

OBLICZENIA STATYCZNE

do projektu remontu muru i bramy wejściowej przy ul. Armii Krajowej w Barczewie

I. SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI KONSTRUKCJI STANU ISTNIEJĄCEGO

1.0. Zebranie obciążeń.

Teren wzdłuż muru od strony cmentarza uniemożliwia ruch pojazdów, zatem nie występuje obciążenia naziomu.

Występującym oddziaływaniem zewnętrznym jest parcie wiatru:

- Ściana wolno stojąca o wymiarach: $l = 43,2$ m, $h = 3,0$ m bez załamania w narożniku
- Współczynnik wypełnienia 100 %
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
- strefa obciążenia wiatrem 1; $A = 118$ m n.p.m. $\rightarrow v_{b,0} = 22$ m/s
- Kierunek wiatru 210^0 (sektor 8) \rightarrow współczynnik kierunkowy: $c_{dir} = 0,8$
- Współczynnik sezonowy: $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 17,60$ m/s
- Wysokość odniesienia: $z_e = h = 3,00$ m
- Kategoria terenu III \rightarrow współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = 0,8 \cdot (5,0/10)^{0,19} = 0,70$
- Współczynnik rzeźby terenu (orografii): $c_o(z_e) = 1,00$
- Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 12,34$ m/s
- Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = 0,355$
- Gęstość powietrza: $\rho = 1,25$ kg/m³
- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:

$$q_p(z_e) = [1+7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 332,1 \text{ Pa} = 0,332 \text{ kPa}$$

- Współczynnik konstrukcyjny: $c_s c_d = 1,000$
- Wypadkowy współczynnik ciśnienia $c_{p,net} = 2,1$

Charakterystyczne ciśnienie wypadkowe:

$$F_w = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{p,net} = 1,000 \cdot 0,332 \cdot 2,1 = \mathbf{0,697 \text{ kN/m}^2}$$

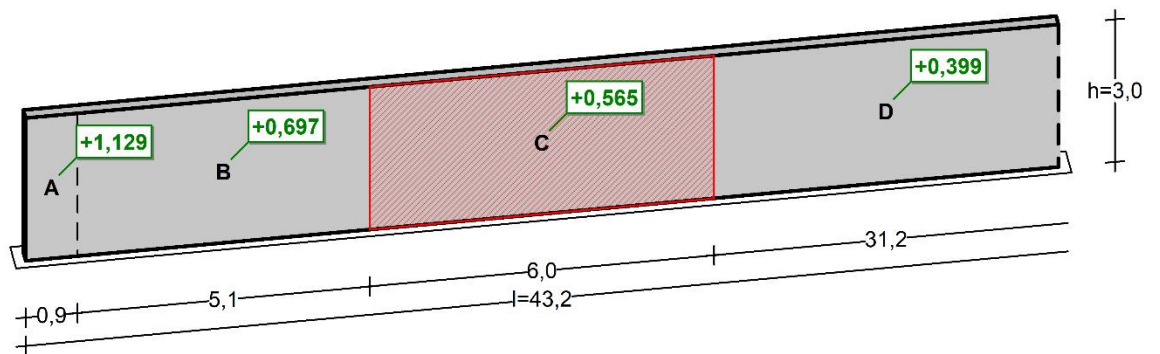
- Ściana wolno stojąca o wymiarach: $l = 43,2$ m, $h = 3,0$ m bez załamania w narożniku
- Współczynnik wypełnienia 100 %
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
- strefa obciążenia wiatrem 1; $A = 118$ m n.p.m. $\rightarrow v_{b,0} = 22$ m/s
- Kierunek wiatru 210^0 (sektor 8) \rightarrow współczynnik kierunkowy: $c_{dir} = 0,8$
- Współczynnik sezonowy: $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru: $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 17,60$ m/s
- Wysokość odniesienia: $z_e = h = 3,00$ m
- Kategoria terenu III \rightarrow współczynnik chropowatości: $c_r(z_e) = 0,8 \cdot (5,0/10)^{0,19} = 0,70$
- Współczynnik rzeźby terenu (orografii): $c_o(z_e) = 1,00$
- Średnia prędkość wiatru: $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 12,34$ m/s
- Intensywność turbulencji: $I_v(z_e) = 0,355$
- Gęstość powietrza: $\rho = 1,25$ kg/m³
- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:

$$q_p(z_e) = [1+7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 332,1 \text{ Pa} = 0,332 \text{ kPa}$$

- Współczynnik konstrukcyjny: $c_s c_d = 1,000$
- Wypadkowy współczynnik ciśnienia $c_{p,net} = 1,7$

Charakterystyczne ciśnienie wypadkowe:

$$F_w = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{p,net} = 1,000 \cdot 0,332 \cdot 1,7 = \mathbf{0,565 \text{ kN/m}^2}$$



2.0. Sprawdzenie nośności istniejącego muru

Usztywnienia ściany:

Usztywnienie lewostronne :	BRAK
Usztywnienie prawostronne :	BRAK

Usztywnienia przestrzenne konstrukcji:

Usztywnienie konstrukcji całkowicie eliminuje przesuw poziomy

Rodzaj stropów:

Stropy połączone ze ścianą poprzez wieniec betonowy lub żelbetowy

Wysokość efektywna ściany: $h_{eff} = h \cdot \rho_n \cdot \rho_n = 2.78 \text{ m} \cdot 2.00 \cdot 1.00 = 5.56 \text{ m}$

$$\text{Smukłość ściany: } s = \frac{h_{eff}}{t} = \frac{5.56 \text{ m}}{0.66 \text{ m}} = 8.42$$

LEGENDA:

$\rho_n = 2.00$	- współczynnik zależny od przestrzennego usztywnienia budynku
$\rho_n = 1.00$	- współczynnik zależny od usztywnienia ściany

Element murowy:

Rodzaj elementu murowego:	Ceramika
Znormalizowana wytrzymałość na ściskanie :	$f_b = 15.00 \text{ [MPa]}$
Grupa elementu murowego :	1

Zaprawa:

Zaprawa murarska :	Przypisana PN-B-10104
Rodzaj :	Zwykła
Wytrzymałość zaprawy na ściskanie :	$f_m = 0.25 \text{ [MPa]}$

Mur - materiałowy współczynnik bezpieczeństwa:

Sposób zadawania :	według PN-B-03002:2007
Sytuacja obliczeniowa :	normalna
Kategoria produkcji elementów murowych :	I
Kategoria wykonywania robót :	A
Częściowy współczynnik bezpieczeństwa :	2.00
Obecność spoiny podłużnej :	Tak

Tabela obciążeń:

Lp	Typ obciążenia	x ₁	x ₂	q ₁	q ₂	e _{wyбір}	e _{wartość}	A _b
		[m]	[m]	[kN/m]	[kN/m]		[m]	[m ²]
1	Poziome jednorodne	---	---	1.32	---	---	---	---
2	Poziome trapezowe	0.87	0.00	0.00	2.16	---	---	---

Wytrzymałości charakterystyczne:

$f_k = 1.58$ [MPa] - wytrzymałość na ściskanie

$f_{vk} = 0.10$ [MPa] - wytrzymałość na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych

$f_{vvk} = 1.00$ [MPa] - wytrzymałość na ścinanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych

$f_{xk1} = 0.10$ [MPa] - wytrzymałość na rozciąganie w kierunku przez spoiny wsporne

Wytrzymałości obliczeniowe:

$f_d = 0.79$ [MPa] - wytrzymałość na ściskanie

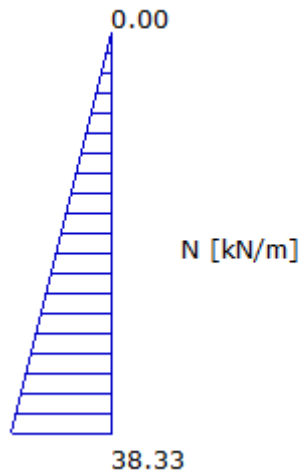
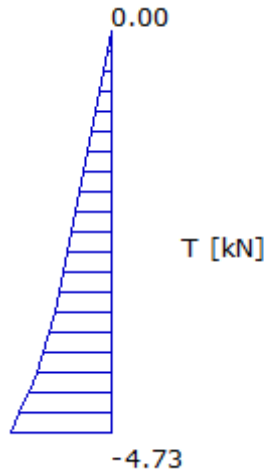
$f_{vd} = 0.05$ [MPa] - wytrzymałość na ścinanie w kierunku równoległym do spoin wspornych

$f_{vvd} = 0.50$ [MPa] - wytrzymałość na ścinanie w kierunku prostopadłym do spoin wspornych

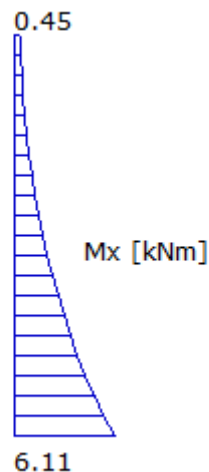
$f_{xd1} = 0.05$ [MPa] - wytrzymałość na rozciąganie w kierunku przez spoiny wsporne

Charakterystyki sprężyste :

$a_{c\infty} = 400$ - cecha sprężystości muru pod obciążeniem długotrwałym

Wykres sił normalnych**Wykresy sił tnących**

Wykres momentów



Sprawdzenie naprężeń ściskających:

Dla przekroju górnego 1-1: warunek jest spełniony

$$\frac{N_{sd1}}{\phi_1 \cdot A} = \frac{0.00}{1.00 \cdot 0.66} = 0.00 \text{ kN/m}^2 < f_{sd} = 790.53 \text{ kN/m}^2$$

Dla przekroju pośredniego: warunek jest spełniony

$$\frac{N_{sdm}}{\phi_m \cdot A} = \frac{19.17}{0.24 \cdot 0.66} = 120.43 \text{ kN/m}^2 < f_{sd} = 790.53 \text{ kN/m}^2$$

Dla przekroju dolnego 2-2: warunek jest spełniony

$$\frac{N_{sd2}}{\phi_2 \cdot A} = \frac{38.33}{0.55 \cdot 0.66} = 105.13 \text{ kN/m}^2 < f_{sd} = 790.53 \text{ kN/m}^2$$

Sprawdzenie naprężeń rozciągających:

Dla przekroju dolnego 2-2: warunek jest spełniony

$$\left| \frac{N_{sdm}}{A} - \frac{M_{sdmx}}{W_y} \right| = \left| \frac{38.33}{0.66} - \frac{5.66}{7.26 \cdot 10^{-2}} \right| = |58.08 - 77.98| = 19.89 \text{ kN/m}^2 < f_{xdl} = 50.00 \text{ kN/m}^2$$

Sprawdzenie naprężeń ściskających:

Dla przekroju dolnego 2-2: warunek jest spełniony

$$\frac{N_{sdm}}{A} + \frac{M_{sdmx}}{W_y} = \frac{38.33}{0.66} + \frac{5.66}{7.26 \cdot 10^{-2}} = 58.08 + 77.98 = 136.06 \text{ kN/m}^2 < f_{sd} = 790.53 \text{ kN/m}^2$$

Sprawdzenie naprężeń ścinających:

Dla przekroju dolnego 2-2: warunek jest spełniony

$$\frac{V_{sd2x}}{A} = \frac{4.73}{0.66} = 7.17 \text{ kN/m}^2 < f_{vd} = 50.00 \text{ kN/m}^2$$

Dla obecnych warunków obciążenia nośność muru jest zapewniona

3.0. Sprawdzenie posadowienia muru

SPRAWDZENIE PIONOWEJ NOŚNOŚCI PODŁOŻA.

Warunki "z odpływem"

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = \gamma_{G, \text{niekorzystne}} \cdot (N_{G,k} + G_{f,k} + G_k) + \gamma_Q \cdot N_{Qk} = 1.35 \cdot (39.20 + 9.55 + 0.00) + 1.50 \cdot 0.00 = 65.82 \text{ [kN]}$$

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

$$V_k = N_{G,k} + G_{f,k} + G_k + N_{Qk} = 39.20 + 9.55 + 0.00 + 0.00 = 48.75 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OBG,k} + M_{OBQk} + (H_{BGk} + H_{BQk}) \cdot h = 0.00 + 0.00 + (0.00 + 0.00) \cdot 0.30 = 0.00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OLG,k} + M_{OLQk} + (H_{LGk} + H_{LQk}) \cdot h = 0.00 + 0.00 + (0.00 + 0.00) \cdot 0.30 = 0.00 \text{ [kNm]}$$

$$H_k = \sqrt{(H_{BGk} + H_{BQk})^2 + (H_{LGk} + H_{LQk})^2} = \sqrt{(0.00 + 0.00)^2 + (0.00 + 0.00)^2} = 0.00 \text{ [kN]}$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk} + e_{OB} \cdot N_{G-Qk}}{V_k} = \frac{0.00 + 0.00 \cdot 39.20}{48.75} = |0.00| < 0,3 \quad \cdot B = 0.20 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk} + e_{OL} \cdot N_{G-Qk}}{V_k} = \frac{0.00 + 0.00 \cdot 39.20}{48.75} = |0.00| < 0,3 \quad \cdot L = 1.02 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

Jednostkowy opór graniczny podłoża

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

$$= 0.00 \cdot 32.41 \cdot 1.00 \cdot 1.10 \cdot 1.00 + 21.60 \cdot 20.39 \cdot 1.00 \cdot 1.10 \cdot 1.00 + 0.5 \cdot 18.00 \cdot 0.66 \cdot 23.21 \cdot 1.00 \cdot 0.94 \cdot 1.00 = 614.30 \text{ [kPa]}$$

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

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{1378.48}{1.40} = 984.63 \text{ [kN]}$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 65.82 < R_d = 984.63 \text{ kN}$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

Wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu pod fundamentem

$$R_d = \min \left(\frac{V_k \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{Rh}} ; 0.4 \cdot V_d \right) = \min \left(\frac{48.75 \cdot 0.60}{1.10} ; 0.4 \cdot 65.82 \right) = 23.93 \text{ [kN]}$$

$$H_d = 0.00 < R_d = 23.93 \text{ [kN]}$$

Warunek nośności na ścięcie spełniony.

Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):

$$M_{B,dst} = 0.00 < M_{B,stab} = 25.28 \text{ [kNm]}$$

$$M_{L,dst} = 0.00 < M_{L,stab} = 130.21 \text{ [kNm]}$$

Warunek stateczności spełniony.

Osiadanie fundamentu

Osiadania pierwotne = 0.000 cm

Osiadania wtórne = 0.015 cm

Osiadania całkowite = 0.015 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = 0.00000

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = 0.00000

Przechyłka = 0.00000 rad

Warunek naprężeniowy

$$0.2 \cdot \sigma_{sd} = 0.2 \cdot 41.70 = 8.34 \sigma_{sd} = 7.56 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 2.30 m

WNIOSKI:

Z przeprowadzonej analizy obliczeniowej wynika :

- a) nośność konstrukcji murej jest zapewniona,
- b) naprężenia w gruncie nie są przekroczone,
- c) obliczeniowe osiadanie jest nieznaczne

Na podstawie w/w analizy należy przyjąć, iż konstrukcyjnie istniejące rozwiązanie, uwzględniając okres wznoszenia, spełnia warunek nośności. Nie przekroczone zostały stany graniczne w wyniku oddziaływania poziomych sił, czy nadmiernego osiadania.

Rozwarstwienie w poziomie spoin jest wynikiem korozji biologicznej, a nie oddziaływania poziomego obciążenia. Natomiast przechył jest skutkiem długotrwałego oddziaływania cykliów zamrażania i odmrażania w poziomie styku z gruntem od strony cmentarza. Obecne ukształtowanie powoduje ciągły napływ wody opadowej na istniejący mur, co w okresie zimowym przyczynia się do degradacji konstrukcji. Właśnie w linii styku z podłożem gruntowym widoczne jest wzdłużne pęknięcie muru.

Dalsze środki zaradcze wymagają przede wszystkim innego ukształtowania przylegającego terenu i zapewnienia odpływu wody opadowej. Natomiast z uwagi na uszkodzenia powstałe dotychczas zaprojektowano wzmocnienie konstrukcji murej.

II. PROJEKT WZMOCNIENIA KONSTRUKCJI MURU

Przewiduje się wzmocnienie istniejącej konstrukcji murowej poprzez wykonanie żelbetowych rdzeni ukrytych w grubości ściany, zakotwionych w projektowanych stopach poniżej fundamentu. Rdzenie lokalizuje się przy filarach, a pomiędzy filarami usztywnienie za pomocą stalowych ściągow.

4.0. Zebranie obciążeń

Obciążenia zewnętrzne przyjęto jak w poz. 1.0.

Obciążenie na pojedynczy rdzeń – obciążenia zebrano z pasma 2m:

- obciążenie wiatrem

charakterystyczne:

$$0,697 \text{ kN/m}^2 \times 2,0\text{m} = 1,39 \text{ kN/m}$$

obliczeniowe:

$$0,697 \text{ kN/m}^2 \times 2,0\text{m} \times 1,5 = 2,09 \text{ kN/m}$$

- obciążenie naziemem

charakterystyczne:

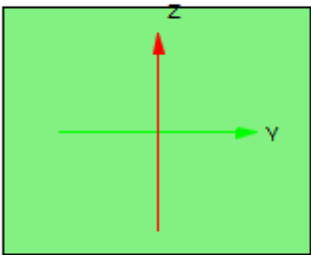
$$20 \text{ kN/m}^3 \times 0,9\text{m} \times 0,9\text{m} = 16,2 \text{ kN/m}$$

obliczeniowe:

$$20 \text{ kN/m}^3 \times 0,9\text{m} \times 0,9\text{m} \times 1,2 = 19,44 \text{ kN/m}^3$$

5.0. Wymiarowanie rdzenia żelbetowego

Przyjęto przekrój 20x25cm, zbrojenie 4#12mm, strzemiona $\varnothing 8\text{mm}$

	Nazwa profilu:	P 200x250	
	Długość pręta:	L = 4.30 m	
	Klasa betonu:	C16/20	
	Wytrzymałość betonu:	$f_{cd} = 11.43 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:	A = 500.00 cm ²	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 16791.67 \text{ cm}^4$	$J_z = 26166.67 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 1679.17 \text{ cm}^3$	$W_z = 2093.33 \text{ cm}^3$
	Wytrzymałość stali zbrojenia głównego:	$f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$	
	Wytrzymałość stali zbrojenia poprzecznego:	$f_{ywd} = 434.78 \text{ MPa}$	
	Moment rysujący Y:	$M_{cr,y} = 3.20 \text{ kNm}$	
	Moment rysujący Z:	$M_{cr,z} = 3.99 \text{ kNm}$	
	Moment rysujący przy skręcaniu:	$T_{cr} = 0.00 \text{ kNm}$	

STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI (ULS):

Założenia:

- średnica prętów głównych [mm]: 12
- otulenie: $c_{nom}=25$, $a_0 = 34$
- współczynniki wyboczeniowe: $m_{xz} = 0.00$, $m_{xy} = 1.00$

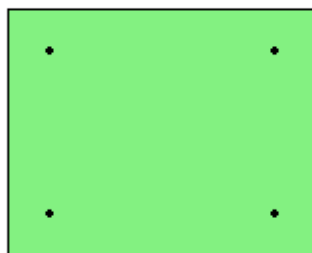
Zbrojenie podłużne #12

Typ obliczeń	Obwiednia	T_{Ed}^* [kNm]	M_{0Edy} [kNm]	M_{0Edz} [kNm]	N_{Ed} [kN]	M_{Edy}^{***} [kNm]	M_{Edz}^{***} [kNm]	Ed/Rd [%]	n_{zas}	A_s [cm ²]
Zginanie z siłą osiową	M_y^+	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	4	4.52
	M_y^-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76		
	M_z^+	-	0.00	0.00	2.42	0.05	0.05	0.76		
	M_z^-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76		
	N^+	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76		
	N^-	-	0.00	0.00	2.42	0.05	0.05	0.76		
	s^+	-	0.00	0.00	2.42	0.05	0.05	0.76		
	s^-	-	0.00	0.00	2.42	0.05	0.05	0.76		
Zarysowanie	s_k^{**}	-	0.00	0.00	5.38	-	-	0.00	0	0.00
sumarycznie przyjęto:									4	4.52

* - wymiarowanie na skręcanie rozpatrywane niezależnie

** - obwiednia naprężeń rozciągających na podstawie kombinacji charakterystycznej

*** - momenty obliczeniowe wyznaczone metodą "sztywności nominalnej"



Nr	1	2	3	4
Z^* [mm]	66	66	-66	-66
Y^* [mm]	-91	91	-91	91
d [mm]	12	12	12	12

STAN GRANICZNY UŻYTKOWALNOŚCI (SLS):

Zarysowanie:

Założenia:

- dopuszczalne rozwarście rysy $w_{max} = 0.30$
- automatyczne dozbrajanie stref o przekroczonym rozwarściu rys: TAK

Obliczenia wykonano przy dla wartości współczynników:

$$K_1=0.40$$

$$K_2=0.80$$

$$K_3=0.50$$

$$K_4=3.40$$

$$K_5=0.42$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 1.90 [MPa]$$

Współczynnik α_e :

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cf}} = \frac{200000.00}{10217.11} = 19.575$$

Efektywny stopień zbrojenia:

A_s - pole zbrojenia zawarte w rozciąganej części betonu (przy założeniu fazy II) o wysokości $h_{c,eff}$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} \quad (\text{patrz tabela})$$

Maksymalny rozstaw rys:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi_{eE}}{\rho_{p,eff}} \quad (\text{patrz tabela})$$

Różnica odkształceń w zbrojeniu i betonie na odcinku między rysami:

$$f_{ctp} = \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eff}}$$
$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot f_{ctp} \cdot (1 - \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (\text{patrz tabela})$$

Szerokość rys:

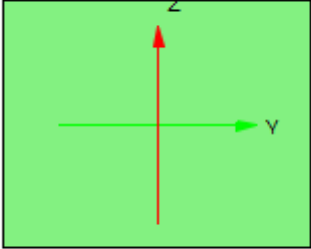
$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (\text{patrz tabela})$$

UGIĘCIE

Założenia:

- dopuszczalne ugięcie w stanie zarysowanym $u_{lim} = L/250 = 17.20$ mm
- maksymalne ugięcie sprężyste dla $x = 4.30$ m wynosi $u_{el} = 8.13$ mm
- ugięcie w kierunku Y: $u_{el,y} = -8.13$ [mm]
- ugięcie w kierunku Z: $u_{el,z} = 0.00$ [mm]

Geometria:

	Nazwa profilu:	P 200x250	
	Długość pręta:	L = 4.30 m	
	Klasa betonu:	C16/20	
	Wytrzymałość betonu:	$f_{cd} = 11.43 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:	A = 500.00 cm ²	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 16791.67 \text{ cm}^4$	$J_z = 26166.67 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 1679.17 \text{ cm}^3$	$W_z = 2093.33 \text{ cm}^3$
	Wytrzymałość stali zbrojenia głównego:	$f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$	
	Wytrzymałość stali zbrojenia poprzecznego:	$f_{ywd} = 434.78 \text{ MPa}$	
	Moment rysujący Y:	$M_{cr,y} = 3.20 \text{ kNm}$	
	Moment rysujący Z:	$M_{cr,z} = 3.99 \text{ kNm}$	
	Moment rysujący przy skręcaniu:	$T_{cr} = 0.00 \text{ kNm}$	

STAN GRANICZNY NOŚNOŚCI (ULS):

Zbrojenie główne (liczba stref: 3):

Założenia:

- średnica prętów głównych [mm]: 12
- otulenie: $c_{nom} = 15$, $a_0 = 34$
- współczynniki wybożenia: $m_{xz} = 0.00$, $m_{xy} = 1.00$

Minimalne pole przekroju zbrojenia:

$$A_{s,min} = \max \left(0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot d; 0.0013 \cdot b_t \cdot d \right) = \max \left(0.26 \cdot \frac{2}{500} \cdot 25.0 \cdot 16.6; 0.0013 \cdot 25.0 \cdot 16.6 \right) = 0.540 [\text{cm}^2]$$

Maksymalne pole przekroju zbrojenia:

$$A_{s,max} = 0.04 \cdot A_c = 0.04 \cdot 500.00 = 20.000 [\text{cm}^2]$$

Zbrojenie podłużne #12

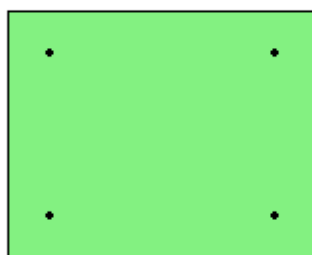
Typ obliczeń	Obwiednia	T_{Ed}^* [kNm]	M_{0Edy} [kNm]	M_{0Edz} [kNm]	N_{Ed} [kN]	M_{Edy}^{***} [kNm]	M_{Edz}^{***} [kNm]	Ed/Rd [%]	n_{zas}	A_s [cm ²]
Zginanie z siłą osiową	M_y^+	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76	4	4.52
	M_y^-	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76		
	M_z^+	-	0.00	0.00	2.42	0.05	0.05	0.76		

	M _z ⁻	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76		
	N ⁺	-	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.76		
	N ⁻	-	0.00	0.00	2.42	0.05	0.05	0.76		
	s ⁺	-	0.00	0.00	2.42	0.05	0.05	0.76		
	s ⁻	-	0.00	0.00	2.42	0.05	0.05	0.76		
Zarysowanie	s _k **	-	0.00	0.00	5.38	-	-	0.00	0	0.00
sumarycznie przyjęto:									4	4.52

* - wymiarowanie na skręcanie rozpatrywane niezależnie

** - obwiednia naprężeń rozciągających na podstawie kombinacji charakterystycznej

*** - momenty obliczeniowe wyznaczone metodą "sztywności nominalnej"



Nr	1	2	3	4
Z* [mm]	66	66	-66	-66
Y* [mm]	-91	91	-91	91
d [mm]	12	12	12	12

* - współrzędne prętów podawane są zawsze względem środka ciężkości prostokątnej, głównej części przekroju (o wymiarach bw na h)

STAN GRANICZNY UŻYTKOWALNOŚCI (SLS):

Zarysowanie:

Obliczenia wykonano przy dla wartości współczynników:

K_t=0.40

K₁=0.80

K₂=0.50

K₃=3.40

K₄=0.42

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 1.90 [MPa]$$

Współczynnik α_e :

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cf}} = \frac{200000.00}{10217.11} = 19.575$$

Efektywny stopień zbrojenia:

A_s - pole zbrojenia zawarte w rozciąganej części betonu (przy założeniu fazy II) o wysokości h_{c,eff}

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}}$$

(patrz tabela)

Maksymalny rozstaw rys:

$$s_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\phi_{eE}}{\rho_{p,eE}} \quad (\text{patrz tabela})$$

Różnica odkształceń w zbrojeniu i betonie na odcinku między rysami:

$$f_{crp} = \frac{f_{ct,eff}}{\rho_{p,eE}}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_t \cdot f_{crp} \cdot (1 - \alpha_e \cdot \rho_{p,eE})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (\text{patrz tabela})$$

Szerokość rys:

$$w_k = s_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}) \quad (\text{patrz tabela})$$

Opis nagłówków w tabeli:

- x – położenie rysy
- N, M – odpowiadające siły przekrojowe
- lp – liczba prętów dodatkowego zbrojenia ze względu na zarysowanie

UGIĘCIE

Założenia:

- dopuszczalne ugięcie w stanie zarysowanym $u_{lim} = L/250 = 17.20 \text{ mm}$
- maksymalne ugięcie sprężyste dla $x = 4.30 \text{ m}$ wynosi $u_{el} = 8.13 \text{ mm}$
- ugięcie w kierunku Y: $u_{el,y} = -8.13 [\text{mm}]$
- ugięcie w kierunku Z: $u_{el,z} = 0.00 [\text{mm}]$

6.0. Wymiarowanie stopy fundamentowej

Szerokość stopy B	[m]	1.60
Długość stopy L	[m]	1.80
Wysokość stopy H_f	[m]	0.80
Szerokość przekroju słupa b	[m]	0.20
Wysokość przekroju słupa h	[m]	0.25
Mimośród e_x	[m]	0.44
Mimośród e_y	[m]	0.60

Materiały

Klasa betonu		C16/20
Ciężar objętościowy betonu	[kN/m ³]	24.0
Ciężar zasyпки	[kN/m ³]	18.0
Czas realizacji budynku		poniżej roku
Element prefabrykowany		Nie
Granica plastyczności stali (f_{yk})	[MPa]	500
Średnica zbrojenia	[mm]	12.00
Grubość otuliny	[mm]	70.00

Warunki gruntowe

Wartości parametrów geotechnicznych zostały przyjęte na podstawie badań podłoża gruntowego opracowanego przez mgr Adama Oprzyńskiego. Nie stwierdzono

występowania wody gruntowej. Występują złożone warunki gruntowo-wodne, zakwalifikowane do pierwszej kategorii geotechnicznej. Grunty zostały podzielone na nienośne (nasypane), oraz nośne umożliwiające bezpośrednie posadowienie obiektu budowlanego.

Wykopy pod fundamenty należy wykonać w porze suchej, zabezpieczyć przed wodami opadowymi. W przypadku rozluźnienia gruntów w wykopie należy usunąć osłabioną warstwę.

Warstwa II B obejmuje grunty o stopniu zagęszczenia $I_D=0,6$, piaski średnioziarniste przewarstwione piaskami drobnymi. Warstwa II A obejmuje grunty o stopniu zagęszczenia $I_D=0,6$, piaski drobnoziarniste przewarstwione piaskami średnioziarnistymi. Za reprezentatywne warstwy przyjęto piaski średnioziarniste. Bezpośrednio pod humusem jest warstwa nasypu niebudowlanego z piasków gliniastych, glin piaszczystych, jako grunt słabonośny nie nadający się do posadowienia, w związku z tym zaprojektowane stopy do rdzeni wzmacniających mur należy posadzić na głębokości 0,9-2,2m. Od strony zachodniej warstwa nośna gruntu jest na poziomie -2,2, w kierunku wschodnim wznosi się do -0,9m, zatem poziom spodu stopy fundamentowej należy dopasować do warunków miejscowych.

SPRAWDZENIE PIONOWEJ NOŚNOŚCI PODŁOŻA.

Warunki "z odpływem"

Dodatkowe obciążenia podłoża:

Ciężaru fundamentu (całkowity):

$$G_{fk} = V_f \cdot (\gamma_f - \gamma_w) = 2.30 \cdot (24.00 - 9.81) = 32.7 \text{ [kN]}$$

Ciężar gruntu nad fundamentem:

$$G_k = 61.13 \text{ [kN]}$$

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = \gamma_{G, \text{niekorzystne}} \cdot (N_{Gk} + G_{fk} + G_k) + \gamma_Q \cdot N_{Qk} = 1.35 \cdot (0.00 + 32.69 + 61.13) + 1.50 \cdot 0.00 = 126.66 \text{ [kN]}$$

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

$$V_k = N_{Gk} + G_{fk} + G_k + N_{Qk} = 0.00 + 32.69 + 61.13 + 0.00 = 93.82 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OBGk} + M_{OBQk} + (H_{BGk} + H_{BQk}) \cdot h = 0.00 + 0.00 + (0.00 + 0.00) \cdot 0.80 = 0.00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OLGk} + M_{OLQk} + (H_{LGk} + H_{LQk}) \cdot h = 0.00 + 0.00 + (0.00 + 0.00) \cdot 0.80 = 0.00 \text{ [kNm]}$$

$$H_k = \sqrt{(H_{BGk} + H_{BQk})^2 + (H_{LGk} + H_{LQk})^2} = \sqrt{(0.00 + 0.00)^2 + (0.00 + 0.00)^2} = 0.00 \text{ [kN]}$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk} + e_{OB} \cdot N_{G_{Qk}}}{V_k} = \frac{0.00 + 0.60 \cdot 0.00}{93.82} = |0.00| < 0,3 \quad \cdot B = 0.48 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk} + e_{OL} \cdot N_{G_{Qk}}}{V_k} = \frac{0.00 + 0.44 \cdot 0.00}{93.82} = |0.00| < 0,3 \quad \cdot L = 0.54 \text{ [m]}$$

Warunek spełniony

Sprowadzone wymiary fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 1.60 - 2 \cdot 0.00 = 1.60 [m]$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 1.80 - 2 \cdot 0.00 = 1.80 [m]$$

$$A' = B' \cdot L' = 1.60 \cdot 1.80 = 2.88 [m^2]$$

Jednostkowy opór graniczny podłoża

$$\frac{R_k}{A'} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + g' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma =$$
$$= 0.00 \cdot 40.70 \cdot 1.00 \cdot 1.51 \cdot 1.00 + 36.00 \cdot 28.04 \cdot 1.00 \cdot 1.49 \cdot 1.00 + 0.5 \cdot 19.00 \cdot 1.60 \cdot 35.94 \cdot 1.00 \cdot 0.73 \cdot 1.00 = 1906.78 [kPa]$$

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

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{5491.54}{1.40} = 3922.53 [kN]$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 126.66 < R_d = 3922.53 kN$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

SPRAWDZENIE NOŚNOŚCI GRUNTU NA ŚCIĘCIE W POZIOMIE POSADOWIENIA

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

Warunki "z odpływem"

Wartość obliczeniowa oporu granicznego gruntu pod fundamentem

$$R_d = \min \left(\frac{V_k \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{R,h}} ; 0.4 \cdot V_d \right) = \min \left(\frac{03.82 \cdot 0.66}{1.10} ; 0.4 \cdot 126.66 \right) = 46.06 [kN]$$
$$H_d = 0.00 < R_d = 46.06 [kN]$$

Warunek nośności na ścięciu spełniony.

Sprawdzenie nośności pozostałych warstw

Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):

$$M_{B,dst} = 0.00 < M_{B,stb} = 68.33 [kNm]$$

$$M_{L,dst} = 0.00 < M_{L,stb} = 76.87 [kNm]$$

Warunek stateczności spełniony.

Sprawdzenie przebiccia fundamentu:

Wymiary obwodu kontrolnego:

$$b_L = 3.15 [m]$$

$$b_B = 3.10 [m]$$

Nośność na przebicciu spełniona, obwód krytyczny poza stopa.

Wymiarowanie zbrojenia

Zbrojenie potrzebne

$$A_y = 4.40 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

$$A_x = 3.53 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Minimalne zbrojenie konstrukcyjne dla fundamentu wynosi: $A_k = 9.49 \text{ cm}^2/\text{mb}$

W kierunku y (B) przyjęto $f_i = 12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_1 = 11.6 \text{ cm}$

$$A_{s1} = 10.05 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

W kierunku x (L) przyjęto $f_i = 12.0 \text{ mm}$ w rozstawie $s_2 = 11.8 \text{ cm}$

$$A_{s2} = 9.90 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Osiadanie fundamentu

Osiadania pierwotne = 0.000 cm

Osiadania wtórne = 0.000 cm

Osiadania całkowite = 0.000 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = 0.00000

Tangens kąta nachylenia względem osi Y = 0.00000

Przechyłka = 0.00000 rad

7.0. Wymiarowanie ściągu

Obciążenie z pasma 1,5m

charakterystyczne:

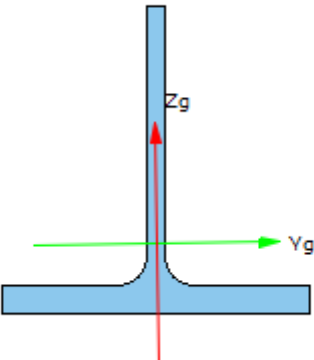
$$0,697 \text{ kN/m}^2 \times 1,5\text{m} = 1,05 \text{ kN/m}$$

obliczeniowe:

$$0,697 \text{ kN/m}^2 \times 2,0\text{m} \times 1,5 = 1,57 \text{ kN/m}$$

Przyjęto ściąg wykonany z połowy dwuteownika IPE 180

Wszystkie obliczenia są wykonywane w osiach głównych. W dalszych oznaczeniach zmiennych w raporcie oś Y oznacza oś główną Y_g , a oś Z oznacza oś główną Z_g .

	Nazwa profilu:	½ IPE 180	
	Długość pręta:	L = 3.20 m	
	Gatunek stali:	S 355	
	Wytrzymałość stali:	$f_d = 308.00 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:	A = 11.97 cm ²	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 80.25 \text{ cm}^4$	$J_z = 50.43 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 11.55 \text{ cm}^3$	$W_z = 11.08 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$I_t = 1.74 \text{ cm}^4$	
	Maksymalny rozstaw żeber:	$L_z = 3.20 \text{ m}$	

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$M_y = -1.46 \text{ kNm}$$

Nośność na rozciąganie:

Nośność przekroju:

$$N_{Rz} = A \cdot f_d = 11.97 \cdot 10^{-4} \cdot 308 \cdot 10^3 = 368.82 \text{ [kN]}$$

Siły poprzeczne:

Współczynnik niestateczności: $j_{pv} = 1.00$

$$V_{Rz} = 0.58 \cdot A_v \cdot \varphi_{pv} \cdot f_d = 0.58 \cdot 4.35 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 308 \cdot 10^3 = 77.64 \text{ [kN]}$$

Siła V_{Ry} :

Współczynniki niestateczności: $j_{pv1} = 1.00$

$$V_{Ry} = 0.58 \cdot A_{v1} \cdot \varphi_{pv1} \cdot f_d + 0.58 \cdot A_{v2} \cdot \varphi_{pv2} \cdot f_d = 0.58 \cdot 7.28 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 308 \cdot 10^3 + 0.58 \cdot 0.00 \cdot 10^{-4} \cdot 1.0 \cdot 308 \cdot 10^3 = 130.05 \text{ [kN]}$$

Momenty zginające:

Klasa przekroju: 4

$$\nu = \frac{\sigma_{sr}}{\sigma_{max}} = 0.54$$

Smukłości ścianek:

$$l_{p,sr} = 0.78$$

Stan krytyczny:

$$Y = 0.98$$

$$M_{Ry} = \min \left(\Psi \cdot W_{ye} \cdot f_d; W_{yt} \cdot f_d \cdot [1 + \Psi \cdot (\alpha_{pv} - 1)] \right) = \min \left(0.98 \cdot 0.00 \cdot 10^{-6} \cdot 308 \cdot 10^3; 0.00 \cdot 10^{-6} \cdot 308 \cdot 10^3 \cdot [1 + 0.98 \cdot (1.38 - 1)] \right) = 3.49 \text{ [kNm]}$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$M_{R,yv} = M_{Ry} = 3.49 \text{ [kNm]}$$

Moment zginający M_{Rz} :

Klasa przekroju: 1

$$a_{pz} = 1.27$$

$$M_{Rz} = \alpha_{pz} \cdot W_x \cdot f_d = 1.27 \cdot 11.08 \cdot 10^{-6} \cdot 308 \cdot 10^3 = 4.35 \text{ [kNm]}$$

Wykorzystanie nośności:

Zginanie:

$$\frac{N}{N_{Rz}} + \frac{M_y}{\varphi_L \cdot M_{Ry}} + \frac{M_z}{M_{Rz}} = \frac{0.00}{368.82} + \frac{1.46}{1.00 \cdot 3.49} + \frac{0.00}{4.35} = 0.420 \leq 1$$

Zginanie ze ścinaniem:

$$\frac{N}{N_{Rz}} + \frac{M_y}{M_{Ry,v}} + \frac{M_z}{M_{Rz,v}} = \frac{0.00}{368.82} + \frac{1.46}{3.49} + \frac{0.00}{4.35} = 0.420 \leq 1$$

Maksymalne ścinanie:

Sprawdzenie nośności na ścinanie w kierunku "z" nie jest wymagane.

Sprawdzenie nośności na ścinanie w kierunku "y" nie jest wymagane.

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

$$u_x = \sum u(i)_x = -0.949 [cm]$$

$$u_{max} = u_x = 0.949 [cm]$$

$$u_b = u_{bx} = 0.000 [cm]$$

$$\Delta u_x = u_x - u_{bx} = 0.949 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \Delta u_x = 0.949 \leq 1.280 [cm]$$

Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.000 - 0.000| = 0.000 [cm]$$

Projektował:
mgr inż. Sylwester Kukliński
upr.nr. WAM/0072/PWOK/06

Sprawdził:
mgr inż. Piotr Krawczyński
upr.nr. WAM/0192/POOK/09