dla pola 1):

średnia gęstość obliczeniowa: $\rho_{D(r)} = 1,84 \text{ t/m}^3$,

minimalna wysokość: $D_{min} = 2,30 \text{ m,}$

obciążenie: $\rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} = 1,84 \cdot 9,81 \cdot 2,30 = 41,63 \text{ kPa}$.

Współczynniki nośności podłoża:

obliczeniowy kąt tarcia wewnętrzznego: $\Phi_{u(r)} = \Phi_{u(n)} \cdot \gamma_m = 15,80 \cdot 0,90 = 14,22^\circ$,

spójność: $c_{u(r)} = c_{u(n)} \cdot \gamma_m = 17,82 \text{ kPa}$,

$N_B = 0,51$ $N_C = 10,50$, $N_D = 3,66$.

Wpływ odchylenia wypadkowej obciążenia od pionu:

$\text{tg } \delta_x = |H_x|/N_r = 78,00/5744,74 = 0,01$, $\text{tg } \delta_x/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0136/0,2534 = 0,054$,

$i_{Bx} = 0,96$, $i_{Cx} = 0,98$, $i_{Dx} = 0,98$.

$\text{tg } \delta_y = |H_y|/N_r = 420,00/5744,74 = 0,07$, $\text{tg } \delta_y/\text{tg } \Phi_{u(r)} = 0,0731/0,2534 = 0,289$,

$i_{By} = 0,78$, $i_{Cy} = 0,86$, $i_{Dy} = 0,90$.

Ciężar objętościowy gruntu pod ławą fundamentową:

$\rho_{B(n)} \cdot \gamma_m \cdot g = 2,05 \cdot 0,90 \cdot 9,81 = 18,10 \text{ kN/m}^3$.

Współczynniki kształtu:

$m_B = 1 - 0,25 \cdot B_y'/B_x' = 0,83$, $m_C = 1 + 0,3 \cdot B_y'/B_x' = 1,20$, $m_D = 1 + 1,5 \cdot B_y'/B_x' = 2,00$

Odpór graniczny podłoża:

$Q_{fNBx} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cx} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dx} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_x' \cdot i_{Bx}) = 18809,82 \text{ kN}$.

$Q_{fNBy} = B_x' B_y' (m_C \cdot N_C \cdot c_{u(r)} \cdot i_{Cy} + m_D \cdot N_D \cdot \rho_{D(r)} \cdot g \cdot D_{\min} \cdot i_{Dy} + m_B \cdot N_B \cdot \rho_{B(r)} \cdot g \cdot B_y' \cdot i_{By}) = 16277,09 \text{ kN}$.

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$N_r = 5744,74 \text{ kN} < m \cdot \min(Q_{fNBx}, Q_{fNBy}) = 0,81 \cdot 16277,09 = 13184,44 \text{ kN}$.

Wniosek: warunek nośności jest spełniony.

7. Wymiarowanie fundamentu

7.1. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na przebiecie

Nr obc.	Przekrój	Siła tnąca	Nośność betonu	Nośność strzemion
		$V \text{ [kN]}$	$V_r \text{ [kN]}$	$V_s \text{ [kN]}$
* 1	1	1384	2146	—

7.2. Sprawdzenie stopy na przebiecie dla obciążenia nr 1

Zestawienie obciążeń:

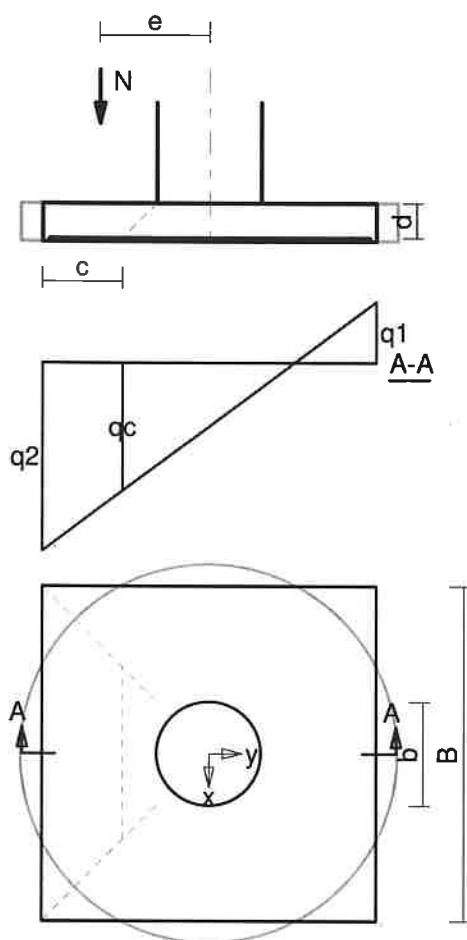
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 6887,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 62,40 \text{ kNm}$.

Mimośrodki siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 2,31 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = -57 \text{ kPa}, \quad q_2 = 176 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $c = 1,71 \text{ m}$, $q_c = 120 \text{ kPa}$.

Przebiecie stopy w przekroju 1:

Siła ścinająca: $V_{Sd} = \int_{Ac} q \cdot dA = 1384 \text{ kN}$.

Nośność betonu na ścinanie: $V_{Rd} = (b+d) \cdot d \cdot f_{ctd} = (2,20+0,73) \cdot 0,73 \cdot 1000 = 2146 \text{ kN}$.

$$V_{Sd} = 0 \text{ kN} < V_{Rd} = 2146 \text{ kN}.$$

Wniosek: warunek na przebiecie jest spełniony.

7.3. Zestawienie wyników sprawdzenia stopy na zginanie

Nr obc.	Kierunek	Przekrój	Moment zginający	Nośność betonu
			$M \text{ [kNm]}$	$M_r \text{ [kNm]}$
* 1	x	1	981	—
	y	1	2488	—

7.4. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku x

Zestawienie obciążeń:

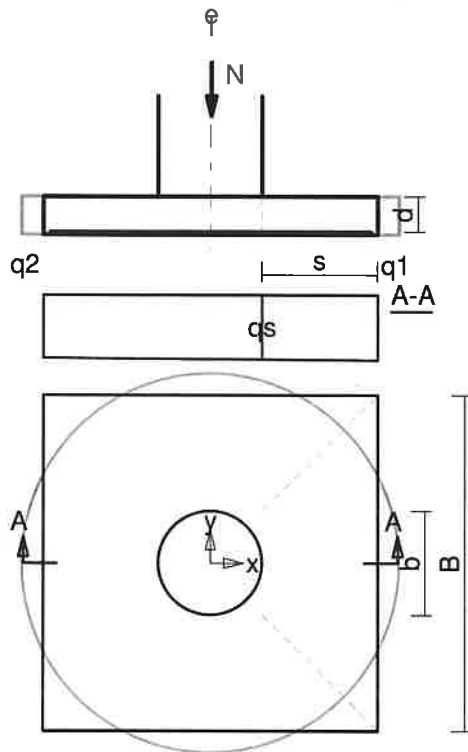
Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xr} = 6887,00 \text{ kNm}$, $M_{yr} = 62,40 \text{ kNm}$.

Mimośrodowość siły względem środka podstawy:

$e_{xr} = |M_{yr}/N_r| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yr} = |M_{xr}/N_r| = 2,31 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$q_1 = 61 \text{ kPa}$, $q_2 = 59 \text{ kPa}$.

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 2,44 \text{ m}$, $q_s = 60 \text{ kPa}$.

Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$M_{Sd} = [(b+3 \cdot B) \cdot q_1 + (b+B) \cdot q_s] \cdot s^2 / 12 = [(2,20+3 \cdot 8,00) \cdot 61 + (2,20+8,00) \cdot 60] \cdot 5,95 / 12 = 981 \text{ kNm}$.

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 64,3 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

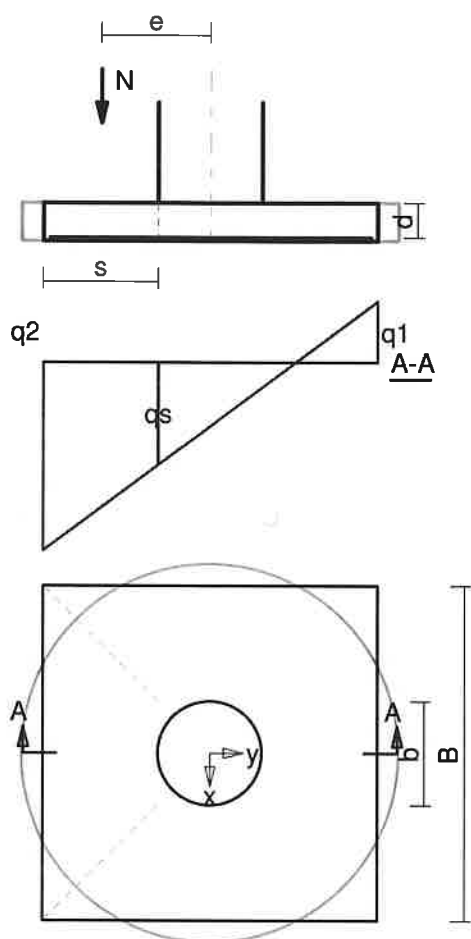
7.5. Sprawdzenie stopy na zginanie dla obciążenia nr 1 na kierunku y

Zestawienie obciążeń:

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji zredukowane do środka podstawy stopy:

siła pionowa: $N_r = 2986 \text{ kN}$,

momenty: $M_{xI} = 6887,00 \text{ kNm}$, $M_{yI} = 62,40 \text{ kNm}$.
 Mimośrodowość siły względem środka podstawy:
 $e_{xI} = |M_{yI}/N_I| = 0,02 \text{ m}$, $e_{yI} = |M_{xI}/N_I| = 2,31 \text{ m}$.



Oddziaływanie podłoża na fundament:

Oddziaływania na krawędziach fundamentu w przekroju środkowym A-A:

$$q_1 = -57 \text{ kPa}, \quad q_2 = 176 \text{ kPa}.$$

Oddziaływanie podłoża w przekroju 1: $s = 2,44 \text{ m}$, $q_s = 96 \text{ kPa}$.

Zginanie stopy w przekroju 1:

Moment zginający:

$$M_{Sd} = [(b+3 \cdot B) \cdot q_2 + (b+B) \cdot q_s] \cdot s^2 / 12 = [(2,20+3 \cdot 8,00) \cdot 176 + (2,20+8,00) \cdot 96] \cdot 5,95 / 12 = 2488 \text{ kNm}.$$

Konieczna powierzchnia przekroju zbrojenia: $A_s = 168,9 \text{ cm}^2$.

Wniosek: warunek na zginanie jest spełniony.

1. DANE PODSTAWOWE - FUNDAMENT WIEŻY CIŚNIEŃ:

1.1. Wymiary:

głębokość posadowienia	$D := 2.3 \cdot \text{m}$
wysokość ścian fundamentu	$H_1 := 2.8 \cdot \text{m}$
grubości płyty poziomej i pionowej	$t_p := 80 \cdot \text{cm} \quad t_s := 50 \cdot \text{cm}$
wysokość ściany pionowej	$H_0 := H_1 - t_p = 2 \cdot \text{m}$
wymiar płyty dennej	$B := 8 \cdot \text{m} \quad (\text{promień koła})$
uzębrowanie ściany	$l_1 := 1.0 \cdot \text{m} \quad n := 1$
	$\underline{\underline{L}} := n \cdot l_1 = 1 \cdot \text{m} \quad l_0 := l_1 = 1 \cdot \text{m}$

1.2. Parametry gruntu zasypowego: żwir	$\gamma_p := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\Phi_{up} := 30 \cdot \text{deg}$	$C_{up} := 0 \cdot \text{kPa}$
1.3. Parametry gruntu rodzimego: pył	$\gamma_{gl} := 20 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$	$\Phi_u := 15.8 \cdot \text{deg}$	$C_u := 19.8 \cdot \text{kPa}$
1.4. Obciążenie poziomego naziomu gruntu:	$q_n := 0 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$		
1.5. Współczynnik tarcia betonu po gruncie:	$\mu := 0.55$		
1.6. Beton B25	$R_b := 13.3 \cdot \text{MPa}$	$R_{bz} := 1 \cdot \text{MPa}$	$\gamma_b := 25 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$
1.7. Stal AIIIIN	$R_a := 420 \cdot \text{MPa}$		

2. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ:

2.2. Siły pionowe:

ciężar płyty fundamentowej	$G_{n1} := \pi \cdot 4.0 \text{m} \cdot 4.0 \text{m} \cdot t_p \cdot \gamma_b = 1.005 \times 10^3 \cdot \text{kN}$	$e_1 := \frac{B}{2} = 4 \text{m}$
ciężar płyty pionowej	$G_{n2} := 2\pi \cdot 1.2 \text{m} \cdot t_s \cdot H_0 \cdot \gamma_b = 188.496 \cdot \text{kN}$	$e_2 := \frac{B}{2} = 4 \text{m}$
ciężar konstrukcji	$G_{n3} := 829 \text{kN} = 829 \cdot \text{kN}$	$e_3 := \frac{B}{2} = 4 \text{m}$
ciężar gruntu nad płytą	$G_{n4} := 1.5 \text{m} \cdot (\pi \cdot 4.0 \text{m} \cdot 4.0 \text{m}) \cdot \gamma_p = 1.508 \times 10^3 \cdot \text{kN}$	$e_4 := \frac{B}{2} = 4 \text{m}$

3. SPRAWDZENIE STATECZNOŚCI ŚCIANY:

siły pionowe - wartości obliczeniowe

$$G_{r1} := G_{n1} \cdot 0.9 = 904.779 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r2} := G_{n2} \cdot 0.9 = 169.646 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r3} := G_{n3} \cdot 0.8 = 663.2 \cdot \text{kN}$$

$$G_{r4} := G_{n4} \cdot 0.8 = 1.206 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

$$G_r := G_{r1} + G_{r2} + G_{r4} = 2.281 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

siły poziome - wartości obliczeniowe

$$Z_{r1} := 272 \text{ kN} \cdot 1.2 = 326.4 \cdot \text{kN}$$

$$Z_{r2} := 57 \text{ kN} \cdot 1.2 = 68.4 \cdot \text{kN}$$

$$Z_r := Z_{r1} + Z_{r2} = 394.8 \cdot \text{kN}$$

3.1. Sprawdzenie stateczności ściany na obrót względem przedniej krawędzi podstawy fundamentu:

$$m_0 := 0.9$$

moment utrzymujący

$$M_{ur} := G_{r1} \cdot e_1 + G_{r2} \cdot e_2 + G_{r3} \cdot e_3 + G_{r4} \cdot e_4 = 1.178 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

moment wywracający

$$M_{wr} := 7223 \text{ kNm} \quad (\text{reakcja ze statyki})$$

warunek stateczności

$$M_{wr} = 7.223 \times 10^3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} < M_{ur} \cdot m_0 = 1.06 \times 10^4 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

3.2. Sprawdzenie stateczności ściany na przesunięcie poziome:

$$\mu = 0.55$$

warunek stateczności

$$Z_r = 394.8 \cdot \text{kN} < G_r \cdot \mu = 1.254 \times 10^3 \cdot \text{kN}$$

WNIOSEK - STATECZNOŚĆ FUNDAMENTU NA OBRÓT I PRZESUNIĘCIE JEST SPEŁNIONA

mgr inż. WALDEMAR POTONIEC
uprawnienia budowlane numer 35 / 2003
do projektowania i kierowania
robotami budowlanymi (bez ograniczeń)
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

mgr inż. Grzegorz Bryła
UPRAWNIENIA BUDOWLANE DO
PROJEKTOWANIA BEZ OGRANICZEŃ
W SPECJALNOŚCI KONSTRUKCYJNO-BUDOWLANEJ
NUMER EWIDENCYJNY POK/0079/P00K/20