

**OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE  
DO PROJEKTU BUDOWLANEGO**

**POZ.1.0. DACH**

Projektuje się dach płaski, jednospadowy o pochyleniu połaci 9 stopni pokrycie dachu płyty warstwowe. Obciążenie od pokrycia dachu przenoszą płatwie stalowe oparte na dźwigarach dachowych w rozstawie  $a_{max}=2,92m$ .

| RODZAJ OBCIĄŻENIA      | $g_{char}$ | $\psi_f$ | $g_{obl}$ |
|------------------------|------------|----------|-----------|
| Płyta warstwowa 100/80 | 0,103      | 1,20     | 0,12      |
| RAZEM                  | 0,103      | 1,20     | 0,12      |

**Obciążenia wiatrem**

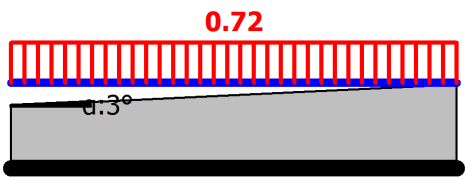
**Obciążenia śniegiem**

Typ: Obciążenia śniegiem

Opis: Dachy jedno i dwuspadowe, Obciążenie dachu

Współczynniki normowe:  $+ \gamma = 1.50$ ;  $\psi_d = 1.00$

Schemat



### Parametry obciążenia

Strefa obciążenia śniegiem: 2

Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu:  $Q_k = 0.9 \text{ kN/m}^2$

Współczynnik kształtu dachu:  $C = C_1 = 0.8$

### Obciążenie charakterystyczne

Wartość obciążenia charakterystycznego:  $S_k = Q_k \cdot C = 0.9 \cdot 0.8 = 0.72 \text{ kN/m}^2$

**Do dalszych obliczeń przyjęto:  $0.72 \text{ kN/m}^2$  (Zalecana)**

## **POZ. 1.1. PŁATWIE DACHOWE**

Przyjęto płatwie dachowe z rury kwadratowej. Stal S235.

### **ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ**

\* Ciężar płyty warstwowej

$$g_p = 0,10 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,20 = 0,12 \text{ kN/m}^2$$

\*Obc. zastępcze od instalacji

$$g_i = 0,10 \cdot 1,40 = 0,14 \text{ kN/m}^2$$

\* Śnieg

$$S = 0,72 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,50 = 1,08 \text{ kN/m}^2$$

$$g_{ch} = 0,10 + 0,10 + 0,72 = 0,92 \text{ kN/m}^2$$

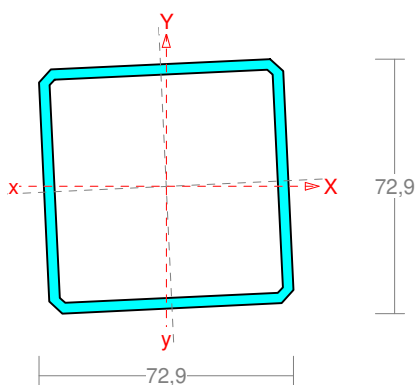
$$g_{obl} = 0,12 + 0,14 + 1,08 = 1,34 \text{ kN/m}^2$$

Szerokość pasma, z którego zbieramy obciążenie – 2,5m

## **Pręt nr 1**

Zadanie: platew

Przekrój: H 70x 70x 3.0~



Wymiary przekroju:

$$h=70,0 \quad s=70,0 \quad g=3,0 \quad t=3,0 \quad r=3,0.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_x=56,0$   $J_y=56,0$   $A=7,63$   $i_x=2,7$   $i_y=2,7$ .

Materiał: **St3SX, St3SY, St3S, St3V, St3W**. Wytrzymałość  **$f_d=215$  MPa** dla  **$g=3,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

### Siły przekrojowe:

$x_a = 3,250$ ;  $x_b = 0,000$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

**$M_x = 3,1$  kNm,  $V_y = -5,7$  kN,  $N = 0,0$  kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 200,5$  MPa  $\sigma_c = -200,5$  MPa.

### Naprężenia:

$x_a = 3,250$ ;  $x_b = 0,000$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 200,5$  MPa  $\sigma_c = -200,5$  MPa.

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = 0,0$   $\Delta\sigma = 200,5$  MPa  $\psi_{oc} = 1,000$
- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 4,2$  cm<sup>2</sup>  $\tau = 13,6$  MPa  $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 0,0 / 1,000 + 200,5 = 200,5 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 13,6 / 1,000 = 13,6 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{201,0^2 + 3 \times 13,6^2} = 202,4 < 215 \text{ MPa}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 0,333 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,772 \quad \text{dla } l_0 = 3,250$$
$$l_w = 0,772 \times 3,250 = 2,509 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,250$$
$$l_w = 1,000 \times 3,250 = 3,250 \text{ m}$$

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 56,0}{2,509^2} 10^{-2} = 180,1 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 56,0}{3,250^2} 10^{-2} = 107,4 \text{ kN}$$

**Nośność przekroju na zginanie:**

$x_a = 3,250$ ;  $x_b = 0,000$ .

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 15,4 \times 215 \times 10^{-3} = 3,3 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{3,1}{1,000 \times 3,3} = 0,933 < 1$$

**Nośność przekroju na ścinanie:**

$x_a = 3,250$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 4,0 \times 215 \times 10^{-1} = 50,1 \text{ kN}$$

$$V_O = 0,3 V_R = 15,0 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 5,7 < 50,1 = V_R$$

**Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:**

$x_a = 3,250$ ;  $x_b = 0,000$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 5,7 < 15,0 = V_O$

$$M_{R,V} = M_R = 3,3 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{3,1}{3,3} = 0,933 < 1$$

**Stan graniczny użytkowania:**

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 13,7 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3250 / 200 = 16,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 13,7 < 16,3 = a_{\text{gr}}$$

## POZ. 2.0. RAMA STALOWA

Projektuje się stalową ramę obciążoną płytami dachowymi. Rozstaw max. 2,92m. Stal S235.

## POZ. 2.1. DŹWIGAR

Przekrój: H 140x140x5.0

### Siły przekrojowe:

$$x_a = 4,676; \quad x_b = 0,000.$$

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$$M_x = 7,7 \text{ kNm}, \quad V_y = -5,3 \text{ kN}, \quad N = 0,4 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 117,2 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -116,7 \text{ MPa}$ .

### Stateczność lokalna.

$$x_a = 4,676; \quad x_b = 0,000.$$

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki  $a = 4675,7 \text{ mm}$ .

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

$$\sigma_c / \varphi_p f_d = 0,543 < 1$$

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

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

$$\text{- dla zginana względem osi X:} \quad \psi_x = \varphi_p = 1,000$$

### Naprężenia:

$$x_a = 4,676; \quad x_b = 0,000.$$

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 117,2 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -116,7 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

$$\text{- normalne:} \quad \sigma = 0,2 \quad \Delta\sigma = 117,0 \text{ MPa} \quad \psi_{ot} = 1,000$$

$$\text{- ścinanie wzdłuż osi Y:} \quad A_v = 9,6 \text{ cm}^2 \quad \tau = 5,5 \text{ MPa} \quad \psi_{ov} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 0,2 / 1,000 + 117,0 = 117,2 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 5,5 / 1,000 = 5,5 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{117,2^2 + 3 \times 5,5^2} = 117,6 < 215 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 4,676$ .

Siała osiowa:  $N = 0,9 \text{ kN}$ .

Pole powierzchni przekroju:  $A = 17,86 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 17,86 \times 215 \times 10^{-1} = 384,0 \text{ kN}$ .

Warunek nośności (31):

$$N = 0,9 < 384,0 = N_{Rt}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 0,369 \quad \chi_2 = 0,356 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 0,620 \quad \text{dla } l_o = 4,676$$
$$l_w = 0,620 \times 4,676 = 2,899 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 4,676$$
$$l_w = 1,000 \times 4,676 = 4,676 \text{ m}$$

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 392,7}{2,899^2} 10^{-2} = 945,5 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 392,7}{4,676^2} 10^{-2} = 363,4 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 4,676$ ;  $x_b = 0,000$ .

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 65,5 \times 215 \times 10^{-3} = 14,1 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{0,4}{384,0} + \frac{7,7}{1,000 \times 14,1} = 0,545 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 4,676$ ;  $x_b = 0,000$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 9,3 \times 215 \times 10^{-1} = 115,7 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 34,7 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 5,3 < 115,7 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 4,676$ ;  $x_b = 0,000$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 5,3 < 34,7 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 14,1 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{0,4}{384,0} + \frac{7,7}{14,1} = 0,545 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 4,676$ ,  $x_b = 0,000$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 5,3 < 115,7 = 115,7 \times \sqrt{1 - (0,4 / 384,0)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rt})^2} = V_{R,N}$$

### Nośność środka pod obciążeniem skupionym:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 4,676$ .

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego  $c = 0,0$  mm. Dodatkowo przyjęto usztywnienie środka o rozstawie  $a_1 = 4675,7$  mm.

$$k_c = \left( 15 + 25 \frac{c_o}{h_w} \right) \sqrt{\frac{t_f}{t_w} \frac{215}{f_d}} = \left( 15 + 25 \times \frac{8,0}{120,0} \right) \times \sqrt{\frac{4,0 \times 215}{4,0 \times 215}} = 16,667$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 8,0 / 4,0 = 2,000$$

Przyjęto  $k_c = 2,000$

Warunek dodatkowy:

$$k_c \leq 20 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 20 \times \sqrt{\frac{215}{215}} = 20,000$$

Siła może zmieniać położenie na przęcie.

Naprężenia ściskające w środku wynoszą  $\sigma_c = 65,9$  MPa. Współczynnik redukcji nośności wynosi:

$$\eta_c = 1,000$$

Nośność środka na siłę skupioną:

$$P_{R,c} = k_c t_w^2 \eta_c f_d = 2,000 \times (4,0)^2 \times 1,000 \times 215 \times 10^{-3} = 6,9 \text{ kN}$$

Warunek nośności środka:

$$P = 0,0 < 6,9 = P_{R,c}$$

### Złożony stan środka

$x_a = 4,676$ ;  $x_b = 0,000$ .

Siły przekrojowe przypadające na środek i nośności środka:

$$\begin{array}{llll} N_w & = 0,1 & N_{Rw} & = 103,2 \quad \text{kN} \\ M_w & = 1,1 & M_{Rw} & = 2,1 \quad \text{kNm} \\ V & = -5,3 & V_R & = 115,7 \quad \text{kN} \\ P & = 0,0 & P_{Rc} & = 6,7 \quad \text{kN} \end{array}$$

Przyjęto, że zastosowane zostaną żebra w miejscu występowania siły skupionej ( $P = 0$ ).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi:  $\varphi_p = 1,000$ .

Warunek nośności środka:

$$\begin{aligned} & \left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \varphi_p \left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left( \frac{V}{V_R} \right)^2 = \\ & \left( \frac{0,1}{103,2} + \frac{1,1}{2,1} + \frac{0,0}{6,7} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left( \frac{0,1}{103,2} + \frac{1,1}{2,1} \right) \frac{0,0}{6,7} + \left( \frac{5,3}{115,7} \right)^2 = 0,299 < 1 \end{aligned}$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 6,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 350 = 4676 / 350 = 13,4 \text{ mm}$$

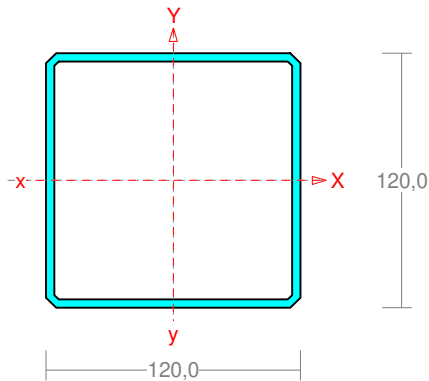
$$a_{\max} = 6,4 < 13,4 = a_{\text{gr}}$$



## POZ. 2.2. SŁUP

### Pręt nr 2

Przekrój: H 120x120x4.0~



Wymiary przekroju:

$h=120,0$   $s=120,0$   $g=4,0$   $t=4,0$   $r=4,0$ .

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=392,7$   $J_{yg}=392,7$   $A=17,86$   $i_x=4,7$   $i_y=4,7$ .

Materiał: **St3SX,St3SY,St3S,St3V,St3W**. Wytrzymałość  **$f_d=215$  MPa** dla  **$g=4,0$** .

### Siły przekrojowe:

$x_a = 3,395$ ;  $x_b = 0,485$ .

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **ABC**

$M_x = -7,8$  kNm,  $V_y = 0,1$  kN,  $N = -7,8$  kN,

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 114,6$  MPa  $\sigma_c = -123,3$  MPa.

### Stateczność lokalna.

$x_a = 3,395$ ;  $x_b = 0,485$ .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **4**.

Rozstaw poprzecznych usztywnień ścianki  $a = 3880,0$  mm.

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

$$\sigma_c / \varphi_p f_d = 0,574 < 1$$

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

Współczynniki redukcji nośności przekroju:

- dla zginania względem osi X:  $\psi_x = \varphi_p = 1,000$

- dla ściskania:  $\psi_o = \varphi_p = 1,000$

### Naprężenia:

$x_a = 3,395$ ;  $x_b = 0,485$ .

Naprężenia w skrajnych włóknach:  $\sigma_t = 114,6 \text{ MPa}$   $\sigma_c = -123,3 \text{ MPa}$ .

Naprężenia:

- normalne:  $\sigma = -4,4$   $\Delta\sigma = 119,0 \text{ MPa}$   $\psi_{oc} = 1,000$
- ścinanie wzdłuż osi Y:  $A_v = 9,6 \text{ cm}^2$   $\tau = 0,1 \text{ MPa}$   $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 4,4 / 1,000 + 119,0 = 123,3 < 215 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 0,1 / 1,000 = 0,1 < 124,7 = 0,58 \times 215 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3\tau_e^2} = \sqrt{123,3^2 + 3 \times 0,1^2} = 123,3 < 215 \text{ MPa}$$

### Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,880$ .

Siała osiowa:  $N = -8,3 \text{ kN}$ .

Pole powierzchni przekroju:  $A = 17,86 \text{ cm}^2$ .

Nośność przekroju na rozciąganie:  $N_{Rt} = A f_d = 17,86 \times 215 \times 10^{-1} = 384,0 \text{ kN}$ .

Warunek nośności (31):

$$N = 8,3 < 384,0 = N_{Rt}$$

### Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 0,546 \quad \text{węzły przesuwne} \Rightarrow \mu = 2,577 \quad \text{dla } l_o = 3,880$$
$$l_w = 2,577 \times 3,880 = 9,999 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_o = 3,880$$
$$l_w = 1,000 \times 3,880 = 3,880 \text{ m}$$

### Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 392,7}{9,999^2} 10^{-2} = 79,5 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 392,7}{3,880^2} 10^{-2} = 527,8 \text{ kN}$$

### Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,395$ ;  $x_b = 0,485$ .

- względem osi X

$$M_R = \psi W_c f_d = 1,000 \times 65,5 \times 215 \times 10^{-3} = 14,1 \text{ kNm}$$

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

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{7,8}{384,0} + \frac{7,8}{1,000 \times 14,1} = 0,574 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$ ;  $x_b = 3,880$ .

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 \varphi_{pv} A_v f_d = 0,58 \times 1,000 \times 9,3 \times 215 \times 10^{-1} = 115,7 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 34,7 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 4,5 < 115,7 = V_R$$

### Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 3,395$ ;  $x_b = 0,485$ .

- dla zginania względem osi X:  $V_y = 0,1 < 34,7 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 14,1 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{7,8}{384,0} + \frac{7,8}{14,1} = 0,574 < 1$$

### Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 3,395$ ;  $x_b = 0,485$ .

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,1 < 115,7 = 115,7 \times \sqrt{1 - (7,8 / 384,0)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rc})^2} = V_{R,N}$$

### Złożony stan środnika

$x_a = 3,395$ ;  $x_b = 0,485$ .

Siły przekrojowe przypadające na środnik i nośności środnika:

|       |           |          |           |     |
|-------|-----------|----------|-----------|-----|
| $N_w$ | $= -57,3$ | $N_{Rw}$ | $= 103,2$ | kN  |
| $M_w$ | $= 0,0$   | $M_{Rw}$ | $= 2,1$   | kNm |
| $V$   | $= 0,0$   | $V_R$    | $= 115,7$ | kN  |
| $P$   | $= 0,0$   | $P_{Rc}$ | $= 6,7$   | kN  |

Przyjęto, że zastosowane zostaną żebra w miejscu występowania siły skupionej ( $P = 0$ ).

Współczynnik niestateczności ścianki wynosi:  $\varphi_p = 1,000$ .

Warunek nośności środka:

$$\left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} + \frac{P}{P_{Rc}} \right)^2 - 3 \varphi_p \left( \frac{N_w}{N_{Rw}} + \frac{M_w}{M_{Rw}} \right) \frac{P}{P_{Rc}} + \left( \frac{V}{V_R} \right)^2 =$$
$$\left( \frac{57,3}{103,2} + \frac{0,0}{2,1} + \frac{0,0}{6,7} \right)^2 - 3 \times 1,000 \times \left( \frac{57,3}{103,2} + \frac{0,0}{2,1} \right) \frac{0,0}{6,7} + \left( \frac{0,0}{115,7} \right)^2 = 0,308 < 1$$

### Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

$$a_{\max} = 9,5 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3880 / 200 = 19,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 9,5 < 19,4 = a_{\text{gr}}$$

## POZ. 3.0. STĘŻENIA

### POZ. 3.1. STĘŻENIA POŁACIOWE

W celu zapewnienia stateczności dźwigarów projektuje się stężenia połaciowe między dźwigarami. Przyjęto skratowanie z pręta Ø12. Stal St3S.

### POZ. 3.2. STĘŻENIA ŚCIENNE

W celu zapewnienia stateczności słupów projektuje się stężenia ścienne między słupami między. Przyjęto skratowanie z pręta Ø12. Stal St3S.

### POZ. 3.3. STĘŻENIA PODŁUŻNE ŚCIENNE

W celu zapewnienia stateczności słupów projektuje się stężenia ścienne między słupami. Przyjęto z rury kwadratowej RK70x70x3. Stal St3S.

## POZ. 4.0. FUNDAMENTY-PŁYTA ZELBETOWA