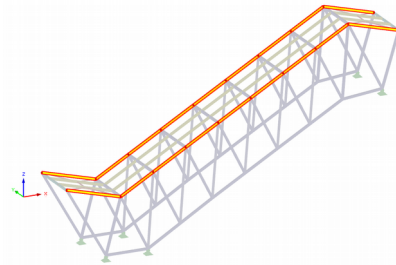


- ZAŁĄCZNIK 2 -

OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE

Płatwie zewnętrzne [RP 140x120x4]
zaznaczono na **kolor czerwony**



Stal **S235JR** $f_d = 235 \text{ MPa}$ $E = 205,0 \text{ GPa}$ $G = 80,0 \text{ GPa}$

Przekrój **RP 140x120x4**

$h = 140 \text{ mm}$	wysokość przekroju
$b_f = 120 \text{ mm}$	szerokość przekroju
$t_w = 4,0 \text{ mm}$	grubość środnika
$t_f = 4,0 \text{ mm}$	grubość półki
$A = 19,8 \text{ cm}^2$	pole przekroju
$I_x = 578 \text{ cm}^4$	moment bezwładności względem osi "X"
$I_y = 456 \text{ cm}^4$	moment bezwładności względem osi "Y"
$W_x = 82,5 \text{ cm}^3$	wskaźnik wytrzymałości względem osi "X"
$W_y = 76,0 \text{ cm}^3$	wskaźnik wytrzymałości względem osi "Y"
$i_x = 5,4 \text{ cm}$	promień bezwładności względem osi "X"
$i_y = 4,8 \text{ cm}$	promień bezwładności względem osi "Y"
$m = 15,4 \text{ kg}$	masa

Geometria pręta

$L = 310 \text{ cm}$	długość pręta
$L_x = 310 \text{ cm}$	rozstaw usztywnień prostopadłych do pł. XZ
$L_y = 310 \text{ cm}$	rozstaw usztywnień prostopadłych do pł. YZ
$L_z = 310 \text{ cm}$	rozstaw usztywnień przy skręcaniu
$u_x = 1,0$	współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny XZ
$u_y = 1,0$	współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny YZ
$u_w = 1,0$	współczynnik długości wyboczeniowej przy wyboczeniu skrętnym

Obciążenia

$N = 64,0 \text{ kN}$	siła podłużna (znak "-" rozciąganie)
$M_x = 0,1 \text{ kNm}$	moment względem osi "X"
$M_y = 11,8 \text{ kNm}$	moment względem osi "Y"
$V_x = 41,0 \text{ kN}$	siła poprzeczna przenoszona przez środnik
$V_y = 0,3 \text{ kN}$	siła poprzeczna przenoszona przez półki

Współczynnik niestateczności ogólnej

wyboczenie z płaszczyzny XZ:	$\lambda_y = 0,80$	$f_{iy} = 0,780$	} $f_{imin} = 0,780$
wyboczenie z płaszczyzny YZ:	$\lambda_x = 0,71$	$f_{ix} = 0,835$	
zwichrzenie	$\lambda_L = 0,39$	$f_L = 0,996$	

Nośność

nośność przy ścinaniu (kierunek "X")	$V_{Rx} = 143,9 \text{ kN}$	$V_x/V_{Rx} = 0,28$
nośność przy ścinaniu (kierunek "Y")	$V_{Ry} = 122,1 \text{ kN}$	$V_y/V_{Ry} = 0,00$
nośność przy ściskaniu	$N_{rc} = 361,8 \text{ kN}$	$N/N_{rc} = 0,18$
nośność przy zginaniu M_x (bez ścinania)	$M_{Rx} = 19,3 \text{ kNm}$	$M_x/M_{Rx} = 0,01$
nośność przy zginaniu M_y (bez ścinania)	$M_{Ry} = 17,9 \text{ kNm}$	$M_y/M_{Ry} = 0,66$

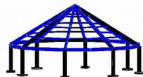
WYŁĘCZENIE:

0,84

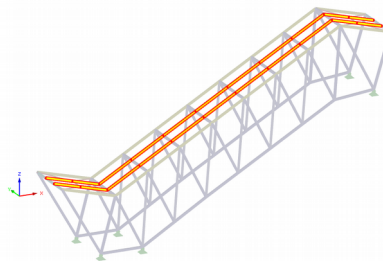
Ugięcia

ugięcia dopuszczalne $f_{dop} = L / 250$ $f_{dop} = 12,4 \text{ mm}$ $> f = 9,7 \text{ mm}$

PRZEKRÓJ PRAWDŁOWY



Płatwie zewnętrzne [RP 140x70x4]
zaznaczono na **kolor czerwony**



Stal **S235JR** $f_d = 235 \text{ MPa}$ $E = 205,0 \text{ GPa}$ $G = 80,0 \text{ GPa}$

Przekrój **RP 140x70x4**

$h = 140 \text{ mm}$	wysokość przekroju
$br = 70 \text{ mm}$	szerokość przekroju
$t_w = 4,0 \text{ mm}$	grubość środnika
$t_f = 4,0 \text{ mm}$	grubość półki
$A = 14,4 \text{ cm}^2$	pole przekroju
$I_x = 366 \text{ cm}^4$	moment bezwładności względem osi "X"
$I_y = 124 \text{ cm}^4$	moment bezwładności względem osi "Y"
$W_x = 52,3 \text{ cm}^3$	wskaźnik wytrzymałości względem osi "X"
$W_y = 35,4 \text{ cm}^3$	wskaźnik wytrzymałości względem osi "Y"
$i_x = 5,0 \text{ cm}$	promień bezwładności względem osi "X"
$i_y = 2,9 \text{ cm}$	promień bezwładności względem osi "Y"
$m = 11,2 \text{ kg}$	masa

Geometria pręta

$L = 310 \text{ cm}$	długość pręta
$L_x = 310 \text{ cm}$	rozstaw usztywnień prostopadłych do pł. XZ
$L_y = 310 \text{ cm}$	rozstaw usztywnień prostopadłych do pł. YZ
$L_z = 310 \text{ cm}$	rozstaw usztywnień przy skręcaniu
$u_x = 1,0$	współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny XZ
$u_y = 1,0$	współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny YZ
$u_w = 1,0$	współczynnik długości wyboczeniowej przy wyboczeniu skrętnym

Obciążenia

$N = 11,8 \text{ kN}$	siła podłużna (znak "-" rozciąganie)
$M_x = 4,0 \text{ kNm}$	moment względem osi "X"
$M_y = 3,0 \text{ kNm}$	moment względem osi "Y"
$V_x = 0,0 \text{ kN}$	siła poprzeczna przenoszona przez środnik
$V_y = 0,3 \text{ kN}$	siła poprzeczna przenoszona przez półki

Współczynnik niestateczności ogólnej

wyboczenie z płaszczyzny XZ:	$\lambda_y = 1,31$	$f_{iy} = 0,468$	} $f_{imin} = 0,468$
wyboczenie z płaszczyzny YZ:	$\lambda_x = 0,76$	$f_{ix} = 0,803$	
zwichrzenie	$\lambda_L = 0,50$	$f_L = 0,988$	

Nośność

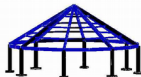
nośność przy ścinaniu (kierunek "X")	$V_{Rx} = 143,9 \text{ kN}$	$V_x/V_{Rx} = 0,00$
nośność przy ścinaniu (kierunek "Y")	$V_{Ry} = 67,6 \text{ kN}$	$V_y/V_{Ry} = 0,00$
nośność przy ściskaniu	$N_{rc} = 158,3 \text{ kN}$	$N/N_{rc} = 0,07$
nośność przy zginaniu M_x (bez ścinania)	$M_{rx} = 12,1 \text{ kNm}$	$M_x/M_{rx} = 0,33$
nośność przy zginaniu M_y (bez ścinania)	$M_{ry} = 8,3 \text{ kNm}$	$M_y/M_{ry} = 0,36$

WYŁĄCZENIE: **0,76**

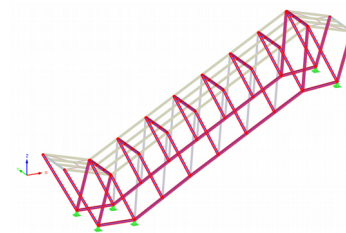
Ugięcie

ugięcie dopuszczalne $f_{dop} = L / 250$ $f_{dop} = 12,4 \text{ mm}$ $> f = 10,0 \text{ mm}$

PRZEKRÓJ PRAWIDŁOWY



Słupki kratownicy, pas dolny [RK 120x4]
zaznaczono na **kolor czerwony**



Stal **St3S** $f_d = 235 \text{ MPa}$ $E = 205,0 \text{ GPa}$ $G = 80,0 \text{ GPa}$

Przekrój

RK RK120x4

$h =$	120 mm	wysokość przekroju
$b_f =$	120 mm	szerokość przekroju
$t_w =$	4,0 mm	grubość środnika
$t_f =$	4,0 mm	grubość półki
$A =$	18,2 cm ²	pole przekroju
$I_x =$	402 cm ⁴	moment bezwładności względem osi "X"
$I_y =$	402 cm ⁴	moment bezwładności względem osi "Y"
$W_x =$	67,0 cm ³	wskaźnik wytrzymałości względem osi "X"
$W_y =$	67,0 cm ³	wskaźnik wytrzymałości względem osi "Y"
$i_x =$	4,7 cm	promień bezwładności względem osi "X"
$i_y =$	4,7 cm	promień bezwładności względem osi "Y"
$m =$	14,2 kg	masa

Geometria pręta

$L =$	410 cm	długość pręta
$L_x =$	410 cm	rozstaw usztywnień prostopadłych do pł. XZ
$L_y =$	410 cm	rozstaw usztywnień prostopadłych do pł. YZ
$L_z =$	410 cm	rozstaw usztywnień przy skręcaniu
$u_x =$	1,0	współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny XZ
$u_y =$	1,0	współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny YZ
$u_w =$	1,0	współczynnik długości wyboczeniowej przy wyboczeniu skrętnym

Obciążenia

$N =$	51,0 kN	siła podłużna (znak "-" rozciąganie)
$M_x =$	1,0 kNm	moment względem osi "X"
$M_y =$	11,0 kNm	moment względem osi "Y"
$V_x =$	0,0 kN	siła poprzeczna przenoszona przez środnik
$V_y =$	0,0 kN	siła poprzeczna przenoszona przez półki

Współczynnik niestateczności ogólnej

wyboczenie z płaszczyzny XZ:	$\lambda_y = 1,08$	$f_{iy} = 0,598$] → $f_{imin} = 0,598$
wyboczenie z płaszczyzny YZ:	$\lambda_x = 1,08$	$f_{ix} = 0,598$	
zwichrzenie	$\lambda_L = 0,20$	$f_L = 1,000$	

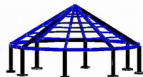
Nośność

nośność przy ścinaniu (kierunek "X")	$V_{Rx} = 122,1 \text{ kN}$	$V_x/V_{Rx} = 0,00$
nośność przy ścinaniu (kierunek "Y")	$V_{Ry} = 122,1 \text{ kN}$	$V_y/V_{Ry} = 0,00$
nośność przy ściskaniu	$N_{rc} = 254,9 \text{ kN}$	$N/N_{rc} = 0,20$
nośność przy zginaniu M_x (bez ścinania)	$M_{rx} = 15,8 \text{ kNm}$	$M_x/M_{rx} = 0,06$
nośność przy zginaniu M_y (bez ścinania)	$M_{ry} = 15,8 \text{ kNm}$	$M_y/M_{ry} = 0,70$
WYŁĘŻENIE:		0,96

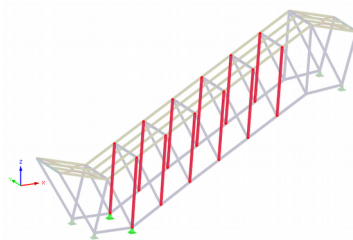
Ugięcia

ugięcie dopuszczalne $f_{dop} = L / 200$ $f_{dop} = 20,5 \text{ mm}$ $> f = 18,0 \text{ mm}$

PRZĘKRÓJ PRAWIDŁOWY



Krzyżulce kratownicy [RK 100x4]
zaznaczono na **kolor czerwony**



Stal **St3S** $f_d = 235 \text{ MPa}$ $E = 205,0 \text{ GPa}$ $G = 80,0 \text{ GPa}$

Przekrój	RK	RK100x4
$h =$	100 mm	wysokość przekroju
$b_f =$	100 mm	szerokość przekroju
$t_w =$	4,0 mm	grubość środnika
$t_f =$	4,0 mm	grubość półki
$A =$	15,0 cm ²	pole przekroju
$I_x =$	226 cm ⁴	moment bezwładności względem osi "X"
$I_y =$	226 cm ⁴	moment bezwładności względem osi "Y"
$W_x =$	45,3 cm ³	wskaźnik wytrzymałości względem osi "X"
$W_y =$	45,3 cm ³	wskaźnik wytrzymałości względem osi "Y"
$i_x =$	3,9 cm	promień bezwładności względem osi "X"
$i_y =$	3,9 cm	promień bezwładności względem osi "Y"
$m =$	11,7 kg	masa

Geometria pręta

$L =$	410 cm	długość pręta
$L_x =$	410 cm	rozstaw usztywnień prostopadłych do pł. XZ
$L_y =$	410 cm	rozstaw usztywnień prostopadłych do pł. YZ
$L_z =$	410 cm	rozstaw usztywnień przy skręcaniu
$u_x =$	1,0	współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny XZ
$u_y =$	1,0	współczynnik długości wyboczeniowej z płaszczyzny YZ
$u_w =$	1,0	współczynnik długości wyboczeniowej przy wyboczeniu skrętnym

Obciążenia

$N =$	19,0 kN	siła podłużna (znak "-" rozciąganie)
$M_x =$	1,0 kNm	moment względem osi "X"
$M_y =$	3,5 kNm	moment względem osi "Y"
$V_x =$	0,0 kN	siła poprzeczna przenoszona przez środnik
$V_y =$	0,0 kN	siła poprzeczna przenoszona przez półki

Współczynnik niestateczności ogólnej

wyboczenie z płaszczyzny XZ:	$\lambda Y = 1,31$	$f_{ly} = 0,469$	} $\rightarrow f_{\min} = 0,469$
wyboczenie z płaszczyzny YZ:	$\lambda X = 1,31$	$f_{lx} = 0,469$	
zwichrzenie	$\lambda L = 0,22$	$f_{L} = 1,000$	

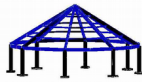
Nośność

nośność przy ścinaniu (kierunek "X")	$V_{Rx} = 100,3 \text{ kN}$	$V_x/V_{Rx} = 0,00$
nośność przy ścinaniu (kierunek "Y")	$V_{Ry} = 100,3 \text{ kN}$	$V_y/V_{Ry} = 0,00$
nośność przy ściskaniu	$N_{rc} = 164,9 \text{ kN}$	$N/N_{rc} = 0,12$
nośność przy zginaniu M_x (bez ścinania)	$M_{Rx} = 10,6 \text{ kNm}$	$M_x/M_{Rx} = 0,09$
nośność przy zginaniu M_y (bez ścinania)	$M_{Ry} = 10,6 \text{ kNm}$	$M_y/M_{Ry} = 0,33$
WYŁĘŻENIE:		0,54

Ugięcie

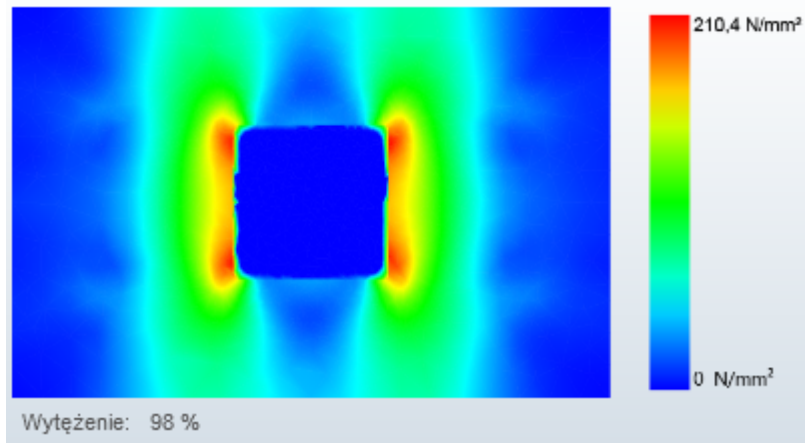
ugięcie dopuszczalne $f_{dop} = L / 250$ $f_{dop} = 16,4 \text{ mm}$ $> f = 10,6 \text{ mm}$

PRZĘKRÓJ PRAWIDŁOWY



Płyta kotwowa [16mm]

Próbka obciążeniowa



STAL S235

Kotwy Fischer FHB II-AL M24x210/50

Nośność obliczeniowa na wrywanie

Dowód	Obciążenie kN	Wytrzymałość kN	Wyężenie β_N %
Zniszczenie / zerwanie stali *	10,25	91,73	11,2
Zniszczenie poprzez wrywanie stożka betonu	41,00	188,83	21,7
Zniszczenie poprzez rozłupanie betonu	41,00	197,71	20,7

Nośność na ścinanie

Dowód	Obciążenie kN	Wytrzymałość kN	Wyężenie β_V %
Zniszczenie / zerwanie stali bez zginania *	76,78	101,52	75,6
Odlupanie betonu po stronie przeciwnej do przyłożenia obci	76,78	94,41	81,3

Wyężenie uwzględniające wrywanie i ścinanie

Obciążenia wrywające	Wyężenie β_N %	Obciążenia poprzeczne / ścinające	Wyężenie β_V %
Zniszczenie / zerwanie stali *	11,2	Zniszczenie / zerwanie stali bez zginania *	75,6
Zniszczenie poprzez wrywanie stożka betonu	21,7	Odlupanie betonu po stronie przeciwnej do przyłożenia obciążenia	81,3
Zniszczenie poprzez rozłupanie betonu	20,7		

* Najbardziej niekorzystna kotwa