

# OBLICZENIA STATYCZNE

## DO PROJEKTU TECHNICZNEGO ROZBUDOWY REMIZY STRAŻACKIEJ W BARCZEWIE

### 1.0. Założenia wstępne

- Dach jednospadowy, pokrytym blachodachówką,
- Pochylenie połaci dachowej  $\alpha = 15^\circ$
- Obiekt zlokalizowany jest w IV strefie obciążeń śniegowych, I strefie obciążeń wiatrowych
- Obliczenia wykonano posługując się licencjonowanymi programami obliczeniowymi Rama 3D z firmy InterSoft, oraz Specbud

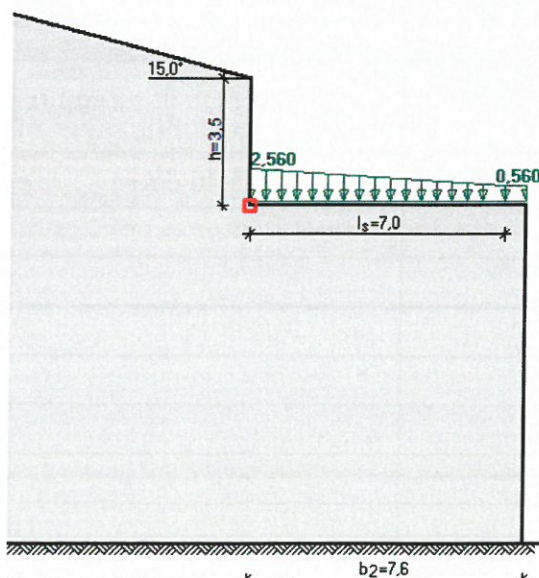
### 2.0. Zebranie obciążeń dla połaci dachowej

#### 2.1. Dach

Do zebrania obciążeń przyjęto wariant bardziej niekorzystny, tj. obciążenie dachówką ceramiczną.

L.p	Opis oddziaływania	Wartość char. kN/m <sup>2</sup>
1.	Obciążenie wiatrem pola H połaci dachu dwuspadowego wg PN-EN 1991-1-4/7.2.5 (strefa 1, A=111 m n.p.m. -> $v_{b,0} = 22,00\text{m/s}$ , teren III, $c_o=1$ , $z_e=h=4,7\text{ m}$ -> $c_r=0,70$ , wymiary dachu $h=4,7\text{ m}$ , $d=7,6\text{ m}$ , $b=8,7\text{ m}$ , kąt nachylenia połaci dachowej $\alpha=15,0$ st., $\theta=0$ st. -> $q_p=0,52\text{ kPa}$ , $c_{scd}=1,000$ , $c_{pe}=0,06$ ) [0,062kN/m <sup>2</sup> ]	0,062
2.	Obciążenie równomierne śniegiem połaci dachu dwupołaciowego wg PN-EN 1991-1-3 p.5.3.3 (strefa 1, A=111 m n.p.m. -> $s_k = 0,7\text{ kN/m}^2$ , przyp.A, nachylenie połaci 15,0 st. -> 0,8, $C_e=1,0$ , $C_t=1,0$ ) [0,560kN/m <sup>2</sup> ]	0,56
3.	Dachówka z łatami	0,90
4.	Blacha trapezowa	0,10
5.	Wełna mineralna 20cm: $1,2\text{ kN/m}^3 \times 0,20\text{m}$	0,24
$\Sigma$ :		

Z uwagi na bliskie sąsiedztwo przylegającego wyższego budynku uwzględniono możliwość zalegania śniegu :



W związku z powyższym połac dachu podzielona na dwie części:

- Obciążona średnią wartością wynikającą z worków śnieżnych  $2,06 \text{ kN/m}^2$  dla której przyjęto rozstaw wiązarów co  $80 \text{ cm}$ ; ok  $3,3 \text{ m}$  od istniejącego budynku
- Obciążona średnią wartością wynikającą z worków śnieżnych  $1,06 \text{ kN/m}^2$  dla której przyjęto rozstaw wiązarów co  $90 \text{ cm}$

## 2.2. ściana zewnętrzna nadziemna

L.p	Opis oddziaływania	Wartość char. $\text{kN/m}^2$
1.	Ściana murowana z bloczków z betonu komórkowego $24 \text{ cm}$ : $19 \text{ kN/m}^3 \times 0,24 \text{ m}$	4,56
2.	Styropian $18 \text{ cm}$ : $0,45 \text{ kN/m}^3 \times 0,18 \text{ m}$	0,08
3.	Tynk wewn $1,5 \text{ cm}$ : $19 \text{ kN/m}^3 \times 0,015 \text{ m}$	0,29
$\Sigma$ :		<b>4,93</b>

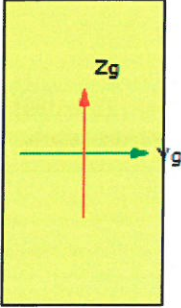
## 2.3. ściana zewnętrzna fundamentowa

L.p	Opis oddziaływania	Wartość char. $\text{kN/m}^2$
1.	Ściana murowana z bloczków betonowych $25 \text{ cm}$ : $24 \text{ kN/m}^3 \times 0,25 \text{ m}$	6,00
2.	Styropian $12 \text{ cm}$ : $0,45 \text{ kN/m}^3 \times 0,12 \text{ m}$	0,05
$\Sigma$ :		<b>6,05</b>

## 3.0. Wymiarowanie wiązaru dachowego

Zgodnie z założeniami zawartymi w pkt. 2.1. obciążenia workami śnieżnymi rozdzielono na dwa pasma:

### 3.1. w rozstawie $0,8 \text{ m}$ w paśmie ok $3,3 \text{ m}$ od istniejącego budynku

	Nazwa profilu:	P 120x63	
	Długość pręta:	$L = 0.83 \text{ m}$	
	Pole przekroju:	$A = 75.60 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 907.20 \text{ cm}^4$	$J_z = 250.05 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 151.20 \text{ cm}^3$	$W_z = 79.38 \text{ cm}^3$
	Momenty bezwładności na skręcanie:	$J_x = 671.45 \text{ cm}^4$	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:	$W_x = 116.12 \text{ cm}^3$	
	Promienie bezwładności:	$i_y = 3.46 \text{ cm}$	$i_z = 1.82 \text{ cm}$
Rodzaj drewna:		Lite	
Klasa drewna:		C24	
Wytrzymałość char. na zginanie:		$24.000 \text{ MPa}$	
Wytrzymałość char. na rozciąganie:		$14.000 \text{ MPa}$	
Wytrzymałość char. na ściskanie:		$21.000 \text{ MPa}$	
Wytrzymałość char. na ścinanie:		$4.000 \text{ MPa}$	
Moduł sprężystości:		$11000.000 \text{ MPa}$	

5% kwantyl modułu sprężystości	7400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	690.000 MPa
Gęstość:	350.000 kg/m <sup>3</sup>

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -45.36 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.02 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.27 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_m} = 0.90 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 14.538 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.27 \cdot 10^{-3}}{151.20 \cdot 10^{-6}} = 1.779 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{79.38 \cdot 10^{-6}} = 0.000 [\text{MPa}]$$

Napężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{45.36 \cdot 10^{-3}}{75.60 \cdot 10^{-4}} = 6.000 [\text{MPa}]$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{0.81}{34.64 \cdot 10^{-3}} = 23.469$$

Napężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{23.469^2} = 132.596 [\text{MPa}]$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:  $\beta_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{ck}}{\sigma_{c,cr,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{132.60}} = 0.398$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.40 - 0.3) + 0.40^2 \right) = 0.589$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{\alpha y} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 0.59 + \sqrt{0.59^2 - 0.40^2} \right)} = 0.977$$

$$k_{\alpha z} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_{\alpha y} \cdot f_{c,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{6.00}{0.98 \cdot 14.54} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{17.37} + \frac{1.78}{17.37} = 0.525 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{c,d}}{k_{\alpha z} \cdot f_{c,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{6.00}{1.00 \cdot 14.54} + \frac{0.00}{17.37} + 0.70 \cdot \frac{1.78}{17.37} = 0.484 \leq 1$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:



$$k_{sc} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{120.00 \cdot 10^{-3}}{0.81} \right)^2 = 1.417$$

$$u_x = k_{sc} \cdot \left( \sum u_{x,inst,G} \cdot n_1 + u_{x,inst,Q} \cdot n_2 + \sum u_{x,inst,Q} \cdot n_3 \right) = 1.42 \cdot -0.46 = -0.652 [cm]$$

Wyniki ugięcia względnego:

$$u_{max} = u_x = 0.652 [cm]$$

$$u_b = u_{bx} = -0.500 [cm]$$

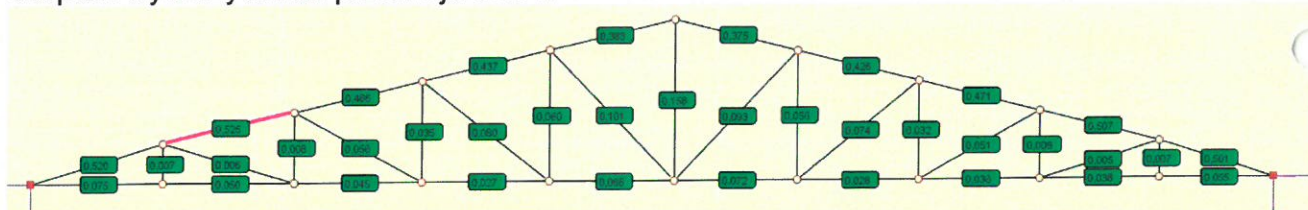
$$\Delta u_x = u_x - u_{bx} = 0.040 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \Delta u_x = 0.040 \leq 0.325 [cm]$$

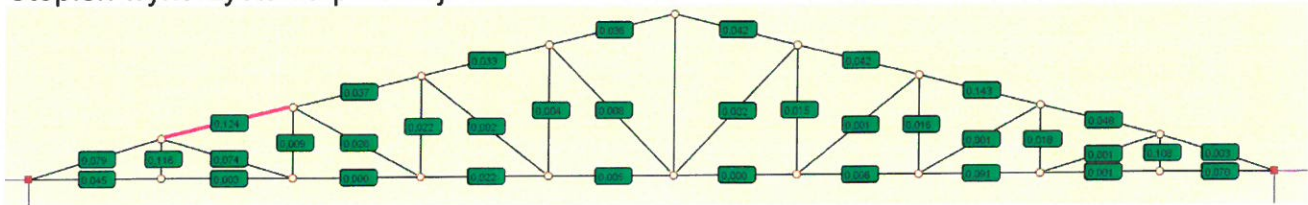
Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.460 - 0.304| = 0.156 [cm]$$

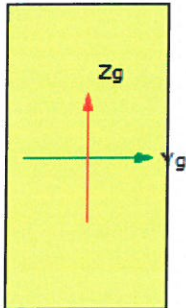
Stopień wykorzystania przekroju SGN:



Stopień wykorzystania przekroju SGU:



### 3.2. w rozstawie 0,9m w paśmie oddalonym od istniejącego budynku

	Nazwa profilu:		P 120x63	
	Długość pręta:		L = 0.83 m	
	Pole przekroju:		A = 75.60 cm <sup>2</sup>	
	Momenty bezwładności:		J <sub>y</sub> = 907.20 cm <sup>4</sup>	J <sub>z</sub> = 250.05 cm <sup>4</sup>
	Wskaźniki wytrzymałości:		W <sub>y</sub> = 151.20 cm <sup>3</sup>	W <sub>z</sub> = 79.38 cm <sup>3</sup>
	Momenty bezwładności na skręcanie:		J <sub>x</sub> = 671.45 cm <sup>4</sup>	
	Wskaźnik wytrzymałości na skręcanie:		W <sub>x</sub> = 116.12 cm <sup>3</sup>	
	Promienie bezwładności:		i <sub>y</sub> = 3.46 cm	i <sub>z</sub> = 1.82 cm
Rodzaj drewna:			Lite	
Klasa drewna:			C24	
Wytrzymałość char. na zginanie:			24.000 MPa	
Wytrzymałość char. na rozciąganie:			14.000 MPa	

Wytrzymałość char. na ściskanie:	21.000 MPa
Wytrzymałość char. na ścinanie:	4.000 MPa
Moduł sprężystości:	11000.000 MPa
5% kwantyl modułu sprężystości	7400.000 MPa
Moduł odkształcenia:	690.000 MPa
Gęstość:	350.000 kg/m <sup>3</sup>

Wartości sił wewnętrznych w punkcie w układzie osi głównych:

$$N = -36.05 \text{ kN}$$

$$T_y = 0.00 \text{ kN}$$

$$T_z = 0.02 \text{ kN}$$

$$M_x = 0.00 \text{ kNm}$$

$$M_y = -0.17 \text{ kNm}$$

$$M_z = 0.00 \text{ kNm}$$

Wytrzymałości obliczeniowe:

Wytrzymałość obliczeniowa na zginanie:

Wytrzymałość obliczeniowa na ściskanie wzdłuż włókien:

$$f_{cd} = k_{mod} \cdot \frac{f_{ctk}}{\gamma_m} = 0.90 \cdot \frac{21.00}{1.30} = 14.538 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Y:

$$\sigma_{m,y,d} = \frac{M_y}{W_y} = \frac{0.17 \cdot 10^{-3}}{151.20 \cdot 10^{-6}} = 1.131 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na zginanie względem osi Z:

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_z}{W_z} = \frac{0.00 \cdot 10^{-3}}{79.38 \cdot 10^{-6}} = 0.000 \text{ [MPa]}$$

Naprężenia obliczeniowe na ściskanie:

$$\sigma_{c,d} = \frac{N}{A} = \frac{36.05 \cdot 10^{-3}}{75.60 \cdot 10^{-4}} = 4.768 \text{ [MPa]}$$

Smukłości wyboczeniowe:

$$\lambda_y = \frac{L_{ey}}{i_y} = \frac{0.83}{34.64 \cdot 10^{-3}} = 23.845$$

Naprężenie krytyczne przy ściskaniu:

$$\sigma_{c,crit,y} = \frac{\pi^2 \cdot E_{0.05}}{\lambda_y^2} = \frac{3.142^2 \cdot 7400.000}{23.845^2} = 128.455 \text{ [MPa]}$$

Współczynnik określający prostoliniowość elem. skręcanych:  $\beta_c = 0.20$

Smukłość sprowadzona przy zginaniu:

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{\frac{f_{ctk}}{\sigma_{c,crit,y}}} = \sqrt{\frac{21.00}{128.46}} = 0.404$$

$$k_y = 0.5 \cdot \left( 1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0.3) + \lambda_{rel,y}^2 \right) = 0.5 \cdot \left( 1 + 0.20 \cdot (0.40 - 0.3) + 0.40^2 \right) = 0.592$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$k_{cy} = \frac{l}{\left( k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2} \right)} = \frac{l}{\left( 0.59 + \sqrt{0.59^2 - 0.40^2} \right)} = 0.976$$

$$k_{cx} = 1.0$$

Ściskanie ze zginaniem:

$$\frac{\sigma_{a,0,d}}{k_{a,y} \cdot f_{a,0,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{4.77}{0.98 \cdot 14.54} + 0.70 \cdot \frac{0.00}{17.37} + \frac{1.13}{17.37} = 0.401 \leq 1$$

$$\frac{\sigma_{a,0,d}}{k_{a,x} \cdot f_{a,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{f_{m,x,d}} + k_m \cdot \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{4.77}{1.00 \cdot 14.54} + \frac{0.00}{17.37} + 0.70 \cdot \frac{1.13}{17.37} = 0.374 \leq 1$$

Wyniki obwiedni przemieszczeń:

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{120.00 \cdot 10^{-3}}{0.83} \right)^2 = 1.404$$

$$u_x = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{x,inst G} \cdot n_1 + u_{x,inst Q} \cdot n_2 + \sum u_{x,inst Q} \cdot n_3 \right) = 1.40 \cdot -0.29 = -0.411 [cm]$$

$$k_{scz} = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{E}{G} \right) \cdot \left( \frac{h}{L} \right)^2 = 1 + 1.2 \cdot \left( \frac{11000.00}{690.00} \right) \cdot \left( \frac{120.00 \cdot 10^{-3}}{0.83} \right)^2 = 1.404$$

$$u_x = k_{scz} \cdot \left( \sum u_{x,inst G} \cdot n_1 + u_{x,inst Q} \cdot n_2 + \sum u_{x,inst Q} \cdot n_3 \right) = 1.40 \cdot -0.29 = -0.411 [cm]$$

$$u_{max} = u_x = 0.411 [cm]$$

$$u_b = u_{bx} = -0.319 [cm]$$

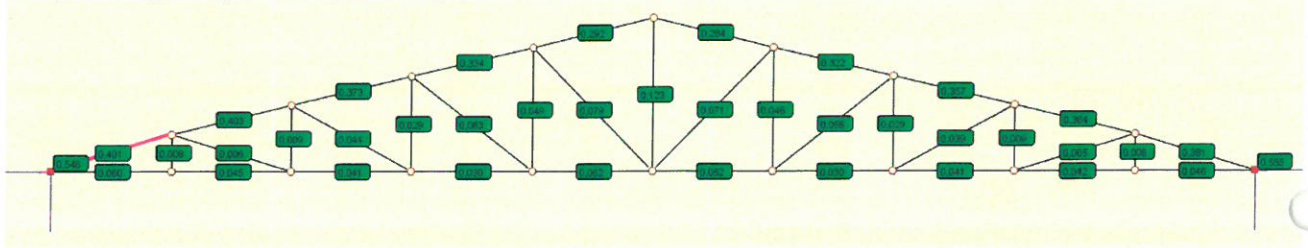
$$\Delta u_x = u_x - u_{bx} = 0.026 [cm]$$

$$\Delta u_{max} = \Delta u_x = 0.026 \leq 0.330 [cm]$$

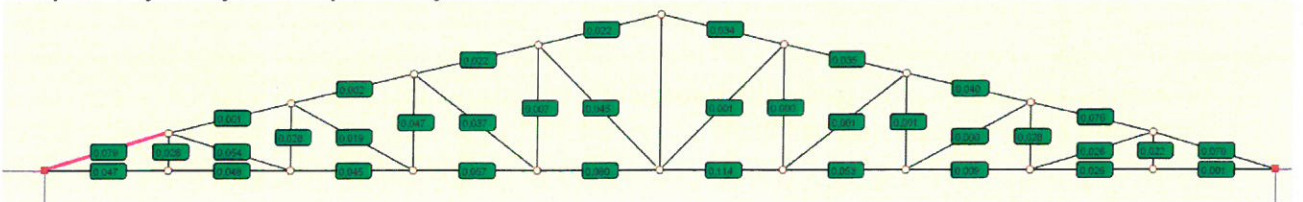
Różnica przemieszczeń węzła początkowego i końcowego:

$$\Delta d = |d_n - d| = |0.293 - 0.000| = 0.293 [cm]$$

Stopień wykorzystania przekroju SGN:



Stopień wykorzystania przekroju SGU:



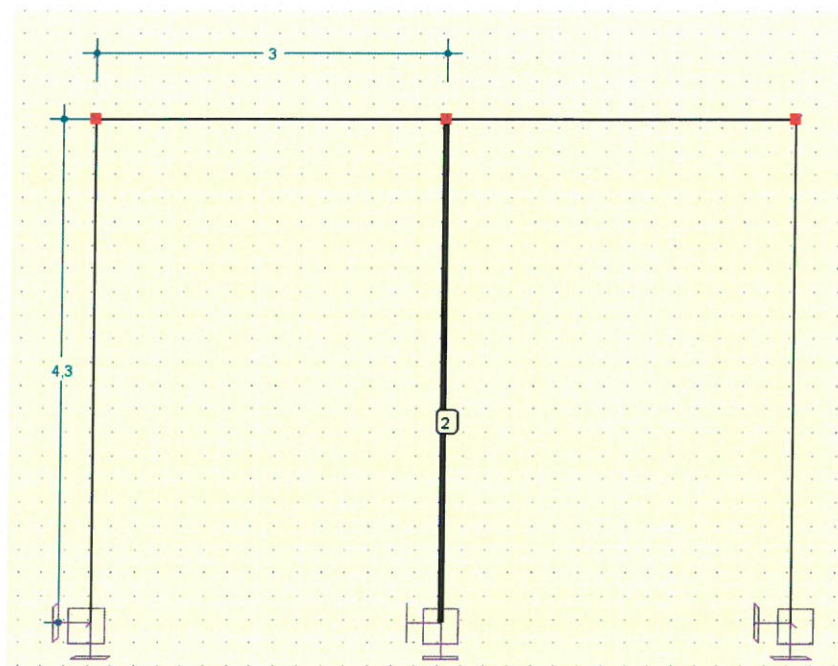


## 4.0. Rama bram

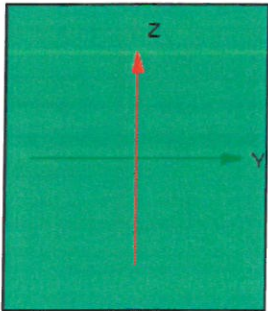
Wartość reakcji z dachu:

$$R_{zc} = 11,1 \text{ kN} / 0,8\text{m} = 13,88 \text{ kN/mb}$$

$$R_{zo} = 15,96\text{kN} / 0,8\text{m} = 19,95 \text{ kN/mb}$$



## 4.1. Nadproża ramy

	Nazwa profilu:	30x35	
	Długość pręta:	L = 3.00 m	
	Klasa betonu:	C25/30	
	Wytrzymałość betonu:	$f_{cd} = 17.86 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:	A = 1050.00 cm <sup>2</sup>	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 107450.00 \text{ cm}^4$	$J_z = 79012.50 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 6140.00 \text{ cm}^3$	$W_z = 5267.50 \text{ cm}^3$
	Wytrzymałość stali zbrojenia głównego:	$f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$	
	Wytrzymałość stali zbrojenia poprzecznego:	$f_{ywd} = 434.78 \text{ MPa}$	
	Moment rysujący Y:	$M_{cr,y} = 15.75 \text{ kNm}$	
	Moment rysujący Z:	$M_{cr,z} = 13.51 \text{ kNm}$	
	Moment rysujący przy skręcaniu:	$T_{cr} = 12.46 \text{ kNm}$	

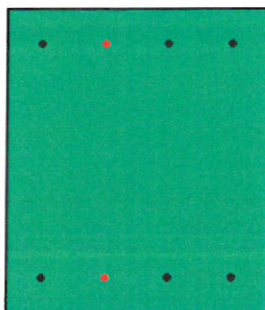
Założenia:

- średnica prętów głównych [mm]: 20
- otulenie:  $c_{nom}=20$ ,  $a_0 = 43$

STREFY nr: 1, 2

Zbrojenie podłużne #20, #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 <sup>2</sup> ]
Zginanie z siłą osiową	$M_y^+$	-	-4.81	-6.51	0.00	-4.81	-6.51	0.93	8	13.07
	$M_y^-$	-	-10.67	-19.33	0.00	-10.67	-19.33	0.97		
	$M_z^+$	-	-4.81	-6.51	0.00	-4.81	-6.51	0.93		
	$M_z^-$	-	-10.18	-20.07	0.00	-10.18	-20.07	0.98		
	$N^+$	-	-7.54	-14.87	0.00	-7.54	-14.87	0.96		
	$N^-$	-	-10.18	-20.07	0.00	-10.18	-20.07	0.98		
	$s^+$	-	-8.75	-19.38	0.00	-8.75	-19.38	0.97		
	$s^-$	-	-8.75	-19.38	0.00	-8.75	-19.38	0.97		
Skrećanie	$M_{x,ekstr}^*$	0.00	-	-	-	-	-	-	0	13.069
Zarysowanie	$s_k^{**}$	-	-6.48	-14.36	0.00	-	-	0.71	0	0.00
sumarycznie przyjęto:									8	13.07



Nr	1	2	3	4	5	6	7	8
$Z^*$ [mm]	132	132	-132	-132	132	-132	132	-132
$Y^*$ [mm]	-107	107	-107	107	-36	-36	36	36
$d$ [mm]	12	12	12	12	20	20	12	12

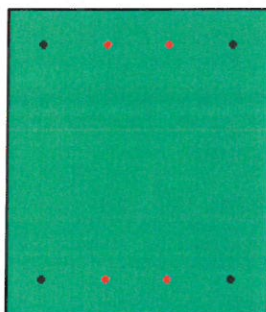
STREFA nr: 3

Zbrojenie podłużne #20, #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 <sup>2</sup> ]
Zginanie z siłą osiową	$M_y^+$	-	19.26	36.95	0.00	19.26	36.95	0.98	8	17.09
	$M_y^-$	-	-6.49	-8.79	0.00	-6.49	-8.79	0.85		
	$M_z^+$	-	19.26	36.95	0.00	19.26	36.95	0.98		
	$M_z^-$	-	-6.49	-8.79	0.00	-6.49	-8.79	0.85		
	$N^+$	-	14.27	27.37	0.00	14.27	27.37	0.92		
	$N^-$	-	19.26	36.95	0.00	19.26	36.95	0.98		
	$s^+$	-	19.26	36.95	0.00	19.26	36.95	0.98		



	s <sup>-</sup>	-	19.26	36.95	0.00	19.26	36.95	0.98		
Skręcanie	M <sub>x,ekstr</sub> *	0.00	-	-	-	-	-	-	0	17.090
Zarysowanie	s <sub>k</sub> **	-	14.27	27.37	0.00	-	-	0.68	0	0.00
sumarycznie przyjęto:									8	17.09



Nr	1	2	3	4	5	6	7	8
Z* [mm]	132	132	-132	-132	132	132	-132	-132
Y* [mm]	-107	107	-107	107	-36	36	-36	36
d [mm]	12	12	12	12	20	20	20	20

### Zbrojenie poprzeczne (liczba stref: 4)

#### Założenia

- średnica prętów strzemion [mm]: 8
- strzemiona 4-cięte
- kąt pochylenia strzemion względem osi podłużnej elementu:  $\alpha = 90^\circ$
- $\cot \Theta = 2.0$

Współczynnik redukcji wytrzymałości zarysowanego betonu przy ścinaniu:

$$\nu = 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.6 \cdot \left( 1 - \frac{25.00}{250} \right) = 0.540$$

Nośność na ścinanie:

$$V_{Rd,max,i} = \alpha_{cw} \cdot b_{w,i} \cdot \nu \cdot z_i \cdot \frac{f_{cd}}{\cot \Theta + \tan \Theta}$$

$$V_{RdY,max} = 1.00 \cdot 350.00 \cdot 0.54 \cdot 231.30 \cdot \frac{17.86}{2.00 + 0.50} = 312.255 [kN]$$

$$V_{RdZ,max} = 1.00 \cdot 300.00 \cdot 0.54 \cdot 276.30 \cdot \frac{17.86}{2.00 + 0.50} = 319.719 [kN]$$

Nośność na skręcanie:

$$T_{Rd,max} = 2 \cdot \nu \cdot \alpha_{cw} \cdot f_{cd} \cdot \sin \Theta \cdot \cos \Theta \cdot \sum A_{kj} \cdot t_{\alpha j} \cdot \frac{J_{\alpha j}}{\sum (J_{\alpha k})}$$

$$T_{Rd,max} = 7.71 \cdot \sum A_{kj} \cdot t_{\alpha j} \cdot \frac{J_{\alpha j}}{\sum (J_{\alpha k})} = 37.481 [kNm]$$

Sprawdzenie krzyżulców betonowych:

$$\frac{T_{Ed}}{T_{Rd,max}} + \frac{V_{EdY}}{V_{RdY,max}} + \frac{V_{EdZ}}{V_{RdZ,max}} \leq 1.0$$

Minimalny stopień zbrojenia na ścinanie:

$$\rho_{w,min} = 0.08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0.08 \cdot \frac{\sqrt{25.00}}{500.00} = 0.800 \cdot 10^{-3}$$

Maksymalny rozstaw strzemion ze względu na ścinanie:

$$s_{max,i} = \min \left( \frac{A_{sw}}{b_{w,i} \cdot \rho_{w,min} \cdot \sin \alpha}; 0.75 \cdot d_i \right)$$

$$s_{maxY} = \min \left( \frac{201.06}{350.00 \cdot 0.80 \cdot 10^{-3} \cdot 1.0}; 0.75 \cdot 257.00 \right) = 192.750 [mm]$$

$$s_{maxZ} = \min \left( \frac{201.06}{300.00 \cdot 0.80 \cdot 10^{-3} \cdot 1.0}; 0.75 \cdot 307.00 \right) = 230.250 [mm]$$

Rozstaw strzemion ze względu na ścinanie:

$$s_i = \frac{A_{sw} \cdot z_i \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta}{V_{Ed,i}}$$

$$s_y = \frac{2.01 \cdot 23.13 \cdot 434.78 \cdot 2.00}{V_{EdY}} = \frac{40438.48}{V_{EdY}}$$

(patrz tab. Zbrojenie poprzeczne)

$$s_z = \frac{2.01 \cdot 27.63 \cdot 434.78 \cdot 2.00}{V_{EdZ}} = \frac{48305.89}{V_{EdZ}}$$

(patrz tab. Zbrojenie poprzeczne)

Maksymalny rozstaw strzemion ze względu na skręcanie:

$$s_{max,T} = \min \left( t_w; \frac{l}{8} \cdot 2 \cdot (b_w + t_w) \right) = \min \left( 30.00; \frac{l}{8} \cdot 2 \cdot (35.00 + 30.00) \right) = 16.200 [cm]$$

Rozstaw zbrojenia poprzecznego na skręcanie:

$$T_{Ed,k} = T_{Ed} \cdot \frac{J_{ak}}{\sum J_{ak}}$$

$$s_w = 2 \cdot A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot \cot \Theta \cdot \sum \frac{A_{kj}}{T_{Ed,k}}$$

(patrz tab. Zbrojenie poprzeczne)

STREFY nr: 1, 2, 3, 4

Długość strefy:  $L_s = 3.00m$

Zbrojenie poprzeczne (#8, 4-cięte)

Typ obliczeń	Obwiednia	$T_{Ed}$ [kNm]	$V_{EdY}$ [kN]	$V_{EdZ}$ [kN]	$V/V_{Rd,max}$ [%]	$s_v$ [cm]	$s_w$ [cm]	$s$ [cm]	$s_{zas}$ [cm]	$A_{sw}/s$ [cm <sup>2</sup> /m]
Ścinanie	$V_{y,ekstr}$	0.00	63.31	37.51	0.32	19.28	-	19.28	19.00	10.43
	$V_{z,ekstr}$	0.00	63.31	37.51	0.32	19.28	-	19.28		
Skręcanie	$M_{x,ekstr}$	0.00	63.31	37.51	0.32	19.28	-	19.28		

Zarysowanie:

Założenia:

- dopuszczalne rozwarście rysy  $w_{max} = 0.30$

- automatyczne dozbrajanie stref o przekroczonym rozwarciu rys: TAK

Obliczenia wykonano przy dla wartości współczynników:

$$K_1=0.40$$

$$K_1=0.80$$

$$K_2=0.50$$

$$K_3=3.40$$

$$K_4=0.42$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.56 [MPa]$$

Współczynnik  $\alpha_e$ :

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{ef}} = \frac{200000.00}{11241.36} = 17.791$$

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:

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

UWAGA! Tabele zawiera wyniki tylko tych stref, dla których wykonane zostały obliczenia zarysowania.

Kierunek Y:

x [m]	Nr strefy zginania	N [kN]	M [kNm]	$h_{c,eff}$	$r_{p,eff}$	$S_s$ [MPa]	$S_{r,max}$ [mm]	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm}$ [ $\cdot 10^{-3}$ ]	$w_k$ [mm]	lp
0.50	1	0.00	-8.52	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0
1.00	1	0.00	-14.36	73.33	0.01	213.38	330.73	0.640	0.21	0
1.00	2	0.00	-14.36	73.33	0.01	213.38	330.73	0.640	0.21	0
1.50	2	0.00	-13.69	73.33	0.01	203.42	330.73	0.610	0.20	0
2.50	3	0.00	7.18	0.00	0.00	0.00	0.00	0.000	0.00	0
3.00	3	0.00	27.37	66.67	0.01	255.06	267.60	0.765	0.20	0

Sumaryczne rozwarcie rysy:

x[m]	Nr strefy zginania	$w_{ky} + w_{kz}$ [mm]	lp	$E_d/R_d$
0.50	1	0.00	0	0.00
1.00	1	0.21	0	0.71
1.00	2	0.21	0	0.71
1.50	2	0.20	0	0.67
2.50	3	0.00	0	0.00
3.00	3	0.20	0	0.68

UGIĘCIE

Założenia:

- dopuszczalne ugięcie w stanie zarysowanym  $u_{lim} = L/250 = 12.00$  mm
- maksymalne ugięcie sprężyste dla  $x = 1.29$  m wynosi  $u_{el} = 0.44$  mm
- ugięcie w kierunku Y:  $u_{el,y} = -0.42$  [mm]



- ugięcie w kierunku Z:  $u_{el,z} = 0.14[\text{mm}]$

Zestaw sił przekrojowych:

$N = 0.000 \text{ kN}$

$M_y = -7.783 \text{ kN}$

$M_z = -14.769 \text{ kN}$

Kierunek Y:

Współczynnik rozdziału z:

$$\zeta_y = 1 - \beta \cdot \left( \frac{M_{cr,y}}{M_x} \right)^2 = 1 - 0.50 \cdot \left( \frac{13.51}{(-14.77)} \right)^2 = 0.582$$

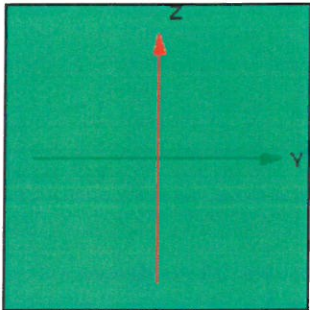
Ugięcie elementu w stanie zarysowanym:

$$u_{cr,y} = \zeta_y \cdot u_{cr,max,y} + (1 - \zeta_y) \cdot u_{el,y} = 0.58 \cdot 4.36 + (1 - 0.58) \cdot -0.42 = 2.713$$

Ze względu na zestaw obciążeń w kierunku Z element pracujący jako niezarysowany.

Wartości ugięć w stanie sprężystym i po zarysowaniu pokrywają się.

## 4.2. Słup środkowy

	Nazwa profilu:	30x30	
	Długość pręta:	$L = 4.30 \text{ m}$	
	Klasa betonu:	C25/30	
	Wytrzymałość betonu:	$f_{cd} = 17.86 \text{ MPa}$	
	Pole przekroju:	$A = 900.00 \text{ cm}^2$	
	Momenty bezwładności:	$J_y = 67725.00 \text{ cm}^4$	$J_z = 67725.00 \text{ cm}^4$
	Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 4515.00 \text{ cm}^3$	$W_z = 4515.00 \text{ cm}^3$
	Wytrzymałość stali zbrojenia głównego:	$f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$	
	Wytrzymałość stali zbrojenia poprzecznego:	$f_{ywd} = 434.78 \text{ MPa}$	
	Moment rysujący Y:	$M_{cr,y} = 11.58 \text{ kNm}$	
	Moment rysujący Z:	$M_{cr,z} = 11.58 \text{ kNm}$	
	Moment rysujący przy skręcaniu:	$T_{cr} = 0.00 \text{ kNm}$	

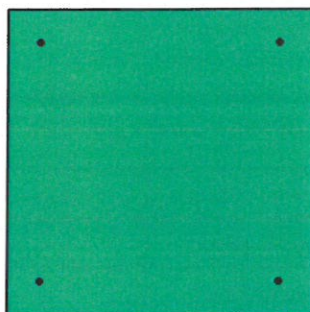
Założenia:

- średnica prętów głównych [mm]: 12
- otulenie:  $c_{nom} = 15$ ,  $a_0 = 34$

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 <sup>2</sup> ]
Zginanie z siłą osiową	$M_y^+$	-	0.00	0.00	65.24	1.30	1.30	0.83	4	4.52
	$M_y^-$	-	0.00	0.00	88.07	1.76	1.76	0.80		
	$M_z^+$	-	0.00	0.00	65.24	1.30	1.30	0.83		
	$M_z^-$	-	0.00	0.00	88.07	1.76	1.76	0.80		
	$N^+$	-	0.00	0.00	55.56	1.11	1.11	0.84		
	$N^-$	-	0.00	0.00	88.07	1.76	1.76	0.80		

	s <sup>+</sup>	-	0.00	0.00	65.24	1.30	1.30	0.83		
	s <sup>-</sup>	-	0.00	0.00	88.07	1.76	1.76	0.80		
Zarysowanie	s <sub>k</sub> <sup>**</sup>	-	0.00	0.00	0.00	-	-	0.00	0	0.00
sumarycznie przyjęto:									4	4.52



Nr	1	2	3	4
Z* [mm]	116	116	-116	-116
Y* [mm]	-116	116	-116	116
d [mm]	12	12	12	12

Zarysowanie:

Obliczenia wykonano przy dla wartości współczynników:

$$K_1=0.40$$

$$K_1=0.80$$

$$K_2=0.50$$

$$K_3=3.40$$

$$K_4=0.42$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.56 [MPa]$$

Współczynnik  $\alpha_e$ :

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{ef}} = \frac{200000.00}{11241.36} = 17.791$$

Efektywny stopień zbrojenia:

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

Maksymalny rozstaw rys:

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

Różnica odkształceń w zbrojeniu i betonie na odcinku między rysami:

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

(patrz tabela)

Szerokość rys:

(patrz tabela)

#### 4.3. Rdzenie boczne

Nazwa profilu:	30x48	
Długość pręta:	$L = 4.30 \text{ m}$	
Klasa betonu:	C25/30	
Wytrzymałość betonu:	$f_{cd} = 17.86 \text{ MPa}$	
Pole przekroju:	$A = 1440.00 \text{ cm}^2$	
Momenty bezwładności:	$J_y = 276840.00 \text{ cm}^4$	$J_z = 108360.00 \text{ cm}^4$
Wskaźniki wytrzymałości:	$W_y = 11535.00 \text{ cm}^3$	$W_z = 7224.00 \text{ cm}^3$
Wytrzymałość stali zbrojenia głównego:	$f_{yd} = 434.78 \text{ MPa}$	
Wytrzymałość stali zbrojenia poprzecznego:	$f_{ywd} = 434.78 \text{ MPa}$	
Moment rysujący Y:	$M_{cr,y} = 29.59 \text{ kNm}$	
Moment rysujący Z:	$M_{cr,z} = 18.53 \text{ kNm}$	
Moment rysujący przy skręcaniu:	$T_{cr} = 0.00 \text{ kNm}$	

**Założenia:**

- średnica prętów głównych [mm]: 12
- otulenie:  $c_{nom}=15$ ,  $a_0 = 34$

## 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 <sup>2</sup> ]
Zginanie z siłą osiową	$M_y^+$	-	6.18	0.00	53.88	7.26	1.08	0.90	4	4.52
	$M_y^-$	-	-12.48	0.00	32.98	-13.14	0.66	0.92		
	$M_z^+$	-	6.18	0.00	53.88	7.26	1.08	0.90		
	$M_z^-$	-	6.18	0.00	53.88	7.26	1.08	0.90		
	$N^+$	-	-9.25	0.00	24.43	-9.73	0.49	0.92		
	$N^-$	-	6.18	0.00	53.88	7.26	1.08	0.90		
	$s^+$	-	-12.48	0.00	32.98	-13.14	0.66	0.92		
	$s^-$	-	-12.48	0.00	32.98	-13.14	0.66	0.92		
Zarysowanie	$s_k^{**}$	-	-9.25	0.00	24.43	-	-	0.00	0	0.00
sumarycznie przyjęto:									4	4.52





Nr	1	2	3	4
Z* [mm]	206	206	-206	-206
Y* [mm]	-116	116	-116	116
d [mm]	12	12	12	12

### Zarysowanie:

Obliczenia wykonano przy dla wartości współczynników:

$$K_1=0.40$$

$$K_1=0.80$$

$$K_2=0.50$$

$$K_3=3.40$$

$$K_4=0.42$$

$$f_{ct,eff} = f_{ctm} = 2.56 [MPa]$$

Współczynnik  $\alpha_e$ :

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cf}} = \frac{200000.00}{11241.36} = 17.791$$

Efektywny stopień zbrojenia:

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

Maksymalny rozstaw rys:

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

Różnica odkształceń w zbrojeniu i betonie na odcinku między rysami:

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

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_{cm} = \frac{\sigma_s - k_1 \cdot f_{ctp} \cdot (1 - \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \geq 0.6 \cdot \frac{\sigma_s}{E_s} \quad (\text{patrz tabela})$$

Szerokość rys:

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

Opis nagłówek 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  $x = 2.66 \text{ m}$  wynosi  $u_{el} = 0.00 \text{ mm}$
- ugięcie w kierunku Y:  $u_{el,y} = 0.00 [\text{mm}]$
- ugięcie w kierunku Z:  $u_{el,z} = 0.00 [\text{mm}]$

Ze względu na zestaw obciążeń w kierunku Y element pracujący jako niezarysowany.

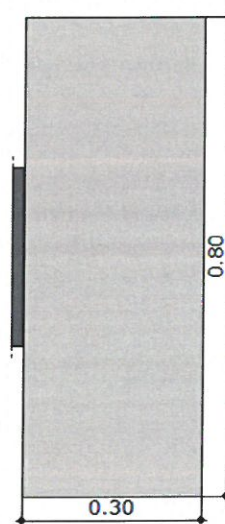
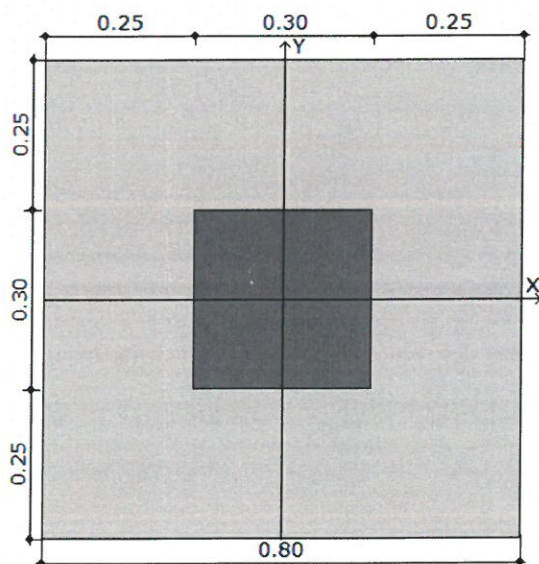
Wartości ugięć w stanie sprężystym i po zarysowaniu pokrywają się.

Ze względu na zestaw obciążeń w kierunku Z element pracujący jako niezarysowany.

Wartości ugięć w stanie sprężystym i po zarysowaniu pokrywają się.

## 5.0. Fundamenty

Szerokość stopy B	[m]	0.80
Długość stopy L	[m]	0.80
Wysokość stopy $H_f$	[m]	0.30
Szerokość przekroju słupa b	[m]	0.30
Wysokość przekroju słupa h	[m]	0.30
Mimośród $e_x$	[m]	0.00
Mimośród $e_y$	[m]	0.00

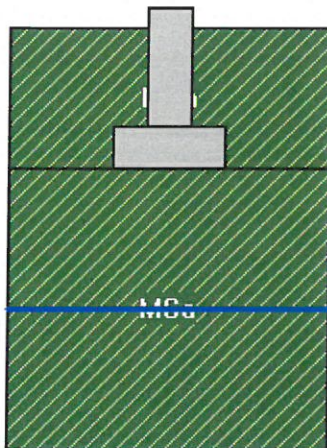


### Materiały

Klasa betonu		C20/25
Ciężar objętościowy betonu	[kN/m <sup>3</sup> ]	24.00
Stopa prefabrykowana		NIE
Granica plastyczności stali	[MPa]	500
Średnica zbrojenia	[mm]	12.00

Grubość otuliny	[mm]	45.00
Czas realizacji budynku		poniżej 12 m-cy
Ciężar zasyпки	[kN/m <sup>3</sup> ]	18.50

Warunki gruntowe



Warstwa	Nazwa gruntu	H [m]	g [kN/m <sup>3</sup> ]	c' [kPa]	c <sub>u</sub> [kPa]	f' [°]	M [kPa]	M <sub>o</sub> [kPa]
1	Piasek średni (MSa)	3.0	18.0	0.0	0.0	28.0	99000.0	100000.0

Stan graniczny nośności (GEO)

$g_{G, niekorzystne} = 1.35$ ,  $g_Q = 1.50$

$g_R = 1.4$  – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oporu granicznego na wyparcie

$g_{R,h} = 1.1$  – częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla oporu granicznego na ścięcie gruntu pod fundamentem

Głębokość posadowienia  $h_f = 1.00$  m

Schemat nr 1

Ciężaru fundamentu (całkowity):

$$G_{fk} = V_f \cdot \gamma_f = 0.19 \cdot 24.00 = 4.6 \text{ [kN]}$$

Ciężar gruntu nad fundamentem:

$$G_k = 8.29 \text{ [kN]}$$

Obliczeniowa wartość obciążenia podłoża:

$$V_d = N_{d,d} + \gamma_{G, niekorzystne} \cdot (G_{fk} + G_k) = 53.88 + 1.35 \cdot (4.61 + 8.29) = 71.29 \text{ [kN]}$$

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

$$V_k = N_k + G_{fk} + G_k = 39.91 + 4.61 + 8.29 = 52.81 \text{ [kN]}$$

$$M_{Bk} = M_{OE,k} + H_{Bk} \cdot h = 0.00 + 0.00 \cdot 0.30 = 0.00 \text{ [kNm]}$$

$$M_{Lk} = M_{OL,k} + H_{Lk} \cdot h = -5.55 \text{ [kNm]}$$



$$H_k = \sqrt{H_{Bk}^2 + H_{Lk}^2} = \sqrt{0.00^2 + 3.22^2} = 3.22 [kN]$$

Mimośród obciążeń:

$$e_B = \frac{M_{Bk} - e_{0B} \cdot N_{G,Qk}}{V_k} = \frac{0.00 - 0.00 \cdot 39.91}{52.81} = |0.00| < 0.3 \cdot B = 0.24 [m]$$

Warunek spełniony

$$e_L = \frac{M_{Lk} + e_{0L} \cdot N_{G,Qk}}{V_k} = \frac{(-5.55) + 0.00 \cdot 39.91}{52.81} = |-0.11| < 0.3 \cdot L = 0.24 [m]$$

Warunek spełniony

Sprawdzone wymiary fundamentu

$$B' = B - 2 \cdot e_B = 0.80 - 2 \cdot 0.00 = 0.80 [m]$$

$$L' = L - 2 \cdot e_L = 0.80 - 2 \cdot 0.11 = 0.59 [m]$$

$$A' = B' \cdot L' = 0.80 \cdot 0.59 = 0.47 [m^2]$$

Jednostkowy opór graniczny podłoża

$$\frac{R_k}{A'} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + g' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma = 0.00 \cdot 25.84 \cdot 1.00 \cdot 1.68 \cdot 0.90 + 18.00 \cdot 14.75 \cdot 1.00 \cdot 1.64 \cdot 0.91 + 0.5 \cdot 18.00 \cdot 0.80 \cdot 14.63 \cdot 1.00 \cdot 0.59 \cdot 0.85 = 446.77 [kPa]$$

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

$$R_d = \frac{R_k}{\gamma_R} = \frac{210.85}{1.40} = 150.61 [kN]$$

Warunek obliczeniowy:

$$V_d = 71.29 < R_d = 150.61 kN$$

Warunek nośności na wyparcie spełniony.

Sprawdzenie stanu granicznego na ścięcie gruntu w poziomie posadowienia:

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

$$R_{d1} = \min \left( \frac{V_k \cdot \tan(\delta_k)}{\gamma_{Rh}}; 0.4 \cdot V_d \right) = \min \left( \frac{52.81 \cdot 0.53}{1.10}; 0.4 \cdot 71.29 \right) = 25.55 [kN]$$

$$H_d = 4.34 \leq R_d = 25.55 [kN]$$

Warunek nośności na ścięcie spełniony.

Sprawdzenie nośności pozostałych warstw

Poziom spr.	Nawodniona	Warunki z odpływem		Warunki bez odpływu	
		Ed/Rd(H)	Ed/Rd(V)	Ed/Rd(H)	Ed/Rd(V)
2.00	TAK	0.098	0.112	-	-

Sprawdzenie stateczności fundamentu (EQU):

$$M_{B,dst} = 0.00 < M_{B,stb} = 26.20 [kNm]$$

$$M_{L,dst} = 7.49 < M_{L,stb} = 26.20 [kNm]$$

Warunek stateczności spełniony.

Sprawdzenie przebiecia fundamentu:

Wymiary obwodu kontrolnego:

$$b_L = 1.30[m]$$

$$b_B = 1.30[m]$$

Nośność na przebicie spełniona, obwód krytyczny poza stopą.

Wymiarowanie zbrojenia

$$A_B = 2.83 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

$$A_L = 2.83 \text{ cm}^2/\text{mb}$$

Minimalne zbrojenie konstrukcyjne dla fundamentu wynosi:  $A_k = 3.31 \text{ cm}^2/\text{mb}$

W kierunku y (B) przyjęto  $f_i = 12.0 \text{ mm}$  w rozstawie  $s_1 = 25.0 \text{ cm}$   $A_{s1} = 5.60 \text{ cm}^2/\text{mb}$

W kierunku x (L) przyjęto  $f_i = 12.0 \text{ mm}$  w rozstawie  $s_2 = 25.0 \text{ cm}$   $A_{s2} = 5.60 \text{ cm}^2/\text{mb}$

Nr pręta	Ilość	Długość pręta [cm]	Długość całkowita [m]
1	4	74	2.96
2	3	74	2.22

Średnica	[mm]	12.0
Granica plastyczności stali	[MPa]	500
Masa jednostkowa	[kg/m]	0.888
Długość ogółem	[m]	5.18
Masa ogółem	[kg]	4.6

Osiadanie fundamentu

Osiadania pierwotne = 0.039 cm

Osiadania wtórne = 0.000 cm

Osiadania całkowite = 0.039 cm

Tangens kąta nachylenia względem osi X = -0.00049

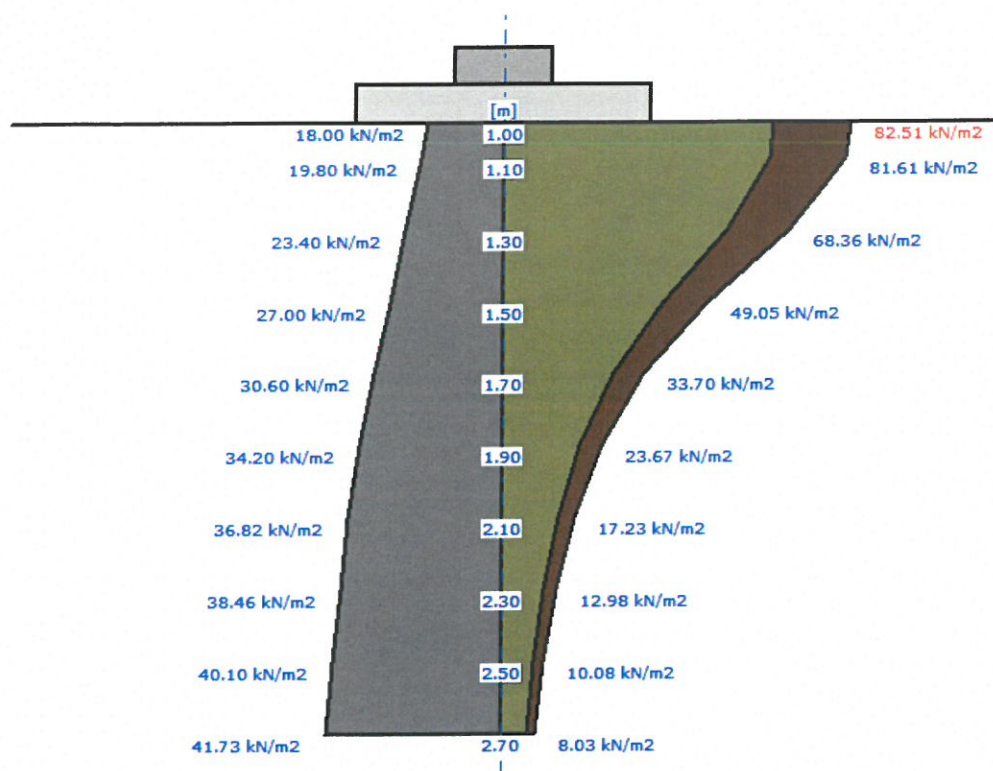
Tangens kąta nachylenia względem osi Y = 0.00000

Przechyłka = 0.00049 rad

Warunek naprężeniowy

$$0.2 \cdot \sigma_p = 0.2 \cdot 41.73 = 8.35 \geq \sigma_{sd} = 8.03 \left[ \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \right]$$

Głębokość, na której zachodzi warunek wytrzymałościowy = 2.70 m



opracowała: mgr inż. Kinga Malinowska

projektował: mgr inż. Sylwester Kukliński

upr.nr. WAM/0072/PWOK/06

**mgr inż. Sylwester Kukliński**  
 Uprawnienia budowlane do projektowania  
 i kierowania robotami budowlanymi  
 bez ograniczeń w specjalności  
 konstrukcyjno-budowlanej  
 Nr ewid: WAM/0072/PWOK/06