

## Obliczenia statyczne

### Poz. Z1.0 Obciążenia

#### Poz. Z1.1 Obciążenia dachu

##### Poz. Z1.1.1 Obciążenia stałe

###### Dach

Przyjęto dach wykonany z blachy trapezowej "Balexmetal" TR 45 o grubości 0,55mm.

	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
Blacha trapezowa "Balexmetal" TR 45 gr. 0,55mm	0,070	1,20	0,084
Obciążenie technologiczne - lampy itp.	0,100	1,20	0,120
$q_k =$	0,170	1,20	0,204

###### Świetlik

Przyjęto świetlik z poliwęglanu Lastra Grecata Curva 495

	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
Świetlik	0,030	1,20	0,036

##### Poz. Z1.1.2 Wiatr I strefa

###### Dach

Obciążenie wiatrem połaci dachu przyjęto zgodnie z normą "wiatrową" tablica Z1-9

$$q_k = 0,30 \quad \text{kN/m}^2 \quad \alpha = 4,54^\circ \quad C_{pa} = 1 + 0,04 \alpha = 1,18$$
$$C_e = 1,00 \quad C_{pb} = -1,00$$
$$\beta = 1,8$$

	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
połać nawietrzna	$p_k = q_k C_e C_{pa} \beta = 0,638$	1,50	0,957
połać zawietrzna	$p_k = q_k C_e C_{pb} \beta = -0,540$	1,50	-0,810

Świetlik - konstrukcyjnie przyjęto obciążenie jak na dachu

	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie wiatrem świetlika - parcie	$q_k = 0,638$	1,500	0,957

###### Podstawa świetlika

Obciążenie wiatrem połaci dachu przyjęto zgodnie z normą "wiatrową" tablica Z1-5

$$h_1 = 7,29 \text{ m} \quad h_1/h_2 = 1,12 < 1,5 \Rightarrow C_n = -0,50 \quad C_z = -0,40$$
$$h_2 = 6,49 \text{ m}$$

	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
połać nawietrzna	$p_k = q_k C_e C_n \beta = -0,270$	1,50	-0,405
połać zawietrzna	$p_k = q_k C_e C_z \beta = -0,216$	1,50	-0,324

##### Poz. Z1.1.3 Śnieg IV strefa

###### Dach

Obliczenia wykonano zgodnie z normą śniegową PN-80/02010 tablica Z1-2 i jej nowelizacją PN-80/B-02010/Az1:2006.

$$Q_k = 1,60 \quad \text{kN/m}^2 \quad \alpha_1 = 4,54^\circ \quad \Rightarrow \quad \alpha = \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} = 3,51$$
$$\alpha_2 = 2,47^\circ \quad C = 0,8 \left( \frac{30 + \alpha}{30} \right) = 0,89$$

Z uwagi na fakt występowania na dachu świetlików, które mogą powodować tworzenie się worków śnieżnych do dalszych obliczeń przyjęto obciążenie śniegiem zwiększone o 20%.

Obciążenie śniegiem	$S_k = 1,2 Q_k C =$	$\frac{\text{kN/m}^2}{1,715}$	$\frac{\gamma_f}{1,50}$	$\frac{\text{kN/m}^2}{2,573}$
---------------------	---------------------	-------------------------------	-------------------------	-------------------------------

#### Świetlik

Obliczenia wykonano zgodnie z normą śniegową PN-80/02010 tablica Z1-3 i jej nowelizacją PN-80/B-02010/Az1:2006.

	$C = 0,80$			
Obciążenie śniegiem	$S_k = Q_k C =$	$\frac{\text{kN/m}^2}{1,280}$	$\frac{\gamma_f}{1,50}$	$\frac{\text{kN/m}^2}{1,920}$

#### Poz. Z1.1.4 Oblodzenie II strefa

$$b = 0,018 \text{ m} \quad \xi = \left(\frac{h}{10}\right)^{0,3} = 0,875 > 0,8 \quad s = b \mu \xi = 0,011 \text{ m}$$

$$\mu = 0,70$$

$$h = 6,40 \text{ m} \quad \gamma = 7,00 \quad \text{kN/m}^3$$

Płatew Zetowa 350x85x75x22x3	$u = 1,11 \text{ m}$			
Obciążenie oblodzeniem	$g_k = \gamma s u =$	$\frac{\text{kN/m}}{0,086}$	$\frac{\gamma_f}{1,50}$	$\frac{\text{kN/m}}{0,129}$
Dźwigar ażurowy 400	$u = 2,72 \text{ m}$			
Obciążenie oblodzeniem	$g_k = \gamma s u =$	$\frac{\text{kN/m}}{0,210}$	$\frac{\gamma_f}{1,50}$	$\frac{\text{kN/m}}{0,315}$

#### Poz. Z1.2 Obciążenia attyki

##### Poz. Z1.2.1 Obciążenia stałe

Obudowa attyki - panele stalowe 0,20kN/m <sup>2</sup> x 2	$q_k =$	$\frac{\text{kN/m}^2}{0,400}$	$\frac{\gamma_f}{1,20}$	$\frac{\text{kN/m}^2}{0,480}$
---	---------	-------------------------------	-------------------------	-------------------------------

##### Poz. Z1.2.2 Obciążenia zmienne - Obciążenie wiatrem

Obciążenie wiatrem attyki przyjęto zgodnie z normą "wiatrową" tablica Z1-19

$$q_k = 0,30 \quad \text{kN/m}^2 \quad l = 1,00 \text{ m} \quad S = h \times l = 1,80 \text{ m}^2$$

$$C_e = 1,00 \quad h = 1,80 \text{ m}$$

$$\beta = 1,80$$

$$\text{Dla pełnego wypełnienia } F = S \Rightarrow \varphi = F / S = 1,00 \Rightarrow C_x = 2,00$$

Parcie wiatru $p_k = q_k C_e C_x \beta$	$p_k =$	$\frac{\text{kN/m}^2}{1,080}$	$\frac{\gamma_f}{1,50}$	$\frac{\text{kN/m}^2}{1,620}$
---	---------	-------------------------------	-------------------------	-------------------------------

##### Poz. Z1.2.3 Obciążenia zmienne - Oblodzenie

Attyka	$u = 4,00 \text{ m}$			
Obciążenie oblodzeniem	$g_k = \gamma s u =$	$\frac{\text{kN/m}}{0,309}$	$\frac{\gamma_f}{1,50}$	$\frac{\text{kN/m}}{0,463}$

#### Poz. Z2.0 Dach

Jako pokrycie dachu przyjęto blachę trapezową Balexmetal TR - 45 o grubości 0,55mm podpartą jak belka wieloprzęsłowa na płatwiach w rozstawie max. co 1,50m.

Na powyższa blachę będą działać następujące obciążenia

Obciążenia stałe Poz. 1.1.1	$\frac{\text{kN/m}^2}{0,170}$	$\frac{\gamma_f}{1,20}$	$\frac{\text{kN/m}^2}{0,204}$
Obciążenie wiatrem Poz. 1.1.2	0,638	1,50	0,957
Obciążenie śniegiem Poz. 1.1.3	1,715	1,50	2,573
$q_k =$	$\frac{2,524}{}$	1,48	$\frac{3,734}{}$

$$\begin{array}{l} \text{SGN:} \quad q_{\text{obl.}} = 3,734 \text{ kN/m}^2 < Q_r = 5,010 \text{ kN/m}^2 \\ \text{SGU:} \quad q_{\text{cha.}} = 2,524 \text{ kN/m}^2 < Q_k = 4,960 \text{ kN/m}^2 \end{array}$$

Warunki określone przez producenta blachy zostały spełnione.

#### Poz. Z2.1 Płatwie zetowe

Zaprojektowano płatwie zimnogięte o przekroju zetowym, o maksymalnym rozstawie osiowym **co 1,50m**. Przyjęto płatew zetową trójprzęsłową o rozpiętości przęseł 7,50m.

Na przedmiotową płatew będą działać następujące obciążenia:

	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Obciążenia stałe Poz. 1.1.1 x 1,50m	0,255	1,20	0,306
Obciążenie wiatrem Poz. 1.1.2 x 1,50m	0,957	1,50	1,436
Obciążenie śniegiem Poz. 1.1.3 x 1,50m	2,573	1,50	3,860
Obciążenie oblodzeniem Poz. 1.1.4	0,086	1,51	0,129
$q_k =$	<u>3,871</u>	1,49	<u>5,730</u>

Do dalszych obliczeń przyjęto płatew zimnogiętą trójprzęsłową o przekroju zetowym 350x85x75x22 o grubości 3mm ze stali S350 firmy "Pruszyński"

$$\begin{array}{l} \text{SGN:} \quad q_{\text{obl.}} = 5,730 \text{ kN/m} < Q_r = 7,590 \text{ kN/m} \\ \text{SGU:} \quad q_{\text{cha.}} = 3,871 \text{ kN/m} < Q_k = 7,980 \text{ kN/m} \end{array}$$

Warunki określone przez producenta belek zostały spełnione.

Uciąganie belki zetowej należy wykonać poprzez montaż belek jednoprzęsłowych na odpowiedni zakład. Zakład belek, który pozwala na traktowanie jej jako belkę ciągłą należy wykonać ściśle z wytycznymi producenta belek zetowych.

#### Poz. Z2.1.1 Attyka

Attykę zaprojektowano w postaci układu kratowego opartego w zależności od lokalizacji na dźwigarach ażurowych lub płatwiach skrajnych.

Na przedmiotowe attyki będą działały następujące obciążenia zarówno pionowe jak i poziome:

*Obciążenia pionowe - działają na słupki oraz pasy dolny i górny kratownicy*

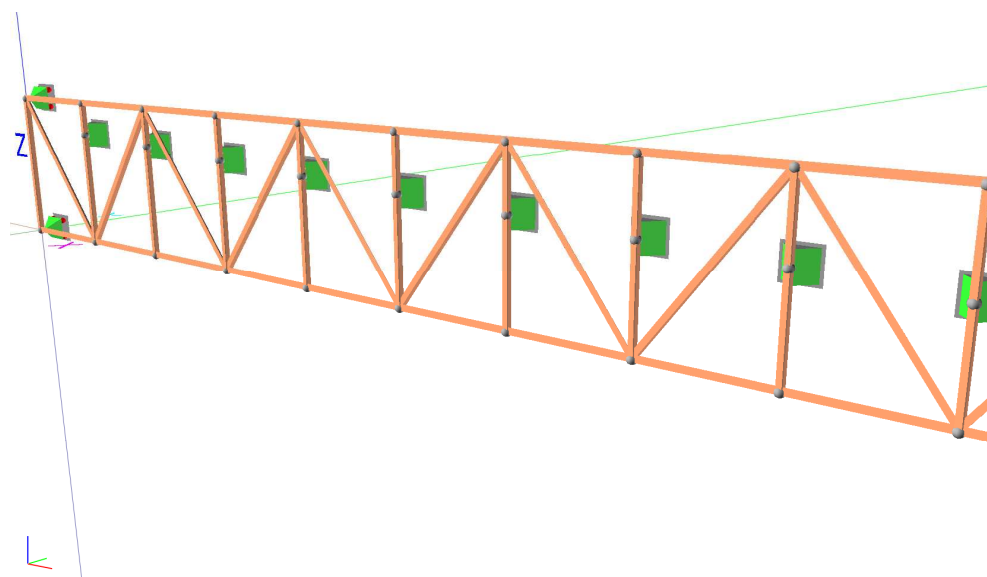
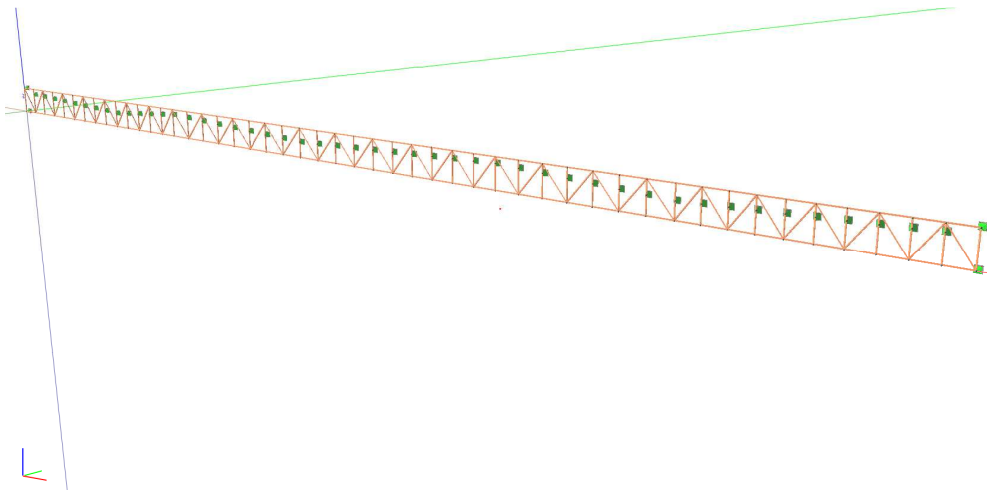
	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
Obciążenia stałe Poz. 1.2.1	0,400	1,20	0,480
Obciążenie oblodzeniem Poz. 1.2.3 / 1,80m	0,171	1,51	0,257
$q_k =$	<u>0,571</u>	1,30	<u>0,737</u>

*Obciążenia poziome - działają na słupki oraz pasy dolny i górny kratownicy*

	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie wiatrem Poz. 1.2.2	1,080	1,50	1,620

#### Attyka oparta na płatwiach skrajnych

Jako schemata statyczny kratownicy przyjęto układ jak niżej:



#### Poz. Z2.1.1.1 Pas górny

Projektuje się stalowy pas górny wykonany z kątownika gorącowalcowanego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_x = 0,16 \text{ kNm} \quad M_y = 0,16 \text{ kNm} \quad N_{sci.} = 0,83 \text{ kN}$$

Konstrukcyjnie jako pas górny przyjęto belkę stalową z kątownika gorącowalcowanego 75x75x8mm ze stali St3SX.

#### Poz. Z2.1.1.2 Pas dolny

Projektuje się stalowy pas dolny wykonany z kątownika gorącowalcowanego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_x = 0,22 \text{ kNm} \quad M_y = 0,24 \text{ kNm} \quad N_{sci.} = 0,83 \text{ kN}$$

Konstrukcyjnie jako pas dolny przyjęto belkę stalową z kątownika gorącowalcowanego 75x75x8mm ze stali St3SX.

#### Poz. Z2.1.1.3 Krzyżulce

Projektuje się stalowe krzyżulce wykonane z kątownika gorącowalcowanego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_x = 0,07 \text{ kNm} \quad M_y = 0,07 \text{ kNm} \quad N_{sci.} = 1,54 \text{ kN}$$

Konstrukcyjnie jako krzyżulce przyjęto belkę stalową z kątownika gorącowalcowanego 60x60x8mm ze stali St3SX.

#### Poz. Z2.1.1.4 Słupki

Projektuje się stalowe słupki wykonane z profilu kwadratowego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_x = 2,51 \text{ kNm} \quad M_y = 0,01 \text{ kNm} \quad N_{sci.} = 2,93 \text{ kN}$$

Jako słupki przyjęto belkę stalową z profilu kwadratowego 60x60x5mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 16,83 \text{ cm}^3 & h &= 6,00 \text{ cm} \\ W_y &= 16,83 \text{ cm}^3 & b &= 6,00 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \\ A &= 10,36 \text{ cm}^2 & t_w &= 0,50 \text{ cm} \\ i_x &= 2,21 \text{ cm} & t_f &= 0,50 \text{ cm} & f_d &= 215 \text{ MPa} \\ i_y &= 2,21 \text{ cm} & b_0 &= b - t = 5,5 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 1,46 \text{ m} & \mu_x &= \mu_y = 1 \\ l_1 &= 1,46 \text{ m} & \beta &= 1 \end{aligned}$$

klasa przekroju

Środnik	$h / t_w = 12,00$	$< 65\varepsilon = 65,00$	Przekrój klasy 1
Półka	$b / t_f = 12,00$	$< 23\varepsilon = 23,00$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 3,62 \text{ kNm} \quad M_{Ry} = \alpha_p W_y f_d = 3,62 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 1,46 \text{ m} < 100 b_0 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 5,50 \text{ m}$$

przekrój konstrukcyjnie zabezpieczony jest przed zwichrzeniem  $\varphi_L = 1,00$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 222,7 \text{ kN} \quad N_{Rt} = A f_d = 222,7 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 66,063 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 0,786 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_x = 0,788$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 66,063 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 0,786 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_y = 0,788$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,01 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,719 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,713 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie  $T_{x,max} = 3,15 \text{ kN} \quad K = 1,00$   
 $T_{y,max} = 0,00 \text{ kN}$

$$A_{Vx} = 2 (h - t_f) t_w = 5,500 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = 2 (b - t_w) t_f = 5,500 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{2h K}{t_w 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,429 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 2,33 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b K}{t_f 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} =$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b}{t_f} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,429 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 2,33 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $\varphi_{pv} = 1,00$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 68,59 \text{ KN}$$

$$V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 68,59 \text{ KN}$$

$$T_{x,max} = 3,15 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 20,58 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 0,00 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 20,58 \text{ kN}$$

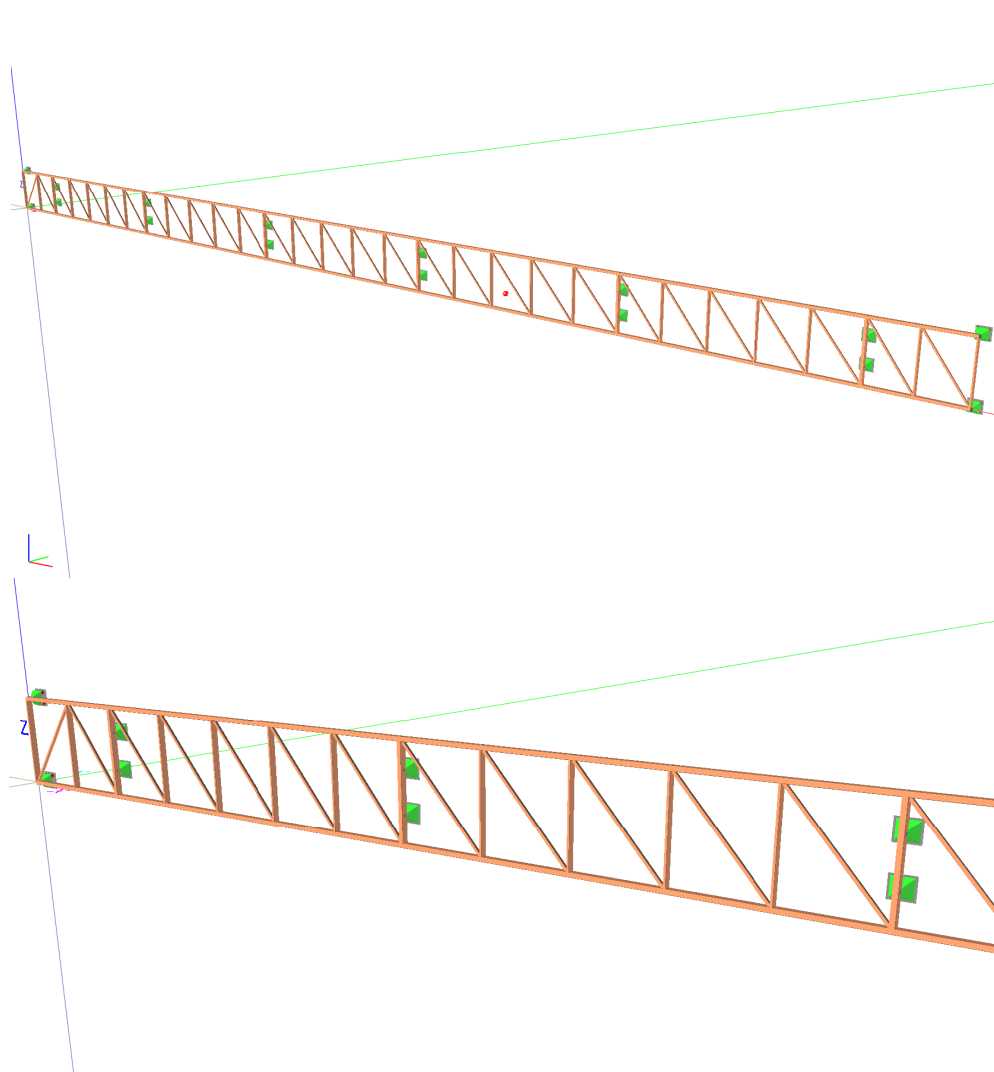
Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć  $f_x = 0,81 \text{ cm}$   $f_y = 0,24 \text{ cm}$   $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,84 \text{ cm}$

$$f = 0,84 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{2L}{250} = 1,17 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

### Attyka oparta na dźwigarach ażurowych

Jako schemata statyczny kratownicy przyjęto układ jak niżej:



#### Poz. Z2.1.1.5 Pas górny

Projektuje się stalowy pas górny wykonany z profilu prostokątnego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{array}{llll}
M_{x,\max} = 9,4 \text{ kNm} & M_x = 5,6 \text{ kNm} & M_x = 6,2 \text{ kNm} & M_x = 5,6 \text{ kNm} \\
M_y = 0,1 \text{ kNm} & M_{y,\max} = 0,1 \text{ kNm} & M_y = 0,1 \text{ kNm} & M_y = 0,1 \text{ kNm} \\
N_{\text{sci}} = 2,58 \text{ kN} & N_{\text{sci}} = 4,70 \text{ kN} & N_{\text{sci},\max} = 2,58 \text{ kN} & N_{\text{roz},\max} = 4,70 \text{ kN}
\end{array}$$

Jako pas górny przyjęto belkę stalową z profilu prostokątnego 120x80x5mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{array}{ll}
W_x = 58,86 \text{ cm}^3 & h = 12,00 \text{ cm} \\
W_y = 46,94 \text{ cm}^3 & b = 8,00 \text{ cm} \\
A = 18,36 \text{ cm}^2 & t_w = 0,50 \text{ cm} \\
i_x = 4,39 \text{ cm} & t_f = 0,50 \text{ cm} \\
i_y = 3,20 \text{ cm} & b_0 = b - t = 7,5 \text{ cm} \\
L = l_0 = 7,50 \text{ m} & \mu_x = \mu_y = 1 \\
l_1 = 1,50 \text{ m} & \beta = 1
\end{array}
\quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1$$

klasa przekroju

Środnik	$h / t_w = 24,00$	$< 65\varepsilon = 65,00$	Przekrój klasy 1
Półka	$b / t_f = 16,00$	$< 23\varepsilon = 23,00$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\Psi = 1$

$$M_{R_x} = \alpha_p W_x f_d = 12,65 \text{ kNm} \quad M_{R_y} = \alpha_p W_y f_d = 10,09 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 1,50 \text{ m} < 100 b_0 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 7,50 \text{ m}$$

przekrój konstrukcyjnie zabezpieczony jest przed zwichrzeniem  $\varphi_L = 1,00$

$$N_{R_c} = \Psi A f_d = 394,7 \text{ kN} \quad N_{R_t} = A f_d = 394,7 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\begin{array}{ll}
\lambda_x = \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 170,843 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 2,034 & \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_x = 0,227 \\
\lambda_y = \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 234,375 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 2,790 & \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_y = 0,126
\end{array}$$

Przypadek dla  $M_{x,\max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\begin{array}{ll}
\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{R_x}} \frac{N}{N_{R_c}} = 0,01 < 0,1 & \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{R_y}} \frac{N}{N_{R_c}} = 0,00 < 0,1 \\
\frac{N}{\varphi_x N_{R_c}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} + \frac{M_y}{M_{R_y}} + \Delta_x = 0,785 < 1 & \text{Warunek normowy spełniony}
\end{array}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{R_c}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} + \frac{M_y}{M_{R_y}} + \Delta_y = 0,803 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $M_{y,\max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\begin{array}{ll}
\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{R_x}} \frac{N}{N_{R_c}} = 0,01 < 0,1 & \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{R_y}} \frac{N}{N_{R_c}} = 0,00 < 0,1 \\
\frac{N}{\varphi_x N_{R_c}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} + \frac{M_y}{M_{R_y}} + \Delta_x = 0,514 < 1 & \text{Warunek normowy spełniony}
\end{array}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{R_c}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} + \frac{M_y}{M_{R_y}} + \Delta_y = 0,550 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $N_{\text{sci},\max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\begin{array}{ll}
\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{R_x}} \frac{N}{N_{R_c}} = 0,00 < 0,1 & \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{R_y}} \frac{N}{N_{R_c}} = 0,00 < 0,1 \\
\frac{N}{\varphi_x N_{R_c}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} + \frac{M_y}{M_{R_y}} + \Delta_x = 0,530 < 1 & \text{Warunek normowy spełniony}
\end{array}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{R_c}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} + \frac{M_y}{M_{R_y}} + \Delta_y = 0,550 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $N_{\text{roz},\max}$  - mimośrodowe rozciąganie

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} = 0,467 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie  $T_{x,max} = 4,75 \text{ kN}$   $K = 1,00$   
 $T_{y,max} = 0,40 \text{ kN}$

$$A_{Vx} = 2 (h - t_f) t_w = 11,500 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = 2 (b - t_w) t_f = 7,500 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{2h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,857 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 1,17 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b}{t_f} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,571 \Rightarrow \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 1,75 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $\varphi_{pv} = 1,00$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 143,41 \text{ kN}$$

$$V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 93,53 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 4,75 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 43,02 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 0,40 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 28,06 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć  $f_x = 2,94 \text{ cm}$   $f_y = 0,53 \text{ cm}$   $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 2,99 \text{ cm}$

$$f = 2,99 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 3,00 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

#### Poz. Z2.1.1.6 Pas dolny

Projektuje się stalowy pas dolny wykonany z profilu prostokątnego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{array}{llll} M_{x,max} = 9,4 \text{ kNm} & M_x = 5,6 \text{ kNm} & M_x = 0,0 \text{ kNm} & M_x = 9,4 \text{ kNm} \\ M_y = 0,1 \text{ kNm} & M_{y,max} = 0,1 \text{ kNm} & M_y = 0,0 \text{ kNm} & M_y = 0,1 \text{ kNm} \\ N_{sci} = 2,58 \text{ kN} & N_{sci} = 4,35 \text{ kN} & N_{sci, max} = 4,70 \text{ kN} & N_{roz, max} = 2,58 \text{ kN} \end{array}$$

Jako pas dolny przyjęto belkę stalową z profilu prostokątnego 120x80x5mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{array}{ll} W_x = 58,86 \text{ cm}^3 & h = 12,00 \text{ cm} \\ W_y = 46,94 \text{ cm}^3 & b = 8,00 \text{ cm} \\ A = 18,36 \text{ cm}^2 & t_w = 0,50 \text{ cm} \\ i_x = 4,39 \text{ cm} & t_f = 0,50 \text{ cm} \\ i_y = 3,20 \text{ cm} & b_0 = b - t = 7,5 \text{ cm} \\ L = l_0 = 7,50 \text{ m} & \mu_x = \mu_y = 1 \\ l_1 = 1,50 \text{ m} & \beta = 1 \end{array} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \quad f_d = 215 \text{ MPa}$$

klasa przekroju

Środnik  $h / t_w = 24,00 < 65\varepsilon = 65,00$  Przekrój klasy 1  
 Półka  $b / t_f = 16,00 < 23\varepsilon = 23,00$  Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 12,65 \text{ kNm} \quad M_{Ry} = \alpha_p W_y f_d = 10,09 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 1,50 \text{ m} < 100 b_0 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 7,50 \text{ m}$$

przekrój konstrukcyjnie zabezpieczony jest przed zwichrzeniem  $\varphi_L = 1,00$

$$\lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} =$$



$$N_{Rc} = \psi A f_d = 394,7 \text{ kN} \quad N_{Rt} = A f_d = 394,7 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x I_0}{i_x} = 170,843 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 2,034 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_x = 0,227$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y I_0}{i_y} = 234,375 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 2,790 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_y = 0,126$$

Przypadek dla  $M_{x,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rcx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,01 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Rcy}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_x = 0,785 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_y = 0,803 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $M_{y,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rcx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,01 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Rcy}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_x = 0,504 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_y = 0,537 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $N_{sci,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rcx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Rcy}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_x = 0,052 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_y = 0,095 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $N_{roz,max}$  - mimośrodowe rozciąganie

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} = 0,757 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie

$$T_{x,max} = 4,75 \text{ kN} \quad K = 1,00$$

$$T_{y,max} = 0,40 \text{ kN}$$

$$A_{Vx} = 2 (h - t_f) t_w = 11,500 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = 2 (b - t_w) t_f = 7,500 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{2h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,857 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 1,17 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b}{t_f} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,571 \Rightarrow \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 1,75 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $\varphi_{pv} = 1,00$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 143,41 \text{ kN} \quad V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 93,53 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 4,75 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 43,02 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 0,40 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 28,06 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć  $f_x = 2,94 \text{ cm} \quad f_y = 0,53 \text{ cm} \quad f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 2,99 \text{ cm}$

$$f = 2,99 \text{ cm} < f_{gr} = \frac{L}{250} = 3,00 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

#### Poz. Z2.1.1.7 Słupki podporowe

Projektuje się stalowe słupki wykonane z profilu prostokątnego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_x = 4,4 \text{ kNm} \quad M_y = 0,0 \text{ kNm} \quad N_{\text{sci.}} = 6,68 \text{ kN}$$

Jako słupki przyjęto belkę stalową z profilu prostokątnego 120x80x5mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 58,86 \text{ cm}^3 & h &= 12,00 \text{ cm} \\ W_y &= 46,94 \text{ cm}^3 & b &= 8,00 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \\ A &= 18,36 \text{ cm}^2 & t_w &= 0,50 \text{ cm} \\ i_x &= 4,39 \text{ cm} & t_f &= 0,50 \text{ cm} & f_d &= 215 \text{ MPa} \\ i_y &= 3,20 \text{ cm} & b_0 &= b - t = 7,5 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 1,80 \text{ m} & \mu_x = \mu_y &= 1 \\ l_1 &= 1,80 \text{ m} & \beta &= 1 \end{aligned}$$

klasa przekroju

Środnik	$h / t_w = 24,00$	$< 65\varepsilon = 65,00$	Przekrój klasy 1
Półka	$b / t_f = 16,00$	$< 23\varepsilon = 23,00$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 12,65 \text{ kNm} \quad M_{Ry} = \alpha_p W_y f_d = 10,09 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 1,80 \text{ m} < 100 b_0 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 7,50 \text{ m}$$

przekrój konstrukcyjnie zabezpieczony jest przed zwichrzeniem  $\varphi_L = 1,00$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 394,7 \text{ kN} \quad N_{Rt} = A f_d = 394,7 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 41,002 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 0,488 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_x = 0,942$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 56,250 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 0,670 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_y = 0,858$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,366 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,366 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie  $T_{x,\text{max}} = 10,11 \text{ kN} \quad K = 1,00$   
 $T_{y,\text{max}} = 0,07 \text{ kN}$

$$A_{Vx} = 2 (h - t_f) t_w = 11,500 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = 2 (b - t_w) t_f = 7,500 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{2h K}{t_w 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,857 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 1,17 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b K}{t_f 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,571 \Rightarrow \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 1,75 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $\varphi_{pv} = 1,00$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 143,41 \text{ kN} \quad V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 93,53 \text{ kN}$$

$$T_{x,\text{max}} = 10,11 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 43,02 \text{ kN}$$

$$T_{y,\text{max}} = 0,07 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 28,06 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

### Poz. Z2.1.1.8 Pozostałe słupki

Projektuje się stalowe słupki wykonane z profilu prostokątnego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_x = 0,8 \text{ kNm} \quad M_y = 0,0 \text{ kNm} \quad N_{\text{sci.}} = 4,98 \text{ kN}$$

Jako słupki przyjęto belkę stalową z profilu prostokątnego 120x40x4mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 31,15 \text{ cm}^3 & h &= 12,00 \text{ cm} \\ W_y &= 15,95 \text{ cm}^3 & b &= 4,00 \text{ cm} \\ A &= 11,75 \text{ cm}^2 & t_w &= 0,40 \text{ cm} \\ i_x &= 3,99 \text{ cm} & t_f &= 0,40 \text{ cm} \\ i_y &= 1,65 \text{ cm} & b_0 &= b - t = 3,6 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 1,80 \text{ m} & \mu_x = \mu_y &= 1 \\ l_1 &= 1,80 \text{ m} & \beta &= 1 \end{aligned} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \quad f_d = 215 \text{ MPa}$$

klasa przekroju

Środek	$h / t_w = 30,00$	$< 65\varepsilon = 65,00$	Przekrój klasy 1
Półka	$b / t_f = 10,00$	$< 23\varepsilon = 23,00$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 6,70 \text{ kNm} \quad M_{Ry} = \alpha_p W_y f_d = 3,43 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 1,80 \text{ m} < 100 b_0 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 3,60 \text{ m}$$

przekrój konstrukcyjnie zabezpieczony jest przed zwichrzeniem  $\varphi_L = 1,00$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 252,6 \text{ kN} \quad N_{Rt} = A f_d = 252,6 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\begin{aligned} \lambda_x &= \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 45,113 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 0,537 & \text{dla } n = 1,6 & \Rightarrow \varphi_x = 0,923 \\ \lambda_y &= \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 109,091 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 1,299 & \text{dla } n = 1,6 & \Rightarrow \varphi_y = 0,473 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta_x &= 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 & \Delta_y &= 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \\ \frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x &= 0,136 < 1 & \text{Warunek normowy spełniony} \end{aligned}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,155 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie  $T_{x,\text{max}} = 1,28 \text{ kN} \quad K = 1,00$   
 $T_{y,\text{max}} = 0,00 \text{ kN}$

$$A_{Vx} = 2 (h - t_f) t_w = 9,280 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = 2 (b - t_w) t_f = 2,880 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{2h K}{t_w 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 1,071 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 0,93 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b K}{t_f 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,357 \Rightarrow \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 2,80 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $\varphi_{pv} = 1,00$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 115,72 \text{ kN} \quad V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 35,91 \text{ kN}$$

$$\begin{aligned} T_{x,\text{max}} &= 1,28 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 34,72 \text{ kN} \\ T_{y,\text{max}} &= 0,00 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 10,77 \text{ kN} \end{aligned}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

### Poz. Z2.1.1.9 Krzyżulce

Projektuje się stalowe krzyżulce wykonane z profilu prostokątnego ze stali St3SX.

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak wyżej uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_x = 1,6 \text{ kNm} \quad M_y = 0,0 \text{ kNm} \quad N_{\text{ści.}} = 7,62 \text{ kN}$$

Jako krzyżulce przyjęto belkę stalową z profilu prostokątnego 50x50x4mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned} W_x &= 9,49 \text{ cm}^3 & h &= 5,00 \text{ cm} \\ W_y &= 9,49 \text{ cm}^3 & b &= 5,00 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \\ A &= 6,95 \text{ cm}^2 & t_w &= 0,40 \text{ cm} \\ i_x &= 1,85 \text{ cm} & t_f &= 0,40 \text{ cm} & f_d &= 215 \text{ MPa} \\ i_y &= 1,85 \text{ cm} & b_0 &= b - t = 4,6 \text{ cm} \\ L = l_0 &= 2,34 \text{ m} & \mu_x = \mu_y &= 1 \\ l_1 &= 2,34 \text{ m} & \beta &= 1 \end{aligned}$$

klasa przekroju

Środek	$h / t_w = 12,50$	$< 65\varepsilon = 65,00$	Przekrój klasy 1
Półka	$b / t_f = 12,50$	$< 23\varepsilon = 23,00$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\Psi = 1$

$$M_{R_x} = \alpha_p W_x f_d = 2,04 \text{ kNm} \quad M_{R_y} = \alpha_p W_y f_d = 2,04 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 2,34 \text{ m} < 100 b_0 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 4,60 \text{ m}$$

przekrój konstrukcyjnie zabezpieczony jest przed zwichrzeniem  $\varphi_L = 1,00$

$$N_{R_c} = \Psi A f_d = 149,4 \text{ kN} \quad N_{R_t} = A f_d = 149,4 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 126,486 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 1,506 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_x = 0,380$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 126,486 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 1,506 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_y = 0,380$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{R_x}} \frac{N}{N_{R_c}} = 0,04 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{R_y}} \frac{N}{N_{R_c}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{R_c}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} + \frac{M_y}{M_{R_y}} + \Delta_x = 0,997 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{R_c}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{R_x}} + \frac{M_y}{M_{R_y}} + \Delta_y = 0,954 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środka na ścinanie  $T_{x,\text{max}} = 1,28 \text{ kN}$   $K = 1,00$   
 $T_{y,\text{max}} = 0,00 \text{ kN}$

$$A_{V_x} = 2 (h - t_f) t_w = 3,680 \text{ cm}^2$$

$$A_{V_y} = 2 (b - t_w) t_f = 3,680 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{p_x} = \frac{2h K}{t_w 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,446 \Rightarrow \varphi_{p_v,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{p_x}} = 2,24 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{p_y} = \frac{2b K}{t_f 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,446 \Rightarrow \varphi_{p_v,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{p_y}} = 2,24 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $\varphi_{p_v} = 1,00$

$$V_{R_x} = 0,58 \varphi_{p_v,x} A_{V_x} f_d = 45,89 \text{ kN}$$

$$V_{R_y} = 0,58 \varphi_{p_v,y} A_{V_y} f_d = 45,89 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 1,28 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 13,77 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 0,00 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 13,77 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

#### Poz. Z2.1.2 Płatwie w skrajnych polach obciążone atyką

Na przedmiotowe płatwie poza obciążeniem powierzchniowym działającym na połac dachu będzie również działać obciążenie skupione w postaci sił pionowych, poziomych oraz momentów zginających na końcach płatwi od opartej na nich atyki.

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	3,210	1,14	3,640
Maksymalna reakcja pozioma (od parcia lub ssania wiatru)	2,950	1,50	4,410
Maksymalny moment zginający (od parcia lub ssania wiatru)	1,380	1,50	2,070

Poza powyższymi obciążeniami na płatwie będą działać następujące obciążenia powierzchniowe na paśmie o szerokości maksymalnie  $a = 1,50 \text{ m}$

	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Obciążenia stałe Poz. 1.1.1 x a	0,255	1,20	0,306
Obciążenie wiatrem Poz. 1.1.2 x a	0,957	1,50	1,436
Obciążenie śniegiem Poz. 1.1.3 x a	2,573	1,50	3,860
Obciążenie oblodzeniem Poz. 1.1.4	0,086	1,51	0,129
$q_k =$	3,871	1,49	5,730

Jako schemat statyczny przyjęto belkę wolnopodpartą ze wspornikiem jak niżej:

#### Poz. Z2.1.3 Konstrukcja pod świetliki

Pod świetlikiem z płyty poliwęglanowej projektuje się stalową konstrukcję nośną na którą będą działać następujące obciążenia:

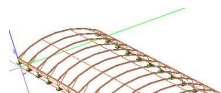
##### Obciążenia pionowe

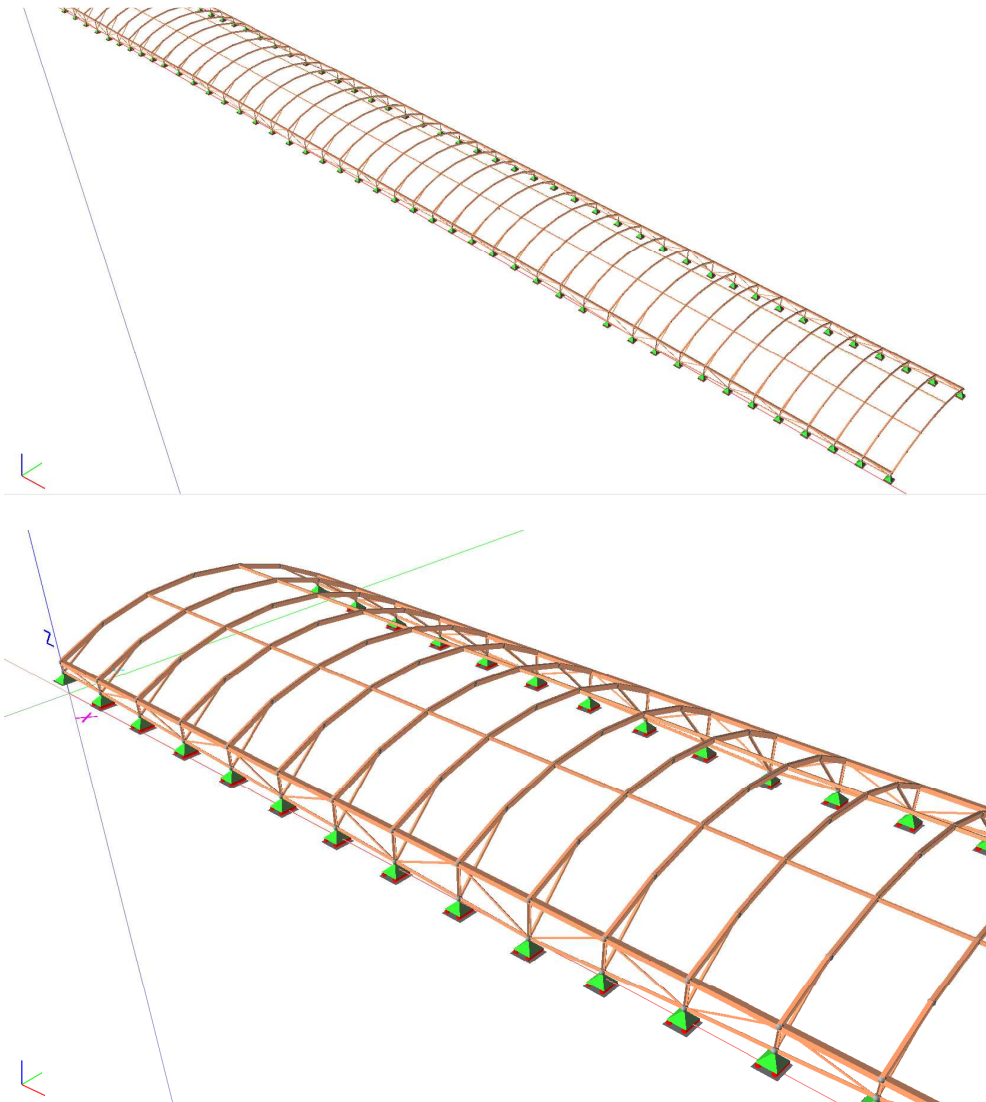
	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
Obciążenia stałe Poz. 1.1.1	0,030	1,20	0,036
Obciążenie wiatrem Poz. 1.1.2	0,638	1,50	0,957
Obciążenie śniegiem Poz. 1.1.3	1,280	1,50	1,920
$q_k =$	1,948	1,50	2,913

##### Obciążenia poziome - działające na podstawę świetlika

	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
Obciążenie wiatrem Poz. 1.1.2 - ściana nawietrzna	-0,270	1,50	-0,405
Obciążenie wiatrem Poz. 1.1.2 - ściana zawietrzna	-0,216	1,50	-0,324

Jako schemat statyczny przyjęto poniższy układ prętowy:





### Poz. Z2.1.3.1 Pas górny

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.1.3 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{array}{llll}
 M_{x,\max} = 0,68 \text{ kNm} & M_x = 0,42 \text{ kNm} & M_x = 0,57 \text{ kNm} & T_{x,\max} = 2,24 \text{ kN} \\
 M_y = 0,44 \text{ kNm} & M_{y,\max} = 0,57 \text{ kNm} & M_y = 0,42 \text{ kNm} & T_{y,\max} = 1,92 \text{ kN} \\
 N_{\text{ści.}} = 0,16 \text{ kN} & N_{\text{ści.}} = 0,14 \text{ kN} & N_{\text{ści.}, \max} = 0,23 \text{ kN} & 
 \end{array}$$

Jako pas górny przyjęto belkę stalową z kątownika 90x90x10mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{array}{ll}
 I_x = I_\xi = 201,00 \text{ cm}^3 & h = 9,00 \text{ cm} \\
 I_y = I_\eta = 52,80 \text{ cm}^3 & b = 9,00 \text{ cm} \\
 A = 17,10 \text{ cm}^2 & t = 1,00 \text{ cm} \\
 i_x = 3,43 \text{ cm} & R = 1,10 \text{ cm} \\
 i_y = 1,75 \text{ cm} & w = 6,36 \text{ cm} \\
 L = l_0 = 1,50 \text{ m} & v = 3,65 \text{ cm} \\
 l_1 = 1,50 \text{ m} & \mu_x = \mu_y = 1 \\
 & \beta = 1
 \end{array}
 \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \quad f_d = 215 \text{ MPa}$$

klasa przekroju

Środnik	$h / t = 9,00$	$< 9\varepsilon = 9,00$	Przekrój klasy 1
Półka	$b / t = 9,00$	$< 9\varepsilon = 9,00$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1

$$\alpha_p = 1$$

$$\psi = 1$$

$$W_x = \frac{I_x}{w}$$

$$W_y = \frac{I_y}{v}$$

$$W_x = \frac{I_x}{w} = 31,60 \text{ cm}^3$$

$$W_y = \frac{I_y}{v} = 14,47 \text{ cm}^3$$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 6,79 \text{ kNm}$$

$$M_{Ry} = \alpha_p W_y f_d = 3,11 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 1,50 \text{ m} > \frac{35i_y}{\beta} \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 0,61 \text{ m}$$

przekrój nie zabezpieczony przed zwichrzeniem dalej przyjęto

$$\varphi_L = 0,50$$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 367,7 \text{ kN}$$

$$N_{Rt} = A f_d = 367,7 \text{ kN}$$

$$\lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x I_0}{i_x} = 43,732 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 0,521$$

$$\text{dla } n = 1,2 \Rightarrow \varphi_x = 0,854$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y I_0}{i_y} = 85,714 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 1,020$$

$$\text{dla } n = 1,2 \Rightarrow \varphi_y = 0,550$$

Przypadek dla  $M_{x,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^{-2} \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^{-2} \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,342 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,342 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $M_{y,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^{-2} \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^{-2} \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,307 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,308 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $N_{ści,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^{-2} \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^{-2} \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,304 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,304 < 1 \text{ Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie

$$K = 1,00$$

$$A_{Vx} = h t = 9,000 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = b t = 9,000 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{2h K}{t_w} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,321$$

$$\Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 3,11 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b K}{t_f} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,292$$

$$\Rightarrow \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 3,42 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto

$$\varphi_{pv,x} = \varphi_{pv,y} = 1,00$$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 112,23 \text{ kN}$$

$$V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 112,23 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 2,24 \text{ kN}$$

$$< 0,3 V_{Rx} = 33,67 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 1,92 \text{ kN}$$

$$< 0,3 V_{Ry} = 33,67 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f_x = 0,25 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,27 \text{ cm}$$

$$f_y = 0,10 \text{ cm}$$

$$f = 0,27 \text{ cm} = f_{gr} = \frac{L}{250} = 0,60 \text{ cm} \text{ warunek normowy spełniony}$$

### Poz. Z2.1.3.2 Słupki i krzyżulce

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.1.3 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$N_{sci.} = 2,31 \text{ kN}$$

Jako słupki przyjęto belkę stalową z kątownika 40x40x4mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{array}{ll} A = 3,08 \text{ cm}^2 & h = 4,00 \text{ cm} \\ i_x = 1,52 \text{ cm} & b = 4,00 \text{ cm} \\ i_y = 0,78 \text{ cm} & t = 0,40 \text{ cm} \\ L = l_0 = 1,61 \text{ m} & R = 0,60 \text{ cm} \end{array} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \quad f_d = 215 \text{ MPa}$$

$$\mu_x = \mu_y = 1$$

klasa przekroju

Środek	$h / t = 10,00$	$< 10\varepsilon = 10,00$	Przekrój klasy 2
Półka	$b / t = 10,00$	$< 10\varepsilon = 10,00$	Przekrój klasy 2

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 2  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 66,2 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 105,921 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 1,261 \quad \text{dla } n = 1,2 \Rightarrow \varphi_x = 0,431$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 206,410 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 2,457 \quad \text{dla } n = 1,2 \Rightarrow \varphi_y = 0,151$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} = 0,081 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} = 0,231 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

### Poz. Z2.1.3.3 Pas dolny

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.1.3 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$N_{sci.} = 2,31 \text{ kN}$$

Jako pas dolny przyjęto belkę stalową z kątownika 70x50x7mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{array}{ll} A = 7,96 \text{ cm}^2 & h = 7,00 \text{ cm} \\ i_x = 1,42 \text{ cm} & b = 5,00 \text{ cm} \\ i_y = 1,07 \text{ cm} & t = 0,70 \text{ cm} \\ L = l_0 = 1,50 \text{ m} & R = 0,70 \text{ cm} \end{array} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \quad f_d = 215 \text{ MPa}$$

$$\mu_x = \mu_y = 1$$

klasa przekroju

Środek	$h / t = 10,00$	$< 10\varepsilon = 10,00$	Przekrój klasy 2
Półka	$b / t = 7,14$	$< 9\varepsilon = 9,00$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 2  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 171,1 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 105,634 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 1,258 \quad \text{dla } n = 1,2 \Rightarrow \varphi_x = 0,433$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 140,187 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 1,669 \quad \text{dla } n = 1,2 \Rightarrow \varphi_y = 0,290$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} = 0,031 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} = 0,047 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

### Poz. Z2.1.3.4 Płatew świetlika

Projektuje się stalową płatew wykonaną z profilu prostokątnego ze stali St3SX jako belkę ciągłą.



Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.1.3 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$\begin{array}{lll} M_{x,max} = 1,45 \text{ kNm} & M_x = 0,00 \text{ kNm} & M_x = 1,41 \text{ kNm} \\ M_y = 0,20 \text{ kNm} & M_{y,max} = 0,26 \text{ kNm} & M_y = 0,22 \text{ kNm} \\ N_{sci} = 0,04 \text{ kN} & N_{sci} = 0,14 \text{ kN} & N_{sci,max} = 0,17 \text{ kN} \end{array}$$

Jako pławie przyjęto belkę stalową z profilu prostokątnego 60x40x4mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{array}{ll} W_x = 10,33 \text{ cm}^3 & h = 6,00 \text{ cm} \\ W_y = 8,14 \text{ cm}^3 & b = 4,00 \text{ cm} \\ A = 6,95 \text{ cm}^2 & t_w = 0,40 \text{ cm} \\ i_x = 2,11 \text{ cm} & t_f = 0,40 \text{ cm} \\ i_y = 1,53 \text{ cm} & b_0 = b - t = 3,6 \text{ cm} \\ L = l_0 = 1,50 \text{ m} & \mu_x = \mu_y = 1 \\ l_1 = 1,50 \text{ m} & \beta = 1 \end{array} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \quad f_d = 215 \text{ MPa}$$

klasa przekroju

$$\begin{array}{ll} \text{Środnik} & h / t_w = 15,00 < 65\varepsilon = 65,00 & \text{Przekrój klasy 1} \\ \text{Półka} & b / t_f = 10,00 < 23\varepsilon = 23,00 & \text{Przekrój klasy 1} \end{array}$$

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 2,22 \text{ kNm} \quad M_{Ry} = \alpha_p W_y f_d = 1,75 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 1,50 \text{ m} < 100 b_0 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 3,60 \text{ m}$$

przekrój konstrukcyjnie zabezpieczony jest przed zwichrzeniem  $\varphi_L = 1,00$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 149,4 \text{ kN} \quad N_{Rt} = A f_d = 149,4 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 71,090 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 0,846 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_x = 0,749$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 98,039 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 1,167 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_y = 0,545$$

Przypadek dla  $M_{x,max}$  - mimiśrodowe ściskanie

$$\begin{array}{l} \Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^{-2} \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^{-2} \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \\ \frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,768 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony} \end{array}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,768 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $M_{y,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\begin{array}{l} \Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^{-2} \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^{-2} \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \\ \frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,150 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony} \end{array}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,150 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $N_{sci,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\begin{array}{l} \Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^{-2} \frac{M_x}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25 \varphi_y \bar{\lambda}_y^{-2} \frac{M_y}{M_{Ry}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \\ \frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_x = 0,763 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony} \end{array}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} + \frac{M_y}{M_{Ry}} + \Delta_y = 0,763 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środka na ścinanie  $K = 1,00$   $T_{x,max} = 5,57 \text{ kN}$   
 $T_{y,max} = 0,94 \text{ kN}$

$$A_{Vx} = 2 (h - t_f) t_w = 4,480 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = 2 (b - t_w) t_f = 2,880 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{2h K}{t_w 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,536 \Rightarrow \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 1,87 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b K}{t_f 56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,357 \Rightarrow \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 2,80 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $\varphi_{pv,x} = \varphi_{pv,y} = 1,00$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 55,87 \text{ KN} \quad V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 35,91 \text{ KN}$$

$$T_{x,max} = 5,57 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 16,76 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 0,94 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 10,77 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć  $f_x = 0,48 \text{ cm}$   $f_y = 0,10 \text{ cm}$   $f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,49 \text{ cm}$

$$f = 0,49 \text{ cm} = f_{gr} = \frac{L}{250} = 0,60 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

### Poz. Z2.1.3.5 Łuki świetlika

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.1.3 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M_{x,max} = 4,67 \text{ kNm} \quad M_x = 0,65 \text{ kNm} \quad M_x = 3,49 \text{ kNm} \quad M_x = 4,41 \text{ kNm}$$

$$M_y = 0,02 \text{ kNm} \quad M_{y,max} = 0,09 \text{ kNm} \quad M_y = 0,01 \text{ kNm} \quad M_y = 0,01 \text{ kNm}$$

$$N_{\dot{s}ci} = 15,78 \text{ kN} \quad N_{\dot{s}ci} = 6,20 \text{ kN} \quad N_{\dot{s}ci, max} = 20,61 \text{ kN} \quad N_{roz, max} = 2,40 \text{ kN}$$

Jako łuki przyjęto belkę stalową z profilu prostokątnego 100x60x5mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$W_x = 36,15 \text{ cm}^3 \quad h = 10,00 \text{ cm}$$

$$W_y = 26,94 \text{ cm}^3 \quad b = 6,00 \text{ cm} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1$$

$$A = 14,36 \text{ cm}^2 \quad t_w = 0,50 \text{ cm}$$

$$i_x = 3,55 \text{ cm} \quad t_f = 0,50 \text{ cm} \quad f_d = 215 \text{ MPa}$$

$$i_y = 2,37 \text{ cm} \quad b_0 = b - t = 5,5 \text{ cm}$$

$$L = l_0 = 4,30 \text{ m} \quad \mu_x = \mu_y = 1$$

$$l_1 = 2,20 \text{ m} \quad \beta = 1$$

klasa przekroju

Środek  $h / t_w = 20,00 < 65\varepsilon = 65,00$  Przekrój klasy 1  
Półka  $b / t_f = 12,00 < 23\varepsilon = 23,00$  Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$M_{Rx} = \alpha_p W_x f_d = 7,77 \text{ kNm} \quad M_{Ry} = \alpha_p W_y f_d = 5,79 \text{ kNm}$$

$$l_1 = 4,30 \text{ m} < 100 b_0 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 5,50 \text{ m}$$

przekrój konstrukcyjnie zabezpieczony jest przed zwichrzeniem  $\varphi_L = 1,00$

$$N_{Rc} = \psi A f_d = 308,7 \text{ kN} \quad N_{Rt} = A f_d = 308,7 \text{ kN} \quad \lambda_p = 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa}$$

$$\lambda_x = \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 121,127 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 1,442 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_x = 0,406$$

$$\lambda_y = \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 181,435 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 2,160 \quad \text{dla } n = 1,6 \Rightarrow \varphi_y = 0,204$$

Przypadek dla  $M_{x,max}$  - mimiśrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25\varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rcx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,03 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25\varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Rcy}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_x = 0,763 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_y = 0,855 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $M_{y,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25\varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rcx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25\varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Rcy}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_x = 0,150 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_y = 0,198 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $N_{sci,max}$  - mimośrodowe ściskanie

$$\Delta_x = 1,25\varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{M_x}{M_{Rcx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,03 < 0,1 \quad \Delta_y = 1,25\varphi_y \bar{\lambda}_y^2 \frac{M_y}{M_{Rcy}} \frac{N}{N_{Rc}} = 0,00 < 0,1$$

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_x = 0,647 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} + \Delta_y = 0,779 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Przypadek dla  $N_{roz,max}$  - mimośrodowe rozciąganie

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rcx}} + \frac{M_y}{M_{Rcy}} = 0,577 < 1 \quad \text{Warunek normowy spełniony}$$

Nośność środnika na ścinanie

$$T_{x,max} = 6,64 \text{ kN} \quad K = 1,00$$

$$T_{y,max} = 0,09 \text{ kN}$$

$$A_{Vx} = 2 (h - t_f) t_w = 9,500 \text{ cm}^2$$

$$A_{Vy} = 2 (b - t_w) t_f = 5,500 \text{ cm}^2$$

$$\bar{\lambda}_{px} = \frac{2h}{t_w} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,714 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{pv,x} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{px}} = 1,40 > 1$$

$$\bar{\lambda}_{py} = \frac{2b}{t_f} \frac{K}{56} \sqrt{\frac{f_d}{215}} = 0,429 \quad \Rightarrow \quad \varphi_{pv,y} = \frac{1}{\bar{\lambda}_{py}} = 2,33 > 1$$

Do dalszych obliczeń przyjęto  $\varphi_{pv,x} = \varphi_{pv,y} = 1,00$

$$V_{Rx} = 0,58 \varphi_{pv,x} A_{Vx} f_d = 118,47 \text{ kN}$$

$$V_{Ry} = 0,58 \varphi_{pv,y} A_{Vy} f_d = 68,59 \text{ kN}$$

$$T_{x,max} = 6,64 \text{ kN} < 0,3 V_{Rx} = 35,54 \text{ kN}$$

$$T_{y,max} = 0,09 \text{ kN} < 0,3 V_{Ry} = 20,58 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony nie ma konieczności uwzględniania redukcji nośności belki na zginanie z uwagi na występowanie siły poprzecznej równocześnie z momentem zginającym.

Sprawdzenie ugięć

$$f_x = 0,47 \text{ cm}$$

$$f_y = 0,23 \text{ cm}$$

$$f = \sqrt{f_x^2 + f_y^2} = 0,52 \text{ cm}$$

$$f = 0,52 \text{ cm} = f_{gr} = \frac{L}{250} = 1,72 \text{ cm} \quad \text{warunek normowy spełniony}$$

### Poz. Z2.1.3.6 Miecze łuków

Dla obciążeń oraz schematu statycznego jak w Poz. 2.1.3 uzyskano następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$N_{sci} = 23,52 \text{ kN}$$

Jako miecze przyjęto belkę stalową z profilu kwadratowego 40x40x4mm ze stali St3SX o następujących parametrach przekroju:

$$\begin{aligned}
 A &= 5,35 \text{ cm}^2 & h &= 4,00 \text{ cm} \\
 i_x &= 1,44 \text{ cm} & b &= 4,00 \text{ cm} & \varepsilon &= \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 1 \\
 i_y &= 1,44 \text{ cm} & t &= 0,40 \text{ cm} \\
 L = l_0 &= 1,57 \text{ m} & f_d &= 215 \text{ MPa} \\
 & & \mu_x = \mu_y &= 1
 \end{aligned}$$

klasa przekroju

Środek	$h / t = 10,00$	$< 65\varepsilon = 65,00$	Przekrój klasy 1
Półka	$b / t = 10,00$	$< 23\varepsilon = 23,00$	Przekrój klasy 1

Ostatecznie ustalono że przekrój jest klasy 1  $\alpha_p = 1$   $\psi = 1$

$$\begin{aligned}
 N_{Rc} &= \psi A f_d = 115,0 \text{ kN} & \lambda_p &= 84 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 84 \text{ MPa} \\
 \lambda_x &= \frac{\mu_x l_0}{i_x} = 109,028 \Rightarrow \bar{\lambda}_x = \frac{\lambda_x}{\lambda_p} = 1,298 & \text{dla } n &= 1,2 \Rightarrow \varphi_x = 0,415 \\
 \lambda_y &= \frac{\mu_y l_0}{i_y} = 109,028 \Rightarrow \bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_p} = 1,298 & \text{dla } n &= 1,2 \Rightarrow \varphi_y = 0,415 \\
 \frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} &= 0,492 < 1 & \text{Warunek normowy spełniony} \\
 \frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} &= 0,492 < 1 & \text{Warunek normowy spełniony}
 \end{aligned}$$

### Poz. Z3.0 Konstrukcja nośna wiaty

Przedmiotową wiatę projektuje się jako konstrukcję stalową wykonaną ze stali St3SX i 18G2 w postaci ażurowych dźwigarów dachowych opartych na stalowych słupach nośnych. Na dźwigarach należy ułożyć płatwie z belek zimnogiętych i ceowych. W celu usztywnienia ustroju projektuje się stężenia połączeniowe dachu. Przyjęto rozstaw ram co 7,5m.

Na przedmiotową konstrukcję będzie działać następujące obciążenie powierzchniowe:

	kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	kN/m <sup>2</sup>
Obciążenia stałe Poz. 1.1.1	0,170	1,20	0,204
Obciążenie wiatrem Poz. 1.1.2	0,638	1,50	0,957
Obciążenie śniegiem Poz. 1.1.3	1,715	1,50	2,573

Ponadto na przedmiotową konstrukcję będzie działać obciążenie liniowe od oblodzenia i obciążenie skupione od konstrukcji attyk oraz obciążenia wyjątkowe od uderzenia w konstrukcję wiaty samochodu ciężarowego:

	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Obciążenie oblodzeniem Poz. 1.1.4	0,210	1,51	0,315

*Dźwigary skrajne 2szt.*

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	9,150	1,23	11,200
Maksymalna reakcja pozioma (od parcia lub ssania wiatru)	11,510	1,51	17,270

*Dźwigary przedskrajne 2szt.*

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	11,160	1,23	13,700
Maksymalna reakcja pozioma (od parcia lub ssania wiatru)	14,040	1,50	21,060

*Dźwigary środkowe 2szt.*

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	11,530	1,23	14,150

Maksymalna reakcja pozioma (od parcia lub ssania wiatru)	14,590	1,51	21,890
	kN	γ <sub>f</sub>	kN
Uderzenie samochodem ciężarowym lub autobusem	100,000	1,00	100,000

Jako schemat statyczny przyjęto następującą ramę:

**Poz. Z3.1 Dźwigar najbardziej obciążony**

**Poz. Z3.2 Słup najbardziej obciążony**

**Poz. Z4.0 Zestawienie obciążeń na fundamenty**

Do zestawienia obciążeń na fundamenty nie wzięto pod uwagę obciążeń wyjątkowych.

**Poz. Z4.1 Stopy w osi 1-1**

	kN	γ <sub>f</sub>	kN
Maksymalna reakcja pionowa	217,890	1,40	304,070
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	7,640	1,49	11,380
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	3,010	1,50	4,500
	kN/m	γ <sub>f</sub>	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	36,100	1,50	53,910
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	22,510	1,50	33,710

**Poz. Z4.2 Stopy w osi 2-2**

	kN	γ <sub>f</sub>	kN
Maksymalna reakcja pionowa	196,980	1,42	278,370
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	8,600	1,49	12,810
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	3,600	1,50	5,390
	kN/m	γ <sub>f</sub>	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	39,510	1,50	59,010
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	25,500	1,50	38,190

**Poz. Z4.3 Stopy w osi 3-3**

	kN	γ <sub>f</sub>	kN
Maksymalna reakcja pionowa	152,730	1,41	214,210
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	7,300	1,49	10,870
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	2,870	1,50	4,290
	kN/m	γ <sub>f</sub>	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	34,740	1,50	51,860
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	21,740	1,50	32,550

**Poz. Z4.4 Stopy w osi 4-4**

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	195,380	1,42	275,670
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	3,120	1,50	4,680
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	3,210	1,50	4,800
	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	22,660	1,50	33,970
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	23,500	1,50	35,190

#### Poz. Z4.5 Stopy w osi 5-5

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	143,450	1,41	201,220
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	8,680	1,50	12,940
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	3,600	1,50	5,390
	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	39,310	1,50	58,720
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	25,460	1,50	38,130

#### Poz. Z4.6 Stopy w osi 6-6

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	235,290	1,42	332,840
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	8,160	1,49	12,150
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	3,190	1,50	4,780
	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	37,930	1,50	56,640
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	23,430	1,50	35,100

#### Poz. Z4.7 Stopy w osi 7-7

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	207,100	1,42	292,430
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	8,040	1,50	11,980
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	2,870	1,50	4,290
	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	38,310	1,50	57,230
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	21,730	1,50	32,540

#### Poz. Z4.8 Stopy w osi 8-8

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	258,790	1,42	367,200
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	10,000	1,50	14,920
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	3,600	1,50	5,400
	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	46,130	1,50	68,960
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	25,510	1,50	38,210

#### Poz. Z4.9 Stopy w osi 9-9

	kN	$\gamma_f$	kN
Maksymalna reakcja pionowa	231,910	1,40	324,240
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku X	8,810	1,50	13,140
Maksymalna reakcja pozioma - w kierunku Y	3,000	1,50	4,500
	kN/m	$\gamma_f$	kN/m
Maksymalny moment zginający - względem osi X	42,320	1,50	63,240
Maksymalny moment zginający - względem osi Y	22,470	1,50	33,650

#### Poz. Z5.0 Fundamenty

Zaprojektowano posadowienie bezpośrednie budowli za pośrednictwem stóp fundamentowych z krótkimi słupkami o przekroju 60x60cm.

Projektuje się monolityczne słupki żelbetowe wykonane z betonu B-25 zbrojone prętami

głównymi ze stali A-III 34GS i strzemionami ze stali A-0 StOS.

Zgodnie z Poz. 4.0 w przedmiotowych słupkach występują następujące maksymalne i towarzyszące im siły przekrojowe:

$$M = 69,0 \text{ kNm} \quad N = 367,2 \text{ kN} \quad T = 14,9 \text{ kN}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25	$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$	wysokość słupa $l_{col} = 1,00 \text{ m}$
	$E_{cm} = 30 \text{ GPa}$	wysokość przekroju $h = 0,60 \text{ m}$
	$\phi(\alpha, t_0) = 3,00$	szerokość przekroju $b = 0,60 \text{ m}$
Stal A-III 34GS	$f_{yd} = 350 \text{ MPa}$	średnica pręta zbrojeniowego $\phi = 16 \text{ mm}$
	$E_s = 200 \text{ GPa}$	średnica pręta strzemion $\phi = 6 \text{ mm}$
Klasa ekspozycji XC1		otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 30 \text{ mm}$
	$c_{min} = 20 \text{ mm}$	$a_1$ i $a_2 = 44 \text{ mm}$
	$\Delta c = 10 \text{ mm}$	użyteczna wysokość przekroju $d = 0,556 \text{ m}$

Przypadek mimośrodowego ściskania

Dla powyższego schematu przyjęto współczynnik wyoboczeniowy  $\beta = 2$

$$l_0 = \beta l_{col} = 2,00 \text{ m} \Rightarrow \lambda = l_0 / h = 3,33 < 7 \Rightarrow \eta = 1,000$$

$$e_e = M / N = 0,188 \text{ m} \quad e_0 = e_e + e_a = 0,208 \text{ m} \quad e_{tot} = (e_e + e_a) \eta = 0,208 \text{ m}$$

$$e_a = h / 30 = 0,020 \text{ m} \quad A_c = bh = 0,3600 \text{ m}^2$$

Sumaryczny stopień zbrojenia - wstępnie przyjęto następujące zbrojenie słupa:

przyjęto	3	$\phi 16$	o	$A_{s1,prov} = 6,032 \text{ cm}^2$
przyjęto	3	$\phi 16$	o	$A_{s2,prov} = 6,032 \text{ cm}^2$

$$A_{s,min} = \max(0,15 N_{Sd} / f_{yd}; 0,003 A_c) = (1,574; #####) 10,800 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,prov} = A_{s1,prov} + A_{s2,prov} = 12,064 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 10,800 \text{ cm}^2$$

Wymiarowanie zbrojenia - wstępnie założono przypadek dużego mimośrodu

$$\xi_{eff} = \xi_{eff,lim} = 0,53 \quad e_{s1} = e_{tot} + 0,5h - a_1 = 0,464 \text{ m}$$

$$e_{s2} = e_{tot} - 0,5h + a_2 = -0,048 \text{ m}$$

$$A_{s2} = \frac{N_{Sd} e_{s1} - \xi_{eff} (1 - 0,5 \xi_{eff}) d^2 b f_{cd}}{(d - a_2) f_{yd}} = -44,123 \text{ cm}^2 < 0,5 A_{s,min} = 5,400 \text{ cm}^2$$

$$\text{dalej przyjęto } 3 \phi 16 \text{ o } A_{s2,prov} = 6,03 \text{ cm}^2 > 0,5 A_{s,min}$$

$$\mu_{eff} = \frac{N_{Sd} e_{s1} - A_{s2,prov} (d - a_2) f_{yd}}{b d^2 f_{cd}} = 0,025 \Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,026$$

$$\xi_{eff} = 0,026 < 2a_2 / d = 0,158 \Rightarrow A_{s1} = \frac{N_{Sd} e_{s2}}{f_{yd} (d - a_2)} = -0,988 \text{ cm}^2$$

$$\text{dalej przyjęto } 3 \phi 16 \text{ o } A_{s1,prov} = 6,03 \text{ cm}^2 > 0,5 A_{s,min}$$

$$A_{s,prov} = A_{s1,prov} + A_{s2,prov} = 12,064 \text{ cm}^2 > A_{s,min} = 10,800 \text{ cm}^2$$

Sumaryczny stopień zbrojenia  $\rho = A_{s,prov} / bh = 0,34 \%$

Sprawdzenie warunku normowego

$$\xi_{eff} = 0,026 \Rightarrow x_{eff} = \xi_{eff} d = 0,014 \text{ m} < 2a_2 = 0,088 \text{ m}$$

$$M_{Sd} = N_{Sd} e_{s1} = 170,3 \text{ kNm} = M_{Rd1} = f_{cd} x_{eff} b (d - 0,5 x_{eff}) + f_{yd} A_{s2} (d - a_2) = 170,3 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = N_{Sd} e_{s2} = 17,7 \text{ kNm} < M_{Rd2} = f_{yd} A_{s1} (d - a_2) = 108,1 \text{ kNm}$$

warunki normowe spełnione

Ostatecznie przyjęto zbrojenie słupków w postaci 8 prętów  $\phi 16$  po 3szt na przeciwległych ściankach słupków, ze stali A-III 34GS oraz strzemion czterociętych  $\phi 6$  ze stali A-0 StOS w rozstawie co 9 i 18cm.

Zaprojektowano posadowienie bezpośrednie budowli na monolitycznych, żelbetowych stopach fundamentowych.

Obliczenia wykonano w oparciu o parametry gruntowe zawarte w dokumentacji geotechnicznej podłoża, dokonanych w kwietniu 2004r. oraz w czerwcu 2008r. przez uprawnionego geologa mgr. Marka Winskiewicza. Na podstawie w/w dokumentacji geotechnicznej stwierdzono, że budowa geologiczna badanego obszaru jest stosunkowo zróżnicowana. W podłożu pod nasypami i glebą o bardzo zróżnicowanej miąższości występują spoisłe i sypkie utwory deluwialne i jeziorne, utwory organiczne, gliny lodowcowe oraz piaski. Jako bezpośrednie podłoże dla projektowanej wiaty można wykorzystać: gliny, piaski oraz gliny i piaski morenowe.

**Zaprojektowano wymianę gruntów, spod fundamentów należy w całości usunąć: nasypy niebudowlane, glebę oraz grunty organiczne, a także podziemne uzbrojenie, tak aby w dnie wykopu znalazły się rodzime grunty nośne. Usunięty grunt pod fundamentami należy zastąpić podsypką piaskową. Z uwagi na to, że w dnie wykopu zalegają grunty spoisłe, pierwszą warstwę podsypki piaskowej gr. 0,30m należy stabilizować cementem, pozostałą część należy zagęszczać warstwami do  $I_D = 0,50$  (konieczny odbiór podsypki przez uprawnionego geologa).**

**W trakcie prac ziemnych i fundamentowych należy bardzo ostrożnie obchodzić się z gruntami w dnie wykopu. Duża ich część może ulegać wtórnemu uplastycznieniu pod wpływem wstrząsów.**

W przypadku uplastycznienia gruntu - wybrać na całą głębokość jego zalegania i zastąpić go podsypką piaskową jak wyżej. Należy równie ostrożnie postępować z napotkanymi w wykopie nawodnionymi piaskami - wybieranie ich bez uprzedniego odwodnienia może doprowadzić do ich rozluźnienia.

Warunki wodne są korzystne dla eksploatacji obiektu, natomiast niekorzystne dla wykonawstwa - woda gruntowa występuje stosunkowo głęboko ale będzie utrudniała prace ziemne podczas projektowanej wymiany gruntu, dlatego należy być przygotowanym na intensywne odwadnianie wykopu. Warunki gruntowo - wodne należy traktować, jako złożone.

W czasie prac ziemnych i fundamentowych należy zapewnić bezpieczeństwo fundamentom pobliskiej hali. Nie wolno dopuścić do osuwania się gruntu spod tych fundamentów.

Grunty w poziomie posadowienia należy chronić przed przemarzaniem. Nie wolno pozostawić odkrytych fundamentów w okresie temperatur niższych niż  $0^{\circ}\text{C}$ . Grunty w dnie wykopu podlegają sprawdzeniu przez uprawnionego geologa. Pod wszystkimi fundamentami projektuje się podkład z chudego betonu klasy B-10 o grubości min. 10cm.

Głębokość przemarzania wg PN-81/B-03020 wynosi 1,20m. Przekrycie fundamentów min. 1,20m. Zaprojektowane fundamenty należy wykonać jako monolityczne, żelbetowe z betonu klasy B-25 zbrojone prętami głównymi ze stali A-III 34GS oraz strzemionami ze stali A-0 StOS.

Uwaga:

- dokonać sprawdzenia dna wykopu oraz podsypki przez uprawnionego geologa,
- prace fundamentowe wykonywać po wytyczeniu osi przez uprawnionego geodetę,
- podczas prowadzenia prac fundamentowych odprowadzić wodę z wykopu,
- przy prowadzeniu prac w pobliżu istniejących fundamentów nie wolno dopuścić do osuwania się z pod nich gruntu.

Przedmiotowe stopy będą oparte na następujących gruntach:

- piaski drobne o  $I_D = 0,50$   $h_1 = 1,40 \text{ m}$
- glina piaszczysta o  $I_L = 0,35$   $h_2 = 0,60 \text{ m}$
- piaski gliniaste o  $I_L = 0,70$   $h_3 = 0,50 \text{ m}$
- glina o  $I_L = 0,15$   $h_4 = \text{-----}$

Parametry geotechniczne:

Warstwa I - piaski drobne o  $I_D = 0,50$

$\rho_B^{(n)} =$	1,65 t/m <sup>3</sup>	$\rho_B^{(t)} =$	1,49 t/m <sup>3</sup>	
$\rho_D^{(n)} =$	1,65 t/m <sup>3</sup>	$\rho_D^{(t)} =$	1,49 t/m <sup>3</sup>	
$\Phi_u^{(n)} =$	30,40 °	$\Phi_u^{(t)} =$	27,36 °	$\text{tg } \Phi_u^{(t)} = 0,517$
$c_u^{(n)} =$	0,00 kPa	$c_u^{(t)} =$	0,00 kPa	

$$N_D = e^{\pi \text{tg} \Phi} \text{tg}^2(\pi/4 + \Phi/2) = 13,725$$

$$N_C = (N_D - 1) \text{ctg} \Phi = 24,591$$

$$N_B = 0,75(N_D - 1) \text{tg} \Phi = 4,939$$

$$\gamma_m = 0,90$$

$$m = 0,81$$



Warstwa II - glina piaszczysta o  $I_L = 0,35$

$$\begin{array}{lll} \rho_B^{(n)} = & 2,00 \text{ t/m}^3 & \rho_B^{(r)} = 1,80 \text{ t/m}^3 \\ \rho_D^{(n)} = & 2,00 \text{ t/m}^3 & \rho_D^{(r)} = 1,80 \text{ t/m}^3 \\ \Phi_u^{(n)} = & 12,00^\circ & \Phi_u^{(r)} = 10,80^\circ \\ c_u^{(n)} = & 12,00 \text{ kPa} & c_u^{(r)} = 10,80 \text{ kPa} \end{array} \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,191$$

$$\begin{aligned} N_D &= e^{\pi \text{tg} \Phi} \text{tg}^2(\pi/4 + \Phi/2) = 2,661 \\ N_C &= (N_D - 1) \text{ctg} \Phi = 8,705 \\ N_B &= 0,75(N_D - 1) \text{tg} \Phi = 0,238 \end{aligned}$$

Warstwa III - piaski gliniaste o  $I_L = 0,70$

$$\begin{array}{lll} \rho_B^{(n)} = & 2,05 \text{ t/m}^3 & \rho_B^{(r)} = 1,85 \text{ t/m}^3 \\ \rho_D^{(n)} = & 2,05 \text{ t/m}^3 & \rho_D^{(r)} = 1,85 \text{ t/m}^3 \\ \Phi_u^{(n)} = & 7,00^\circ & \Phi_u^{(r)} = 6,30^\circ \\ c_u^{(n)} = & 5,00 \text{ kPa} & c_u^{(r)} = 4,50 \text{ kPa} \end{array} \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,110$$

$$\begin{aligned} N_D &= e^{\pi \text{tg} \Phi} \text{tg}^2(\pi/4 + \Phi/2) = 1,763 \\ N_C &= (N_D - 1) \text{ctg} \Phi = 6,914 \\ N_B &= 0,75(N_D - 1) \text{tg} \Phi = 0,063 \end{aligned}$$

Warstwa IV - glina o  $I_L = 0,15$

$$\begin{array}{lll} \rho_B^{(n)} = & 2,15 \text{ t/m}^3 & \rho_B^{(r)} = 1,94 \text{ t/m}^3 \\ \rho_D^{(n)} = & 2,15 \text{ t/m}^3 & \rho_D^{(r)} = 1,94 \text{ t/m}^3 \\ \Phi_u^{(n)} = & 19,00^\circ & \Phi_u^{(r)} = 17,10^\circ \\ c_u^{(n)} = & 33,00 \text{ kPa} & c_u^{(r)} = 29,70 \text{ kPa} \end{array} \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,308$$

$$\begin{aligned} N_D &= e^{\pi \text{tg} \Phi} \text{tg}^2(\pi/4 + \Phi/2) = 4,818 \\ N_C &= (N_D - 1) \text{ctg} \Phi = 12,412 \\ N_B &= 0,75(N_D - 1) \text{tg} \Phi = 0,881 \end{aligned}$$

### Poz. Z5.1 Stopa w osi 1 - 1

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

Reakcja od słupa	N = 304,07 kN	
Maksymalne momenty zginające	M <sub>B</sub> = 33,71 kNm	M <sub>L</sub> = 53,91 kNm
Maksymalne siły poziome	T <sub>B</sub> = 4,50 kN	T <sub>L</sub> = 11,38 kN

Przyjęte wymiary stopy	B = 1,50 m	D <sub>min</sub> = 1,40 m
	L = 1,50 m	γ <sub>f</sub> = 1,1

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

$$\text{Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu } \gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$$

$$G_r = \text{BLD}_{\min} \gamma_f = 79,70 \text{ kN} \quad N_r = N + G_r = 383,77 \text{ kN}$$

$$\begin{array}{lll} e_B = M_B / N_r = 0,088 \text{ m} & < & B/6 = 0,250 \text{ m} \\ e_L = M_L / N_r = 0,140 \text{ m} & < & L/6 = 0,250 \text{ m} \end{array} \quad \begin{array}{l} \bar{B} = B - 2e_B = 1,32 \text{ m} \\ \bar{L} = L - 2e_L = 1,22 \text{ m} \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{tg } \delta_B = \frac{T_{rB}}{N_r} = 0,0117 & & i_{B,B} = 0,98 \\ \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 & \frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0227 \Rightarrow & i_{D,B} = 0,98 \\ & & i_{C,B} = 0,98 \end{array}$$

$$\begin{array}{lll} \text{tg } \delta_L = \frac{T_{rL}}{N_r} = 0,0297 & & i_{B,L} = 0,95 \\ \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 & \frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0573 \Rightarrow & i_{D,L} = 0,95 \\ & & i_{C,L} = 0,95 \end{array}$$

$$Q_{rNB} = \bar{B}L \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 1274,3 \text{ kN}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}\bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] =$$

$$N_r = 383,77 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1032,2 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}\bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 1226,9 \text{ kN}$$

$$N_r = 383,77 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 993,8 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 74,7 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 266,4 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 170,6 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / BL = 441,7 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 266,4 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / BL) = 530,0 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

Miąższość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o  $I_D = 0,50$ )  $h = h_1 = 1,40 \text{ m}$   
 $b = 0,47 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B' = B + b = 1,97 \text{ m}$   $D'_{min} = D_{min} + h = 2,80 \text{ m}$   
 $L' = L + b = 1,97 \text{ m}$   $\gamma_f = 1,1$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 482,05 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N_r e_B + T_B h}{N'_r} = 0,08 \text{ m} < B'/6 = 0,328 \text{ m} \quad \bar{B}' = B' - 2e'_B = 1,80 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N_r e_L + T_L h}{N'_r} = 0,14 \text{ m} < L'/6 = 0,328 \text{ m} \quad \bar{L}' = L' - 2e'_L = 1,68 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta'_B = \frac{T_B}{N'_r} = 0,0093 \quad \text{tg } \delta'_B = 0,0489 \Rightarrow i_{B,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(n)} = 0,1908 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0489 \Rightarrow i_{D,B} = 0,95$$

$$i_{C,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \delta'_L = \frac{T_L}{N'_r} = 0,0236 \quad \text{tg } \delta'_L = 0,1238 \Rightarrow i_{B,L} = 0,85$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(n)} = 0,1908 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1238 \Rightarrow i_{D,L} = 0,85$$

$$i_{C,L} = 0,85$$

$$Q'_{fNB} = \bar{B}'\bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1357,5 \text{ kN}$$

$$N'_r = 482,05 \text{ kN} < m Q'_{fNB} = 1099,6 \text{ kN}$$

$$Q'_{fNL} = \bar{B}'\bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1213,7 \text{ kN}$$

$$N'_r = 482,05 \text{ kN} < m Q'_{fNL} = 983,1 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 69,5 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 179,7 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,sr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 124,6 \text{ kPa} < m Q'_{fNL} / B'L' = 254,2 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 179,7 \text{ kPa} < 1,2 (m Q'_{fNL} / B'L') = 305,0 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami piaszczystymi

Miąższość warstwy glin piaszczystych  $I_L = 0,35$   $h = h_2 = 0,60 \text{ m}$   
 $b = 0,15 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B'' = B' + b = 2,12 \text{ m}$   $D''_{min} = D_{min} + h_1 + h_2 = 3,40 \text{ m}$

$$L'' = L' + b = 2,12 \text{ m}$$

$$\gamma_f = 1,1$$

$$N''_r = N'_r + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 679,18 \text{ kN}$$

$$e''_B = \frac{N'_r e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,07 \text{ m} < B''/6 = 0,353 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 1,97 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N'_r e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,14 \text{ m} < L''/6 = 0,353 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 1,84 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N''_r} = 0,0066$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0600 \Rightarrow$$

$$i_{B,B} = 0,95$$

$$i_{D,B} = 0,95$$

$$i_{C,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N''_r} = 0,0168$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$\frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,1518 \Rightarrow$$

$$i_{B,L} = 0,85$$

$$i_{D,L} = 0,85$$

$$i_{C,L} = 0,85$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_c c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}'' i_{B,B} \right] = 1124,1 \text{ kN}$$

$$N''_r = 679,18 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 910,6 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_c c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}'' i_{B,L} \right] = 1005,5 \text{ kN}$$

$$N''_r = 679,18 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 814,4 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q''_{r0,min} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 93,0 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 210,2 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,sr} = (q''_{r0,min} + q''_{r0,max}) / 2 = 151,6 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'' L'' = 181,8 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = 210,2 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'' L'') = 218,1 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $I_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy zalegającej na niej.

Zbrojenie poprzeczne stopy

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,45 \text{ m}$$

$$q_{r0,kr} = \frac{(L - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 208,9 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 25,03 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$

szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$

średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

Klasa ekspozycji

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

$\Delta c = 10 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,017 \Rightarrow$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,017$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,991 \Rightarrow$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,160 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$

co 23 cm

o  $A_{s1,prov} = 4,917 \text{ cm}^2$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS o oczkach 23cm.

Przebiecie stopy

Wysokość efektywna stopy  $d = 0,334 \text{ m}$   
 Słupek wysokość przekroju  $h_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$   
 szerokość przekroju  $b_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$

$$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m} < B = 1,50 \text{ m}$$

$$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m} \quad h_A = 0,5(L - h_s) - d = 0,116 \text{ m}$$

Pole powierzchni "przebiecia"  $A = h_A B = 0,174 \text{ m}^2$

$$N = q_{r0,max} A = 46,35 \text{ kN} < N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony

#### Poz. Z5.1.1 Stopa w osi 1A i 1B

Z uwagi na gorsze parametry gruntowe w tym rejonie przyjęto w sposób konstrukcyjny stopy o wymiarach 2,00m x 2,00m zbrojone jak stopy w Poz. 5.1.

#### Poz. Z5.2 Stopa w osi 2 - 2

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

Reakcja od słupa	$N = 278,37 \text{ kN}$	
Maksymalne momenty zginające	$M_B = 38,19 \text{ kNm}$	$M_L = 59,01 \text{ kNm}$
Maksymalne siły poziome	$T_B = 5,39 \text{ kN}$	$T_L = 12,81 \text{ kN}$

Przyjęte wymiary stopy	$B = 1,30 \text{ m}$	$D_{min} = 1,40 \text{ m}$
	$L = 1,30 \text{ m}$	$\gamma_f = 1,1$

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

$$\text{Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu } \gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$$

$$G_r = B L D_{min} \gamma_f = 59,86 \text{ kN} \quad N_r = N + G_r = 338,23 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,113 \text{ m} < B/6 = 0,217 \text{ m} \quad \bar{B} = B - 2e_B = 1,07 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,174 \text{ m} < L/6 = 0,217 \text{ m} \quad \bar{L} = L - 2e_L = 0,95 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N_r} = 0,0159 \quad \frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0308 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,B} = 0,98 \\ i_{D,B} = 0,98 \\ i_{C,B} = 0,98 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N_r} = 0,0379 \quad \frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0732 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,L} = 0,95 \\ i_{D,L} = 0,95 \\ i_{C,L} = 0,95 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$Q_{rNB} = \bar{B} L \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 810,6 \text{ kN}$$

$$N_r = 338,23 \text{ kN} < m Q_{rNB} = 656,6 \text{ kN}$$

$$Q_{rNL} = \bar{L} L \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 779,6 \text{ kN}$$

$$N_r = 338,23 \text{ kN} < m Q_{rNL} = 631,5 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 39,0 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 361,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 200,1 \text{ kPa} < m Q_{rNL} / BL = 373,7 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 361,3 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{rNL} / BL) = 448,4 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

Mięszkość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o  $I_D = 0,50$ )  $h = h_1 = 1,40$  m  
 $b = 0,93$  m

Wymiary stopy zastępczej  $B' = B + b = 2,23$  m  $D'_{\min} = D_{\min} + h = 2,80$  m  
 $L' = L + b = 2,23$  m  $\gamma_f = 1,1$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 464,97 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N_r e_B + T_B h}{N'_r} = 0,10 \text{ m} < B'/6 = 0,372 \text{ m} \quad \bar{B}' = B' - 2e'_B = 2,04 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N_r e_L + T_L h}{N'_r} = 0,17 \text{ m} < L'/6 = 0,372 \text{ m} \quad \bar{L}' = L' - 2e'_L = 1,90 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \delta'_B &= \frac{T_B}{N'_r} = 0,0116 & \text{tg } \delta'_B &= 0,0224 \Rightarrow i_{B,B} = 0,95 \\ \text{tg } \Phi_u^{(r)} &= 0,5175 & & i_{D,B} = 0,95 \\ & & & i_{C,B} = 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \delta'_L &= \frac{T_L}{N'_r} = 0,0276 & \text{tg } \delta'_L &= 0,0532 \Rightarrow i_{B,L} = 0,85 \\ \text{tg } \Phi_u^{(r)} &= 0,5175 & & i_{D,L} = 0,85 \\ & & & i_{C,L} = 0,85 \end{aligned}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_c c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1741,9 \text{ kN}$$

$$N'_r = 464,97 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1410,9 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_c c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{\min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1557,2 \text{ kN}$$

$$N'_r = 464,97 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1261,3 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B' L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 51,8 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B' L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 134,7 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,śr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 93,2 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B' L' = 252,9 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 134,7 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B' L') = 303,5 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami piaszystymi

Mięszkość warstwy glin piaszczystych  $I_L = 0,35$   $h = h_2 = 0,60$  m  
 $b = 0,15$  m

Wymiary stopy zastępczej  $B'' = B' + b = 2,38$  m  $D''_{\min} = D_{\min} + h_1 + h_2 = 3,40$  m  
 $L'' = L' + b = 2,38$  m  $\gamma_f = 1,1$

$$N''_r = N'_r + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 714,90 \text{ kN}$$

$$e''_B = \frac{N'_r e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,08 \text{ m} < B''/6 = 0,397 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 2,23 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N'_r e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,14 \text{ m} < L''/6 = 0,397 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 2,10 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \delta''_B &= \frac{T_B}{N''_r} = 0,0075 & \text{tg } \delta''_B &= 0,0683 \Rightarrow i_{B,B} = 0,95 \\ \text{tg } \Phi_u^{(r)} &= 0,1104 & & i_{D,B} = 0,95 \\ & & & i_{C,B} = 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{tg } \delta''_L &= \frac{T_L}{N''_r} = 0,0179 & \text{tg } \delta''_L &= 0,1623 \Rightarrow i_{B,L} = 0,85 \\ \text{tg } \Phi_u^{(r)} &= 0,1104 & & i_{D,L} = 0,85 \\ & & & i_{C,L} = 0,85 \end{aligned}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_c c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D''_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}'' i_{B,B} \right] = 1436,6 \text{ kN}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] =$$

$$N_r = 714,90 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1163,7 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 1285,0 \text{ kN}$$

$$N_r = 714,90 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1040,8 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min}'' = \frac{N_r''}{B'' L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 80,4 \text{ kPa} \quad q_{r0,max}'' = \frac{N_r''}{B'' L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 171,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr}'' = (q_{r0,min}'' + q_{r0,max}'' ) / 2 = 125,9 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'' L'' = 183,2 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max}'' = 171,3 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'' L'') = 219,9 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $l_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy zalegającej na niej.

**Zbrojenie poprzeczne stopy**

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,35 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(L - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 274,5 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 20,36 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$

$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$

szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

Klasa ekspozycji

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

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

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

$\Delta c = 10 \text{ mm}$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,014 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,014$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \xi_{eff} = 0,993 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 1,754 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 23 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 4,917 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS o oczkach 23cm.

**Przebiecie stopy**

Wysokość efektywna stopy  $d = 0,334 \text{ m}$

Słupek wysokość przekroju  $h_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$

szerokość przekroju  $b_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$

$$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m} < B = 1,30 \text{ m}$$

$$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m}$$

$$h_A = 0,5(L - h_s) - d = 0,016 \text{ m}$$

Pole powierzchni "przebiecia"

$$A = h_A B = 0,021 \text{ m}^2$$

$$N = q_{r0,max} A = 7,51 \text{ kN} < N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony

### Poz. Z5.2.1 Stopa w osi 2A i 2B

Z uwagi na gorsze parametry gruntowe w tym rejonie przyjęto w sposób konstrukcyjny stopy o wymiarach 1,70m x 1,70m zbrojone jak stopy w Poz. 5.2.

### Poz. Z5.3 Stopa w osi 3 - 3

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

Reakcja od słupa	N = 214,21 kN	
Maksymalne momenty zginające	M <sub>B</sub> = 32,55 kNm	M <sub>L</sub> = 51,86 kNm
Maksymalne siły poziome	T <sub>B</sub> = 4,29 kN	T <sub>L</sub> = 10,87 kN
Przyjęte wymiary stopy	B = 1,20 m	D <sub>min</sub> = 1,40 m
	L = 1,20 m	γ <sub>f</sub> = 1,1

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu γ = 23,00 kN/m<sup>3</sup>

$$G_r = B L D_{\min} \gamma_f = 51,00 \text{ kN}$$

$$N_r = N + G_r = 265,21 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,123 \text{ m} < B/6 = 0,200 \text{ m} \quad \bar{B} = B - 2e_B = 0,95 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,196 \text{ m} < L/6 = 0,200 \text{ m} \quad \bar{L} = L - 2e_L = 0,81 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N_r} = 0,0162$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0313 \Rightarrow$$

$$i_{B,B} = 0,98$$

$$i_{D,B} = 0,98$$

$$i_{C,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N_r} = 0,0410$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0792 \Rightarrow$$

$$i_{B,L} = 0,95$$

$$i_{D,L} = 0,95$$

$$i_{C,L} = 0,95$$

$$Q_{rNB} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 623,4 \text{ kN}$$

$$N_r = 265,21 \text{ kN} < m Q_{rNB} = 504,9 \text{ kN}$$

$$Q_{rNL} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 598,9 \text{ kN}$$

$$N_r = 265,21 \text{ kN} < m Q_{rNL} = 485,1 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 4,1 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 364,2 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 184,2 \text{ kPa} < m Q_{rNL} / BL = 336,9 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 364,2 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{rNL} / BL) = 404,2 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

Miękkość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o  $I_D = 0,50$ )  $h = h_1 = 1,40 \text{ m}$

$$b = 0,93 \text{ m}$$

Wymiary stopy zastępczej  $B' = B + b = 2,13 \text{ m}$

$$L' = L + b = 2,13 \text{ m}$$

$$D'_{\min} = D_{\min} + h = 2,80 \text{ m}$$

$$\gamma_f = 1,1$$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 380,86 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N_r e_B + T_B h}{N'_r} = 0,10 \text{ m} < B'/6 = 0,356 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N_r e_L + T_L h}{N'_r} = 0,18 \text{ m} < L'/6 = 0,356 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta'_B = \frac{T_B}{N'_r} = 0,0113$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\frac{\text{tg } \delta'_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0218 \Rightarrow$$

$$i_{B,B} = 0,95$$

$$i_{D,B} = 0,95$$

$$i_{C,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \delta'_L = \frac{T_L}{N'_r} = 0,0285$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\frac{\text{tg } \delta'_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0552 \Rightarrow$$

$$i_{B,L} = 0,85$$

$$i_{D,L} = 0,85$$

$$i_{C,L} = 0,85$$

$$Q_{rNB} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] =$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}' i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1555,0 \text{ kN}$$

$$N'_r = 380,86 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1259,5 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}' i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1389,9 \text{ kN}$$

$$N'_r = 380,86 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1125,9 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 42,2 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 125,1 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,śr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 83,7 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'L' = 247,4 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 125,1 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'L') = 296,9 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami piaszczystymi

Miąższość warstwy glin piaszczystych  $I_L = 0,35$

$h = h_2 = 0,60 \text{ m}$

$b = 0,15 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej

$B'' = B' + b = 2,28 \text{ m}$

$D''_{min} = D_{min} + h_1 + h_2 = 3,40 \text{ m}$

$L'' = L' + b = 2,28 \text{ m}$

$\gamma_f = 1,1$

$$N''_r = N'_r + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 610,26 \text{ kN}$$

$$e''_B = \frac{N'_r e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,08 \text{ m} < B''/6 = 0,381 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 2,13 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N'_r e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,15 \text{ m} < L''/6 = 0,381 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 1,99 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N''_r} = 0,0070$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0637 \Rightarrow$$

$$i_{B,B} = 0,95$$

$$i_{D,B} = 0,95$$

$$i_{C,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N''_r} = 0,0178$$

$$\frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,1613 \Rightarrow$$

$$i_{B,L} = 0,85$$

$$i_{D,L} = 0,85$$

$$i_{C,L} = 0,85$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}'' i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}'' i_{B,B} \right] = 1310,7 \text{ kN}$$

$$N''_r = 610,26 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1061,7 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}'' i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}'' i_{B,L} \right] = 1172,3 \text{ kN}$$

$$N''_r = 610,26 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 949,6 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q''_{r0,min} = \frac{N''_r}{B''L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 72,3 \text{ kPa} \quad q''_{r0,max} = \frac{N''_r}{B''L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 161,8 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,śr} = (q''_{r0,min} + q''_{r0,max}) / 2 = 117,1 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B''L'' = 182,1 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = 161,8 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B''L'') = 218,6 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $I_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy zalegającej na niej.

Zbrojenie poprzeczne stopy

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,30 \text{ m}$$

$$q_{r0,kr} = \frac{(L - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 274,2 \text{ kPa}$$



$$q_{r0,kr} = \frac{(L-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} =$$

$$M = \frac{a^2}{6}(2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 15,04 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25 $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$	wysokość przekroju $h = 0,40 \text{ m}$
$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$	szerokość przekroju $b = 1,00 \text{ m}$
Stal A-III 34GS $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$	średnica zbrojenia $\phi = 12 \text{ mm}$
	otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$
Klasa ekspozycji	$a_1$ i $a_2 = 66 \text{ mm}$
$c_{min} = 50 \text{ mm}$	użyteczna wysokość przekroju $d = 0,334 \text{ m}$
$\Delta c = 10 \text{ mm}$	

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,010 \Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,010$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\zeta_{eff} = 0,995 \Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 1,293 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$       co 23 cm      o       $A_{s1,prov} = 4,917 \text{ cm}^2$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS o oczkach 23cm.

### Przebiecie stopy

Wysokość efektywna stopy	$d = 0,334 \text{ m}$
Stupek	wysokość przekroju $h_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$
	szerokość przekroju $b_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$
$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m}$	$< B = 1,20 \text{ m}$
$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m}$	$h_A = 0,5(L - h_s) - d = -0,034 \text{ m}$

Pole powierzchni "przebiecia"       $A = h_A B = -0,041 \text{ m}^2$

$$N = q_{r0,max} A = -14,86 \text{ kN} \quad < \quad N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony

### Poz. Z5.4 Stopa w osi 4 - 4

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

Reakcja od słupa	$N = 275,67 \text{ kN}$	$M_L = 33,97 \text{ kNm}$
Maksymalne momenty zginające	$M_B = 35,19 \text{ kNm}$	$T_L = 4,68 \text{ kN}$
Maksymalne siły poziome	$T_B = 4,80 \text{ kN}$	

Przyjęte wymiary stopy	$B = 1,40 \text{ m}$	$D_{min} = 1,40 \text{ m}$
	$L = 1,40 \text{ m}$	$\gamma_f = 1,1$

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

$$\text{Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu } \gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$$

$$G_r = B L D_{min} \gamma_f = 69,42 \text{ kN} \quad N_r = N + G_r = 345,09 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,102 \text{ m} \quad < \quad B/6 = 0,233 \text{ m} \quad \bar{B} = B - 2e_B = 1,20 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,098 \text{ m} \quad < \quad L/6 = 0,233 \text{ m} \quad \bar{L} = L - 2e_L = 1,20 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N_r} = 0,0139 \quad \text{tg } \delta_u^{(r)} = 0,0269 \Rightarrow i_{B,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad i_{D,B} = 0,98$$

$$i_{C,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N_r} = 0,0136 \quad \text{tg } \delta_u^{(r)} = 0,0262 \Rightarrow i_{B,L} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad i_{D,L} = 0,95$$

$$i_{C,L} = 0,95$$

$$Q_{rNB} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 1074,6 \text{ kN}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}\bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] =$$

$$N_r = 345,09 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 870,4 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}\bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 1042,2 \text{ kN}$$

$$N_r = 345,09 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 844,2 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 101,8 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 250,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 176,1 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / BL = 430,7 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 250,3 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / BL) = 516,9 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

Miąższość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o  $I_D = 0,50$ )  $h = h_1 = 1,40 \text{ m}$   
 $b = 0,47 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B' = B + b = 1,87 \text{ m}$   $D'_{min} = D_{min} + h = 2,80 \text{ m}$   
 $L' = L + b = 1,87 \text{ m}$   $\gamma_f = 1,1$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 433,63 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N_r e_B + T_B h}{N'_r} = 0,10 \text{ m} < B'/6 = 0,311 \text{ m} \quad \bar{B}' = B' - 2e'_B = 1,67 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N_r e_L + T_L h}{N'_r} = 0,09 \text{ m} < L'/6 = 0,311 \text{ m} \quad \bar{L}' = L' - 2e'_L = 1,68 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta'_B = \frac{T_B}{N'_r} = 0,0111 \quad \text{tg } \delta'_B = 0,0214 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,B} = 0,95 \\ i_{D,B} = 0,95 \\ i_{C,B} = 0,95 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \delta'_L = \frac{T_L}{N'_r} = 0,0108 \quad \text{tg } \delta'_L = 0,0209 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,L} = 0,85 \\ i_{D,L} = 0,85 \\ i_{C,L} = 0,85 \end{matrix}$$

$$Q'_{fNB} = \bar{B}'\bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1216,3 \text{ kN}$$

$$N'_r = 433,63 \text{ kN} < m Q'_{fNB} = 985,2 \text{ kN}$$

$$Q'_{fNL} = \bar{B}'\bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1088,3 \text{ kN}$$

$$N'_r = 433,63 \text{ kN} < m Q'_{fNL} = 881,5 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 87,1 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 161,8 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,sr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 124,4 \text{ kPa} < m Q'_{fNL} / B'L' = 253,0 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 161,8 \text{ kPa} < 1,2 (m Q'_{fNL} / B'L') = 303,6 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami piaszczystymi

Miąższość warstwy glin piaszczystych  $I_L = 0,35$   $h = h_2 = 0,60 \text{ m}$   
 $b = 0,15 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B'' = B' + b = 2,02 \text{ m}$   $D''_{min} = D_{min} + h_1 + h_2 = 3,40 \text{ m}$

$$L'' = L' + b = 2,02 \text{ m}$$

$$\gamma_f = 1,1$$

$$N''_r = N'_r + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 612,58 \text{ kN}$$

$$e''_B = \frac{N'_r e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,08 \text{ m} < B''/6 = 0,336 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 1,85 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N'_r e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,08 \text{ m} < L''/6 = 0,336 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 1,85 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N''_r} = 0,0078$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0710 \Rightarrow$$

$$i_{B,B} = 0,95$$

$$i_{D,B} = 0,95$$

$$i_{C,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N''_r} = 0,0076$$

$$\frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0692 \Rightarrow$$

$$i_{B,L} = 0,85$$

$$i_{D,L} = 0,85$$

$$i_{C,L} = 0,85$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{mn} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}'' i_{B,B} \right] = 1018,3 \text{ kN}$$

$$N''_r = 612,58 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 824,9 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{mn} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}'' i_{B,L} \right] = 911,2 \text{ kN}$$

$$N''_r = 612,58 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 738,0 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q''_{r0,min} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 114,1 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 187,1 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,śr} = (q''_{r0,min} + q''_{r0,max}) / 2 = 150,6 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'' L'' = 181,5 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = 187,1 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'' L'') = 217,8 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $I_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy zalegającej na niej.

**Zbrojenie poprzeczne stopy**

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,40 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(L-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 207,9 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 18,90 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$

$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$

szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

Klasa ekspozycji

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

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

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

$\Delta c = 10 \text{ mm}$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,013 \Rightarrow$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,013$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \xi_{eff} = 0,994 \Rightarrow$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 1,627 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 23 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 4,917 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS o oczkach 23cm.

**Przebiecie stopy**

Wysokość efektywna stopy

$d = 0,334 \text{ m}$

Słupek wysokość przekroju  $h_s = b_1 = 0,60$  m  
szerokość przekroju  $b_s = b_1 = 0,60$  m

$$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m} < B = 1,40 \text{ m}$$

$$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m} \quad h_A = 0,5(L - h_s) - d = 0,066 \text{ m}$$

Pole powierzchni "przebiecia"  $A = h_A B = 0,092 \text{ m}^2$

$$N = q_{r0,max} A = 23,13 \text{ kN} < N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony

### Poz. Z5.5 Stopa w osi 5 - 5

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

Reakcja od słupa	$N = 201,22 \text{ kN}$	
Maksymalne momenty zginające	$M_B = 38,13 \text{ kNm}$	$M_L = 58,72 \text{ kNm}$
Maksymalne siły poziome	$T_B = 5,39 \text{ kN}$	$T_L = 12,94 \text{ kN}$

Przyjęte wymiary stopy	$B = 1,20 \text{ m}$	$D_{min} = 1,40 \text{ m}$
	$L = 1,20 \text{ m}$	$\gamma_f = 1,1$

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu  $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

$$G_r = B L D_{min} \gamma_f = 51,00 \text{ kN} \quad N_r = N + G_r = 252,22 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,151 \text{ m} < B/6 = 0,200 \text{ m} \quad \bar{B} = B - 2e_B = 0,90 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,233 \text{ m} < L/6 = 0,200 \text{ m} \quad \bar{L} = L - 2e_L = 0,73 \text{ m}$$

$$tg \delta_B = \frac{T_B}{N_r} = 0,0214 \quad i_{B,B} = 0,98$$

$$tg \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \frac{tg \delta_B}{tg \Phi_u^{(r)}} = 0,0413 \Rightarrow i_{D,B} = 0,98$$

$$i_{C,B} = 0,98$$

$$tg \delta_L = \frac{T_L}{N_r} = 0,0513 \quad i_{B,L} = 0,95$$

$$tg \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \frac{tg \delta_L}{tg \Phi_u^{(r)}} = 0,0991 \Rightarrow i_{D,L} = 0,95$$

$$i_{C,L} = 0,95$$

$$Q_{rNB} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 541,4 \text{ kN}$$

$$N_r = 252,22 \text{ kN} < m Q_{rNB} = 438,5 \text{ kN}$$

$$Q_{rNL} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 519,7 \text{ kN}$$

$$N_r = 252,22 \text{ kN} < m Q_{rNL} = 421,0 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = -28,7 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 379,0 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 175,2 \text{ kPa} < m Q_{rNL} / BL = 292,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 379,0 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{rNL} / BL) = 350,8 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

Miękkość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o  $I_D = 0,50$ )  $h = h_1 = 1,40$  m  
 $b = 0,93$  m

Wymiary stopy zastępczej  $B' = B + b = 2,13$  m  $D'_{min} = D_{min} + h = 2,80$  m  
 $L' = L + b = 2,13$  m  $\gamma_f = 1,1$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 367,87 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N'_r e'_B + T_B h}{N'_r} = 0,12 \text{ m} < B'/6 = 0,356 \text{ m} \quad \bar{B}' = B' - 2e'_B = 1,89 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N'_r e'_L + T_L h}{N'_r} = 0,21 \text{ m} < L'/6 = 0,356 \text{ m} \quad \bar{L}' = L' - 2e'_L = 1,72 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta'_B = \frac{T_B}{N'_r} = 0,0147 \quad \frac{\text{tg } \delta'_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0283 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,B} = 0,95 \\ i_{D,B} = 0,95 \\ i_{C,B} = 0,95 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\text{tg } \delta'_L = \frac{T_L}{N'_r} = 0,0352 \quad \frac{\text{tg } \delta'_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0680 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,L} = 0,85 \\ i_{D,L} = 0,85 \\ i_{C,L} = 0,85 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}' i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1471,8 \text{ kN}$$

$$N'_r = 367,87 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1192,2 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}' i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1315,5 \text{ kN}$$

$$N'_r = 367,87 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1065,6 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B' L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 33,3 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B' L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 128,3 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,sr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 80,8 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B' L' = 234,1 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 128,3 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B' L') = 281,0 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami piaszczystymi

$$\text{Miąższość warstwy glin piaszczystych } I_L = 0,35$$

$$h = h_2 = 0,60 \text{ m}$$

$$b = 0,15 \text{ m}$$

Wymiary stopy zastępczej

$$B'' = B' + b = 2,28 \text{ m}$$

$$D''_{min} = D_{min} + h_1 + h_2 = 3,40 \text{ m}$$

$$L'' = L' + b = 2,28 \text{ m}$$

$$\gamma_f = 1,1$$

$$N''_r = N'_r + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 597,27 \text{ kN}$$

$$e''_B = \frac{N''_r e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,09 \text{ m} < B''/6 = 0,381 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 2,09 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N''_r e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,17 \text{ m} < L''/6 = 0,381 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 1,94 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta''_B = \frac{T_B}{N''_r} = 0,0090 \quad \frac{\text{tg } \delta''_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0817 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,B} = 0,95 \\ i_{D,B} = 0,95 \\ i_{C,B} = 0,95 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$\text{tg } \delta''_L = \frac{T_L}{N''_r} = 0,0217 \quad \frac{\text{tg } \delta''_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,1962 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,L} = 0,85 \\ i_{D,L} = 0,85 \\ i_{C,L} = 0,85 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}'' i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}'' i_{B,B} \right] = 1262,6 \text{ kN}$$

$$N''_r = 597,27 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1022,7 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}'' i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}'' i_{B,L} \right] = 1129,2 \text{ kN}$$

$$N''_r = 597,27 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 914,7 \text{ kN}$$

### Sprawdzenie naprężeń

$$q''_{r0,min} = \frac{N''_r}{B''L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 62,8 \text{ kPa} \quad q''_{r0,max} = \frac{N''_r}{B''L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 166,3 \text{ kPa}$$
$$q''_{r0,sr} = (q''_{r0,min} + q''_{r0,max}) / 2 = 114,6 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B''L'' = 175,4 \text{ kPa}$$
$$q''_{r0,max} = 166,3 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B''L'') = 210,5 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $I_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy zalegającej na niej.

### Zbrojenie poprzeczne stopy

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,30 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(L-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 277,1 \text{ kPa}$$
$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 15,53 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$  wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$   
 $f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$  szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$   
Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$  średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

Klasa ekspozycji

$c_{min} = 50 \text{ mm}$   
 $\Delta c = 10 \text{ mm}$

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,010 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,011$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,995 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 1,335 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 23 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 4,917 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS o oczkach 23cm.

### Przebiecie stopy

Wysokość efektywna stopy  $d = 0,334 \text{ m}$

Słupek wysokość przekroju  $h_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$

szerokość przekroju  $b_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$

$$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m} < B = 1,20 \text{ m}$$

$$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m}$$

$$h_A = 0,5(L - h_s) - d = -0,034 \text{ m}$$

Pole powierzchni "przebiecia"

$$A = h_A B = -0,041 \text{ m}^2$$

$$N = q_{r0,max} A = -15,47 \text{ kN} < N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony

### Poz. Z5.6 Stopa w osi 6 - 6

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

Reakcja od słupa  $N = 332,84 \text{ kN}$   
Maksymalne momenty zginające  $M_B = 35,10 \text{ kNm}$   $M_L = 56,64 \text{ kNm}$   
Maksymalne siły poziome  $T_B = 4,78 \text{ kN}$   $T_L = 12,15 \text{ kN}$

Przyjęte wymiary stopy  $B = 1,60 \text{ m}$   $D_{min} = 1,40 \text{ m}$   
 $L = 1,60 \text{ m}$   $\gamma_f = 1,1$

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu  $\gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$

$$G_r = BLD_{\min} \gamma_f = 90,68 \text{ kN}$$

$$N_r = N + G_r = 423,52 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,083 \text{ m} < B/6 = 0,267 \text{ m} \quad \bar{B} = B - 2e_B = 1,43 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,134 \text{ m} < L/6 = 0,267 \text{ m} \quad \bar{L} = L - 2e_L = 1,33 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N_r} = 0,0113 \quad \text{tg } \delta_B = 0,0218 \Rightarrow i_{B,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0218 \Rightarrow i_{D,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0218 \Rightarrow i_{C,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N_r} = 0,0287 \quad \text{tg } \delta_L = 0,0554 \Rightarrow i_{B,L} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0554 \Rightarrow i_{D,L} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0554 \Rightarrow i_{C,L} = 0,95$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}\bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 1512,0 \text{ kN}$$

$$N_r = 423,52 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1224,7 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}\bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 1456,0 \text{ kN}$$

$$N_r = 423,52 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1179,4 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 82,5 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 248,4 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 165,4 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / BL = 460,7 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 248,4 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / BL) = 552,8 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

$$\text{Miąższość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o } I_D = 0,50) \quad h = h_1 = 1,40 \text{ m}$$

$$b = 0,47 \text{ m}$$

$$\text{Wymiary stopy zastępczej} \quad B' = B + b = 2,07 \text{ m} \quad D'_{\min} = D_{\min} + h = 2,80 \text{ m}$$

$$L' = L + b = 2,07 \text{ m} \quad \gamma_f = 1,1$$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 532,04 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N_r e_B + T_B h}{N'_r} = 0,08 \text{ m} < B'/6 = 0,344 \text{ m} \quad \bar{B}' = B' - 2e'_B = 1,91 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N_r e_L + T_L h}{N'_r} = 0,14 \text{ m} < L'/6 = 0,344 \text{ m} \quad \bar{L}' = L' - 2e'_L = 1,79 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N'_r} = 0,0090 \quad \text{tg } \delta_B = 0,0174 \Rightarrow i_{B,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0174 \Rightarrow i_{D,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0174 \Rightarrow i_{C,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N'_r} = 0,0228 \quad \text{tg } \delta_L = 0,0441 \Rightarrow i_{B,L} = 0,85$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0441 \Rightarrow i_{D,L} = 0,85$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,0441 \Rightarrow i_{C,L} = 0,85$$

$$Q'_{fNB} = \bar{B}'\bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1532,7 \text{ kN}$$

$$N'_r = 532,04 \text{ kN} < m Q'_{fNB} = 1241,5 \text{ kN}$$

$$Q'_{fNL} = \bar{B}'\bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{\min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{\bar{L}'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1370,3 \text{ kN}$$

$$N'_r = 532,04 \text{ kN} < m Q'_{fNL} = 1109,9 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) =$$

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 74,5 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 174,6 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,śr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 124,6 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'L' = 259,9 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 174,6 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'L') = 311,8 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami piaszczystymi

Mięższość warstwy glin piaszczystych  $I_L = 0,35$   $h = h_2 = 0,60 \text{ m}$   
 $b = 0,15 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B'' = B' + b = 2,22 \text{ m}$   $D''_{min} = D_{min} + h_1 + h_2 = 3,40 \text{ m}$   
 $L'' = L' + b = 2,22 \text{ m}$   $\gamma_f = 1,1$

$$N''_r = N'_r + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 748,24 \text{ kN}$$

$$e''_B = \frac{N'_r e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,07 \text{ m} < B''/6 = 0,369 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 2,08 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N'_r e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,13 \text{ m} < L''/6 = 0,369 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 1,95 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N''_r} = 0,0064 \quad \frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0579 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,B} = 0,95 \\ i_{D,B} = 0,95 \\ i_{C,B} = 0,95 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N''_r} = 0,0162 \quad \frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,1471 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,L} = 0,85 \\ i_{D,L} = 0,85 \\ i_{C,L} = 0,85 \end{matrix}$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}'' i_{B,B} \right] = 1252,9 \text{ kN}$$

$$N''_r = 748,24 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1014,8 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{\bar{L}''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}'' i_{B,L} \right] = 1120,6 \text{ kN}$$

$$N''_r = 748,24 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 907,7 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q''_{r0,min} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 98,3 \text{ kPa} \quad q''_{r0,max} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 206,2 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,śr} = (q''_{r0,min} + q''_{r0,max}) / 2 = 152,3 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'' L'' = 184,7 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = 206,2 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'' L'') = 221,7 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $I_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy zalegającej na niej.

**Zbrojenie poprzeczne stopy**

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,50 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(L - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 196,5 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 28,89 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$

szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$

średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

Klasa ekspozycji



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

$$\text{użyteczna wysokość przekroju } d = 0,334 \text{ m}$$

$$\Delta c = 10 \text{ mm}$$

$$\mu_{\text{eff}} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,019 \Rightarrow$$

$$\xi_{\text{eff}} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{\text{eff}}} = 0,020$$

$$\zeta_{\text{eff}} = 1 - 0,5\xi_{\text{eff}} = 0,990 \Rightarrow$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{\text{eff}} df_{yd}} = 2,496 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm}$$

$$\text{co } 23 \text{ cm}$$

$$A_{s1, \text{prov}} = 4,917 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS o oczkach 23cm.

### Przebiec stopy

$$\begin{aligned} \text{Wysokość efektywna stopy} & d = 0,334 \text{ m} \\ \text{Słupek} & \text{ wysokość przekroju } h_s = b_1 = 0,60 \text{ m} \\ & \text{ szerokość przekroju } b_s = b_1 = 0,60 \text{ m} \end{aligned}$$

$$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m} < B = 1,60 \text{ m}$$

$$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m}$$

$$h_A = 0,5(L - h_s) - d = 0,166 \text{ m}$$

Pole powierzchni "przebiecia"

$$A = h_A B = 0,266 \text{ m}^2$$

$$N = q_{r0, \text{max}} A = 65,98 \text{ kN}$$

$$< N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony

### Poz. Z5.7 Stopa w osi 7 - 7

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

$$\begin{aligned} \text{Reakcja od słupa} & N = 292,43 \text{ kN} \\ \text{Maksymalne momenty zginające} & M_B = 32,54 \text{ kNm} \quad M_L = 57,23 \text{ kNm} \\ \text{Maksymalne siły poziome} & T_B = 4,29 \text{ kN} \quad T_L = 11,98 \text{ kN} \end{aligned}$$

Przyjęte wymiary stopy

$$B = 1,30 \text{ m}$$

$$D_{\min} = 1,40 \text{ m}$$

$$L = 1,30 \text{ m}$$

$$\gamma_f = 1,1$$

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

$$\text{Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu } \gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$$

$$G_r = B L D_{\min} \gamma_f = 59,86 \text{ kN}$$

$$N_r = N + G_r = 352,29 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,092 \text{ m} < B/6 = 0,217 \text{ m}$$

$$\bar{B} = B - 2e_B = 1,12 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,162 \text{ m} < L/6 = 0,217 \text{ m}$$

$$\bar{L} = L - 2e_L = 0,98 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N_r} = 0,0122$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0235 \Rightarrow$$

$$i_{B,B} = 0,98$$

$$i_{D,B} = 0,98$$

$$i_{C,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N_r} = 0,0340$$

$$\frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0657 \Rightarrow$$

$$i_{B,L} = 0,95$$

$$i_{D,L} = 0,95$$

$$i_{C,L} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$Q_{rNB} = \bar{B} L \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 871,2 \text{ kN}$$

$$N_r = 352,29 \text{ kN}$$

$$< m Q_{rNB} = 705,7 \text{ kN}$$

$$Q_{rNL} = \bar{L} B \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 837,1 \text{ kN}$$

$$N_r = 352,29 \text{ kN}$$

$$< m Q_{rNL} = 678,0 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 52,2 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 364,8 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 208,5 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / BL = 401,2 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 364,8 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / BL) = 481,5 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

Miękkość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o  $I_D = 0,50$ )  $h = h_1 = 1,40 \text{ m}$   
 $b = 0,93 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B' = B + b = 2,23 \text{ m}$   $D'_{min} = D_{min} + h = 2,80 \text{ m}$   
 $L' = L + b = 2,23 \text{ m}$   $\gamma_f = 1,1$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 479,03 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N_r e_B + T_B h}{N'_r} = 0,08 \text{ m} < B'/6 = 0,372 \text{ m} \quad \bar{B}' = B' - 2e'_B = 2,07 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N_r e_L + T_L h}{N'_r} = 0,15 \text{ m} < L'/6 = 0,372 \text{ m} \quad \bar{L}' = L' - 2e'_L = 1,92 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N'_r} = 0,0090 \quad \frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0173 \Rightarrow i_{B,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad i_{D,B} = 0,95$$

$$i_{C,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N'_r} = 0,0250 \quad \frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0483 \Rightarrow i_{B,L} = 0,85$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad i_{D,L} = 0,85$$

$$i_{C,L} = 0,85$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_c c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1798,8 \text{ kN}$$

$$N'_r = 479,03 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1457,0 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_c c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,L} \right] = 1607,9 \text{ kN}$$

$$N'_r = 479,03 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1302,4 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 56,2 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 135,9 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,sr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 96,0 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'L' = 261,1 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 135,9 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'L') = 313,3 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami piaszystymi

Miękkość warstwy glin piaszczystych  $I_L = 0,35$   $h = h_2 = 0,60 \text{ m}$   
 $b = 0,15 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B'' = B' + b = 2,38 \text{ m}$   $D''_{min} = D_{min} + h_1 + h_2 = 3,40 \text{ m}$   
 $L'' = L' + b = 2,38 \text{ m}$   $\gamma_f = 1,1$

$$N''_r = N'_r + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 728,96 \text{ kN}$$

$$e''_B = \frac{N'_r e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,06 \text{ m} < B''/6 = 0,397 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 2,25 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N'_r e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,13 \text{ m} < L''/6 = 0,397 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 2,11 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N''_r} = 0,0059 \quad \frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} =$$

$$i_{B,B} = 0,95$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} =$$

$$\operatorname{tg} \delta_B = \frac{T_B}{N_r''} = \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} = 0,1104 \quad \operatorname{tg} \delta_B = 0,0533 \Rightarrow \begin{matrix} i_{D,B} = 0,95 \\ i_{C,B} = 0,95 \end{matrix}$$

$$\operatorname{tg} \delta_L = \frac{T_L}{N_r''} = 0,0164 \quad \operatorname{tg} \delta_L = 0,1489 \Rightarrow \begin{matrix} i_{B,L} = 0,85 \\ i_{D,L} = 0,85 \\ i_{C,L} = 0,85 \end{matrix}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_B^{(r)} g D_{min}' i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1471,4 \text{ kN}$$

$$N_r'' = 728,96 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1191,9 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}' i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1316,1 \text{ kN}$$

$$N_r'' = 728,96 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1066,0 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q''_{r0,min} = \frac{N_r''}{B'' L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 84,9 \text{ kPa} \quad q''_{r0,max} = \frac{N_r''}{B'' L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 171,7 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,sr} = (q''_{r0,min} + q''_{r0,max}) / 2 = 128,3 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'' L'' = 187,7 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = 171,7 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'' L'') = 225,2 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $l_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy zalegającej na niej.

Zbrojenie poprzeczne stopy

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,35 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(L-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 280,6 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 20,62 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$

$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350 \text{ MPa}$

wysokość przekroju  $h = 0,40 \text{ m}$

szerokość przekroju  $b = 1,00 \text{ m}$

średnica zbrojenia  $\phi = 12 \text{ mm}$

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$

$a_1$  i  $a_2 = 66 \text{ mm}$

Klasa ekspozycji

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

$\Delta c = 10 \text{ mm}$

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334 \text{ m}$

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,014 \Rightarrow \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,014$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,993 \Rightarrow A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 1,777 \text{ cm}^2$$

$$\text{przyjęto } \phi = 12 \text{ mm} \quad \text{co } 23 \text{ cm} \quad \text{o} \quad A_{s1,prov} = 4,917 \text{ cm}^2$$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS o oczkach 23cm.

Przebiecie stopy

Wysokość efektywna stopy  $d = 0,334 \text{ m}$

Słupek wysokość przekroju  $h_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$

szerokość przekroju  $b_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$

$$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m} < B = 1,30 \text{ m}$$

$$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m} \quad h_A = 0,5(L - h_s) - d = 0,016 \text{ m}$$

$$\text{Pole powierzchni "przebiecia"} \quad A = h_A B = 0,021 \text{ m}^2$$

$$N = q_{r0,max} A = 7,59 \text{ kN} < N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony

Poz. Z5.8 Stopa w osi 8 - 8

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

Reakcja od słupa	N = 367,20 kN	
Maksymalne momenty zginające	M <sub>B</sub> = 38,21 kNm	M <sub>L</sub> = 68,96 kNm
Maksymalne siły poziome	T <sub>B</sub> = 5,40 kN	T <sub>L</sub> = 14,92 kN

Przyjęte wymiary stopy	B = 1,30 m	D <sub>min</sub> = 1,40 m
	L = 1,30 m	γ <sub>f</sub> = 1,1

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

$$\text{Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu } \gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$$

$$G_r = B L D_{\min} \gamma_f = 59,86 \text{ kN} \quad N_r = N + G_r = 427,06 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,089 \text{ m} < B/6 = 0,217 \text{ m} \quad \bar{B} = B - 2e_B = 1,12 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,161 \text{ m} < L/6 = 0,217 \text{ m} \quad \bar{L} = L - 2e_L = 0,98 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N_r} = 0,0126 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0244 \Rightarrow i_{B,B} = 0,98$$

$$i_{D,B} = 0,98$$

$$i_{C,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N_r} = 0,0349 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0675 \Rightarrow i_{B,L} = 0,95$$

$$i_{D,L} = 0,95$$

$$i_{C,L} = 0,95$$

$$Q_{rNB} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 879,4 \text{ kN}$$

$$N_r = 427,06 \text{ kN} < m Q_{rNB} = 712,3 \text{ kN}$$

$$Q_{rNL} = \bar{B} \bar{L} \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{\min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{\bar{L}} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 844,7 \text{ kN}$$

$$N_r = 427,06 \text{ kN} < m Q_{rNL} = 684,2 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 64,4 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 441,0 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,sr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 252,7 \text{ kPa} < m Q_{rNL} / BL = 404,9 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 441,0 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{rNL} / BL) = 485,9 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

Miękkość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o  $I_D = 0,50$ )  $h = h_1 = 1,40 \text{ m}$   
 $b = 0,93 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B' = B + b = 2,23 \text{ m}$   $D'_{\min} = D_{\min} + h = 2,80 \text{ m}$   
 $L' = L + b = 2,23 \text{ m}$   $\gamma_f = 1,1$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 553,80 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N_r e_B + T_B h}{N'_r} = 0,08 \text{ m} < B'/6 = 0,372 \text{ m} \quad \bar{B}' = B' - 2e'_B = 2,07 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N_r e_L + T_L h}{N'_r} = 0,16 \text{ m} < L'/6 = 0,372 \text{ m} \quad \bar{L}' = L' - 2e'_L = 1,91 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N'_r} = 0,0098 \quad \text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0188 \Rightarrow i_{B,B} = 0,95$$

$$i_{D,B} = 0,95$$

$$i_{C,B} = 0,95$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_L = \frac{T_L}{N_r} &= 0,0269 & \frac{\operatorname{tg} \delta_L}{\operatorname{tg} \Phi_u^{(r)}} &= 0,0521 \Rightarrow & i_{B,L} &= 0,85 \\ \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} &= 0,5175 & & & i_{D,L} &= 0,85 \\ & & & & i_{C,L} &= 0,85 \end{aligned}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}' i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1785,9 \text{ kN}$$

$$N_r' = 553,80 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1446,6 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}' \bar{L}' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}' i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1596,3 \text{ kN}$$

$$N_r' = 553,80 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1293,0 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N_r'}{B' L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 62,6 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N_r'}{B' L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 159,4 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,śr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 111,0 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B' L' = 259,2 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 159,4 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B' L') = 311,1 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami piaszczystymi

Miękkość warstwy glin piaszczystych  $I_L = 0,35$

$h = h_2 = 0,60 \text{ m}$

$b = 0,15 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej

$B'' = B' + b = 2,38 \text{ m}$

$D''_{min} = D_{min} + h_1 + h_2 = 3,40 \text{ m}$

$L'' = L' + b = 2,38 \text{ m}$

$\gamma_f = 1,1$

$$N''_r = N_r' + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 803,73 \text{ kN}$$

$$e''_B = \frac{N_r' e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,07 \text{ m} < B''/6 = 0,397 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 2,24 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N_r' e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,15 \text{ m} < L''/6 = 0,397 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 2,09 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_B = \frac{T_B}{N''_r} &= 0,0067 & \frac{\operatorname{tg} \delta_B}{\operatorname{tg} \Phi_u^{(r)}} &= 0,0609 \Rightarrow & i_{B,B} &= 0,95 \\ \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} &= 0,1104 & & & i_{D,B} &= 0,95 \\ & & & & i_{C,B} &= 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_L = \frac{T_L}{N''_r} &= 0,0186 & \frac{\operatorname{tg} \delta_L}{\operatorname{tg} \Phi_u^{(r)}} &= 0,1681 \Rightarrow & i_{B,L} &= 0,85 \\ \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} &= 0,1104 & & & i_{D,L} &= 0,85 \\ & & & & i_{C,L} &= 0,85 \end{aligned}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}'' i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}'' i_{B,B} \right] = 1450,9 \text{ kN}$$

$$N''_r = 803,73 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1175,2 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min}'' i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}'' i_{B,L} \right] = 1297,7 \text{ kN}$$

$$N''_r = 803,73 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1051,1 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q''_{r0,min} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 88,4 \text{ kPa} \quad q''_{r0,max} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 194,5 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,śr} = (q''_{r0,min} + q''_{r0,max}) / 2 = 141,5 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'' L'' = 185,0 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = 194,5 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'' L'') = 222,1 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $I_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy

zalegającej na niej.

### Zbrojenie poprzeczne stopy

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,35 \text{ m} \quad q_{r0,kr} = \frac{(L-a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 339,6 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6}(2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 24,94 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25	$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}$	wysokość przekroju $h = 0,40 \text{ m}$
	$f_{ctd} = 1 \text{ MPa}$	szerokość przekroju $b = 1,00 \text{ m}$
Stal A-III 34GS	$f_{yd} = 350 \text{ MPa}$	średnica zbrojenia $\phi = 12 \text{ mm}$
		otulenie zbrojenia $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60 \text{ mm}$
Klasa ekspozycji		$a_1 \text{ i } a_2 = 66 \text{ mm}$
	$c_{min} = 50 \text{ mm}$	użyteczna wysokość przekroju $d = 0,334 \text{ m}$
	$\Delta c = 10 \text{ mm}$	

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,017 \quad \Rightarrow \quad \xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,017$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5\xi_{eff} = 0,992 \quad \Rightarrow \quad A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,152 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12 \text{ mm}$       co 23 cm      o       $A_{s1,prov} = 4,917 \text{ cm}^2$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS o oczkach 23cm.

### Przebiecie stopy

	Wysokość efektywna stopy	$d = 0,334 \text{ m}$
Słupek	wysokość przekroju $h_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$	
	szerokość przekroju $b_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$	
	$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m}$	$B = 1,30 \text{ m}$
	$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m}$	$h_A = 0,5(L - h_s) - d = 0,016 \text{ m}$
Pole powierzchni "przebiecia"	$A = h_A B = 0,021 \text{ m}^2$	
	$N = q_{r0,max} A = 9,17 \text{ kN}$	$< N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$

Warunek normowy spełniony

### Poz. Z5.9 Stopa w osi 9 - 9

Na przedmiotową stopę będą działać następujące siły przekrojowe:

Reakcja od słupa	$N = 324,24 \text{ kN}$	
Maksymalne momenty zginające	$M_B = 33,65 \text{ kNm}$	$M_L = 63,24 \text{ kNm}$
Maksymalne siły poziome	$T_B = 4,50 \text{ kN}$	$T_L = 13,14 \text{ kN}$

Przyjęte wymiary stopy	$B = 1,60 \text{ m}$	$D_{min} = 1,40 \text{ m}$
	$L = 1,60 \text{ m}$	$\gamma_f = 1,1$

Obciążenie od ciężaru stopy i gruntu na niej zalegającego

$$\text{Średnia wartość ciężaru objętościowego gruntu i żelbetu } \gamma = 23,00 \text{ kN/m}^3$$

$$G_r = B L D_{min} \gamma_f = 90,68 \text{ kN} \quad N_r = N + G_r = 414,92 \text{ kN}$$

$$e_B = M_B / N_r = 0,081 \text{ m} \quad < \quad B/6 = 0,267 \text{ m} \quad \bar{B} = B - 2e_B = 1,44 \text{ m}$$

$$e_L = M_L / N_r = 0,152 \text{ m} \quad < \quad L/6 = 0,267 \text{ m} \quad \bar{L} = L - 2e_L = 1,30 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N_r} = 0,0108 \quad \frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0210 \quad \Rightarrow \quad i_{B,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,5175 \quad i_{D,B} = 0,98$$

$$i_{C,B} = 0,98$$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N_r} =$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_L &= \frac{T_L}{N_r} = 0,0317 & \operatorname{tg} \delta_L &= 0,0612 \Rightarrow & i_{B,L} &= 0,95 \\ & & & & i_{D,L} &= 0,95 \\ \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} &= 0,5175 & & & i_{C,L} &= 0,95 \end{aligned}$$

$$Q_{fNB} = \bar{B}L \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B} i_{B,B} \right] = 1497,9 \text{ kN}$$

$$N_r = 414,92 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1213,3 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}L \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}}{L} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L} i_{B,L} \right] = 1438,9 \text{ kN}$$

$$N_r = 414,92 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 1165,5 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q_{r0,min} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 - \frac{6e_L}{L} \right) = 69,4 \text{ kPa} \quad q_{r0,max} = \frac{N_r}{BL} \left( 1 + \frac{6e_L}{L} \right) = 254,7 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,śr} = (q_{r0,min} + q_{r0,max}) / 2 = 162,1 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / BL = 455,3 \text{ kPa}$$

$$q_{r0,max} = 254,7 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / BL) = 546,3 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie gliny piaszczystej o  $I_L = 0,35$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym

Miąższość warstwy nasypu kontrolowanego (piaski drobne o  $I_D = 0,50$ )  $h = h_1 = 1,40 \text{ m}$   
 $b = 0,47 \text{ m}$

Wymiary stopy zastępczej  $B' = B + b = 2,07 \text{ m}$   $D'_{min} = D_{min} + h = 2,80 \text{ m}$   
 $L' = L + b = 2,07 \text{ m}$   $\gamma_f = 1,1$

$$N'_r = N_r + B' L' h \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 523,44 \text{ kN}$$

$$e'_B = \frac{N_r e_B + T_B h}{N'_r} = 0,08 \text{ m} < B'/6 = 0,344 \text{ m} \quad \bar{B}' = B' - 2e'_B = 1,91 \text{ m}$$

$$e'_L = \frac{N_r e_L + T_L h}{N'_r} = 0,16 \text{ m} < L'/6 = 0,344 \text{ m} \quad \bar{L}' = L' - 2e'_L = 1,75 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_B &= \frac{T_B}{N_r} = 0,0086 & \operatorname{tg} \delta_B &= 0,0166 \Rightarrow & i_{B,B} &= 0,95 \\ & & & & i_{D,B} &= 0,95 \\ \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} &= 0,5175 & & & i_{C,B} &= 0,95 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta_L &= \frac{T_L}{N_r} = 0,0251 & \operatorname{tg} \delta_L &= 0,0485 \Rightarrow & i_{B,L} &= 0,85 \\ & & & & i_{D,L} &= 0,85 \\ \operatorname{tg} \Phi_u^{(r)} &= 0,5175 & & & i_{C,L} &= 0,85 \end{aligned}$$

$$Q'_{fNB} = \bar{B}'L' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}' i_{B,B} \right] = 1523,2 \text{ kN}$$

$$N'_r = 523,44 \text{ kN} < m Q'_{fNB} = 1233,8 \text{ kN}$$

$$Q'_{fNL} = \bar{B}'L' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D'_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}'}{L'} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}' i_{B,L} \right] = 1361,5 \text{ kN}$$

$$N'_r = 523,44 \text{ kN} < m Q'_{fNL} = 1102,8 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q'_{r0,min} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 - \frac{6e'_L}{L'} \right) = 67,1 \text{ kPa} \quad q'_{r0,max} = \frac{N'_r}{B'L'} \left( 1 + \frac{6e'_L}{L'} \right) = 178,0 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,śr} = (q'_{r0,min} + q'_{r0,max}) / 2 = 122,6 \text{ kPa} < m Q'_{fNL} / B'L' = 258,2 \text{ kPa}$$

$$q'_{r0,max} = 178,0 \text{ kPa} < 1,2 (m Q'_{fNL} / B'L') = 309,8 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie piasków gliniastych o  $I_L = 0,70$  zalegającej pod nasypem kontrolowanym i glinami

piaszystymi

Mięszość warstwy glin piaszczystych  $I_L = 0,35$

$h = h_2 = 0,60$  m

$b = 0,15$  m

Wymiary stopy zastępczej

$B'' = B' + b = 2,22$  m

$D''_{min} = D_{min} + h_1 + h_2 = 3,40$  m

$L'' = L' + b = 2,22$  m

$\gamma_f = 1,1$

$N''_r = N'_r + B'' L'' (h_1 + h_2) \rho_D^{(n)} 10 \gamma_f = 739,64$  kN

$$e''_B = \frac{N'_r e'_B + T_B (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,07 \text{ m} < B''/6 = 0,369 \text{ m} \quad \bar{B}'' = B'' - 2e''_B = 2,08 \text{ m}$$

$$e''_L = \frac{N'_r e'_L + T_L (h_1 + h_2)}{N''_r} = 0,15 \text{ m} < L''/6 = 0,369 \text{ m} \quad \bar{L}'' = L'' - 2e''_L = 1,92 \text{ m}$$

$$\text{tg } \delta_B = \frac{T_B}{N''_r} = 0,0061$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$\frac{\text{tg } \delta_B}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,0551 \Rightarrow$$

$i_{B,B} = 0,95$

$i_{D,B} = 0,95$

$i_{C,B} = 0,95$

$$\text{tg } \delta_L = \frac{T_L}{N''_r} = 0,0178$$

$$\text{tg } \Phi_u^{(r)} = 0,1104$$

$$\frac{\text{tg } \delta_L}{\text{tg } \Phi_u^{(r)}} = 0,1609 \Rightarrow$$

$i_{B,L} = 0,85$

$i_{D,L} = 0,85$

$i_{C,L} = 0,85$

$$Q_{fNB} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,B} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D''_{min} i_{D,B} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{B}'' i_{B,B} \right] = 1249,1 \text{ kN}$$

$$N''_r = 739,64 \text{ kN} < m Q_{fNB} = 1011,7 \text{ kN}$$

$$Q_{fNL} = \bar{B}'' \bar{L}'' \left[ \left( 1 + 0,3 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_C c_u^{(r)} i_{C,L} + \left( 1 + 1,5 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_D \rho_D^{(r)} g D''_{min} i_{D,L} + \left( 1 - 0,25 \frac{\bar{B}''}{L''} \right) N_B \rho_B^{(r)} g \bar{L}'' i_{B,L} \right] = 1117,1 \text{ kN}$$

$$N''_r = 739,64 \text{ kN} < m Q_{fNL} = 904,9 \text{ kN}$$

Sprawdzenie naprężeń

$$q''_{r0,min} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 - \frac{6e''_L}{L''} \right) = 91,1 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = \frac{N''_r}{B'' L''} \left( 1 + \frac{6e''_L}{L''} \right) = 210,0 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,sr} = (q''_{r0,min} + q''_{r0,max}) / 2 = 150,5 \text{ kPa} < m Q_{fNL} / B'' L'' = 184,2 \text{ kPa}$$

$$q''_{r0,max} = 210,0 \text{ kPa} < 1,2 (m Q_{fNL} / B'' L'') = 221,0 \text{ kPa}$$

warunki normowe spełnione

Sprawdzenie glin o  $I_L = 0,15$  pominięto z uwagi na fakt, iż ta warstwa jest mocniejsza od warstwy zalegającej na niej.

Zbrojenie poprzeczne stopy

$$a = 0,5(L - 0,60) = 0,50 \text{ m}$$

$$q_{r0,kr} = \frac{(L - a)(q_{r0,max} - q_{r0,min})}{L} + q_{r0,min} = 196,8 \text{ kPa}$$

$$M = \frac{a^2}{6} (2q_{r0,max} + q_{r0,kr}) = 29,43 \text{ kNm/m}$$

Parametry zastosowanych materiałów i przekroju

Beton B-25  $f_{cd} = 13,3$  MPa

wysokość przekroju  $h = 0,40$  m

$f_{ctd} = 1$  MPa

szerokość przekroju  $b = 1,00$  m

Stal A-III 34GS  $f_{yd} = 350$  MPa

średnica zbrojenia  $\phi = 12$  mm

otulenie zbrojenia  $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 60$  mm

Klasa ekspozycji

$a_1$  i  $a_2 = 66$  mm

$c_{min} = 50$  mm

użyteczna wysokość przekroju  $d = 0,334$  m

$\Delta c = 10$  mm

$$\mu_{eff} = \frac{M_{sd}}{bd^2 f_{cd}} = 0,020 \Rightarrow$$

$$\xi_{eff} = 1 - \sqrt{1 - 2\mu_{eff}} = 0,020$$

$$\zeta_{eff} = 1 - 0,5 \xi_{eff} = 0,990 \Rightarrow$$

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta_{eff} d f_{yd}} = 2,543 \text{ cm}^2$$

przyjęto  $\phi = 12$  mm

co 23 cm

o  $A_{s1,prov} = 4,917 \text{ cm}^2$

Ostatecznie jako zbrojenie poprzeczne stopy przyjęto siatkę z prętów  $\phi 12$  ze stali A-III 34GS



o oczkach 23cm.

**Przebiecie stopy**

Wysokość efektywna stopy  $d = 0,334 \text{ m}$   
Słupek wysokość przekroju  $h_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$   
szerokość przekroju  $b_s = b_1 = 0,60 \text{ m}$

$$b_2 = d + h_s + d = 1,268 \text{ m} < B = 1,60 \text{ m}$$
$$b_m = (b_1 + b_2) / 2 = 0,934 \text{ m} \quad h_A = 0,5(L - h_s) - d = 0,166 \text{ m}$$

Pole powierzchni "przebiecia"  $A = h_A B = 0,266 \text{ m}^2$

$$N = q_{r0,max} A = 67,65 \text{ kN} < N_{Rd} = f_{ctd} b_m d = 311,96 \text{ kN}$$

Warunek normowy spełniony

**Poz. Z5.10 Ława spinająca**

Konstrukcyjnie przyjęto ławę spinającą o przekroju 40x40cm z betonu B-25 zbrojoną prętami podłużnymi 4 $\phi$ 16mm ze stali A-III 34GS oraz strzemionami  $\phi$ 6mm ze stali A-0 StOS w rozstawie co 30cm.

