

PODSTAWOWE WYNIKI OBLICZEŃ

HALA STALOWA:

Dane materiałowe:

Stal: **St3**

→ $f_d = 215 \text{ MPa}$, $\lambda_p = 84,0$

Obciążenia (wartości charakterystyczne i obliczeniowe):

- pokrycie dachu (warstwy projektowane):	$g_k = 2,480 \text{ kN/m}^2$	$g_o = 2,950 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie śniegiem (II. strefa obc.):	$s_{kl} = 0,720 \text{ kN/m}^2$	$s_{ol} = 1,080 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie wiatrem A (I. strefa obc.):	$g_k = -0,360 \text{ kN/m}^2$	$g_o = -0,540 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie wiatrem B (I. strefa obc.):	$g_k = -0,160 \text{ kN/m}^2$	$g_o = -0,240 \text{ kN/m}^2$
- uwzględniono ciężar własny elementów konstrukcyjnych		

Platew

Przekrój złożony: **I 100 + C 100** (wg PN-91/H-93407)

Cechy geometryczne przekroju

$A_v = 11,31/4,50 \text{ cm}^2$, $m = 18,92 \text{ kg/m}$
 $J_x = 290,84/171 \text{ cm}^4$, $J_y = 218,20/12,2 \text{ cm}^4$, $W_x = 89,01/34,2 \text{ cm}^3$

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: $M_R = 20,72 \text{ kNm}$
- ścinanie: $V_R = 141,05 \text{ kN}$

Nośność na zginanie

Współczynnik zwężenia $\varphi_L = 1,000$
Moment maksymalny $M_{\max} = 11,09 \text{ kNm}$
(52) $M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,535 < 1$

Nośność na ścinanie

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -13,45 \text{ kN}$
(53) $V_{\max} / V_R = 0,095 < 1$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)13,45 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 84,63 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 18,34 \text{ mm}$
Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 150 = 22,00 \text{ mm}$
 $f_{k,\max} = 18,34 \text{ mm} > f_{gr} = 22,00 \text{ mm}$ (83,3%)

Warunki nośności spełnione.

Słup ramy

Przekrój: **I 180** (wg PN-91/H-93407)

Cechy geometryczne przekroju

$A = 27,90 \text{ cm}^2$, $A_{vy} = 12,42 \text{ cm}^2$, $A_{vx} = 17,06 \text{ cm}^2$
 $J_x = 1450 \text{ cm}^4$, $J_y = 81,30 \text{ cm}^4$
 $W_x = 161,0 \text{ cm}^3$, $W_y = 19,80 \text{ cm}^3$

Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$N_{Rc} = 599,9 \text{ kN}$ (klasa: 1, $\psi = 1,000$)

• wyboczenie giętnie względem osi x-x

$l_{ex} = 4,00 \text{ m}$, $\lambda_x = 55,6$, $\bar{\lambda}_x = \lambda_x/\lambda_p = 0,661$ wg "a" $\rightarrow \varphi_x = 0,916$

$\varphi_x \cdot N_{Rc} = 549,6 \text{ kN}$

• wyboczenie giętnie względem osi y-y

$l_{ey} = 0,00 \text{ m} \rightarrow \varphi_y = 1,000$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$M_{Rx} = 37,37 \text{ kNm}$

$M_{Ry} = 5,321 \text{ kNm}$

pominięto zwichrzenie elementu $\rightarrow \varphi_L = 1,000$

Nośność obliczeniowa przy ścinaniu

$V_{Ry} = 154,9 \text{ kN}$ (klasa: 1, $\varphi_{pvy} = 1,000$)

$V_{Rx} = 212,7 \text{ kN}$ (klasa: 1, $\varphi_{pvx} = 1,000$)

Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem

$V_y = 10,66 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,6 \cdot V_{R,y} = 92,93 \text{ kN} \rightarrow M_{R_{x,v}} = M_{R_x}$

$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 63,81 \text{ kN} \rightarrow M_{R_{y,v}} = M_{R_y}$

Obciążenie elementu

$N = 127,0 \text{ kN}$, $M_x = 41,05 \text{ kNm}$, $V_y = 10,66 \text{ kN}$

Warunki nośności elementu

(57) $\Delta_x = 0,117 > 0,1 \rightarrow \Delta_x = 0,1$; założono $\beta_x = 1,0$

(58) $N / (\varphi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / M_{R_{x,v}} + \Delta_x = 0,231 + 1,099 + 0,100 = 1,430 > 1$ (!!!)

(39) $N / (\varphi_y \cdot N_{Rc}) = 0,212 < 1$

(55) $N / N_{Rc} + M_x / M_{R_{x,v}} = 0,212 + 1,099 = 1,310 > 1$ (!!!)

(53) $V_y / V_{Ry} = 0,069 < 1$

(56) $V_y = 10,66 \text{ kN} < V_{R_{y,N}} = V_{R_y} \cdot \text{pierw}(1 - (N/N_{Rc})^2) = 151,4 \text{ kN}$ (7,0%)

Warunki nośności niespełnione. Element do wzmocnienia.

Rygiel ramy (profil pełnościenny)

Przekrój: **I 300** (wg PN-91/H-93407)

Cechy geometryczne przekroju

$A = 69,00 \text{ cm}^2$, $A_{vy} = 32,40 \text{ cm}^2$, $A_{vx} = 40,50 \text{ cm}^2$

$J_x = 9800 \text{ cm}^4$, $J_y = 451,0 \text{ cm}^4$

$W_x = 653,0 \text{ cm}^3$, $W_y = 72,20 \text{ cm}^3$

Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu

$N_{Rt} = 1415 \text{ kN}$

Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$N_{Rc} = 1415 \text{ kN}$ (klasa: 1, $\psi = 1,000$)

• wyboczenie giętnie względem osi x-x

$l_{ex} = 0,60 \text{ m}$, $\lambda_x = 5,0$, $\bar{\lambda}_x = \lambda_x/\lambda_p = 0,059$ wg "a" $\rightarrow \varphi_x = 1,000$

$\varphi_x \cdot N_{Rc} = 1414 \text{ kN}$

• wyboczenie giętnie względem osi y-y

$l_{ey} = 0,60 \text{ m}$, $\lambda_y = 23,4$, $\bar{\lambda}_y = \lambda_y/\lambda_p = 0,272$ wg "b" $\rightarrow \varphi_y = 0,990$

$\varphi_y \cdot N_{Rc} = 1401 \text{ kN}$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$$M_{Rx} = 145,0 \text{ kNm}$$

$$M_{Ry} = 18,50 \text{ kNm}$$

pominięto zwichrzenie elementu $\rightarrow \varphi_L = 1,000$

Nośność obliczeniowa przy ścinaniu

$$V_{Ry} = 385,2 \text{ kN (klasa: 1, } \varphi_{pvy} = 1,000)$$

$$V_{Rx} = 481,5 \text{ kN (klasa: 1, } \varphi_{pvx} = 1,000)$$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem

$$V_y = 52,25 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,6 \cdot V_{R,y} = 231,1 \text{ kN} \rightarrow M_{R_{x,v}} = M_{R_x}$$

$$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 144,5 \text{ kN} \rightarrow M_{R_{y,v}} = M_{R_y}$$

Obciążenie elementu

$$N = 297,8 \text{ kN, } M_x = 65,20 \text{ kNm, } V_y = 52,25 \text{ kN}$$

Warunki nośności elementu

$$(57) \Delta_x = 0,000; \text{ założono } \beta_x = 1,0$$

$$(58) N / (\varphi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / M_{R_x} + \Delta_x = 0,211 + 0,450 + 0,000 = 0,661 < 1$$

$$(39) N / (\varphi_y \cdot N_{Rc}) = 0,213 < 1$$

$$(55) N / N_{Rc} + M_x / M_{R_{x,v}} = 0,211 + 0,450 = 0,660 < 1$$

$$(53) V_y / V_{R_y} = 0,136 < 1$$

$$(56) V_y = 52,25 \text{ kN} < V_{R_{y,N}} = V_{R_y} \cdot \text{pierz}(1 - (N/N_{Rc})^2) = 376,6 \text{ kN} \quad (13,9\%)$$

Warunki nośności spełnione.

Rygiel ramy (belka kratowa) – pas dolny

Stwierdzono przekroczone warunki nośności na odcinkach po 80cm od połączeń z profilami pełnościennym. W wynikach obliczeń przedstawiono obliczenia w miejscu największych naprężeń.

Przekrój: **TB 100x50** (wg PN-91/H-93406)

Cechy geometryczne przekroju

$$A = 12,00 \text{ cm}^2, A_{vy} = 5,610 \text{ cm}^2$$

$$J_x = 18,70 \text{ cm}^4, J_y = 67,70 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 4,780 \text{ cm}^3, W_y = 13,50 \text{ cm}^3$$

Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$$N_{Rc} = 258,0 \text{ kN (klasa: 1, } \psi = 1,000)$$

• wyboczenie giętkie względem osi x-x

$$l_{ex} = 0,50 \text{ m, } \lambda_x = 40,0, \lambda_x = \lambda_x / \lambda_p = 0,476 \text{ wg "c"} \rightarrow \varphi_x = 0,878$$

$$\varphi_x \cdot N_{Rc} = 226,6 \text{ kN}$$

• wyboczenie giętkie względem osi y-y

$$l_{ey} = 0,50 \text{ m, } \lambda_y = 21,0, \lambda_y = \lambda_y / \lambda_p = 0,250 \text{ wg "c"} \rightarrow \varphi_y = 0,971$$

$$\varphi_y \cdot N_{Rc} = 250,5 \text{ kN}$$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$$M_{Rx} = 1,028 \text{ kNm}$$

$$M_{Ry} = 2,902 \text{ kNm}$$

pominięto zwichrzenie elementu $\rightarrow \varphi_L = 1,000$

Nośność obliczeniowa przy ścinaniu

$$V_{Ry} = 53,00 \text{ kN (klasa: 1, } \varphi_{pvy} = 1,000)$$

$$V_{Rx} = 106,0 \text{ kN (klasa: 1, } \varphi_{pvx} = 1,000)$$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem

$$V_y = 1,200 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,3 \cdot V_{R,y} = 15,90 \text{ kN} \rightarrow M_{R_x,V} = M_{R_x}$$

$$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 31,80 \text{ kN} \rightarrow M_{R_y,V} = M_{R_y}$$

Obciążenie elementu

$$N = 287,5 \text{ kN}, \quad M_x = 0,320 \text{ kNm}, \quad V_y = 1,200 \text{ kN}$$

Warunki nośności elementu

$$(57) \quad \Delta_x = 0,086; \quad \text{założono } \beta_x = 1,0$$

$$(58) \quad N / (\varphi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / M_{R_x} + \Delta_x = 1,269 + 0,311 + 0,086 = 1,666 > 1 \quad (!!!)$$

$$(39) \quad N / (\varphi_y \cdot N_{Rc}) = 1,148 > 1 \quad (!!!)$$

$$(55) \quad N / N_{Rc} + M_x / M_{R_x,V} = 1,114 + 0,311 = 1,426 > 1 \quad (!!!)$$

$$(53) \quad V_y / V_{R_y} = 0,023 < 1$$

Warunki nośności niespełnione. Element do wzmocnienia.

Rygiel ramy (belka kratowa) – pas górny

Stwierdzono przekroczone warunki nośności na odcinku 380cm w środku rozpiętości belki. W wynikach obliczeń przedstawiono obliczenia w miejscu największych naprężeń.

Przekrój: **TB 100x50** (wg PN-91/H-93406)

Cechy geometryczne przekroju

$$A = 12,00 \text{ cm}^2, \quad A_{vy} = 5,610 \text{ cm}^2$$

$$J_x = 18,70 \text{ cm}^4, \quad J_y = 67,70 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 4,780 \text{ cm}^3, \quad W_y = 13,50 \text{ cm}^3$$

Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$$N_{Rc} = 258,0 \text{ kN} \quad (\text{klasa: 1, } \psi = 1,000)$$

• wyboczenie gięte względem osi x-x

$$l_{ex} = 0,50 \text{ m}, \quad \lambda_x = 40,0, \quad \bar{\lambda}_x = \lambda_x / \lambda_p = 0,476 \quad \text{wg "c"} \rightarrow \varphi_x = 0,878$$

$$\varphi_x \cdot N_{Rc} = 226,6 \text{ kN}$$

• wyboczenie gięte względem osi y-y

$$l_{ey} = 0,50 \text{ m}, \quad \lambda_y = 21,0, \quad \bar{\lambda}_y = \lambda_y / \lambda_p = 0,250 \quad \text{wg "c"} \rightarrow \varphi_y = 0,971$$

$$\varphi_y \cdot N_{Rc} = 250,5 \text{ kN}$$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$$M_{R_x} = 1,028 \text{ kNm}$$

$$M_{R_y} = 2,902 \text{ kNm}$$

pominięto zwichrzenie elementu $\rightarrow \varphi_L = 1,000$

Nośność obliczeniowa przy ścinaniu

$$V_{R_y} = 53,00 \text{ kN} \quad (\text{klasa: 1, } \varphi_{pv_y} = 1,000)$$

$$V_{R_x} = 106,0 \text{ kN} \quad (\text{klasa: 1, } \varphi_{pv_x} = 1,000)$$

Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem

$$V_y = 0,840 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,3 \cdot V_{R,y} = 15,90 \text{ kN} \rightarrow M_{R_x,V} = M_{R_x}$$

$$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 31,80 \text{ kN} \rightarrow M_{R_y,V} = M_{R_y}$$

Obciążenie elementu

$$N = 272,4 \text{ kN}, \quad M_x = 0,670 \text{ kNm}, \quad V_y = 0,840 \text{ kN}$$

Warunki nośności elementu

$$(57) \Delta_x = 0,171 > 0,1 \rightarrow \Delta_x = 0,1; \text{ założono } \beta_x = 1,0$$

$$(58) N / (\varphi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / M_{Rx} + \Delta_x = 1,202 + 0,652 + 0,100 = 1,954 > 1 \quad (!!!)$$

$$(39) N / (\varphi_y \cdot N_{Rc}) = 1,087 > 1 \quad (!!!)$$

$$(55) N / N_{Rc} + M_x / M_{Rx,V} = 1,056 + 0,652 = 1,708 > 1 \quad (!!!)$$

$$(53) V_y / V_{Ry} = 0,016 < 1$$

Warunki nośności niespełnione. Element do wzmocnienia.

Rygiel ramy (belka kratowa) – krzyżulce

Stwierdzono przekroczone warunki nośności krzyżulców na odcinkach po 140cm od połączeń z profilami pełnościnnym. W wynikach obliczeń przedstawiono obliczenia w miejscu największych naprężeń.

Przekrój: **Pręt okrągły ϕ 18**

Cechy geometryczne przekroju

$$A = 2,540 \text{ cm}^2$$

$$J = 0,515 \text{ cm}^4$$

$$W = 0,573 \text{ cm}^3$$

$$i = 0,450 \text{ cm}$$

Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$$N_{Rc} = 52,07 \text{ kN (klasa: 1, } \psi = 1,000)$$

• wyboczenie gięte względem osi x-x

$$l_{ex} = 0,30 \text{ m, } \lambda_x = 66,7, \quad \bar{\lambda}_x = \lambda_x / \lambda_p = 0,775 \text{ wg "c" } \rightarrow \varphi_x = 0,697$$

$$\varphi_x \cdot N_{Rc} = 36,29 \text{ kN}$$

• wyboczenie gięte względem osi y-y

$$l_{ey} = 0,30 \text{ m, } \lambda_y = 66,7, \quad \bar{\lambda}_y = \lambda_y / \lambda_p = 0,775 \text{ wg "c" } \rightarrow \varphi_y = 0,697$$

$$\varphi_y \cdot N_{Rc} = 36,29 \text{ kN}$$

Obciążenie elementu

$$N = 68,71 \text{ kN}$$

Warunki nośności elementu

$$\varphi = \min(\varphi_x, \varphi_y) = 0,697$$

$$(39) N / (\varphi \cdot N_{Rc}) = 1,893 > 1 \quad (!!!)$$

Warunki nośności niespełnione. Element do wzmocnienia.