



22.02.2023

Ekspertyza techniczna dachu budynku Dworca Autobusowego Warszawa Zachodnia (dach na budynku niskim)

Branża	Stanowisko	Imię i nazwisko
Koordinacja	Kierownik Projektu	mgr inż. Bogusław Besz
Koordinacja	Kierownik Projektu	inż. Monika Jakubiak
Konstrukcyjna	Projektant	mgr inż. Roman Księżak

Warszawa, Styczeń 2023r.

Spis treści

1. Podstawa opracowania opinii	3
2. Cel opinii	3
3. Opis ogólny obiektu istniejącego	3
4. Wpływ urządzeń fotowoltaicznych na konstrukcję obiektu	4
4.1. Opis.....	4
4.2. Obciążenie zamienne	4
5. Obliczenia statyczne	6
5.1. PŁATEW	6
5.2. DŹWIGAR DACHOWY.....	20
6. Wnioski	85
7. Załączniki	86
7.1. Przykładowe rozmieszczenie paneli fotowoltaicznych	86
7.2. System montażowy zastosowany do analizy.....	87
7.3. Zdjęcia z wizji.....	88
7.4. Uprawnienia	94

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

1. Podstawa opracowania opinii

- Wizja lokalna przeprowadzona w dniu 19.01.2023r
- Normy, Prawo Budowlane

2. Cel opinii

Celem niniejszej opinii jest stwierdzenie możliwości montażu na dachu urządzeń fotowoltaicznych.

3. Opis ogólny obiektu istniejącego

Przedmiotem opinii jest konstrukcja budynku dworca autobusowego Warszawa Zachodnia. Analizie poddano dach nad halą pasażerską.

Centralny Dworzec PKS został zaprojektowany dla obsługi dalekobieżnej i podmiejskiej komunikacji autobusowej w lewobrzeżnej części miasta. Został otwarty w styczniu 1980.



MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Konstrukcja hala pasażerska - budynek trzykondygnacyjny z jedną kondygnacją podziemną, w dużej części przestrzeń otwarta. Konstrukcja szkieletowa ramowa trzy i jedno nawowa. W części otwartej jednonawowe ramy stalowe w rozstawie co 9,00m i rozpiętości nawy 27,00m w części z piętrem układ trzynawowy ramy stalowe co 9,00m i rozpiętości 3 x 9,00m. konstrukcję dachy stanowią stalowe dźwigary kratowe o rozpiętości 27,00m wykonane z profili walcowanych kątowników. Dźwigary wykonano jako dwugałęźne z przewiązkami z blach w rozstawie 36cm. Poszycie dachu stanowi płyta warstwowa typu PW3/A o wymiarach 3,00x1,20m i grubości ok 7cm na której ułożono izolację z papy termozgrzewalnej. Płyty ułożono na płatwiach stalowych IPE300 w rozstawie co 3,00m. Kąt spadku dachu 3-4°. Elewacja budynku w konstrukcji aluminiowo stalowej.

Konstrukcja dachu w dobrym stanie technicznym.

Poszycie dachu w dobrym stanie technicznym.

4. Wpływ urządzeń fotowoltaicznych na konstrukcję obiektu

4.1. Opis

Na dachu budynku zakłada się zamontowanie 180 modułów paneli fotowoltaicznych o łącznej mocy 98,1kW. Ciężar jednego modułu ok. 25 kg.

4.2. Obciążenie zamienne

Do obliczeń przyjęto obciążenie zamienne od paneli fotowoltaicznych z podkonstrukcją i balastem 0,35 kN/m²

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Obciążenia stałe					rozstaw
		kN/m ²	γ _f	kN/m ²	9.00
1.	Papa termozgrzewalna	0.12	1.35	0.16	
2.	Płyta warstwowa typ. PW3/A	0.32	1.35	0.43	
3.	Sufit podwieszany	0.30	1.35	0.40	
	SUMA	0.74		0.99	6.66
Obciążenia środowiskowe					
		kN/m ²	γ _f	kN/m ²	
1.	Śnieg II strefa	0.72	1.50	1.08	6.48
2.	Wiatr I strefa	-0.18	1.50	-0.27	-1.62
3.	Wiatr I strefa ssanie	-0.41	1.50	-0.61	-3.65
4.	Wiatr I strefa parcie	0.05	1.50	0.07	0.41
Obciążenia zmienne					
		kN/m ²	γ _f	kN/m ²	
1.	instalacje	0.30	1.35	0.41	2.70
Obciążenia stałe nowoprojektowane					
		kN/m ²	γ _f	kN/m ²	
1.	panele fotowoltaiczne	0.35	1.35	0.47	3.15

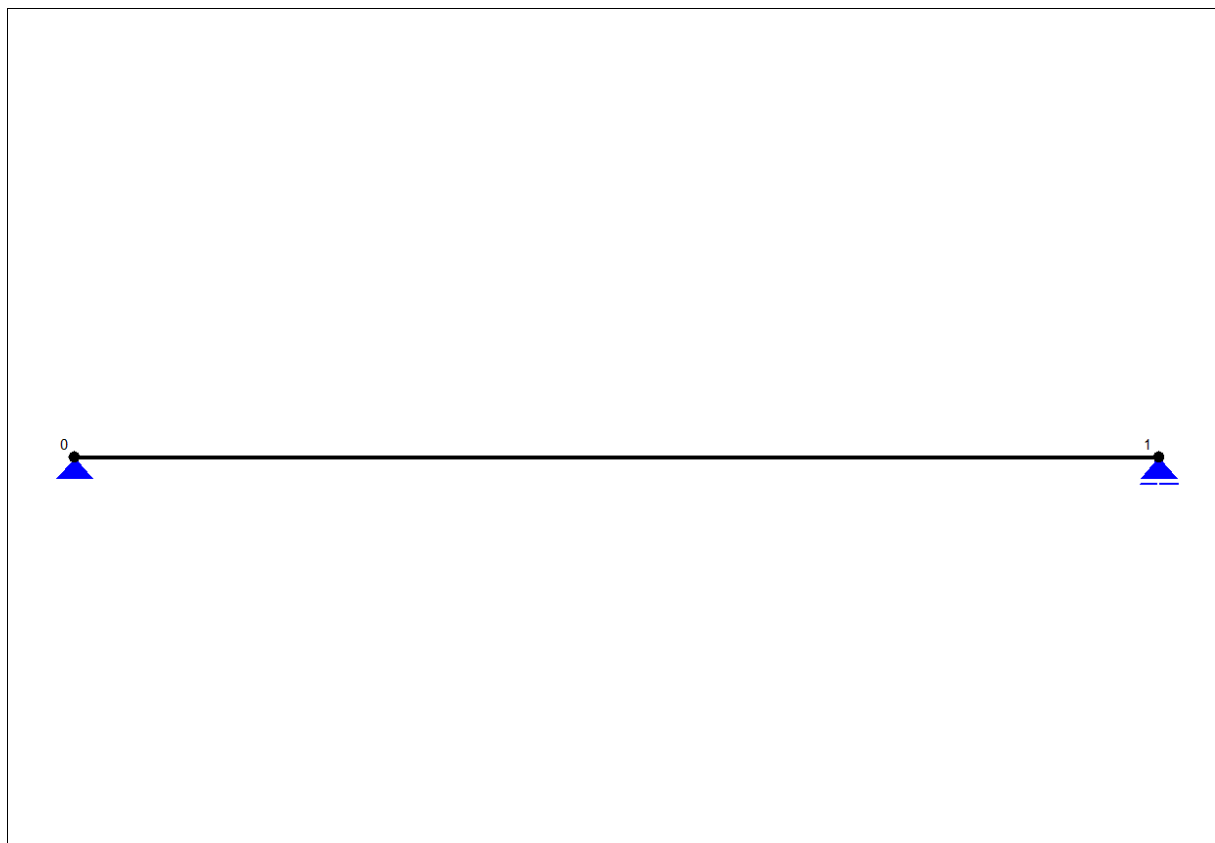
MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
 tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
 e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

5. Obliczenia statyczne

5.1. PŁATEW

CHARAKTERYSTYKA PUNKTÓW WĘZŁOWYCH



Współrzędne punktów węzłowych układu

Numer	Wsp. X	Wsp. Y
0	2.1000	4.3000
1	11.1000	4.3000

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

CHARAKTERYSTYKA ELEMENTÓW PRĘTOWYCH

Podstawowe informacje o prętach układu						
Nr	W1	W2	Profil 1	Profil 2	Typ	
0	0	1	IPE 300	----	utw	

W tabeli użyto oznaczeń: W1 - węzeł początkowy elementu; W2 - węzeł końcowy elementu, utw - element bez przegubów; ppk - element z przegubem na początku i końcu; pp - element z przegubem na początku; pk - element z przegubem na końcu.

Dodatkowe informacje o prętach układu		
Nr	Nazwa	Opis
0	element nr 0	Brak opisu elementu.

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW PODPARCIA UKŁADU

Charakterystyka podpór układu						
Nr	Węzeł	Typ	Kąt [st]	Podatność x [m/kN]	Podatność y [m/kN]	Podatność kątowa [rad/kNm]
0	1	Przesuwna	0.00	0.0000	0.0000	----
1	0	Nieprzesuwna	0.00	0.0000	0.0000	----
Informacje związane z wymuszeniami podpór układu						
Nr	Wymuszenie x [m]	Wymuszenie y [m]	Wymuszenie kątowe [rad]			
0	0.0000	-0.0000	----			
1	0.0000	-0.0000	----			

UWAGA! Wartości związane z podatnością i wymuszeniami podpór określone są w lokalnych układach współrzędnych poszczególnych podpór.

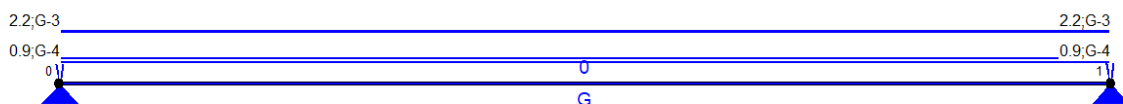
MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
 tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
 e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

CHARAKTERYSTYKA OBCIĄŻENIA UKŁADU

Nr	Nazwa	Typ	Charakterystyka grup obciążeń				Ranga	Opis
			I/O	Min	Max	Psi d		
0	Wymuszenia układu	STALE	AKTYWNE	1.00	1.00	1.00	1	Osiadanie podpór układu.
1	Ciążar własny	STALE	AKTYWNE	1.00	1.00	1.00	1	Obciążenie ciężarem własnym.
2	Śnieg	ZMIENNE	AKTYWNE	0.00	1.50	0.00	1	Obciążenia zmienne układu.
3	Warstwy	ZMIENNE	AKTYWNE	1.00	1.00	1.00	1	
4	Instalacje	ZMIENNE	AKTYWNE	1.00	1.50	1.00	1	
5	Fotowoltaika	STALE	AKTYWNE	1.00	1.35	1.00	1	
6	skupione	ZMIENNE	AKTYWNE	1.00	1.00	1.00	1	

Charakterystyka sił związanych z wszystkimi grupami obciążenia



Nr	Pręt	Typ	Kąt [st]	S1 [m]	S2 [m]	W1 [kN(m)]	W2 [kN(m)]	Tg [K]	Td [K]
----	------	-----	----------	--------	--------	------------	------------	--------	--------

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

0	0	Liniowe X	0.00	0.000	9.000	2.160	2.160	----	----
1	0	Liniowe	0.00	0.000	9.000	2.200	2.200	----	----
2	0	Liniowe	0.00	0.000	9.000	1.050	1.050	----	----
3	0	Liniowe	0.00	0.000	9.000	0.900	0.900	----	----

Uwzględnienie ciężaru własnego

Pręt

Ciężar własny

0

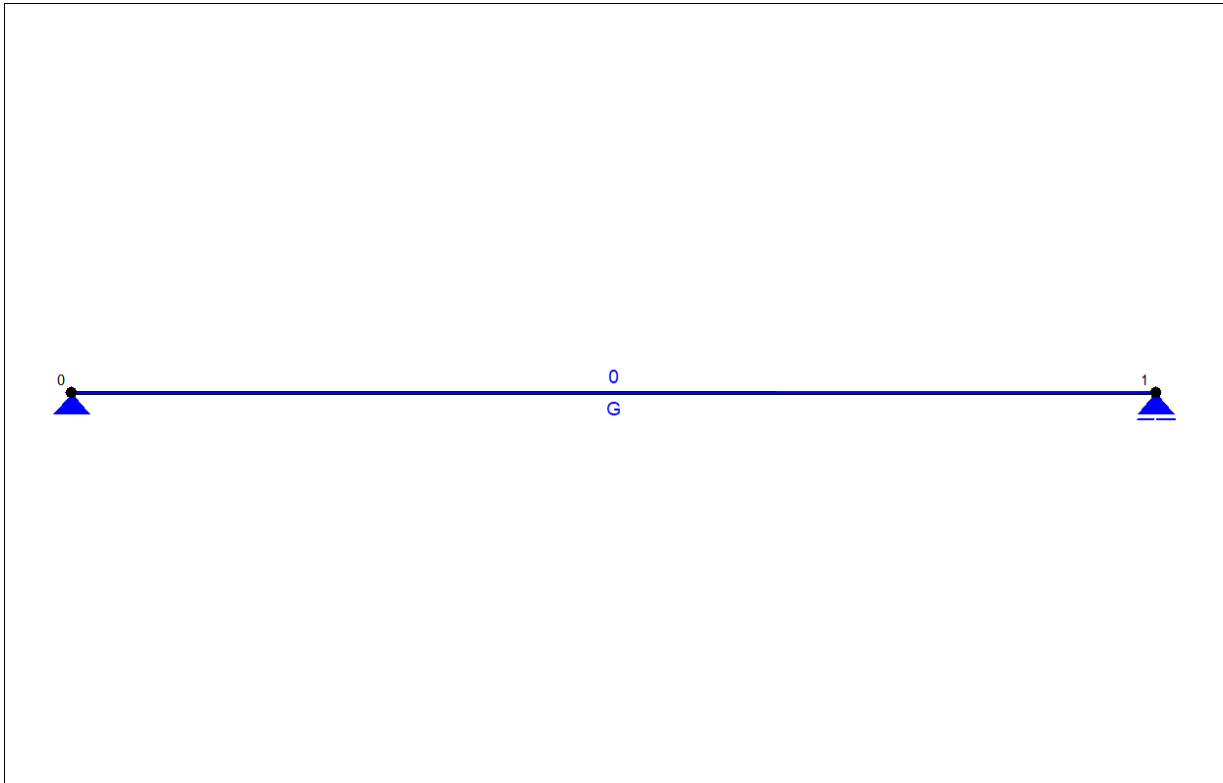
UWZGLĘDNIONO

UWAGA! Obciążenie ciężarem własnym jest automatycznie przypisywane do grupy obciążenia: "Ciężar własny konstrukcji".

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

WYKRES SIŁ PRZEKROJOWYCH - NORMALNE [kN]

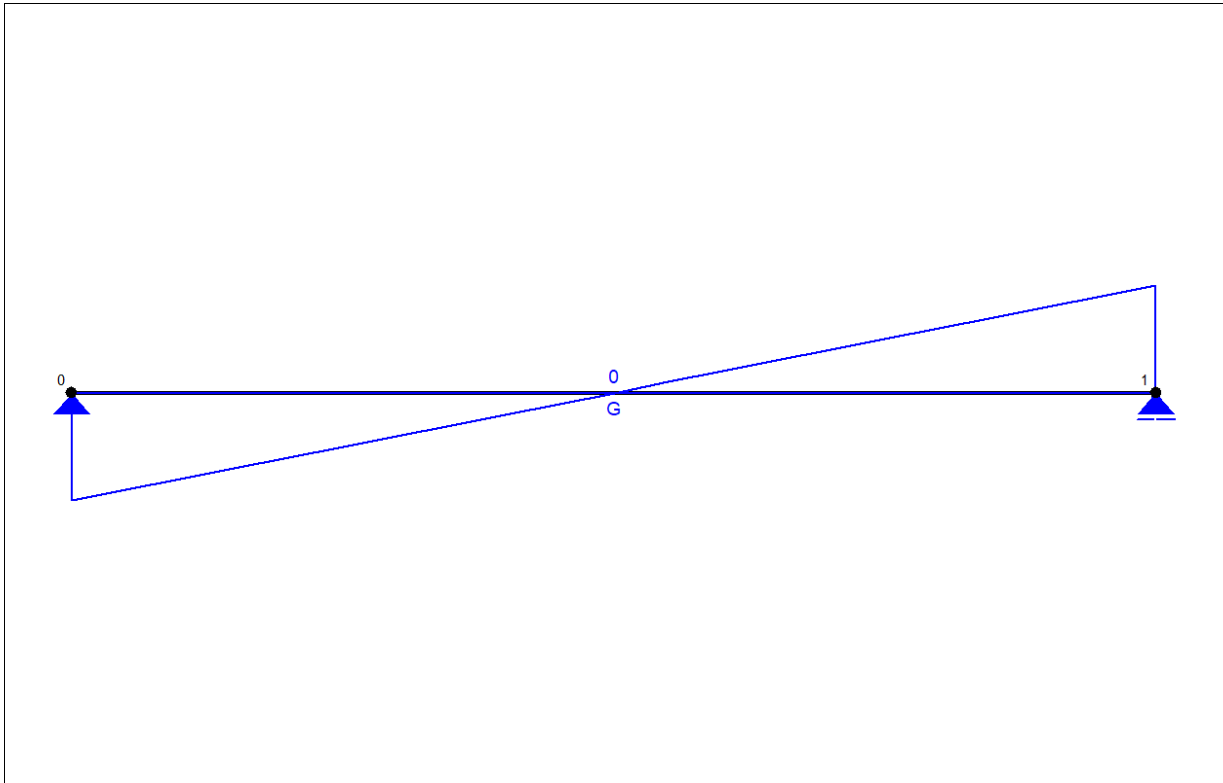


UWAGA!!! Prezentowane wyniki zostały obliczone dla : Bieżąca konfiguracja obciążenia

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

WYKRES SIŁ PRZEKROJOWYCH - TNĄCE [kN]

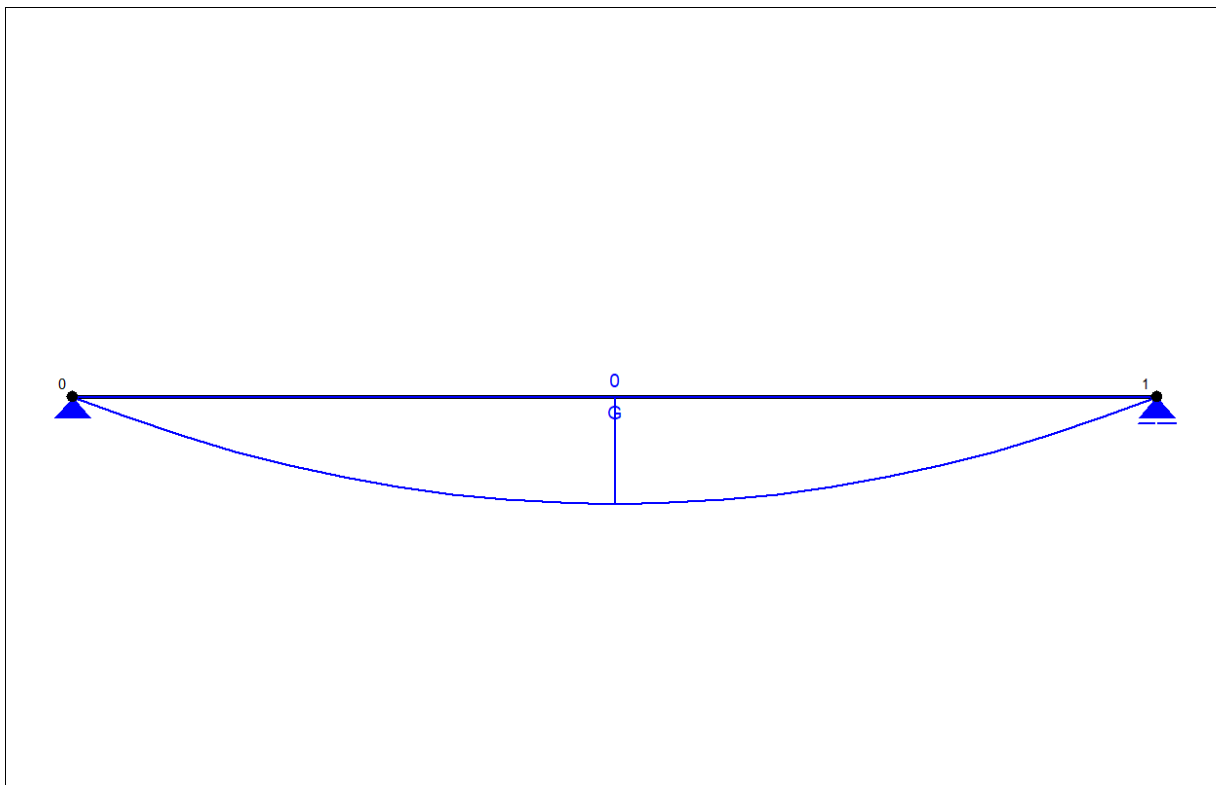


UWAGA!!! Prezentowane wyniki zostały obliczone dla : Bieżąca konfiguracja obciążenia

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

WYKRES SIŁ PRZEKROJOWYCH - MOMENTY ZGINAJĄCE [kNm]



UWAGA!!! Prezentowane wyniki zostały obliczone dla : Bieżąca konfiguracja obciążenia

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

WARTOŚCI SIŁ PRZEKROJOWYCH

Zestawienie tabelaryczne wartości sił przekrojowych w charakterystycznych punktach

Pręt	x/L	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
0	0.000	-0.000	30.259	0.000
	1.000	0.000	-30.259	0.000
	0.500	0.000	0.000	68.084

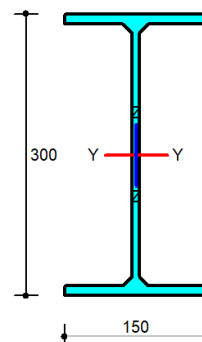
MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Pręt nr 0 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.
 Węzły: 0 (x=2.100m, y=4.300m); 1 (x=11.100m, y=4.300m)
 Profil: IPE 300 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 73%

Rozciąganie: 0 %
 Ściskanie: 0 %
 Zginanie: 60 %
 Zginanie z siłą podłużną: 36 %
 Zginanie ze ściskaniem: 57 %
 Ścinanie: 14 %
 Środek pod obciążeniem skupionym: 17 %
 Smukłość: 0 %
 Ugięcia: 73 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Środek pod obciążeniem skupionym	15.9 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
2	0.000	min Ty	Środek pod obciążeniem skupionym	2.8 %
3	0.000	max N	Środek pod obciążeniem skupionym	2.8 %
4	0.000	max Ty	Środek pod obciążeniem skupionym	16.6 %
5	0.000	min N	Środek pod obciążeniem skupionym	16.6 %
6	0.000	max Mx	Środek pod obciążeniem skupionym	2.8 %
7	0.250	min Mx	Zginanie	7.6 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	51.8 %
9	0.250	min Ty	Zginanie	7.6 %
10	0.250	max N	Zginanie	7.6 %
11	0.250	max Ty	Zginanie	44.9 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
 tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
 e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

12	0.250	min N	Zginanie	44.9 %
13	0.250	max Mx	Zginanie	44.9 %
14	0.500	min Mx	Zginanie	10.2 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	72.7 %
16	0.500	min Ty	Zginanie	22.1 %
17	0.500	max N	Zginanie	59.8 %
18	0.500	max Ty	Zginanie	47.9 %
19	0.500	min N	Zginanie	10.2 %
20	0.500	max Mx	Zginanie	59.8 %
21	0.750	min Mx	Zginanie	7.6 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	51.8 %
23	0.750	min Ty	Zginanie	44.9 %
24	0.750	max N	Zginanie	44.9 %
25	0.750	max Ty	Zginanie	7.6 %
26	0.750	min N	Zginanie	7.6 %
27	0.750	max Mx	Zginanie	44.9 %
28	1.000	min Mx	Środek pod obciążeniem skupionym	2.8 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.0 %
30	1.000	min Ty	Środek pod obciążeniem skupionym	16.6 %
31	1.000	max N	Środek pod obciążeniem skupionym	16.6 %
32	1.000	max Ty	Środek pod obciążeniem skupionym	2.8 %
33	1.000	min N	Środek pod obciążeniem skupionym	2.8 %
34	1.000	max Mx	Środek pod obciążeniem skupionym	15.9 %

Wyniki szczegółowe

Długość wybocheniowa

Współczynniki długości wybocheniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 9.0\text{m}$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 4.5\text{m}$

Wybochenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 9.0\text{m}$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wybocheniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 8360.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 9.0 \text{m})^2} = 2139.1 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 604.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 4.5 \text{m})^2} = 618.2 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{12.9^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 125934.1 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 9.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 18.9 \text{cm}^4 \right] = 1111.7 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,y} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,y} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,y} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (618.2 + 1111.7)^2 - 4 \cdot 618.2 \cdot 1111.7 (1 - 1.000 \cdot -0.0^2 / 12.908^2) = 243538.2 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$N_{TF,yz} = \frac{(618.2+1111.7) - \sqrt{243538.2}}{2(1-1.000 \cdot -0.0^2/12.908^2)} = 618.2 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został wyliczony zgodnie z zał. F do ENV 1993-1-1:1992.

Wsp. długości wybocheniowej: $\mu_{z,Mcr} = 1.00$, $\mu_{\omega,Mcr} = 1.00$ (tylko do obliczeń M_{cr})

Współczynniki ze względu na podparcie i obciążenie: $C_1 = 1.13$, $C_2 = 0.46$, $C_3 = 0.53$

Współrzędna przyłożonego obciążenia względem środka ciężkości: $z_a = 15.0 \text{ cm}$

Współrzędna środka ścinania: $z_s = 0.0 \text{ cm}$

$$z_j = z_s - 0.5 \int_A (y^2 + z^2) z \, dA / I_y = 0.0 + 0.5 \cdot 0.00 = 0.0$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 E I_z / (\mu_{z,Mcr} L)^2 = \pi^2 21000.0 \cdot 604.0 / (1.00 \cdot 900.0)^2 = 154.6 \text{ kN}$$

$$M_{cr} = C_1 N_{cr,z} \left\{ \left[\left(\frac{\mu_{z,Mcr}}{\mu_{\omega,Mcr}} \right)^2 \frac{I_{\omega}}{I_z} + \frac{G I_t}{N_{cr,z}} + V \right]^{0.5} - V \right\}$$

$$V = C_2 (z_a - z_s) - C_3 z_j = 0.46 (15.0 - 0.0) - 0.53 \cdot 0.0 = 6.88$$

$$M_{cr} = 1e - 2 \cdot 1.13 \cdot 154.6 \left\{ \left[\left(\frac{1.00}{1.00} \right)^2 \frac{125934.1}{604.0} + \frac{8076.9 \cdot 18.9}{154.6} + 6.88 \right]^{0.5} - 6.88 \right\} = 49.71 \text{ kNm}$$

Ściskanie (0.0 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=9.00 \text{ m}$; Kombinacja: $\max N (+0,+1,+2,+K3,+K4,+5,)$

Pole przekroju (klasa 1): $A = A_{brutto} = 53.8 \text{ cm}^2$

$$\text{Nośność obliczeniowa przekroju: } N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{53.8 \cdot 23.5}{1.0} = 1264.3 \text{ kN}$$

Współczynniki wybocheniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,y}} = 1264.3 / 2139.1 = 0.769 \rightarrow \text{krzywa 'a'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.813 \text{ (gięte x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,z}} = 1264.3 / 618.2 = 1.430 \rightarrow \text{krzywa 'b'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.369 \text{ (gięte y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc} / N_{cr,x}} = 1264.3 / 1111.7 = 1.066 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.502 \text{ (skrętne)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd} / N_{cr,zx}} = 1264.3 / 618.2 = 1.430 \rightarrow \text{krzywa 'b'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.369 \text{ (gięto-skrętne)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.369$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.369 \cdot 53.8 \cdot 23.5}{1.0} = 466.8 \text{ kN} > 0.0 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (14.5 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=9.00 \text{ m}$; Kombinacja: $\max N (+0,+1,+2,+K3,+K4,+5,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 19.8 \text{ cm}^2$

$$\text{Warunek stateczności: } h_{w,z} / t_z = 39.2 < 60.5 = 31 \varepsilon / \eta \sqrt{k_{\tau,z}}$$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{19.8 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 268.4 \text{ kN} > 38.8 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

Zginanie (59.8 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=4.50 \text{ m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+2,+K3,+K4,+5,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$$M_{c,Rd,y} = M_{pl,Rd,y} = \frac{W_{pl,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{621.1 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 146.0 \text{ kNm}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www.mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{pl,Rd,y}} = \frac{87.3}{146.0} = 0.60 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Nośność obliczeniowa przekroju (klasa 1):

$$M_{c,Rd,z} = M_{pl,Rd,z} = \frac{W_{pl,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{125.0 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 29.4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{pl,Rd,z}} = \frac{0.0}{29.4} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (35.8 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=4.50\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+2,+K3,+K4,+5)$

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu względem Y-Y z siłą podłużną

$$n = N_{Ed}/N_{pl,Rd} = 0.0/1264.3 = 0.000$$

$$a_y = \min[(A - 2A_{bt,y})/A, 0.5] = \min[(53.8 - 2 \cdot 16.1)/53.8, 0.5] = 0.403$$

$$M_{N,y,Rd} = \min\left[M_{pl,y,Rd} \frac{(1-n)}{(1-0.5a_y)}, M_{pl,y,Rd}\right] = \min\left[146.0 \frac{(1-0.000)}{(1-0.5 \cdot 0.403)}, 146.0\right] = 146.0 \text{ kNm}$$

Zredukowana nośność plastyczna przy zginaniu względem Z-Z z siłą podłużną

$$a_z = \min[(A - 2A_{bt,z})/A, 0.5] = \min[(53.8 - 2 \cdot 16.1)/53.8, 0.5] = 0.403$$

$$n \leq a_z \rightarrow M_{N,z,Rd} = M_{pl,z,Rd} = 29.4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (klasa 1 i 2) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\alpha = 2.0, \beta = \max(5n, 1.0) = 1.0$$

$$\left[\frac{M_{y,Ed}}{M_{N,y,Rd}}\right]^\alpha + \left[\frac{M_{z,Ed}}{M_{N,z,Rd}}\right]^\beta = \left[\frac{87.3}{146.0}\right]^{2.0} + \left[\frac{0.0}{29.4}\right]^{1.0} = 0.36 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (57.1 %)

Przekrój: $x/L=0.500$, $L=4.50\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+2,+K3,+K4,+5)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = 0.95 + 0.05\alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 0.000 = 0.950$$

$$C_{mz} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 0.950$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + \min(\bar{\lambda}_y - 0.2, 0.8) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[0.950 \left(1 + \min(0.769 - 0.2, 0.8) \frac{0.0}{0.813 \cdot 1264.3 / 1.0} \right) \right] = 0.955$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + \min(2\bar{\lambda}_z - 0.6, 1.4) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + \min(2 \cdot 1.430 - 0.6, 1.4) \frac{0.0}{0.813 \cdot 1264.3 / 1.0} \right) \right] = 1.014$$

$$k_{yz} = 0.6k_{zz} = 0.6 \cdot 1.014 = 0.608$$

$$k_{zy} = 0.6k_{yy} = 0.6 \cdot 0.955 = 0.573$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 1):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.57 < 1.0$$

$$\frac{0.0}{0.813 \cdot 1264.3} + 0.955 \frac{87.3 + 0.0}{1.000 \cdot 146.0} + 0.608 \frac{0.000 + 0.000}{29.4} = 0.57 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.34 < 1.0$$

$$\frac{0.0}{0.369 \cdot 1264.3} + 0.573 \frac{87.3 + 0.0}{1.000 \cdot 146.0} + 1.014 \frac{0.000 + 0.000}{29.4} = 0.34 < 1.0$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Środek pod obciążeniem skupionym (16.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6,)$

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 7.1$, $h_w = 278.6$, $t_f = 10.7$, $b_f = 150.0$

Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{278.6}{500.0} \right)^2 = 6.621$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 10.7(1 + \sqrt{21.1 + 0.0}), 500.0] = 139.8\text{mm}$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\tilde{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{139.8 \cdot 7.1 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.621 \cdot 210000.0 \cdot 7.1^3 / 278.6}} = 0.381$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\tilde{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.381}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{\text{eff}} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 139.8 = 139.8\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{\text{eff}} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 139.8 \cdot 7.1}{1.0} 1e-3 = 233.2\text{kN} > 38.8\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (72.7 %)

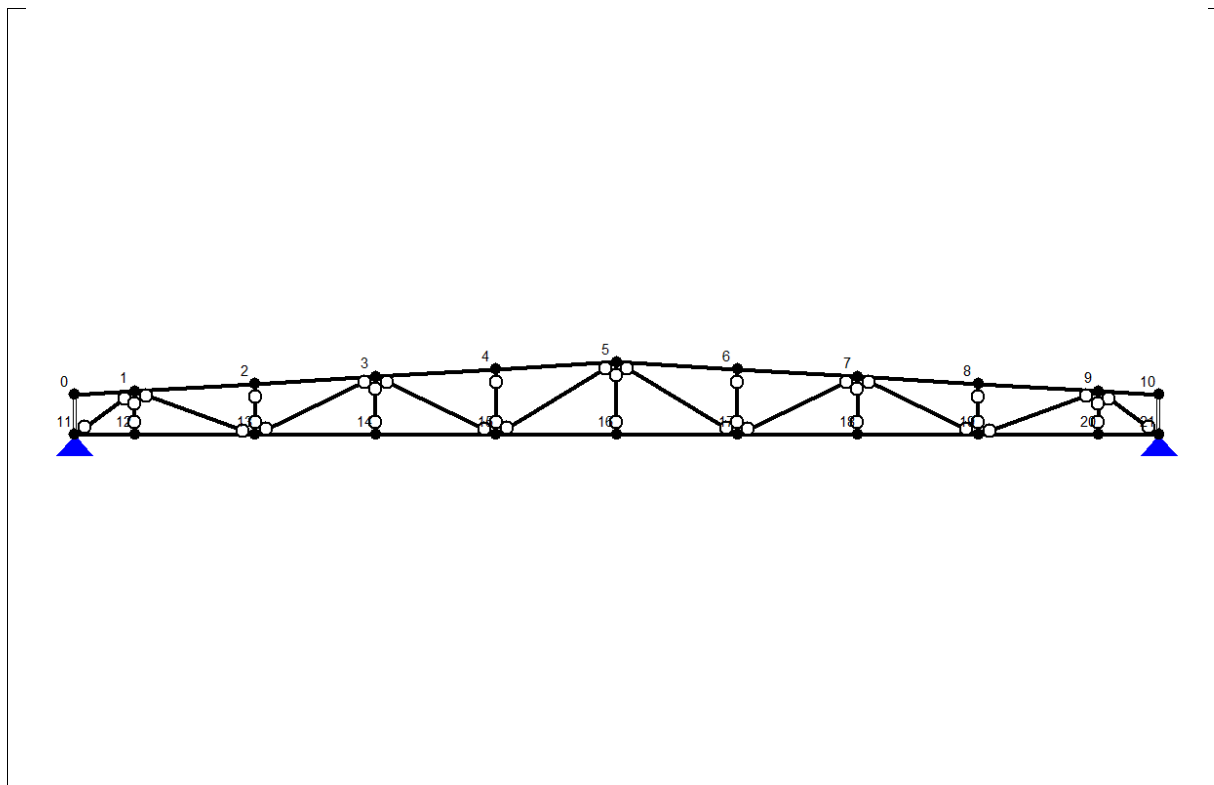
Przekrój: $x/L=0.500$, $L=4.50m$; Kombinacja: $ext U (0,1,2,K3,K4,5,)$

Przemieszczenie w płaszczyźnie układu: $u_z = 32.7\text{mm} < 45.0\text{mm} = u_{z,\text{lim}}$.

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 0.0\text{mm} < 18.0\text{mm} = u_{y,\text{lim}}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

CHARAKTERYSTYKA PUNKTÓW WĘZŁOWYCH



Współrzędne punktów węzłowych układu

Numer	Wsp. X	Wsp. Y
0	3.2000	6.3900
1	4.7000	6.4800
2	7.7000	6.6600
3	10.7000	6.8400
4	13.7000	7.0200
5	16.7000	7.2000
6	19.7000	7.0200
7	22.7000	6.8400
8	25.7000	6.6600
9	28.7000	6.4800
10	30.2000	6.3900
11	3.2000	5.4000
12	4.7000	5.4000
13	7.7000	5.4000
14	10.7000	5.4000

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
 tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
 e-mail: biuro@mpsc.pl, [www: mpsc.pl](http://www.mpsc.pl)



15	13.7000	5.4000
16	16.7000	5.4000
17	19.7000	5.4000
18	22.7000	5.4000
19	25.7000	5.4000
20	28.7000	5.4000
21	30.2000	5.4000

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

CHARAKTERYSTYKA ELEMENTÓW PRĘTOWYCH

Nr	Podstawowe informacje o prętach układu				Typ
	W1	W2	Profil 1	Profil 2	
0	0	1	2xLr 180x180x18	----	utw
1	1	2	2xLr 180x180x18	----	utw
2	2	3	2xLr 180x180x18	----	utw
3	3	4	2xLr 180x180x18	----	utw
4	4	5	2xLr 180x180x18	----	utw
5	5	6	2xLr 180x180x18	----	utw
6	6	7	2xLr 180x180x18	----	utw
7	7	8	2xLr 180x180x18	----	utw
8	8	9	2xLr 180x180x18	----	utw
9	9	10	2xLr 180x180x18	----	utw
10	11	12	2xLr 180x180x18	----	utw
11	12	13	2xLr 180x180x18	----	utw
12	13	14	2xLr 180x180x18	----	utw
13	14	15	2xLr 180x180x18	----	utw
14	15	16	2xLr 180x180x18	----	utw
15	16	17	2xLr 180x180x18	----	utw
16	17	18	2xLr 180x180x18	----	utw
17	18	19	2xLr 180x180x18	----	utw
18	19	20	2xLr 180x180x18	----	utw
19	20	21	2xLr 180x180x18	----	utw
20	11	0	2xLr 100x100x10	----	utw
21	11	1	2xLr 100x100x10	----	ppk
22	12	1	2xLr 100x100x10	----	ppk
23	13	2	2xLr 100x100x10	----	ppk
24	14	3	2xLr 50x50x6	----	ppk
25	15	4	2xLr 50x50x6	----	ppk
26	16	5	2xLr 50x50x6	----	ppk
27	17	6	2xLr 50x50x6	----	ppk
28	18	7	2xLr 50x50x6	----	ppk
29	19	8	2xLr 100x100x10	----	ppk
30	20	9	2xLr 100x100x10	----	ppk
31	21	10	2xLr 100x100x10	----	utw
32	1	13	2xLr 100x100x10	----	ppk
33	13	3	2xLr 50x50x6	----	ppk
34	3	15	2xLr 50x50x6	----	ppk
35	15	5	2xLr 50x50x6	----	ppk
36	5	17	2xLr 50x50x6	----	ppk

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

37	17	7	2xLr 50x50x6	----	ppk
38	7	19	2xLr 50x50x6	----	ppk
39	19	9	2xLr 100x100x10	----	ppk
40	9	21	2xLr 100x100x10	----	ppk

W tabeli użyto oznaczeń: W1 - węzeł początkowy elementu; W2 - węzeł końcowy elementu, utw - element bez przegubów; ppk - element z przegubem na początku i końcu; pp - element z przegubem na początku; pk - element z przegubem na końcu.

Dodatkowe informacje o prętach układu

Nr	Nazwa	Opis
0	element nr 0	Brak opisu elementu.
1	element nr 1	Brak opisu elementu.
2	element nr 2	Brak opisu elementu.
3	element nr 3	Brak opisu elementu.
4	element nr 4	Brak opisu elementu.
5	element nr 5	Brak opisu elementu.
6	element nr 6	Brak opisu elementu.
7	element nr 7	Brak opisu elementu.
8	element nr 8	Brak opisu elementu.
9	element nr 9	Brak opisu elementu.
10	element nr 10	Brak opisu elementu.
11	element nr 11	Brak opisu elementu.
12	element nr 12	Brak opisu elementu.
13	element nr 13	Brak opisu elementu.
14	element nr 14	Brak opisu elementu.
15	element nr 15	Brak opisu elementu.
16	element nr 16	Brak opisu elementu.
17	element nr 17	Brak opisu elementu.
18	element nr 18	Brak opisu elementu.
19	element nr 19	Brak opisu elementu.
20	element nr 20	Brak opisu elementu.
21	element nr 21	Brak opisu elementu.
22	element nr 22	Brak opisu elementu.
23	element nr 23	Brak opisu elementu.
24	element nr 24	Brak opisu elementu.
25	element nr 25	Brak opisu elementu.
26	element nr 26	Brak opisu elementu.
27	element nr 27	Brak opisu elementu.
28	element nr 28	Brak opisu elementu.
29	element nr 29	Brak opisu elementu.
30	element nr 30	Brak opisu elementu.
31	element nr 31	Brak opisu elementu.
32	element nr 32	Brak opisu elementu.
33	element nr 33	Brak opisu elementu.

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl



34	element nr 34	Brak opisu elementu.
35	element nr 35	Brak opisu elementu.
36	element nr 36	Brak opisu elementu.
37	element nr 37	Brak opisu elementu.
38	element nr 38	Brak opisu elementu.
39	element nr 39	Brak opisu elementu.
40	element nr 40	Brak opisu elementu.

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

CHARAKTERYSTYKA WARUNKÓW PODPARCIA UKŁADU

Charakterystyka podpór układu						
Nr	Węzeł	Typ	Kąt [st]	Podatność x [m/kN]	Podatność y [m/kN]	Podatność kątowa [rad/kNm]
0	11	Nieprzesuwana	0.00	0.0000	0.0000	----
1	21	Nieprzesuwana	0.00	0.0000	0.0000	----
Informacje związane z wymuszeniami podpór układu						
Nr	Wymuszenie x [m]	Wymuszenie y [m]	Wymuszenie kątowe [rad]			
0	0.0000	-0.0000	----			
1	0.0000	-0.0000	----			

UWAGA! Wartości związane z podatnością i wymuszeniami podpór określone są w lokalnych układach współrzędnych poszczególnych podpór.

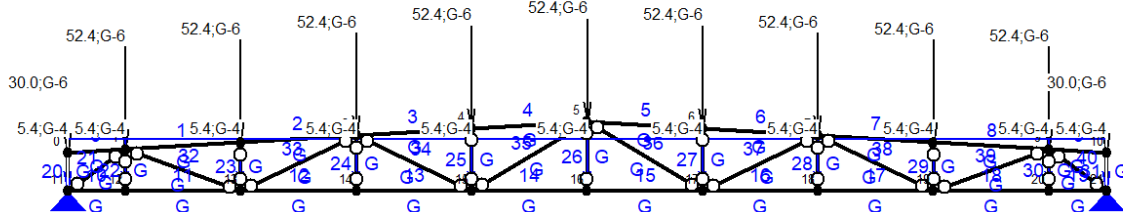
MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

CHARAKTERYSTYKA OBCIĄŻENIA UKŁADU

Nr	Nazwa	Typ	Charakterystyka grup obciążeń				Ranga	Opis
			I/O	Min	Max	Psi d		
0	Wymuszenia układu	STALE	AKTYWNE	1.00	1.00	1.00	1	Osiadanie podpór układu.
1	Ciążar własny	STALE	AKTYWNE	1.00	1.00	1.00	1	Obciążenie ciężarem własnym.
2	Śnieg	ZMIENNE	AKTYWNE	0.00	1.50	0.00	1	Obciążenia zmienne układu.
3	Warstwy	ZMIENNE	AKTYWNE	1.00	1.00	1.00	1	
4	Instalacje	ZMIENNE	AKTYWNE	1.00	1.50	1.00	1	
5	Fotowoltaika	STALE	AKTYWNE	1.00	1.35	1.00	1	
6	skupione	ZMIENNE	AKTYWNE	1.00	1.00	1.00	1	

Charakterystyka sił związanych z wszystkimi grupami obciążenia



Nr	Pręt	Typ	Kąt [st]	S1 [m]	S2 [m]	W1 [kN(m)]	W2 [kN(m)]	Tg [K]	Td [K]
----	------	-----	----------	--------	--------	------------	------------	--------	--------

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

0	0	Punktowe	0.00	0.000	----	30.00	----	----	----
						0			
1	1	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
2	2	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
3	3	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
4	4	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
5	5	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
6	6	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
7	7	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
8	8	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
9	9	Punktowe	0.00	0.000	----	52.40	----	----	----
						0			
10	14	Liniowe	0.00	0.000	3.000	5.400	5.400	----	----
11	15	Liniowe	0.00	0.000	3.000	5.400	5.400	----	----
12	16	Liniowe	0.00	0.000	3.000	5.400	5.400	----	----
13	17	Liniowe	0.00	0.000	3.000	5.400	5.400	----	----
14	12	Liniowe	0.00	0.000	3.000	5.400	5.400	----	----
15	13	Liniowe	0.00	0.000	3.000	5.400	5.400	----	----
16	10	Liniowe	0.00	0.000	1.500	5.400	5.400	----	----
17	11	Liniowe	0.00	0.000	3.000	5.400	5.400	----	----
18	18	Liniowe	0.00	0.000	3.000	5.400	5.400	----	----
19	9	Punktowe	0.00	1.503	----	30.00	----	----	----
						0			
20	19	Liniowe	0.00	0.000	1.500	5.400	5.400	----	----

Uwzględnienie ciężaru własnego

Pręt

Ciężar własny

0	UWZGLĘDNIONO
1	UWZGLĘDNIONO
2	UWZGLĘDNIONO
3	UWZGLĘDNIONO
4	UWZGLĘDNIONO
5	UWZGLĘDNIONO
6	UWZGLĘDNIONO
7	UWZGLĘDNIONO
8	UWZGLĘDNIONO
9	UWZGLĘDNIONO
10	UWZGLĘDNIONO

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
 tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
 e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

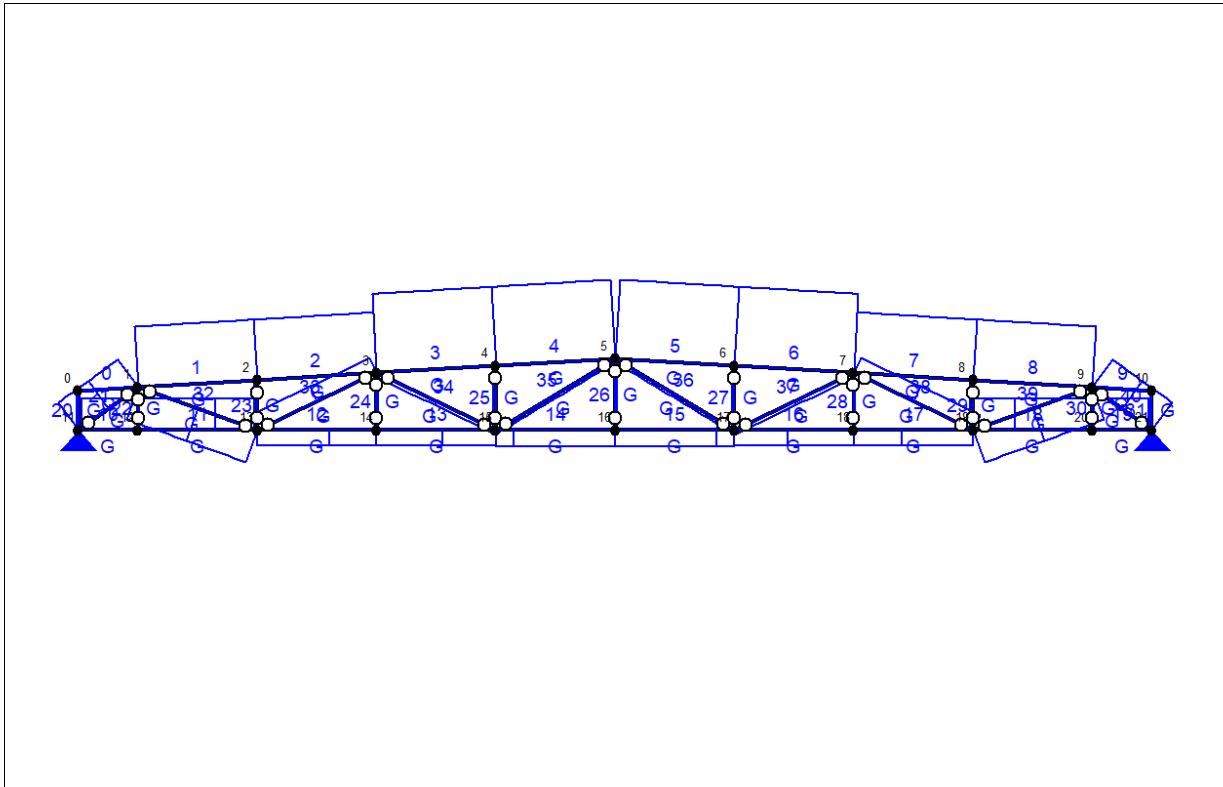
11	UWZGLĘDNIONO
12	UWZGLĘDNIONO
13	UWZGLĘDNIONO
14	UWZGLĘDNIONO
15	UWZGLĘDNIONO
16	UWZGLĘDNIONO
17	UWZGLĘDNIONO
18	UWZGLĘDNIONO
19	UWZGLĘDNIONO
20	UWZGLĘDNIONO
21	UWZGLĘDNIONO
22	UWZGLĘDNIONO
23	UWZGLĘDNIONO
24	UWZGLĘDNIONO
25	UWZGLĘDNIONO
26	UWZGLĘDNIONO
27	UWZGLĘDNIONO
28	UWZGLĘDNIONO
29	UWZGLĘDNIONO
30	UWZGLĘDNIONO
31	UWZGLĘDNIONO
32	UWZGLĘDNIONO
33	UWZGLĘDNIONO
34	UWZGLĘDNIONO
35	UWZGLĘDNIONO
36	UWZGLĘDNIONO
37	UWZGLĘDNIONO
38	UWZGLĘDNIONO
39	UWZGLĘDNIONO
40	UWZGLĘDNIONO

UWAGA! Obciążenie ciężarem własnym jest automatycznie przypisywane do grupy obciążenia:
"Ciezar własny konstrukcji".

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

WYKRES SIŁ PRZEKROJOWYCH - NORMALNE [kN]

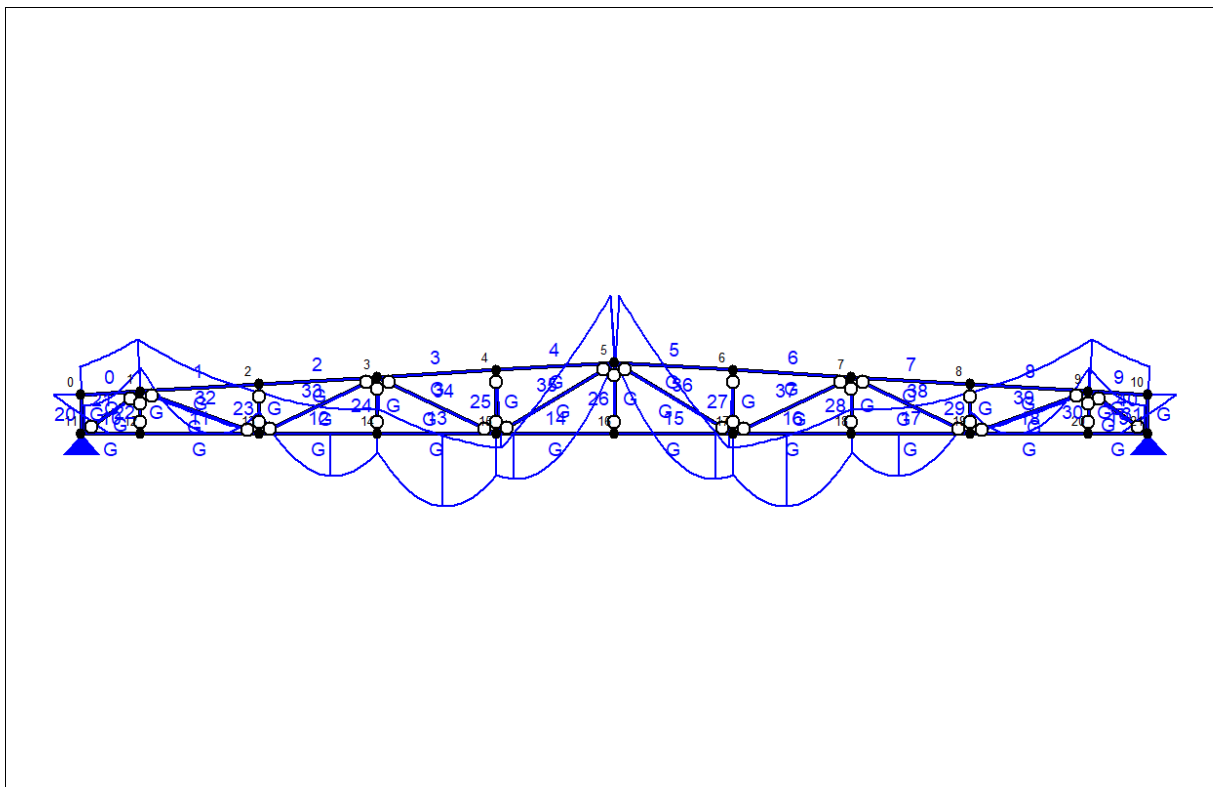


UWAGA!!! Prezentowane wyniki zostały obliczone dla : Bieżąca konfiguracja obciążenia

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, [www: mpsc.pl](http://www.mpsc.pl)

WYKRES SIŁ PRZEKROJOWYCH - MOMENTY ZGINAJĄCE [kNm]



UWAGA!!! Prezentowane wyniki zostały obliczone dla : Bieżąca konfiguracja obciążenia

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
 tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
 e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

WARTOŚCI SIŁ PRZEKROJOWYCH

Zestawienie tabelaryczne wartości sił przekrojowych w charakterystycznych punktach

Pręt	x/L	N [kN]	T [kN]	M [kNm]
0	0.000	-9.702	-1.977	-4.811
	1.000	-9.616	-3.407	-8.855
1	0.000	-1023.871	4.825	-8.855
	1.000	-1023.699	1.965	1.349
2	0.000	-1023.750	2.819	1.349
	1.000	-1023.579	-0.041	5.523
3	0.000	-1337.046	4.036	5.523
	1.000	-1336.875	1.176	13.356
4	0.000	-1336.395	-6.817	13.356
	1.000	-1336.224	-9.677	-11.429
5	0.000	-1336.224	9.677	-11.429
	1.000	-1336.395	6.817	13.356
6	0.000	-1336.875	-1.176	13.356
	1.000	-1337.046	-4.036	5.523
7	0.000	-1023.579	0.041	5.523
	1.000	-1023.750	-2.819	1.349
8	0.000	-1023.699	-1.965	1.349
	1.000	-1023.871	-4.825	-8.855
9	0.000	-9.616	3.407	-8.855
	1.000	-9.702	1.977	-4.811
10	0.000	-533.146	0.449	-4.894
	1.000	-533.146	-9.081	-11.368
11	0.000	-533.146	12.021	-11.368
	1.000	-533.146	-7.039	-3.896
12	0.500	-533.146	2.491	-0.484
	0.000	262.466	11.875	-3.896
	1.000	262.466	-7.185	3.140
	0.500	262.466	2.345	6.770
13	0.000	262.466	10.802	3.140
	1.000	262.466	-8.258	6.956
	0.500	262.466	1.272	12.196
14	0.000	274.787	2.997	6.956
	1.000	274.787	-16.063	-12.643
15	0.000	274.787	16.063	-12.643
	1.000	274.787	-2.997	6.956
16	0.000	262.466	8.258	6.956
	1.000	262.466	-10.802	3.140

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

	0.500	262.466	-1.272	12.196
17	0.000	262.466	7.185	3.140
	1.000	262.466	-11.875	-3.896
	0.500	262.466	-2.345	6.770
18	0.000	-533.146	7.039	-3.896
	1.000	-533.146	-12.021	-11.368
	0.500	-533.146	-2.491	-0.484
19	0.000	-533.146	9.081	-11.368
	1.000	-533.146	-0.449	-4.894
20	0.000	-28.901	-9.803	4.894
	1.000	-28.608	-9.803	-4.811
21	0.000	-579.570	0.222	0.000
	1.000	-579.250	-0.222	0.000
	0.500	-579.410	-0.000	0.102
22	0.000	21.102	-0.000	-0.000
	1.000	21.421	0.000	-0.000
	0.500	21.262	0.000	-0.000
23	0.000	-53.628	-0.000	-0.000
	1.000	-53.255	0.000	-0.000
	0.500	-53.442	0.000	-0.000
24	0.000	17.987	0.000	0.000
	1.000	18.113	-0.000	0.000
	0.500	18.050	0.000	0.000
25	0.000	-44.535	0.000	0.000
	1.000	-44.393	-0.000	0.000
	0.500	-44.464	0.000	0.000
26	0.000	32.126	-0.000	-0.000
	1.000	32.284	0.000	-0.000
	0.500	32.205	0.000	-0.000
27	0.000	-44.535	-0.000	-0.000
	1.000	-44.393	0.000	-0.000
	0.500	-44.464	0.000	-0.000
28	0.000	17.987	-0.000	-0.000
	1.000	18.113	0.000	-0.000
	0.500	18.050	-0.000	-0.000
29	0.000	-53.628	-0.000	-0.000
	1.000	-53.255	0.000	-0.000
	0.500	-53.442	-0.000	-0.000
30	0.000	21.102	0.000	0.000
	1.000	21.421	-0.000	0.000
	0.500	21.262	-0.000	0.000
31	0.000	-28.901	9.803	-4.894
	1.000	-28.608	9.803	4.811

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

32	0.000	575.925	0.444	0.000
	1.000	575.605	-0.444	0.000
	0.500	575.765	0.000	0.354
33	0.000	-281.677	0.131	0.000
	1.000	-281.551	-0.131	0.000
	0.500	-281.614	0.000	0.109
34	0.000	65.263	0.131	0.000
	1.000	65.136	-0.131	0.000
	0.500	65.199	0.000	0.109
35	0.000	54.099	0.131	0.000
	1.000	54.257	-0.131	0.000
	0.500	54.178	0.000	0.115
36	0.000	54.257	0.131	0.000
	1.000	54.099	-0.131	0.000
	0.500	54.178	0.000	0.115
37	0.000	65.136	0.131	0.000
	1.000	65.263	-0.131	0.000
	0.500	65.199	0.000	0.109
38	0.000	-281.551	0.131	0.000
	1.000	-281.677	-0.131	0.000
	0.500	-281.614	0.000	0.109
39	0.000	575.605	0.444	0.000
	1.000	575.925	-0.444	0.000
	0.500	575.765	0.000	0.354
40	0.000	-579.250	0.222	0.000
	1.000	-579.570	-0.222	0.000
	0.500	-579.410	0.000	0.102

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
 tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
 e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

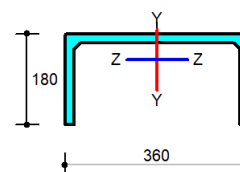
Pręt nr 0 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 0 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 0 (x=3.200m, y=6.390m); 1 (x=4.700m, y=6.480m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyciężenie elementu: 15%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 14 %

Zginanie z siłą podłużną: 14 %

Zginanie ze ściskaniem: 15 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 2 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 6 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyciężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	8.1 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	0.2 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	8.1 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	0.6 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	0.6 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	8.1 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	0.6 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	9.4 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	1.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	9.4 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	0.6 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	0.6 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	9.4 %
13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	0.6 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	10.9 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	2.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	10.9 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	0.8 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	0.8 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	10.9 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	0.8 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	12.6 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	4.4 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	12.6 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.2 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.2 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	12.6 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.2 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	14.5 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	6.1 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	14.5 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	1.8 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	1.8 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	14.5 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	1.8 %

Wyniki szczegółowe

Długość wybocheniowa

Współczynniki długości wybocheniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 0.777$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 0.914$ oraz $l_{o,y} = 1.5\text{m}$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 1.5\text{m}$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 1.5\text{m}$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wybocheniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 1.5 \text{m})^2} = 223421.1 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(0.914 \cdot 1.5 \text{m})^2} = 41123.6 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 1.5 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 24210.2 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (223421.1 + 24210.2)^2 - 4 \cdot 223421.1 \cdot 24210.2 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 46738073135.4 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$N_{TF,xz} = \frac{(223421.1+24210.2)-\sqrt{46738073135.4}}{2(1-1.000 \cdot 10.5^2/18.346^2)} = 23323.9 \text{ kN}$$

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00 \text{ kNm}$

Ściskanie (0.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +K3, +K4, +5, +K6,)$

Pole przekroju (klasa 2): $A = A_{brutto} = 123.8 \text{ cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.8 \cdot 23.5}{1.0} = 2909.3 \text{ kN}$

Współczynniki wyboczeniowe (Tablica 11):

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2909.3/223421.1 = 0.114 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000 \text{ (giętno x-x)}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2909.3/41123.6 = 0.266 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.966 \text{ (giętno y-y)}$$

$$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 2909.3/24210.2 = 0.347 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.925 \text{ (skrętno)}$$

$$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2909.3/23323.9 = 0.353 \rightarrow \text{krzywa 'c'} \rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.922 \text{ (giętno-skrętno)}$$

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.922$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.922 \cdot 123.8 \cdot 23.5}{1.0} = 2681.9 \text{ kN} > 10.7 \text{ kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (0.5 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.50 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +K3, +K4, +5, +K6,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3 \text{ cm}^2$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{58.3 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 791.3 \text{ kN} > 0.0 \text{ kN} = V_{Ed,z}$$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3 \text{ cm}^2$

Warunek nośności plastycznej:

$$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{58.3 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 791.3 \text{ kN} > 3.7 \text{ kN} = V_{Ed,y}$$

Zginanie (14.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.50 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +K3, +K4, +5, +K6,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/1502.7 = 0.114 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.083) = 0.923$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.923^{0.114}, 3078 \cdot 0.923) = 3050 \text{ mm}^2$$

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/1502.7 = 0.114 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.083) = 0.923$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.923^{0.114}, 3078 \cdot 0.923) = 3050 \text{ mm}^2$$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7 \text{ kNm}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/1502.7 = 0.114 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.083) = 0.923$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.923^{0.114}, 3078 \cdot 0.923) = 3050 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/1502.7 = 0.114 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.083) = 0.923$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.923^{0.114}, 3078 \cdot 0.923) = 3050 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{9.7}{69.0} = 0.14 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (14.5 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.50\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{10.7}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 10.7 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{9.7 \cdot 1e2 + 10.7 \cdot 0.000}{3767.4} 12.8 = -3.4 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-34.0| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{Mo}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{Mo}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{Mo}} < 1.0$$

$$\frac{-10.7}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -10.7 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{9.7 + -10.7 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.145 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (14.5 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.50\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = 0.95 + 0.05\alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 1.000 = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.114, 1) \frac{10.7}{1.000 \cdot 2909.3 / 1.0} \right) \right] = 1.001$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.266, 1) \frac{10.7}{1.000 \cdot 2909.3 / 1.0} \right) \right] = 1.002$$

$$k_{yz} = k_{zy} = 1.002$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.266, 1) 10.7}{(1.000 - 0.25) 1.000 \cdot 2909.3 / 1.0} = 1.000$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 2):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{yN_{Rk}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.14 < 1.0$$

$$\frac{10.7}{1.000 \cdot 2909.3} + 1.001 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.002 \frac{9.746+0.007}{69.0} = 0.14 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{zN_{Rk}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.15 < 1.0$$

$$\frac{10.7}{0.966 \cdot 2909.3} + 1.000 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.002 \frac{9.746+0.007}{69.0} = 0.15 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (2.1 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8mm$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8mm$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4kN > 15.0kN = F_{Ed}$$

Ugięcia (6.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.50m$; Kombinacja: $ext U (0,1,4,5,K6)$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 6.6mm < 108.0mm = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

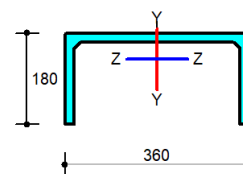
Pręt nr 1 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 1 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 1 (x=4.700m, y=6.480m); 2 (x=7.700m, y=6.660m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 55%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 50 %

Zginanie: 13 %

Zginanie z siłą podłużną: 52 %

Zginanie ze ściskaniem: 55 %

Ścinanie: 2 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 22 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	55.3 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	6.1 %
2	0.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	4.7 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	4.7 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	55.3 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	55.3 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	4.7 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	52.8 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	9.8 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	52.8 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	52.8 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	50.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	13.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	50.7 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	50.7 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
21	0.750	min Mx	Ściskanie	49.9 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	18.1 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	3.8 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	3.8 %
25	0.750	max Ty	Ściskanie	49.9 %
26	0.750	min N	Ściskanie	49.9 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	3.8 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.0 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	22.4 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	4.0 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	4.0 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	50.8 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	50.8 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	50.8 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{0,y} = 3.0m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 3.0m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 3.0m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 55855.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 8582.0 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 8487.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (55855.3 + 8487.3)^2 - 4 \cdot 55855.3 \cdot 8487.3 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 2861869881.0 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(55855.3 + 8487.3) - \sqrt{2861869881.0}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 8045.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00 \text{ kNm}$

Ściskanie (49.9 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Pole przekroju (klasa 4): $A = A_{eff} = 123.1 \text{ cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2893.3 \text{ kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2893.3/55855.3 = 0.228 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.986$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2893.3/8582.0 = 0.581 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.797$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 2893.3/8487.3 = 0.584 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.795$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2893.3/8045.9 = 0.600 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.786$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.786$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.786 \cdot 123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2272.9 \text{ kN} > 1134.1 \text{ kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (1.7 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3 \text{ cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,z} = \frac{V_{Ed,z} S}{J_z t} = \frac{0.0 \cdot 801.4}{24341.6 \cdot 1.8} = 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3 \text{ cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,y} = \frac{V_{Ed,y} S}{J_y t} = \frac{5.2 \cdot 296.2}{3740.0 \cdot 1.8} = 2.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Zginanie (13.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$

Ramię 2:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7 \text{ kNm}$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{9.0}{69.0} = 0.13 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (52.2 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{1134.1}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 1134.1 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{9.0 \cdot 1e2 + 1134.1 \cdot 0.000}{3767.4} 12.8 = -12.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-12.3| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-1134.1}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -1134.1 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{9.0 + -1134.1 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.522 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (55.3 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = \max(0.1(1 - \psi) - 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.1(1 + 0.158) + 0.8 \cdot 0.158, 0.4) = 0.400$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.228, 1) \frac{1134.1}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.054$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[0.400 \left(1 + 0.6 \min(0.581, 1) \frac{1134.1}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 0.469$$

$$k_{yz} = k_{zy} = 0.469$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.581, 1) 1134.1}{(1.000 - 0.25) 0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} = 0.981$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 4):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{yN_{Rk}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.46 < 1.0$$

$$\frac{1134.1}{0.986 \cdot 2893.3} + 1.054 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 0.469 \frac{9.746+0.790}{69.0} = 0.46 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{zN_{Rk}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.55 < 1.0$$

$$\frac{1134.1}{0.797 \cdot 2893.3} + 0.981 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 0.469 \frac{9.746+0.790}{69.0} = 0.55 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
 Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8mm$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8mm$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4kN > 26.2kN = F_{Ed}$$

Ugięcia (22.4 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01m$; Kombinacja: $ext U (0,1,4,5,K6)$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 24.2mm < 108.0mm = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

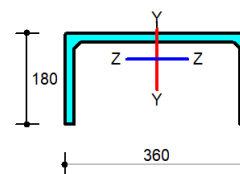
Pręt nr 2 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 2 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 2 (x=7.700m, y=6.660m); 3 (x=10.700m, y=6.840m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 61%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 50 %

Zginanie: 10 %

Zginanie z siłą podłużną: 49 %

Zginanie ze ściskaniem: 61 %

Ścinanie: 1 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 38 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.4 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	22.4 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	4.4 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	4.4 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	53.1 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	53.1 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	53.1 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.3 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	26.6 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	4.3 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	4.3 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	56.5 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	56.5 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	56.5 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.8 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	30.6 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	4.8 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	4.8 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	59.0 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	59.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	59.0 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.5 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	34.3 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	4.5 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	4.5 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	60.5 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	60.5 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	60.5 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	37.6 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	61.2 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	61.2 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	61.2 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{0,y} = 3.0m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 3.0m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 3.0m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 55855.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 8582.0 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 8487.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (55855.3 + 8487.3)^2 - 4 \cdot 55855.3 \cdot 8487.3 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 2861869902.8 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(55855.3 + 8487.3) - \sqrt{2861869902.8}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 8045.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00\text{kNm}$

Ściskanie (49.9 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Pole przekroju (klasa 4): $A = A_{\text{eff}} = 123.1\text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2893.3\text{kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2893.3/55855.3 = 0.228 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.986$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2893.3/8582.0 = 0.581 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.797$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 2893.3/8487.3 = 0.584 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.795$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2893.3/8045.9 = 0.600 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.786$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.786$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.786 \cdot 123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2272.9\text{kN} > 1134.0\text{kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (1.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,z} = \frac{V_{Ed,z} S}{J_z t} = \frac{0.0 \cdot 801.4}{24341.6 \cdot 1.8} = 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,y} = \frac{V_{Ed,y} S}{J_y t} = \frac{3.0 \cdot 296.2}{3740.0 \cdot 1.8} = 1.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Zginanie (10.2 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{\text{eff}} = \max(A_{c,\text{eff}} \beta^\kappa, A_{c,\text{eff}} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$

Ramię 2:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{\text{eff}} = \max(A_{c,\text{eff}} \beta^\kappa, A_{c,\text{eff}} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{\text{eff},Rd,y} = \frac{W_{\text{eff},y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7\text{kNm}$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{7.1}{69.0} = 0.10 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (49.4 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{1133.8}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 1133.8 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{7.1 \cdot 1e2 + 1133.8 \cdot 0.000}{3767.4} 5.2 = -10.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-101.8| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-1133.8}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -1133.8 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{7.1 + -1133.8 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.494 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (61.2 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = 0.95 + 0.05\alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 1.000 = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.228, 1) \frac{1134.0}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.054$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.581, 1) \frac{1134.0}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.171$$

$$k_{yz} = k_{zy} = 1.171$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.581, 1) 1134.0}{(1.000 - 0.25) 0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} = 0.981$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 4):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{y} N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.52 < 1.0$$

$$\frac{1134.0}{0.986 \cdot 2893.3} + 1.054 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.171 \frac{6.275+0.790}{69.0} = 0.52 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z} N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.61 < 1.0$$

$$\frac{1134.0}{0.797 \cdot 2893.3} + 0.981 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.171 \frac{6.275+0.790}{69.0} = 0.61 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
 Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8\text{mm}$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4\text{kN} > 26.2\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (37.6 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01m$; Kombinacja: ext U (0,1,4,5,K6,)

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 40.6\text{mm} < 108.0\text{mm} = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

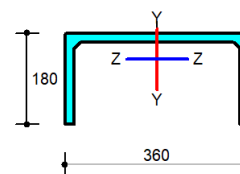
Pręt nr 3 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 3 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 3 (x=10.700m, y=6.840m); 4 (x=13.700m, y=7.020m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyciężenie elementu: 92%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 65 %

Zginanie: 23 %

Zginanie z siłą podłużną: 74 %

Zginanie ze ściskaniem: 92 %

Ścinanie: 1 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 45 %

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Wyniki w punktach charakterystycznych		Wyciężenie
			Warunek		
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem		5.0 %
1	0.000	ext U	Ugięcia		37.6 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem		5.0 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem		5.0 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem		77.2 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem		77.2 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem		77.2 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem		6.1 %
8	0.250	ext U	Ugięcia		40.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem		6.1 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem		6.1 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem		82.4 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem		82.4 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	82.4 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	42.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	86.6 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	86.6 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	86.6 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	6.5 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	44.6 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	6.5 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	6.5 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	89.9 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	89.9 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	89.9 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.6 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	45.5 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.6 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.6 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	92.2 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	92.2 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	92.2 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{0,y} = 3.0m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 3.0m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 3.0m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 55855.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 8582.0 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 8487.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (55855.3 + 8487.3)^2 - 4 \cdot 55855.3 \cdot 8487.3 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 2861869866.4 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(55855.3 + 8487.3) - \sqrt{2861869866.4}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 8045.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00\text{kNm}$

Ściskanie (65.2 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Pole przekroju (klasa 4): $A = A_{\text{eff}} = 123.1\text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2893.3\text{kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2893.3/55855.3 = 0.228 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.986$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2893.3/8582.0 = 0.581 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.797$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 2893.3/8487.3 = 0.584 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.795$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2893.3/8045.9 = 0.600 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.786$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.786$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.786 \cdot 123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2272.9\text{kN} > 1481.4\text{kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (1.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,z} = \frac{V_{Ed,z} S}{J_z t} = \frac{0.0 \cdot 801.4}{24341.6 \cdot 1.8} = 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,y} = \frac{V_{Ed,y} S}{J_y t} = \frac{4.3 \cdot 296.2}{3740.0 \cdot 1.8} = 1.9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Zginanie (22.9 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{\text{eff}} = \max(A_{c,\text{eff}} \beta^K, A_{c,\text{eff}} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$

Ramię 2:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{\text{eff}} = \max(A_{c,\text{eff}} \beta^K, A_{c,\text{eff}} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{\text{eff},Rd,y} = \frac{W_{\text{eff},y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7\text{kNm}$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{15.8}{69.0} = 0.23 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (74.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01m$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{1481.2}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 1481.2 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{15.8 \cdot 1e2 + 1481.2 \cdot 0.000}{3767.4} 5.2 = -14.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-142.0| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-1481.2}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -1481.2 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{15.8 + -1481.2 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.741 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (92.2 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01m$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = 0.95 + 0.05\alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 1.000 = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.228, 1) \frac{1481.4}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.071$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.581, 1) \frac{1481.4}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.224$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.224$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.581, 1) 1481.4}{(1.000 - 0.25) 0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} = 0.975$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 4):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{yT} N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.80 < 1.0$$

$$\frac{1481.4}{0.986 \cdot 2893.3} + 1.071 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.224 \frac{14.750+1.032}{69.0} = 0.80 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{zT} N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.92 < 1.0$$

$$\frac{1481.4}{0.797 \cdot 2893.3} + 0.975 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.224 \frac{14.750+1.032}{69.0} = 0.92 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
 Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8\text{mm}$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4\text{kN} > 26.2\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (45.5 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01m$; Kombinacja: ext U (0,1,4,5,K6,)

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 49.1\text{mm} < 108.0\text{mm} = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

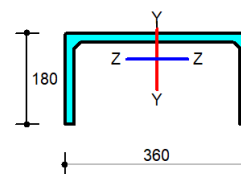
Pręt nr 4 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 4 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 4 (x=13.700m, y=7.020m); 5 (x=16.700m, y=7.200m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 88%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 65 %

Zginanie: 23 %

Zginanie z siłą podłużną: 74 %

Zginanie ze ściskaniem: 88 %

Ścinanie: 3 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 46 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.6 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	45.5 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	88.3 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.6 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.6 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	88.3 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	88.3 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	6.0 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	45.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	79.1 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	6.0 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	6.0 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	79.1 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	79.1 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	45.1 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	69.2 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.7 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.7 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	69.2 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	69.2 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	70.0 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	44.5 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	70.0 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.1 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.1 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	70.0 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.1 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	81.6 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	44.2 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	81.6 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	81.6 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	7.1 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{0,y} = 3.0\text{m}$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 3.0\text{m}$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 3.0\text{m}$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 55855.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 8582.0 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 8487.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (55855.3 + 8487.3)^2 - 4 \cdot 55855.3 \cdot 8487.3 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 2861869916.2 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(55855.3 + 8487.3) - \sqrt{2861869916.2}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 8045.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00\text{kNm}$

Ściskanie (65.1 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Pole przekroju (klasa 4): $A = A_{\text{eff}} = 123.1\text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2893.3\text{kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2893.3/55855.3 = 0.228 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.986$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2893.3/8582.0 = 0.581 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.797$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 2893.3/8487.3 = 0.584 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.795$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2893.3/8045.9 = 0.600 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.786$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.786$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.786 \cdot 123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2272.9\text{kN} > 1480.7\text{kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (3.4 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,z} = \frac{V_{Ed,z} S}{J_z t} = \frac{0.0 \cdot 801.4}{24341.6 \cdot 1.8} = 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,y} = \frac{V_{Ed,y} S}{J_y t} = \frac{10.5 \cdot 296.2}{3740.0 \cdot 1.8} = 4.6 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Zginanie (22.9 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{\text{eff}} = \max(A_{c,\text{eff}} \beta^K, A_{c,\text{eff}} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$

Ramię 2:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{\text{eff}} = \max(A_{c,\text{eff}} \beta^K, A_{c,\text{eff}} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{\text{eff},Rd,y} = \frac{W_{\text{eff},y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7\text{kNm}$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{15.8}{69.0} = 0.23 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (74.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{y,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{1480.7}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 1480.7 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{15.8 \cdot 1e2 + 1480.7 \cdot 0.000}{3767.4} 5.2 = -14.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-141.9| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-1480.7}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -1480.7 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{15.8 + -1480.7 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.740 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (88.3 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = \max(0.1(1 - \psi) - 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.1(1 + 0.844) + 0.8 \cdot 0.844, 0.4) = 0.859$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.228, 1) \frac{1480.7}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.071$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[0.859 \left(1 + 0.6 \min(0.581, 1) \frac{1480.7}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.052$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.052$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.581, 1) 1480.7}{(1.000 - 0.25) 0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} = 0.975$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 4):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{yN_{Rk}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.76 < 1.0$$

$$\frac{1480.7}{\frac{0.986 \cdot 2893.3}{1.0}} + 1.071 \frac{0.0+0.0}{\frac{1.000 \cdot 313.7}{1.0}} + 1.052 \frac{14.750+1.032}{\frac{69.0}{1.0}} = 0.76 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{zN_{Rk}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.88 < 1.0$$

$$\frac{1480.7}{\frac{0.797 \cdot 2893.3}{1.0}} + 0.975 \frac{0.0+0.0}{\frac{1.000 \cdot 313.7}{1.0}} + 1.052 \frac{14.750+1.032}{\frac{69.0}{1.0}} = 0.88 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8\text{mm}$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4\text{kN} > 26.2\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (45.5 %)

Przekrój: $x/L=0.250$, $L=0.75m$; Kombinacja: ext U (0,1,4,5,K6,)

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 49.2\text{mm} < 108.0\text{mm} = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

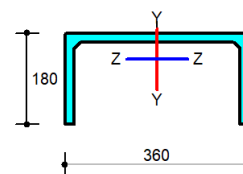
Pręt nr 5 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 5 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 5 (x=16.700m, y=7.200m); 6 (x=19.700m, y=7.020m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 92%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 65 %

Zginanie: 23 %

Zginanie z siłą podłużną: 74 %

Zginanie ze ściskaniem: 92 %

Ścinanie: 3 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 46 %

Wyniki w punktach charakterystycznych

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Warunek	Wyężenie
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	84.5 %
1	0.000	ext U	Ugięcia	44.2 %
2	0.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	6.0 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	6.0 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	84.5 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	84.5 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	6.0 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	71.0 %
8	0.250	ext U	Ugięcia	44.5 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.0 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.0 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	71.0 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem	71.0 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.0 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.3 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	45.1 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.3 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.3 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	70.0 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	70.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	70.0 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.4 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	45.5 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.4 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.4 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	81.6 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	81.6 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	81.6 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.2 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	45.5 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.2 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.2 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	92.2 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	92.2 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	92.2 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{0,y} = 3.0\text{m}$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 3.0\text{m}$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 3.0\text{m}$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 55855.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 8582.0 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 8487.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (55855.3 + 8487.3)^2 - 4 \cdot 55855.3 \cdot 8487.3 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 2861869880.6 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(55855.3 + 8487.3) - \sqrt{2861869880.6}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 8045.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00 \text{ kNm}$

Ściskanie (65.1 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01 \text{ m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0, +1, +4, -5, +K6,)$

Pole przekroju (klasa 4): $A = A_{eff} = 123.1 \text{ cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2893.3 \text{ kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2893.3/55855.3 = 0.228 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.986$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2893.3/8582.0 = 0.581 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.797$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 2893.3/8487.3 = 0.584 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.795$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2893.3/8045.9 = 0.600 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.786$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.786$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.786 \cdot 123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2272.9 \text{ kN} > 1480.7 \text{ kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (3.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +K3, +K4, +5, +K6,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3 \text{ cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,z} = \frac{V_{Ed,z} S}{J_z t} = \frac{0.0 \cdot 801.4}{24341.6 \cdot 1.8} = 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3 \text{ cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,y} = \frac{V_{Ed,y} S}{J_y t} = \frac{10.5 \cdot 296.2}{3740.0 \cdot 1.8} = 4.6 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Zginanie (22.9 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01 \text{ m}$; Kombinacja: $\max M_x (+0, +1, +4, -5, +K6,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$

Ramię 2:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7 \text{ kNm}$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{15.8}{69.0} = 0.23 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (74.0 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{1480.7}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 1480.7 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{15.8 \cdot 1e2 + 1480.7 \cdot 0.000}{3767.4} 5.2 = -14.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-141.9| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-1480.7}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -1480.7 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{15.8 + -1480.7 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.740 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (92.2 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = 0.95 + 0.05\alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 1.000 = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.228, 1) \frac{1480.7}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.071$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.581, 1) \frac{1480.7}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.224$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.224$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.581, 1) 1480.7}{(1.000 - 0.25) 0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} = 0.975$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 4):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{y} N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.80 < 1.0$$

$$\frac{1480.7}{0.986 \cdot 2893.3} + 1.071 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.224 \frac{14.750+1.032}{69.0} = 0.80 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z} N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.92 < 1.0$$

$$\frac{1480.7}{0.797 \cdot 2893.3} + 0.975 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.224 \frac{14.750+1.032}{69.0} = 0.92 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
 Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8mm$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8mm$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4kN > 26.2kN = F_{Ed}$$

Ugięcia (45.5 %)

Przekrój: $x/L=0.750$, $L=2.25m$; Kombinacja: $ext U (0,1,4,5,K6)$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 49.2mm < 108.0mm = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

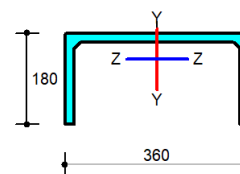
Pręt nr 6 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 6 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 6 (x=19.700m, y=7.020m); 7 (x=22.700m, y=6.840m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyciężenie elementu: 79%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 65 %

Zginanie: 23 %

Zginanie z siłą podłużną: 74 %

Zginanie ze ściskaniem: 79 %

Ścinanie: 1 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 45 %

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Wyniki w punktach charakterystycznych		Wyciężenie
			Warunek		
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem		5.6 %
1	0.000	ext U	Ugięcia		45.5 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem		79.4 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem		5.6 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem		5.6 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem		79.4 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem		79.4 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem		6.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia		44.6 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem		78.1 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem		6.5 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem		6.5 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem		78.1 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	78.1 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	42.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	76.3 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	6.7 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	76.3 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	76.3 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	6.1 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	40.5 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	74.1 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	6.1 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	6.1 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	74.1 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	74.1 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	5.0 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	37.6 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	71.3 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	5.0 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	5.0 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	71.3 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	71.3 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{0,y} = 3.0m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 3.0m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 3.0m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 55855.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 8582.0 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 8487.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (55855.3 + 8487.3)^2 - 4 \cdot 55855.3 \cdot 8487.3 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 2861869863.0 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(55855.3 + 8487.3) - \sqrt{2861869863.0}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 8045.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00\text{kNm}$

Ściskanie (65.2 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Pole przekroju (klasa 4): $A = A_{eff} = 123.1\text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2893.3\text{kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2893.3/55855.3 = 0.228 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.986$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2893.3/8582.0 = 0.581 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.797$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 2893.3/8487.3 = 0.584 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.795$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2893.3/8045.9 = 0.600 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.786$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.786$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.786 \cdot 123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2272.9\text{kN} > 1481.4\text{kN} = N_{Ed}$$

Ścinanie (1.4 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,z} = \frac{V_{Ed,z} S}{J_z t} = \frac{0.0 \cdot 801.4}{24341.6 \cdot 1.8} = 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,y} = \frac{V_{Ed,y} S}{J_y t} = \frac{4.3 \cdot 296.2}{3740.0 \cdot 1.8} = 1.9 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Zginanie (22.9 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$$

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7\text{kNm}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{15.8}{69.0} = 0.23 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (74.1 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{1481.2}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 1481.2 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{15.8 \cdot 1e2 + 1481.2 \cdot 0.000}{3767.4} 5.2 = -14.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-142.0| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-1481.2}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -1481.2 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e - 6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{15.8 + -1481.2 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e - 6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.741 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (79.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = \max(0.2 + 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.425, 0.4) = 0.540$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.228, 1) \frac{1481.4}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.071$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[0.540 \left(1 + 0.6 \min(0.581, 1) \frac{1481.4}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 0.661$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0.661$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.581, 1) 1481.4}{(1.000 - 0.25) 0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} = 0.975$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 4):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{y} N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.67 < 1.0$$

$$\frac{1481.4}{0.986 \cdot 2893.3} + 1.071 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 0.661 \frac{14.750+1.032}{69.0} = 0.67 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{z} N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.79 < 1.0$$

$$\frac{1481.4}{0.797 \cdot 2893.3} + 0.975 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 0.661 \frac{14.750+1.032}{69.0} = 0.79 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6)$

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
 Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8mm$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8mm$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4kN > 26.2kN = F_{Ed}$$

Ugięcia (45.5 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $ext U (0,1,4,5,K6)$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 49.1mm < 108.0mm = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

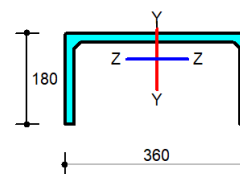
Pręt nr 7 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 7 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 7 (x=22.700m, y=6.840m); 8 (x=25.700m, y=6.660m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 54%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 50 %

Zginanie: 10 %

Zginanie z siłą podłużną: 49 %

Zginanie ze ściskaniem: 54 %

Ścinanie: 1 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 38 %

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Wyniki w punktach charakterystycznych		Wyężenie
			Warunek		
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem		3.9 %
1	0.000	ext U	Ugięcia		37.6 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem		54.0 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem		3.9 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem		3.9 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem		54.0 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem		54.0 %
7	0.250	min Mx	Zginanie ze ściskaniem		4.5 %
8	0.250	ext U	Ugięcia		34.3 %
9	0.250	min Ty	Zginanie ze ściskaniem		53.7 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem		4.5 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem		4.5 %
12	0.250	min N	Zginanie ze ściskaniem		53.7 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	53.7 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.8 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	30.6 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	53.1 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	4.8 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	4.8 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	53.1 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	53.1 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.3 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	26.6 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	52.1 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	4.3 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	4.3 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	52.1 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	52.1 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	4.4 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	22.4 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	50.8 %
31	1.000	max N	Zginanie ze ściskaniem	4.4 %
32	1.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	4.4 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	50.8 %
34	1.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	50.8 %

Wyniki szczegółowe

Długość wyboczeniowa

Współczynniki długości wyboczeniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{0,y} = 3.0m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 3.0m$

Wyboczenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 3.0m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wyboczeniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 55855.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 8582.0 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 8487.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (55855.3 + 8487.3)^2 - 4 \cdot 55855.3 \cdot 8487.3 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 2861869903.5 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(55855.3 + 8487.3) - \sqrt{2861869903.5}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 8045.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00\text{kNm}$

Ściskanie (49.9 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Pole przekroju (klasa 4): $A = A_{eff} = 123.1\text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2893.3\text{kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2893.3/55855.3 = 0.228 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.986$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2893.3/8582.0 = 0.581 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.797$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 2893.3/8487.3 = 0.584 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.795$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2893.3/8045.9 = 0.600 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.786$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.786$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.786 \cdot 123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2272.9\text{kN} > 1134.0\text{kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (1.0 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,z} = \frac{V_{Ed,z} S}{J_z t} = \frac{0.0 \cdot 801.4}{24341.6 \cdot 1.8} = 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,y} = \frac{V_{Ed,y} S}{J_y t} = \frac{3.0 \cdot 296.2}{3740.0 \cdot 1.8} = 1.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Zginanie (10.2 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\max Mx (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$

Ramię 2:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074\text{mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7\text{kNm}$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{7.1}{69.0} = 0.10 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (49.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{1133.8}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 1133.8 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{7.1 \cdot 1e2 + 1133.8 \cdot 0.000}{3767.4} 5.2 = -10.2 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-101.8| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-1133.8}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -1133.8 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{7.1 + -1133.8 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.494 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (54.0 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $\max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = \max(0.2 + 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.246, 0.4) = 0.400$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.228, 1) \frac{1134.0}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.054$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[0.400 \left(1 + 0.6 \min(0.581, 1) \frac{1134.0}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 0.469$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0.469$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.581, 1) 1134.0}{(1.000 - 0.25) 0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} = 0.981$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 4):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.45 < 1.0$$

$$\frac{1134.0}{0.986 \cdot 2893.3} + 1.054 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 0.469 \frac{6.275+0.790}{69.0} = 0.45 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.54 < 1.0$$

$$\frac{1134.0}{0.797 \cdot 2893.3} + 0.981 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 0.469 \frac{6.275+0.790}{69.0} = 0.54 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6)$,

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
 Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8mm$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8mm$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4kN > 26.2kN = F_{Ed}$$

Ugięcia (37.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $ext U (0,1,4,5,K6)$,

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 40.6mm < 108.0mm = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

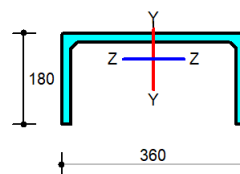
Pręt nr 8 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 8 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 8 (x=25.700m, y=6.660m); 9 (x=28.700m, y=6.480m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 64%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 50 %

Zginanie: 13 %

Zginanie z siłą podłużną: 52 %

Zginanie ze ściskaniem: 64 %

Ścinanie: 2 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 22 %

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Wyniki w punktach charakterystycznych		Wyężenie
			Warunek		
0	0.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem		4.0 %
1	0.000	ext U	Ugięcia		22.4 %
2	0.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem		53.1 %
3	0.000	max N	Zginanie ze ściskaniem		4.0 %
4	0.000	max Ty	Zginanie ze ściskaniem		4.0 %
5	0.000	min N	Zginanie ze ściskaniem		53.1 %
6	0.000	max Mx	Zginanie ze ściskaniem		53.1 %
7	0.250	min Mx	Ściskanie		49.9 %
8	0.250	ext U	Ugięcia		18.1 %
9	0.250	min Ty	Ściskanie		49.9 %
10	0.250	max N	Zginanie ze ściskaniem		3.8 %
11	0.250	max Ty	Zginanie ze ściskaniem		3.8 %
12	0.250	min N	Ściskanie		49.9 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	3.8 %
14	0.500	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	53.0 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	13.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	53.0 %
17	0.500	max N	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
18	0.500	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
19	0.500	min N	Zginanie ze ściskaniem	53.0 %
20	0.500	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
21	0.750	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	58.2 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	9.8 %
23	0.750	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	58.2 %
24	0.750	max N	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
25	0.750	max Ty	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
26	0.750	min N	Zginanie ze ściskaniem	58.2 %
27	0.750	max Mx	Zginanie ze ściskaniem	3.9 %
28	1.000	min Mx	Zginanie ze ściskaniem	64.4 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	6.1 %
30	1.000	min Ty	Zginanie ze ściskaniem	64.4 %
31	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	4.7 %
32	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	4.7 %
33	1.000	min N	Zginanie ze ściskaniem	64.4 %
34	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	4.7 %

Wyniki szczegółowe

Długość wybocheniowa

Współczynniki długości wybocheniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 1.000$ oraz $l_{o,y} = 3.0m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{o,z} = 3.0m$

Wybochenie skrętne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{o,\omega} = 3.0m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wybocheniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 55855.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} = 8582.0 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 3.0 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 8487.3 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (55855.3 + 8487.3)^2 - 4 \cdot 55855.3 \cdot 8487.3 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 2861869869.3 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(55855.3 + 8487.3) - \sqrt{2861869869.3}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 8045.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00 \text{ kNm}$

Ściskanie (49.9 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +K3, +K4, +5, +K6,)$

Pole przekroju (klasa 4): $A = A_{eff} = 123.1 \text{ cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2893.3 \text{ kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2893.3/55855.3 = 0.228 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 0.986$ (giętno x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2893.3/8582.0 = 0.581 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.797$ (giętno y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,x}} = 2893.3/8487.3 = 0.584 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.795$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2893.3/8045.9 = 0.600 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.786$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.786$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.786 \cdot 123.1 \cdot 23.5}{1.0} = 2272.9 \text{ kN} > 1134.1 \text{ kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (1.7 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +K3, +K4, +5, +K6,)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3 \text{ cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,z} = \frac{V_{Ed,z} S}{J_z t} = \frac{0.0 \cdot 801.4}{24341.6 \cdot 1.8} = 0.0 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3 \text{ cm}^2$

Warunek nośności sprężystej: $\tau_{Ed,y} = \frac{V_{Ed,y} S}{J_y t} = \frac{5.2 \cdot 296.2}{3740.0 \cdot 1.8} = 2.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} < 135.7 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2} = \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}}$

Uwaga! Przyjęto, że element nie jest narażony na miejscową utratę stateczności w rozumieniu rozdziału 5 EN 1993-1-5.

Zginanie (13.0 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01 \text{ m}$; Kombinacja: $\min N (-0, -1, +2, +K3, +K4, +5, +K6,)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$

Ramię 2:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^K, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 313.7 \text{ kNm}$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/3005.4 = 0.057 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.021) = 0.980$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.980^{0.057}, 3078 \cdot 0.980) = 3074 \text{ mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{c,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{9.0}{69.0} = 0.13 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (52.2 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{1134.1}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 1134.1 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{9.0 \cdot 1e2 + 1134.1 \cdot 0.000}{3767.4} 12.8 = -12.3 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-12.3| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{M0}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{W_{eff,y, \min} f_y / \gamma_{M0}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed} e_{Nz}}{W_{eff,z, \min} f_y / \gamma_{M0}} < 1.0$$

$$\frac{-1134.1}{123.1 \cdot 23.5 / 1.0} + \frac{0.0 + -1134.1 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4 / 1.0} + \frac{9.0 + -1134.1 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4 / 1.0} = 0.522 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (64.4 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=3.01\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = 0.95 + 0.05\alpha_h = 0.95 + 0.05 \cdot 1.000 = 1.000$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.228, 1) \frac{1134.1}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.054$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.581, 1) \frac{1134.1}{0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} \right) \right] = 1.171$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 1.171$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1) N_{Ed}}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk} / \gamma_{M1}} = 1 - \frac{0.05 \min(0.581, 1) 1134.1}{(1.000 - 0.25) 0.986 \cdot 2893.3 / 1.0} = 0.981$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 4):

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{yN_{Rk}}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.55 < 1.0$$

$$\frac{1134.1}{0.986 \cdot 2893.3} + 1.054 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.171 \frac{9.746+0.790}{69.0} = 0.55 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_{zN_{Rk}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.64 < 1.0$$

$$\frac{1134.1}{0.797 \cdot 2893.3} + 0.981 \frac{0.0+0.0}{1.000 \cdot 313.7} + 1.171 \frac{9.746+0.790}{69.0} = 0.64 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: max M_x (+0,+1,+4,-5,+K6,)

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$
Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8\text{mm}$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8\text{mm}$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{\gamma_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4\text{kN} > 26.2\text{kN} = F_{Ed}$$

Ugięcia (22.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: ext U (0,1,4,5,K6,)

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 24.2\text{mm} < 108.0\text{mm} = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

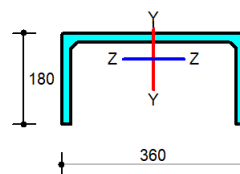
Pręt nr 9 - Element stalowy wg. PN-EN 1993-1-1:2005+AC:2006

Informacje o elemencie

Nazwa/Opis: element nr 9 (belka) - Brak opisu elementu.

Węzły: 9 (x=28.700m, y=6.480m); 10 (x=30.200m, y=6.390m)

Profil: 2xLr 180x180x18 (S 235)



Wyniki dla elementu

Całkowite wyężenie elementu: 14%

Rozciąganie: 0 %

Ściskanie: 0 %

Zginanie: 14 %

Zginanie z siłą podłużną: 14 %

Zginanie ze ściskaniem: 9 %

Ścinanie: 0 %

Środek pod obciążeniem skupionym: 4 %

Smukłość: 0 %

Ugięcia: 6 %

Nr	Rzędna	Obwiedni a	Wyniki w punktach charakterystycznych		Wyężenie
			Warunek		
0	0.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną		14.5 %
1	0.000	ext U	Ugięcia		6.1 %
2	0.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną		1.8 %
3	0.000	max N	Zginanie z siłą podłużną		1.8 %
4	0.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną		14.5 %
5	0.000	min N	Zginanie z siłą podłużną		14.5 %
6	0.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną		1.8 %
7	0.250	min Mx	Zginanie z siłą podłużną		12.6 %
8	0.250	ext U	Ugięcia		4.4 %
9	0.250	min Ty	Zginanie z siłą podłużną		1.2 %
10	0.250	max N	Zginanie z siłą podłużną		1.2 %
11	0.250	max Ty	Zginanie z siłą podłużną		12.6 %
12	0.250	min N	Zginanie z siłą podłużną		12.6 %

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

13	0.250	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	1.2 %
14	0.500	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	10.9 %
15	0.500	ext U	Ugięcia	2.9 %
16	0.500	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
17	0.500	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
18	0.500	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	10.9 %
19	0.500	min N	Zginanie z siłą podłużną	10.9 %
20	0.500	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.8 %
21	0.750	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	9.4 %
22	0.750	ext U	Ugięcia	1.5 %
23	0.750	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %
24	0.750	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %
25	0.750	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	9.4 %
26	0.750	min N	Zginanie z siłą podłużną	9.4 %
27	0.750	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %
28	1.000	min Mx	Zginanie z siłą podłużną	8.1 %
29	1.000	ext U	Ugięcia	0.2 %
30	1.000	min Ty	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %
31	1.000	max N	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %
32	1.000	max Ty	Zginanie z siłą podłużną	8.1 %
33	1.000	min N	Zginanie z siłą podłużną	8.1 %
34	1.000	max Mx	Zginanie z siłą podłużną	0.6 %

Wyniki szczegółowe

Długość wybocheniowa

Współczynniki długości wybocheniowej przyjęto na podstawie ENV 1993-1-1:1992 (załącznik E):

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 0.777$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_y = 0.914$ oraz $l_{0,y} = 1.5m$

– w pł. układu: $\eta_1 = 1.000$ $\eta_2 = 1.000$ $\eta_v = 0.000 \rightarrow \mu_z = 1.000$ oraz $l_{0,z} = 1.5m$

Wybochenie skrajne: $\mu_\omega = 1.000$ oraz $l_{0,\omega} = 1.5m$

Uwaga! Przy obliczaniu współczynnika długości wybocheniowej założono, że elementy belkowe dochodzące do słupa pracują w zakresie sprężystym oraz są nieznacznie obciążone osiowo.

Siły krytyczne

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 E J_y}{(\mu_y l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 24341.6 \text{cm}^4}{(1.000 \cdot 1.5 \text{m})^2} = 223421.1 \text{kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 E J_z}{(\mu_z l)^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 3740.0 \text{cm}^4}{(0.914 \cdot 1.5 \text{m})^2} = 41123.6 \text{kN}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_s^2} \left[\frac{\pi^2 E J_\omega}{(\mu_\omega l)^2} + G J_T \right]$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{18.3^2} \left[\frac{\pi^2 \cdot 210000.0 \text{MPa} \cdot 768736.6 \text{cm}^6}{(1.000 \cdot 1.5 \text{m})^2} + 80769.2 \text{MPa} \cdot 135.3 \text{cm}^4 \right] = 24210.2 \text{kN}$$

$$N_{cr,TF} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{(N_{cr,x} + N_{cr,T})^2 - 4 N_{cr,x} N_{cr,T} (1 - \mu_z^2 / i_s^2)}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)} = \frac{(N_{cr,x} + N_{cr,T}) - \sqrt{R}}{2(1 - \mu_z^2 / i_s^2)}$$

$$R = (223421.1 + 24210.2)^2 - 4 \cdot 223421.1 \cdot 24210.2 (1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2) = 46738074756.1 \text{kN}$$

$$N_{TF,xz} = \frac{(223421.1 + 24210.2) - \sqrt{46738074756.1}}{2(1 - 1.000 \cdot 10.5^2 / 18.346^2)} = 23323.9 \text{kN}$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

Moment krytyczny

Moment krytyczny został określony przez użytkownika: $M_{cr} = 0.00\text{kNm}$

Ściskanie (0.4 %)

Przekrój: $x/L=1.000$, $L=1.50\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Pole przekroju (klasa 2): $A = A_{brutto} = 123.8\text{cm}^2$

Nośność obliczeniowa przekroju: $N_{c,Rd} = \frac{A f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{123.8 \cdot 23.5}{1.0} = 2909.3\text{kN}$

Współczynniki wyoboczeniowe (Tablica 11):

$\bar{\lambda}_y = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,y}} = 2909.3/223421.1 = 0.114 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_y(\bar{\lambda}_y) = 1.000$ (gięte x-x)

$\bar{\lambda}_z = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,z}} = 2909.3/41123.6 = 0.266 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_z(\bar{\lambda}_z) = 0.966$ (gięte y-y)

$\bar{\lambda}_x = \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 2909.3/24210.2 = 0.347 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_x(\bar{\lambda}_x) = 0.925$ (skrętne)

$\bar{\lambda}_{zx} = \sqrt{N_{c,Rd}/N_{cr,zx}} = 2909.3/23323.9 = 0.353 \rightarrow$ krzywa 'c' $\rightarrow \chi_{zx}(\bar{\lambda}_{zx}) = 0.922$ (giętno-skrętne)

Przyjęto do obliczeń: $\chi = \min(\chi_i) = 0.922$

Warunek nośności (stateczności) elementu ściskanego:

$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.922 \cdot 123.8 \cdot 23.5}{1.0} = 2681.9\text{kN} > 10.7\text{kN} = N_{Ed}$

Ścinanie (0.5 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Ścinanie po kierunku osi głównej Z-Z

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,z} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności plastycznej:

$V_{pl,Rd,z} = \frac{A_{v,z} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{58.3 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 791.3\text{kN} > 0.0\text{kN} = V_{Ed,z}$

Ścinanie po kierunku osi głównej Y-Y

Przekrój czynny przy ścinaniu: $A_{v,y} = 58.3\text{cm}^2$

Warunek nośności plastycznej:

$V_{pl,Rd,y} = \frac{A_{v,y} f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M0}} = \frac{58.3 \cdot 23.5}{\sqrt{3} \cdot 1.0} = 791.3\text{kN} > 3.7\text{kN} = V_{Ed,y}$

Zginanie (14.1 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00\text{m}$; Kombinacja: $\min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Zginanie względem osi głównej Y-Y

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 1:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/1502.7 = 0.114 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.083) = 0.923$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.923^{0.114}, 3078 \cdot 0.923) = 3050\text{mm}^2$

Ramię 2:

$\kappa = b_0/L_e = 171.0/1502.7 = 0.114 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.083) = 0.923$

$A_{eff} = \max(A_{c,eff} \beta^\kappa, A_{c,eff} \beta) = \max(3078 \cdot 0.923^{0.114}, 3078 \cdot 0.923) = 3050\text{mm}^2$

Przyjęto, że element jest zabezpieczony przed zwichrzeniem.

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$M_{c,Rd,y} = M_{eff,Rd,y} = \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{1334.9 \cdot 23.5}{1.0} 1e-2 = 313.7\text{kNm}$

Warunek nośności:

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{M_{Ed,y}}{M_{eff,Rd,y}} = \frac{0.0}{313.7} = 0.00 < 1.0$$

Zginanie względem osi głównej Z-Z

Uwzględniono efekt szerokiego pasa zgodnie z EN1993-1-5 p.3.3. Przy sprawdzaniu nośności przyjęto stan sprężysty (bez względu na klasę przekroju, również w drugim kierunku) z ew. uwzględnieniem niestateczności lokalnej.

Ramię 2:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/1502.7 = 0.114 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.083) = 0.923$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.923^{0.114}, 3078 \cdot 0.923) = 3050 \text{mm}^2$$

Ramię 1:

$$\kappa = b_0/L_e = 171.0/1502.7 = 0.114 \rightarrow \beta = \beta_1 = 1/(1 + 6.4 \kappa^2) = 1/(1.083) = 0.923$$

$$A_{eff} = \max(A_{c,eff}\beta^\kappa, A_{c,eff}\beta) = \max(3078 \cdot 0.923^{0.114}, 3078 \cdot 0.923) = 3050 \text{mm}^2$$

Nośność obliczeniowa przekroju (przekrój efektywny - efekt szerokiego pasa):

$$M_{C,Rd,z} = M_{eff,Rd,z} = \frac{W_{eff,z}f_y}{\gamma_{Mo}} = \frac{293.8 \cdot 23.5}{1.0} 1e - 2 = 69.0 \text{kNm}$$

Warunek nośności:

$$\frac{M_{Ed,z}}{M_{eff,Rd,z}} = \frac{9.7}{69.0} = 0.14 < 1.0$$

Zginanie z siłą podłużną (14.5 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Naprężenia normalne w przekroju efektywnym z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\sigma_{x,Ed,eff} = \frac{N_{Ed}}{A_{eff}} + \frac{M_{Ed,y} + N_{Ed} \cdot e_{Ny}}{I_{y,eff}} z_{eff} + \frac{M_{Ed,z} + N_{Ed} \cdot e_{Nz}}{I_{z,eff}} y_{eff}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = -\frac{10.7}{123.1} - \frac{0.0 \cdot 1e2 + 10.7 \cdot 0.000}{24035.0} 18.0 - \frac{9.7 \cdot 1e2 + 10.7 \cdot 0.000}{3767.4} 12.8 = -3.4 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

$$\sigma_{x,Ed,eff} = |-34.0| < 235.0 = \frac{f_y}{\gamma_{Mo}}$$

Dodatkowy warunek nośności (6.44) z uwzględnieniem ew. wpływu siły poprzecznej:

$$\frac{N_{Ed}}{A_{eff}f_y/\gamma_{Mo}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed}e_{Ny}}{W_{eff,y,min}f_y/\gamma_{Mo}} + \frac{M_{z,Ed} + N_{Ed}e_{Nz}}{W_{eff,z,min}f_y/\gamma_{Mo}} < 1.0$$

$$\frac{-10.7}{123.1 \cdot 23.5/1.0} + \frac{0.0 + -10.7 \cdot 0.000}{1334.9 \cdot 10e-6 \cdot 23.5 \cdot 10e4/1.0} + \frac{9.7 + -10.7 \cdot 0.001}{293.8 \cdot 1e-6 \cdot 23.5 \cdot 1e4/1.0} = 0.145 < 1.0$$

Zginanie ze ściskaniem (9.4 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6)$

Wyznaczenie współczynników interakcji (metoda 2, Załącznik B):

$$C_{my} = \max(0.6 + 0.4\psi, 0.4) = \max(0.6 + 0.4 \cdot 1.000, 0.4) = 1.000$$

$$C_{mz} = \max(0.2 + 0.8\alpha_s, 0.4) = \max(0.2 + 0.8 \cdot 0.547, 0.4) = 0.638$$

$$C_{mLT} = C_{my} = 1.000$$

$$k_{yy} = \left[C_{my} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_y, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{yy} = \left[1.000 \left(1 + 0.6 \min(0.114, 1) \frac{10.7}{1.000 \cdot 2909.3/1.0} \right) \right] = 1.001$$

$$k_{zz} = \left[C_{mz} \left(1 + 0.6 \min(\bar{\lambda}_z, 1) \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right) \right]$$

$$k_{zz} = \left[0.638 \left(1 + 0.6 \min(0.266, 1) \frac{10.7}{1.000 \cdot 2909.3/1.0} \right) \right] = 0.639$$

$$k_{yz} = k_{zz} = 0.639$$

$$k_{zy} = 1 - \frac{0.05 \min(\bar{\lambda}_z, 1)}{(C_{mLT} - 0.25) \chi_z N_{Rk}/\gamma_{M1}} \frac{N_{Ed}}{(1.000 - 0.25) \frac{10.7}{1.000 \cdot 2909.3/1.0}} = 1.000$$

Warunki nośności dla elementu zginanego i ściskanego (klasa 2):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\chi_{LT} M_{y,Rk}} + k_{yz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{M_{z,Rk}} = 0.09 < 1.0$$

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

$$\frac{10.7}{\frac{1.000 \cdot 2909.3}{1.0}} + 1.001 \frac{0.0+0.0}{\frac{1.000 \cdot 313.7}{1.0}} + 0.639 \frac{9.746+0.007}{\frac{69.0}{1.0}} = 0.09 < 1.0$$

$$\frac{N_{Ed}}{\frac{\chi_z N_{Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed} + \Delta M_{y,Ed}}{\frac{\chi_{LT} M_{y,Rk}}{Y_{M1}}} + k_{zz} \frac{M_{z,Ed} + \Delta M_{z,Ed}}{\frac{M_{z,Rk}}{Y_{M1}}} = 0.09 < 1.0$$

$$\frac{10.7}{\frac{0.966 \cdot 2909.3}{1.0}} + 1.000 \frac{0.0+0.0}{\frac{1.000 \cdot 313.7}{1.0}} + 0.639 \frac{9.746+0.007}{\frac{69.0}{1.0}} = 0.09 < 1.0$$

Środek pod obciążeniem skupionym (3.6 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $min N (-0,-1,+2,+K3,+K4,+5,+K6,)$

Dane dla najbardziej wyężonego środka [mm]: $t_w = 18.0$, $h_w = 162.0$, $t_f = 18.0$, $b_f = 180.0$

Parametr niestateczności:

$$k_F = 6 + 2 \left(\frac{h_w}{a} \right)^2 = 6 + 2 \left(\frac{162.0}{500.0} \right)^2 = 6.210$$

Efektywna szerokość strefy obciążenia:

$$l_y = \min[S_s + 2t_f(1 + \sqrt{m_1 + m_2}), a] = \min[20.0 + 2 \cdot 18.0(1 + \sqrt{10.0 + 0.0}), 500.0] = 169.8mm$$

Efektywny wymiar środka przy obciążeniu skupionym:

$$\bar{\lambda}_F = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{0.9 k_F E t_w^3 / h_w}} = \sqrt{\frac{169.8 \cdot 18.0 \cdot 235.0}{0.9 \cdot 6.210 \cdot 210000.0 \cdot 18.0^3 / 162.0}} = 0.130$$

$$\chi_F = \min \left[\frac{0.5}{\bar{\lambda}_F}, 1.0 \right] = \min \left[\frac{0.5}{0.130}, 1.0 \right] = 1.000$$

$$L_{eff} = \chi_F l_y = 1.000 \cdot 169.8 = 169.8mm$$

Nośność obliczeniowa środka:

$$F_{Rd} = \frac{f_{yw} L_{eff} t_w}{Y_{M1}} = \frac{235.0 \cdot 169.8 \cdot 18.0}{1.0} 1e-3 = 718.4kN > 26.2kN = F_{Ed}$$

Ugięcia (6.1 %)

Przekrój: $x/L=0.000$, $L=0.00m$; Kombinacja: $ext U (0,1,4,5,K6,)$

Przemieszczenie prostopadłe do pł. układu: $u_y = 6.6mm < 108.0mm = u_{y,lim}$.

Uwaga! Przy obliczaniu ugięć nie wzięto pod uwagę ewentualnego efektu szerokiego pasa.

6. Wnioski

Dla obecnych obciążeń przewidzianych w normie, nośność konstrukcji dachu budynku jest wystarczająca. Maksymalna wartość dodatkowego obciążenia wynosi **35 kg/m²**. Dociążenie panelami fotowoltaicznymi wg powyższej wytycznej **nie wpłynie negatywnie** na konstrukcję dachu. Stan poszycia dachu dobry. Zaleca się wykonanie montażu nieinwazyjnego w związku z charakterem poszycia – płyt warstwowych, azbestowo - cementowych PW3/A. Ze względu na brak możliwości określenia właściwości wytrzymałościowych płyt PW3/A zaleca się rozmieszczanie balastu bezpośrednio nad płatwiami stalowymi, które występują w rozstawie co 3,0m wzdłuż dłuższego boku budynku.

Stan techniczny elementów konstrukcyjnych dachu – płatwi, dźwigarów kratowych, słupów jest dobry, brak jest widocznych odkształceń konstrukcji stalowej. Powłoki malarskie konstrukcji stalowych w dostatecznym stanie - brak widocznej korozji.

Zaleca się każdorazowe odśnieżanie dachu w takcie jak i po intensywnych opadach śniegu, każda odspojona masa śniegu powinna zostać zrzuczona, nie dopuszcza się gromadzenia mas śnieżnych na dachu. Każdorazowo należy dokonywać przeglądów corocznych obiektu także pod kątem montażu instalacji fotowoltaicznej.

Przeprowadzona analiza nasłonecznienia dachu przylegającego do zachodniej elewacji budynku biurowo – hotelowego wykazała brak efektywności instalacji fotowoltaicznej. W związku z powyższym analiza wytrzymałościowa dachu nie została przeprowadzona.

mgr inż. Roman Księżak
uprawnienia budowlane do
projektowania w specjalności
konstrukcyjno-budowlanej bez ograniczeń
nr. ewid. MAZ/0472/PBKb/18

Opinię opracował

mgr inż. Roman Księżak

MAZ/0472/PBKb/18

MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

7. Załączniki

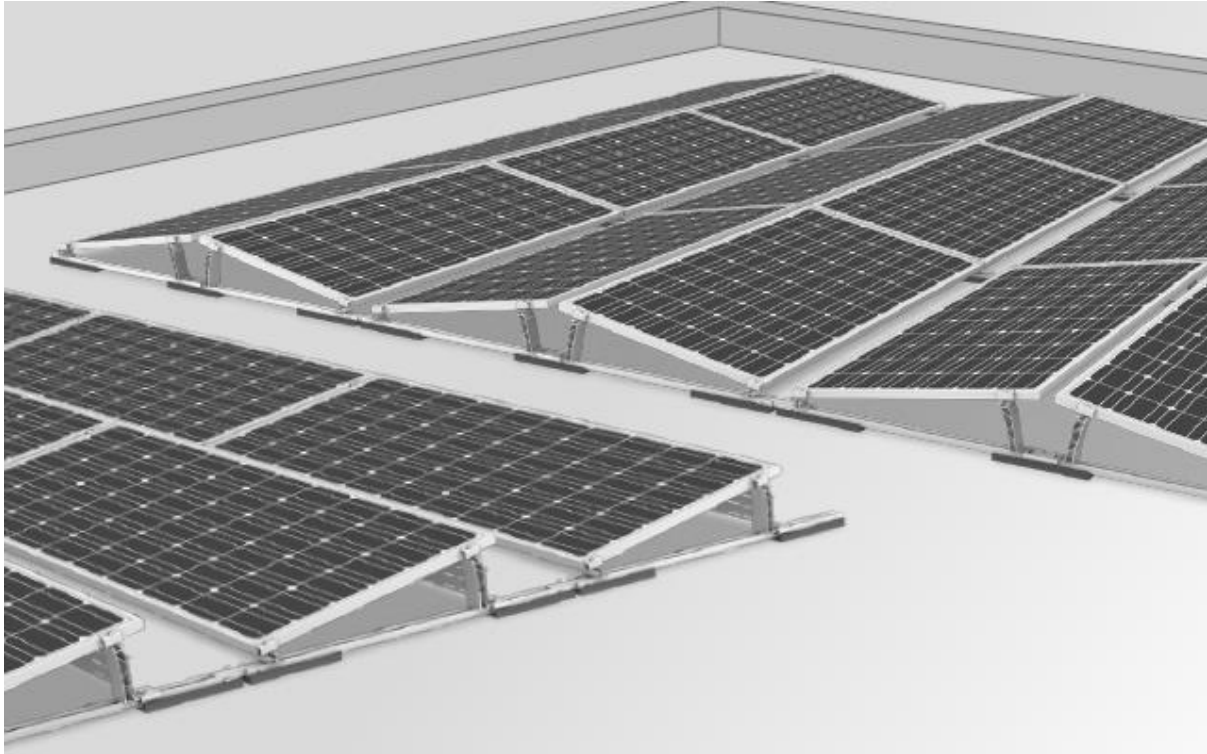
7.1. Przykładowe rozmieszczenie paneli fotowoltaicznych



MAKING PROJECTS S.C.

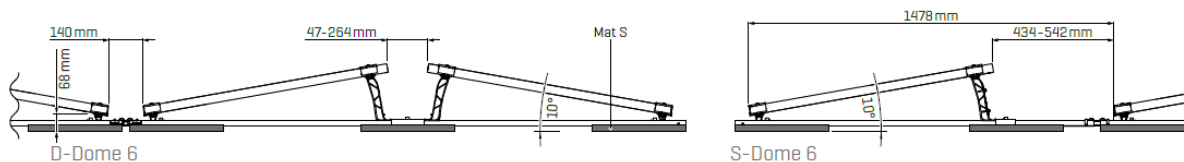
ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

7.2. System montażowy zastosowany do analizy



Technical data

	D-Dome 6		S-Dome 6	
Scope of application	< 10° with single ply membrane/bituminous roof covering, also on concrete, gravelled or green roofs			
Fastening type/roof fixture	<ul style="list-style-type: none"> • Ballasted and no roof penetration for inclination: $\leq 3^\circ$ / • With fixed connection at inclination with Dome FixPro: $> 3^\circ$ 			
Requirements	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum system size: 2 supports (4 modules) • Permissible module dimensions (L×W×H): 1448-2390 × 950-1170 × 30-50 mm • Clamping at the short module side permitted [see k2-systems.com/en/approved-modules-dome-6] 		<ul style="list-style-type: none"> • Minimum system size: 2 modules 	
Technical specifications	Base rail	Module row	Base rail	Module row
Rail set	max. 16 m	max. 16 m	max. 15 m	max. 15 m
Long rail	max. 12 m	max. 16 m	max. 12 m	max. 15 m
Minimum distance to the edge of the roof	600 mm			
Inclination angle	10°			
Material	<ul style="list-style-type: none"> • Peak, SD, mounting rail, MidPlate, EndPlate, Connector, Porter, MiniClamps: Aluminium EN AW-6063 T66 and AW-6082 T6 • Mat S protective mat: EPDM • Windbreaker: Steel with Magnelis coating / Small parts: stainless steel [1.4301] A2-70 			

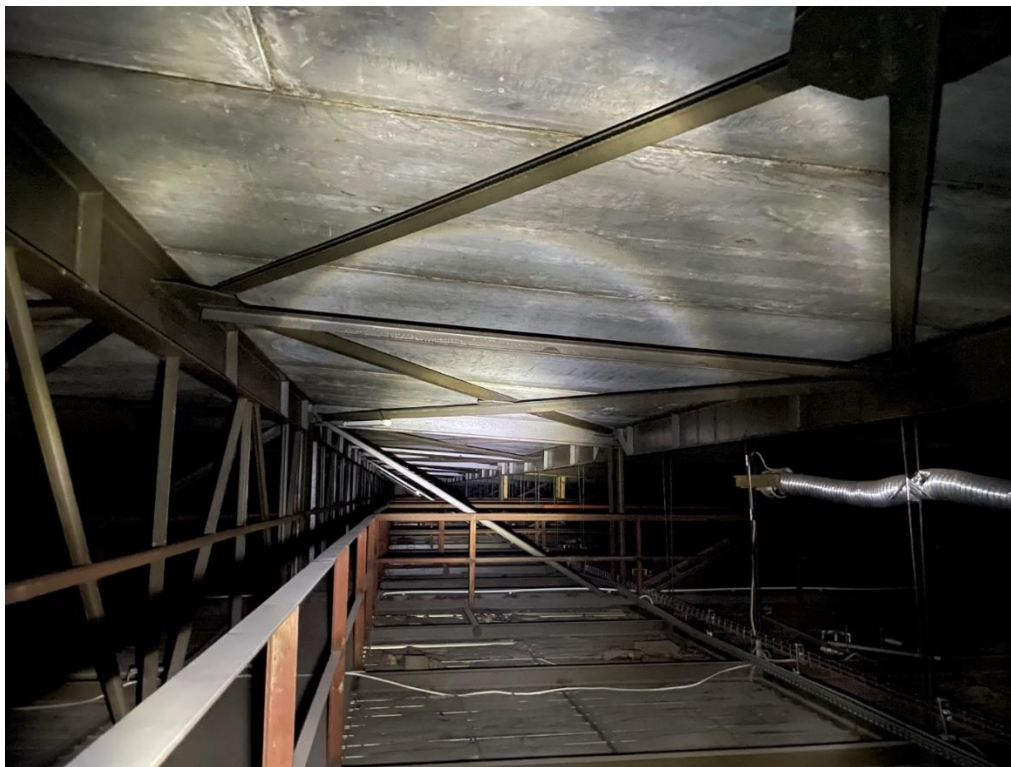


MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www.mpsc.pl

7.3. Zdjęcia z wizji

KONSTRUKCJA DACHU



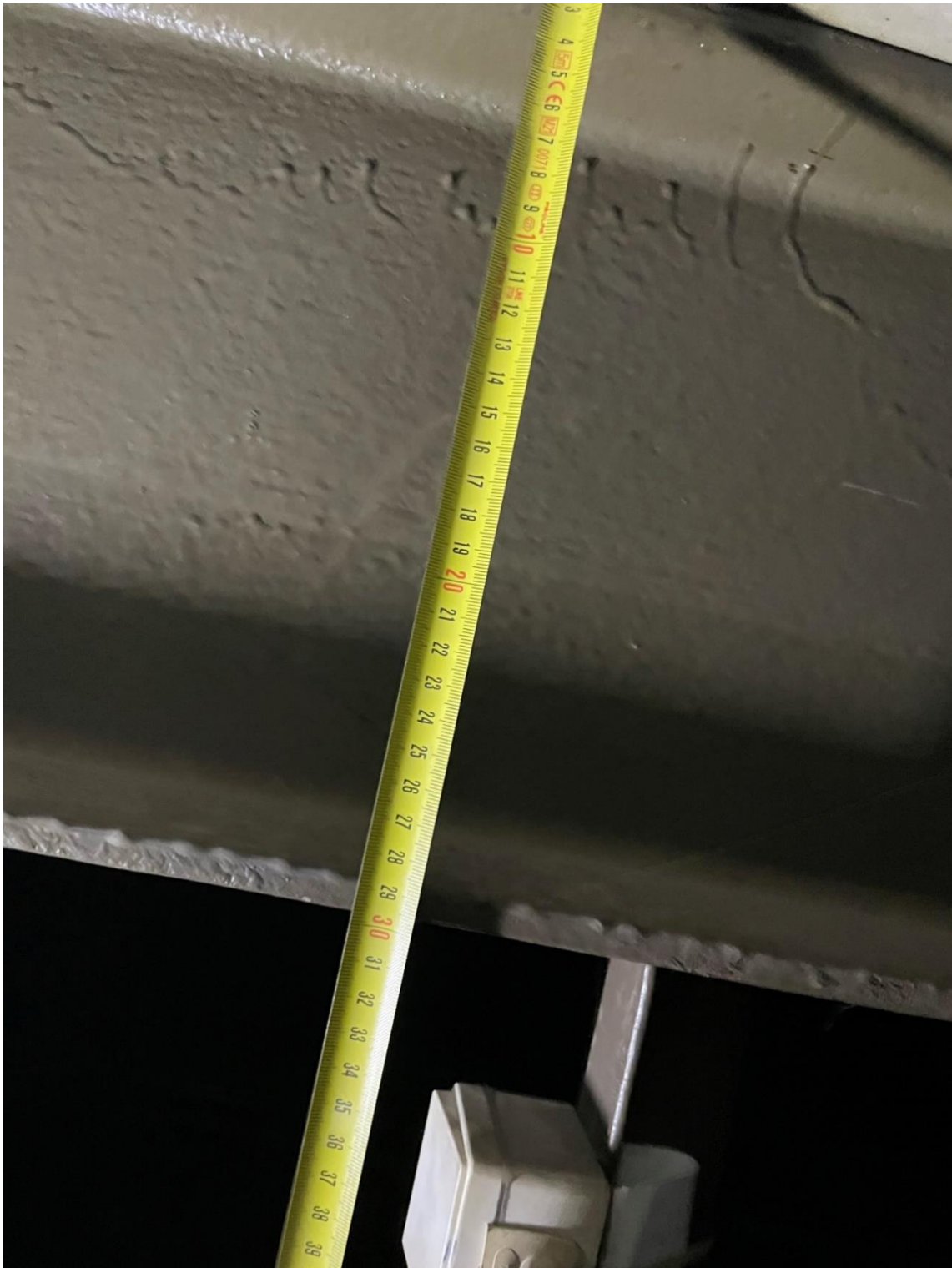
MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl



MAKING PROJECTS S.C.

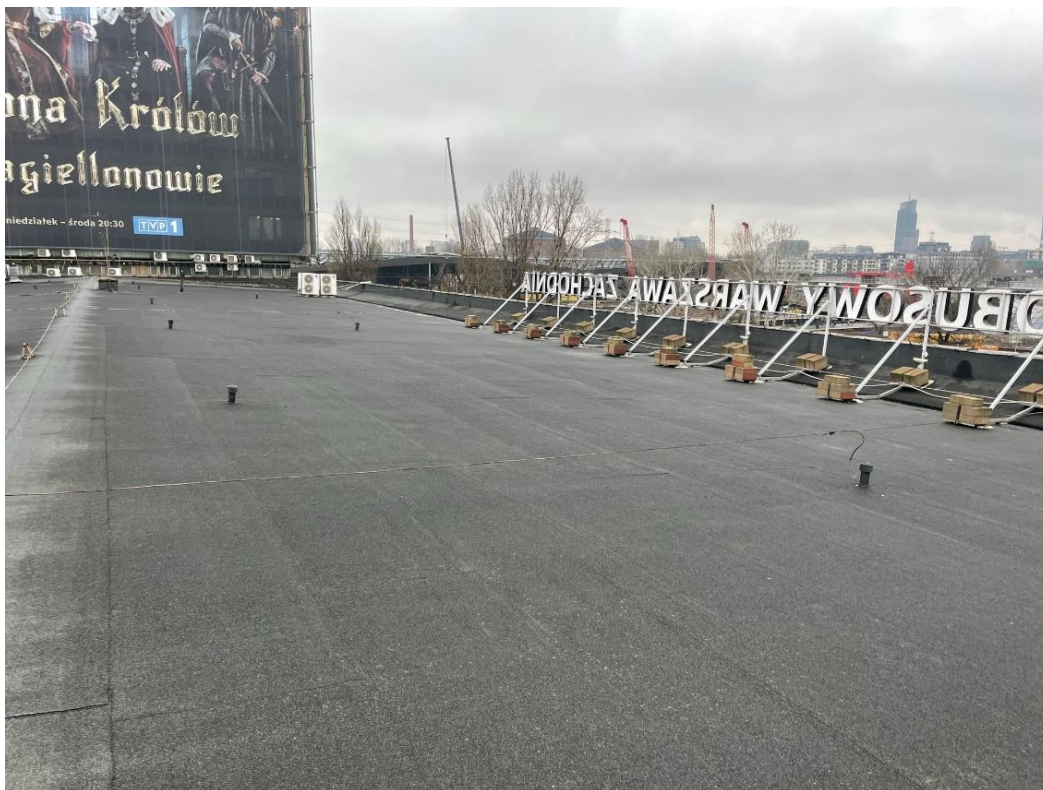
ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl



MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

WIDOK ZEWNĘTRZNY DACHU



MAKING PROJECTS S.C.

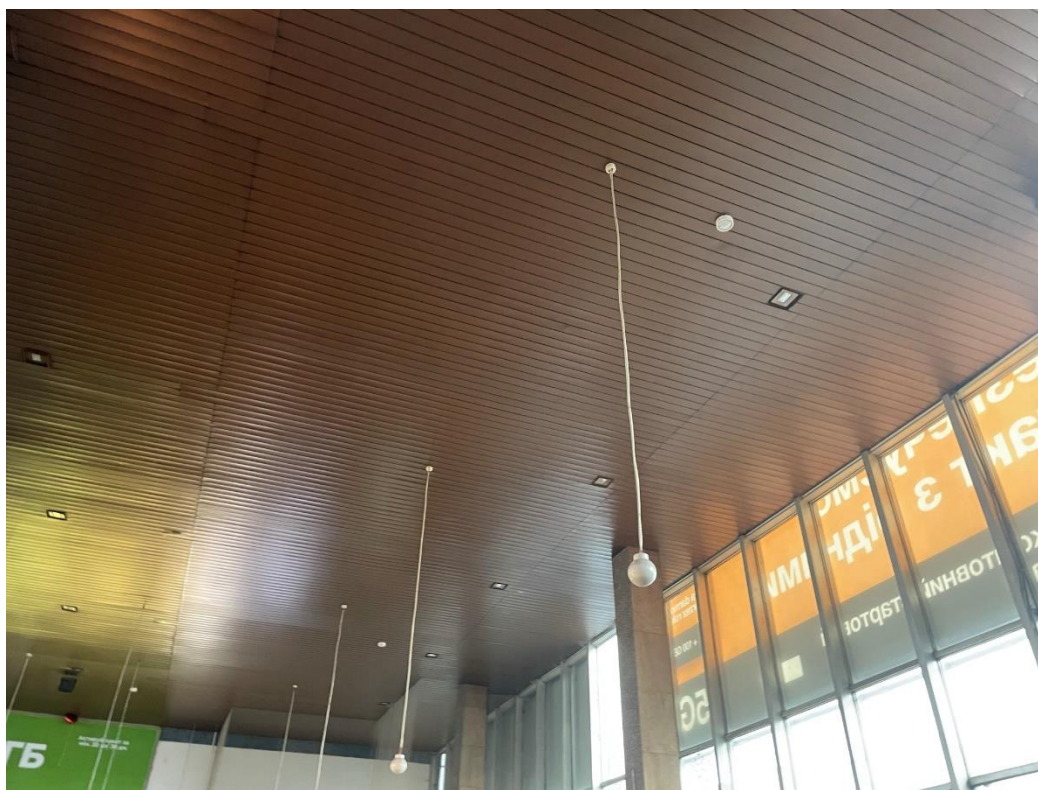
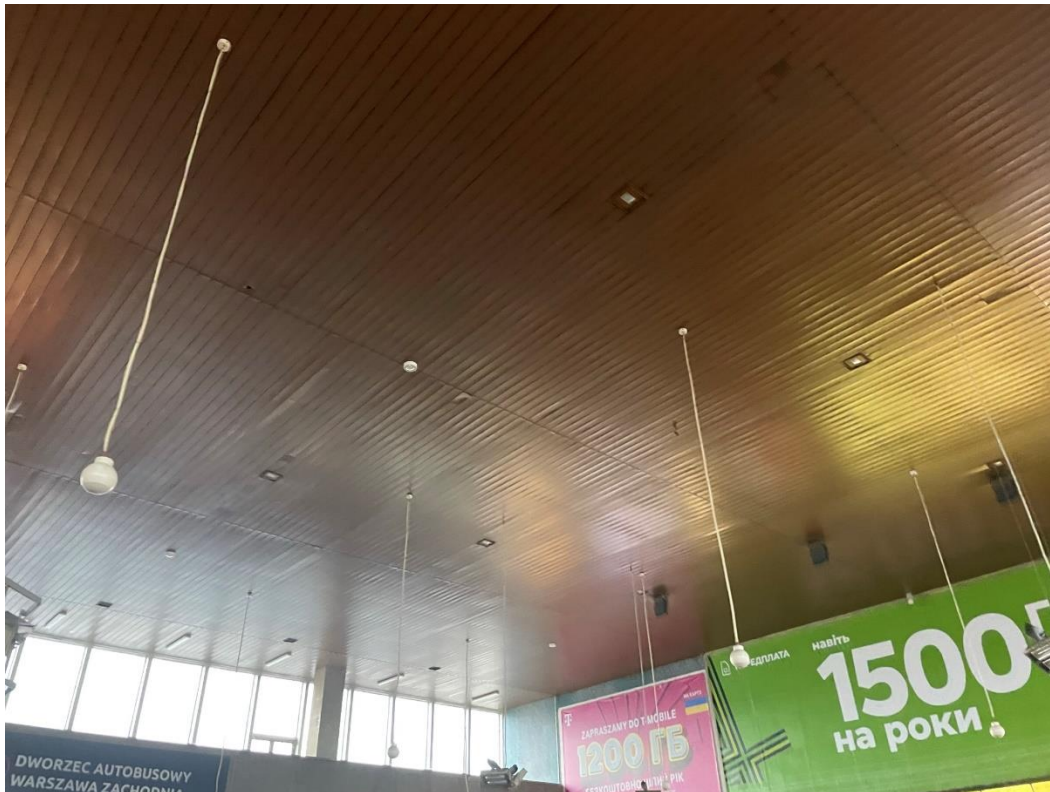
ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl



MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl

WIDOK WEWNĘTRZNY DACHU



MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www.mpsc.pl

7.4. Uprawnienia



Zaświadczenie

o numerze weryfikacyjnym:
MAZ-6JP-62M-IJ9 *

Pan ROMAN KSIĘŻAK o numerze ewidencyjnym MAZ/BO/0531/18
adres zamieszkania ul. SŁONECZNA 58/1, 05-503 BASZKÓWKA
jest członkiem Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa i posiada wymagane
ubezpieczenie od odpowiedzialności cywilnej.
Niniejsze zaświadczenie jest ważne od 2022-08-01 do 2023-07-31.

Zaświadczenie zostało wygenerowane elektronicznie i opatrzone bezpiecznym podpisem elektronicznym
weryfikowanym przy pomocy ważnego kwalifikowanego certyfikatu w dniu 2022-08-02 roku przez:

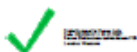
Roman Lulis, Przewodniczący Rady Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa.

Zgodnie z art. 78¹ K.c.

§ 1. Do zachowania elektronicznej formy czynności prawnej wystarczy złożenie oświadczenia woli w postaci elektronicznej i opatrzenie go
kwalifikowanym podpisem elektronicznym.

§ 2. Oświadczenie woli złożone w formie elektronicznej jest równoważne z oświadczeniem woli złożonym w formie pisemnej.

* Weryfikację poprawności danych w niniejszym zaświadczeniu można sprawdzić za pomocą numeru weryfikacyjnego zaświadczenia na
stronie Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa www.piib.org.pl lub kontaktując się z biurem właściwej Okręgowej Izby Inżynierów
Budownictwa.



MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, [www: mpsc.pl](http://www.mpsc.pl)



Mazowiecka Okręgowa Izba Inżynierów Budownictwa
Okręgowa Komisja Kwalifikacyjna
sygn. akt. MAZ/7131/555/18/K

Warszawa, dnia 28 czerwca 2018 r.

DECYZJA

Na podstawie art. 24 ust.1 pkt 2 ustawy z dnia 15 grudnia 2000 r. o samorządach zawodowych architektów oraz inżynierów budownictwa (tekst jedn.: Dz.U. z 2016 r., poz. 1725) i art. 12 ust. 1 pkt 1 i 5, ust. 2, 3 i 4c pkt 1, art. 13 ust. 1 i 4, art. 14 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 7 lipca 1994 r. Prawo budowlane (tekst jedn.: Dz.U. z 2017 r., poz. 1332) oraz § 10 i § 12 ust. 1 rozporządzenia Ministra Infrastruktury i Rozwoju z dnia 11 września 2014 r. w sprawie samodzielnych funkcji technicznych w budownictwie (Dz.U. poz. 1278), po ustaleniu, że zostały spełnione warunki w zakresie przygotowania zawodowego oraz po złożeniu egzaminu na uprawnienia budowlane z wynikiem pozytywnym

Pan mgr inż. Roman Książak
ur. dnia 30 lipca 1991 roku w m. Włodawa
otrzymuje

UPRAWNIENIA BUDOWLANE
numer ewidencyjny MAZ/0472/PBKb/18
do projektowania
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
bez ograniczeń

UZASADNIENIE

W związku z uwzględnieniem w całości żądania strony, na podstawie art. 107 § 4 K.p.a. odstępuje się od uzasadnienia decyzji. Zakres nadanych uprawnień budowlanych wskazano na odwrocie decyzji.

Pouczenie

Od niniejszej decyzji służy odwołanie do Krajowej Komisji Kwalifikacyjnej Polskiej Izby Inżynierów Budownictwa w Warszawie, za pośrednictwem Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej Mazowieckiej Okręgowej Izby Inżynierów Budownictwa w terminie 14 dni od daty jej doręczenia.

Zgodnie z treścią art. 127a ustawy Kodeks postępowania administracyjnego (Dz. U. z 2017 r. poz. 1257 t. j.):

§ 1. W trakcie biegu terminu do wniesienia odwołania strona może zrzec się prawa do wniesienia odwołania wobec organu administracji publicznej, który wydał decyzję.

§ 2. Z dniem doręczenia organowi administracji publicznej oświadczenia o zrzeczeniu się praw do wniesienia odwołania przez ostatnią ze stron postępowania, decyzja staje się ostateczna prawomocna.

W przypadku złożenia przez stronę oświadczenia o zrzeczeniu się prawa do odwołania od decyzji (określonego w § 2) stronie nie przysługuje prawo do odwołania się ani skargi do sądu administracyjnego.

Skład orzekający Okręgowej Komisji Kwalifikacyjnej:

dr hab. inż. Eugeniusz Koda, prof. nadzw.

mgr inż. Irena Churska

mgr inż. Krzysztof Karol Booss



MAKING PROJECTS S.C.

ul. Arkuszowa 52a, 01-934 Warszawa
tel.: +48 791 151 551, +48 604 536 385
e-mail: biuro@mpsc.pl, www: mpsc.pl