

OBLICZENIA STATYCZNE	2
1. OPIS OGÓLNY	2
2. ZAŁOŻENIA	3
2.1. OBCIĄŻENIA I KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ	3
OBCIĄŻENIA STAŁE:	3
OBCIĄŻENIA ZMIENNE:	3
KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ:	4
3. OBLICZENIA STATYCZNE ELEMENTÓW KONSTRUKCJI STALOWEJ STROPU I ŚCIAN ANTRESOL W TRWAŁEJ SYTUACJI OBLICZENIOWEJ – W SYTUACJI UŻYTKOWANIA	4
3.1. <i>SPRAWDZENIE BLACHY ŻEBERKOWEJ</i>	4
3.2. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO ŻEBRA Ż1 – PROFIL I 80</i>	5
3.3. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO PODCIĄGU P1 – PROFIL I240</i>	9
3.4. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEJ KRATOWNICY PODPIERAJĄCEJ STROP</i>	13
3.5. <i>SPRAWDZENIE POŁĄCZENIA BELKI I240 Z DŹWIGAREM KRATOWYM</i>	24
3.6. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO SŁUPKA ŚCIENNEGO S1 – PROFIL RK80x4</i>	26
3.7. <i>SPRAWDZENIE RYGLI ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4</i>	28
3.8. <i>SPRAWDZENIE SKRATOWAŃ ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4</i>	28
3.9. <i>SPRAWDZENIE STĘŻEŃ ŚCIENNYCH – PROFIL RK40x3</i>	28
3.10. <i>SPRAWDZENIE BELKI MAŁEJ ANTRESOLI P7 – PROFIL I200</i>	30
4. OBLICZENIA STATYCZNE ELEMENTÓW KONSTRUKCJI STALOWEJ STROPU I ŚCIAN ANTRESOL W WYJĄTKOWEJ SYTUACJI OBLICZENIOWEJ – W SYTUACJI POŻARU	32
4.1. <i>SPRAWDZENIE BLACHY ŻEBERKOWEJ</i>	32
4.2. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO ŻEBRA Ż1 – PROFIL I 80</i>	32
4.3. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO PODCIĄGU P1 – PROFIL I240 – bez wzmocnienia</i>	34
4.4. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO PODCIĄGU P1 – PROFIL I240 + [100 (wzmocnienie)</i>	35
4.5. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEJ KRATOWNICY PODPIERAJĄCEJ STROP</i>	37
4.6. <i>SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCYCH PROFILI ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4</i>	44
4.7. <i>SPRAWDZENIE RYGLI ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4</i>	45
4.8. <i>SPRAWDZENIE SKRATOWAŃ ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4</i>	45
4.9. <i>SPRAWDZENIE STĘŻEŃ ŚCIENNYCH – PROFIL RK40x3</i>	45
4.10. <i>SPRAWDZENIE BELKI MAŁEJ ANTRESOLI P7 – PROFIL I200</i>	46
5. OBLICZENIA STATYCZNE NOWO PROJEKTOWANYCH ELEMENTÓW	48
5.1. <i>BELKA POD CENTRALĘ WENTYLACYJNĄ – PROFIL I120</i>	48
6. WNIOSKI KOŃCOWE	49

OBLICZENIA STATYCZNE

1. OPIS OGÓLNY

Poniższe obliczenia statyczne stanowią integralną część opracowania „Przebudowa hangaru w gmachu nowym - lotniczym wydziału mechanicznego, energetyki i lotnictwa politechniki warszawskiej polegająca na budowie pomieszczeń laboratorium zaawansowanych technik kompozytowych oraz czterech laboratoriów na antresoli, w związku z wymaganiami ochrony przeciwpożarowej.”

W związku z modernizacją pomieszczeń należy przeprowadzić sprawdzenie czy istniejąca konstrukcja spełni wymagania bieżących norm i przepisów przeciwpożarowych. Zakres opracowania zaznaczono poniżej – zakreślowane obszary.

Istniejąca konstrukcja stalowa to układ złożony z rusztu antresoli wspartego z jednej strony na ramie z dźwigarem kratowym, a z drugiej na ścianie antresoli będącej układem słupków i rygli. Na stalowym ruszcie rozłożono blachę żeberkową stanowiącą strop antresoli. Ruszt antresoli składa się z belek I80 (rozstaw ok. 0,84m) oraz podciągów I240 (rozstaw 1,5 – 2,10m). Należy zauważyć, że na etapie wykonania antresoli poszerzono jej zasięg (wydłużono skrajne przęsła żeber), a więc skrajny rozstaw głównych belek (podciąg P1) zmieniono z projektowanego 185cm na 206cm i pod drugiej stronie z 85cm na 100cm. Zmiana wpływa niekorzystnie na nośność wszystkich powiązanych z tym obszarem elementów konstrukcyjnych. Zmianę zaznaczono na rzucie poniżej.



W wyniku modernizacji - zmiany sposobu użytkowania i wymogu spełnienia przepisów pożarowych zmienia się obciążenia stałe – z $0,70\text{kN/m}^2$ do $1,16\text{kN/m}^2$. Na antresoli zaplanowano pomieszczenia biurowe - obciążenie zgodnie z normą, kategoria B. W pierwotnym opracowaniu przewidywano obciążenia użytkowe antresoli wielkości $3,0\text{kN/m}^2$. Obciążenia zmienne po modernizacji nie ulegną więc

zmianie. Zmodernizowana antresola zostanie dodatkowo obciążona ściankami działowymi z G-K z wstawionymi oknami – rozmieszczenie wg rysunków Architektury - wysokość okien 130 cm. Projektowana ściana mobilna nie obciąża konstrukcji antresoli, wymaga odrębnej konstrukcji nośnej. Dodatkowo należy zaprojektować sposób podparcia nowych centrali wentylacyjnych. Zgodnie z przeznaczeniem zmodernizowanych powierzchni konstrukcja ma być zabezpieczona do klasy R60 a strop do klasy REI60. Zabezpieczenie przeciwpożarowe przewidziano z płyt typu Promatect, analogicznie do zastosowanego w I etapie modernizacji. Na wierzchu na stropie istniejącym zostaną umieszczone nowoprojektowane warstwy wykończeniowe – wykaz opis poniżej. Poniższe obliczenia mają wykazać przydatność istniejącej konstrukcji w warunkach po modernizacji i wskazać ewentualnie konieczność wzmocnienia elementów konstrukcyjnych. W drugiej części obliczeń określona zostanie temperatura krytyczna dla poszczególnych elementów konstrukcji nośnej.

2. ZAŁOŻENIA

2.1. OBCIĄŻENIA I KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ

- Obciążenia wg norm PN-EN 1990, PN-EN 1991 oraz wg wytycznych producentów;
- Obliczenia dla konstrukcji stalowej wg normy PN-EN 1993.

OBCIĄŻENIA STAŁE:

Na belki i blachę żeberkową:	g _k
Nazwa:	[kN/m ²]
Wykładzina rulonowa winylowa na kleju Tarkett	0,10
Suchy jastrych Fermacell 2x12,5=25mm	0,30
Podsypka wyrównująca Fermacell 10mm	0,05
Blacha żeberkowa / żeberka do dołu/ , gr. 4,00mm	0,35
Konstrukcja nośna stalowa – ruszt	-
Warstwy sufitu EI60:	
Płyty Promatect-H 2x10=20mm	0,18
Ruszt stalowy – wieszaki i profile stalowe (CD60x27gr.0,6mm)	0,03
Obciążenia od instalacji, oświetlenia – mocowanie wieszakami	0,05
Warstwy sufitu podwieszonego, moduł 600x600:	0,10
Łącznie:	1,16
	[kN/m]
Ścianki działowe, lokalnie tak jak przedstawiono w projekcie – lekkie ściany szkieletowe z przeszkleniem o gr. 8mm, (obciążenie bezp. na ruszt, nie obciąża blachy żeberkowej)	0,35kN/m ² · 4,00m = 1,40

OBCIĄŻENIA ZMIENNE:

Obciążenia zmienne na strop antresoli:		q _k
Nazwa:	Kategoria	[kN/m ²]
Pomieszczenia biurowe	B	3,00
Korytarze, powierzchnia komunikacyjna	B	3,00
Przyjęto obciążenie zmienne na strop:		3,00

Wsp. kombinacyjne – kategoria obciążeń B: $\psi_0 = 0,70$; $\psi_1 = 0,50$; $\psi_2 = 0,30$;

KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ:

Sytuacja trwała:

Do obliczeń nośności ULS przyjmuję trwałą sytuację obliczeniową w celu wyznaczenia wyężenia konstrukcji nośnej: (EC0)

$$E_{d,1} = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad \text{lub} \quad E_{d,2} = \sum_{j \geq 1} \xi_j \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

gdzie: $\xi_j = 0,85$

$$\gamma_{G,j} = 1,35 \quad \text{oraz} \quad \gamma_{Q,i} = 1,50$$

Do obliczeń stanu użyteczności SLS przyjmuję charakterystyczną sytuację obliczeniową w celu wyznaczenia przemieszczeń/ugięć elementów: (EC0)

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

Sytuacja wyjątkowa - pożar:

Przyjmuję wyjątkową sytuację obliczeniową – w celu wyznaczenia temperatury krytycznej elementów konstrukcji nośnej: (EC0 i EC1-1-2 p.4.3 i NB)

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P_k + A_d + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Pomijam obciążenia termiczne powstające w czasie pożaru, kombinacja obciążeń przyjmuje postać:

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Wymagana po modernizacji odporność ogniowa elementów konstrukcyjnych belek i słupów: R60, stropu z blachy żeberkowej wraz z warstwami ogniochronnymi – REI60.

WNIOSKI:

Po modernizacji obciążenie stałe na bl. żeberkową + bl. żeberkowa zwiększy się z $g_k=0,50\text{kN/m}^2$ do $g_k=0,80\text{kN/m}^2$. Obciążenie zmienne na strop bez zmian – było $q_k=3,0\text{kN/m}^2$ i jest $q_k=3,0\text{kN/m}^2$.**Po modernizacji obciążenie stałe na belki stropowe zwiększy się z $g_k=0,70\text{kN/m}^2$ do $g_k=1,16\text{kN/m}^2$. Obciążenie zmienne na strop bez zmian – było $q_k=3,0\text{kN/m}^2$ i jest $q_k=3,0\text{kN/m}^2$.****3. OBLICZENIA STATYCZNE ELEMENTÓW KONSTRUKCJI STALOWEJ STROPU I ŚCIAN ANTRESOL W TRWAŁEJ SYTUACJI OBLICZENIOWEJ – W SYTUACJI UŻYTKOWANIA**

Przyjęto stali konstrukcyjną S235JR, zgodnie z EN10025-2 (odpowiednik St3SX wg PN-88 H-84020):

$$f_y = 235\text{MPa}, f_u = 360\text{MPa};$$

$$\text{Wartość współczynnika } \varepsilon: \quad \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$$

3.1. SPRAWDZENIE BLACHY ŻEBERKOWEJPrzyjęto gatunek stali profilowej S235JR zgodnie z EN10025-2: $f_y = 235\text{MPa}$, $f_u = 360\text{MPa}$.

Blacha żeberkowa grubości 4mm.

Przyjęto schemat belki ciągłej wieloprzęsłowej [szer. 1m].

$$q_{k,ch,max} = (0,80 + 3,00) \cdot 1\text{m} = 3,80\text{kN/m}$$

$$q_{d,max} = (0,85 \cdot 1,35 \cdot 0,80 + 1,50 \cdot 3,0) \cdot 1\text{m} = 5,42\text{kN/m}$$

$$V_{d,max} = 0,606 \cdot g_{k,ch,max} \cdot l_{eff}^2 + 0,620 \cdot q_{k,ch,max} \cdot l_{eff}^2 = (0,606 \cdot 0,85 \cdot 1,35 \cdot 0,80 + 0,620 \cdot 1,50 \cdot 3,0) \cdot 0,84^2 = 2,36\text{kN}$$

$$M_{k,ch,max} = 0,0781 \cdot g_{k,ch,max} \cdot l_{eff}^2 + 0,100 \cdot q_{k,ch,max} \cdot l_{eff}^2 = (0,0781 \cdot 0,80 + 0,100 \cdot 3,0) \cdot 0,84^2 = 0,36\text{kNm}$$

$$M_{d,max} = 0,105 \cdot g_{k,ch,max} \cdot l_{eff}^2 + 0,119 \cdot q_{k,ch,max} \cdot l_{eff}^2 = (0,105 \cdot 0,85 \cdot 1,35 \cdot 0,80 + 0,119 \cdot 1,50 \cdot 3,0) \cdot 0,84^2 = 0,45\text{kNm}$$

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,40 cm	- grubość elementu		
f_y	23,5 kN/cm²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ϵ	1,0	$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10
E_s	21000 kN/cm ²			

II. Parametry geometryczne:

h =	0,4 cm				
b =	100 cm				
A =	40 cm ²	$I_y =$	0,53 cm ⁴	$W_{el,y} =$	2,67 cm ³
m =	31,40 kg/m				

III. Warunki nośności ULS (SGN)**1. Sprawdzenie nośności na ścinanie.**

$$V_{Ed} \leq V_{pl,Rd}$$

ale: $\leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$

$$40 \leq A_v = A = 48 \quad \text{zatem:} \quad A_v = 40,00 \text{ cm}^2$$

$$V_{max} = 2,36 \text{ kN} \leq 542,71 \text{ kN} = V_{pl,Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 0\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 2,36 \text{ kN} \leq 271,35 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pl,Rd} \quad 1\%$$

Pomijam wpływ siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie.

$$M_{Ed} \leq M_{pl,Rd} \quad \text{- kierunku y}$$

$$M_{Ed} = 0,45 \text{ kNm} \leq 0,63 \text{ kNm} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 72\%$$

Warunek nośności spełniony.

Przekrój zamknięty – brak możliwości zwichrzenia, współczynnika zwichrzenia = 1.

Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

$$\chi_{IT} = 1,00$$

WNIOSKI: Warunki stanu granicznego ULS (SGN) i SLS (SGU) spełnione. Na stropie nie wolno opierać bezpośrednio projektowanych ścian działowych z oknami szklanymi. Należy przewidzieć belki podwaliny, które przeniosą obciążenie bezpośrednio na istniejący ruszt stalowy - żebra I80 i podciągi I240.

3.2. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO ŻEBRA Ż1 – PROFIL I 80

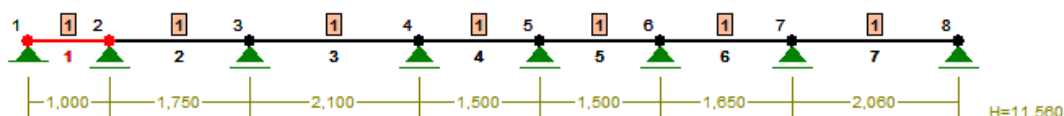
Przyjęto gatunek stali profilowej S235JR (odpowiednik St3SX) zgodnie z EN10025-2: $f_y = 235\text{MPa}$, $f_u = 360\text{MPa}$. Istniejący profil I80. Przyjęto schemat belki ciągłej wieloprzęsłowej.

Obciążenia i siły przekrojowe:

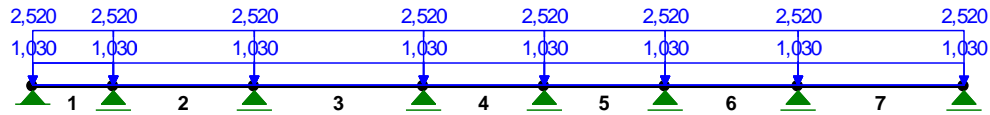
$$q_{k,ch,max} = (1,16 + 3,00) \cdot 0,84\text{m} + 0,06 = 1,03 + 2,52 = 3,55\text{kN/m}$$

$$q_{d,max} = (0,85 \cdot 1,35 \cdot 1,16 + 1,50 \cdot 3,0) \cdot 0,84\text{m} + 0,85 \cdot 1,35 \cdot 0,06 = 1,19 + 3,78 = 4,97\text{kN/m}$$

SCHEMAT ŻEBRA I80:



OBCIĄŻENIA:



=====

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu
Kombinatoryka obciążeń

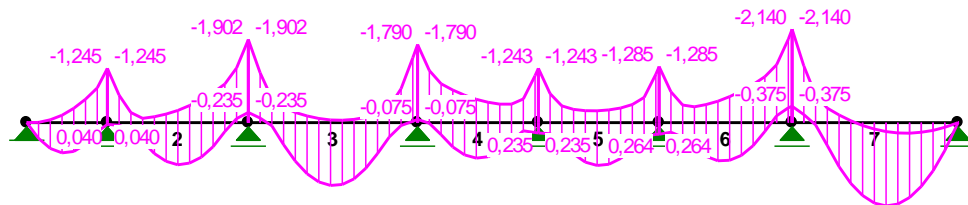
=====

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

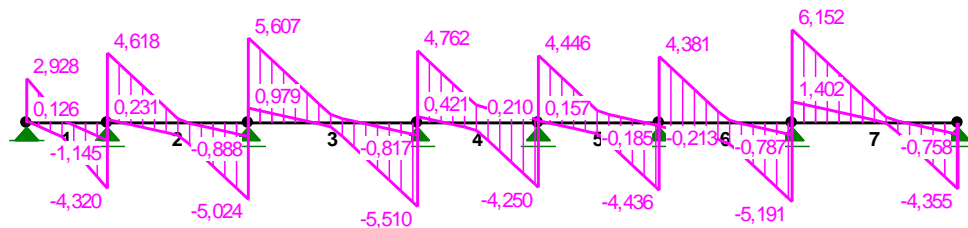
Nr: Specyfikacja:

1 ZAWSZE : G EWENTUALNIE: H+I+J+K+L+M+N

MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:	Kombinacja obciążeń:
6	1,650	-2,140*	-5,191	0,000	GIKMN
7	0,000	-2,140*	6,152	0,000	GIKMN
	1,159	1,909	0,119	0,000*	GHJLN
	0,000	-2,140	6,152*	0,000	GIKMN

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu Obciążenia char.: "Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	R [kN]:	M [kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,000	2,138*	2,138		GHJLN
2	0,000	6,448*	6,448		GHIKM
3	0,000	7,569*	7,569		GIJLN
4	0,000	7,300*	7,300		GHJKM
5	0,000	6,135*	6,135		GIKLN
6	0,000	6,222*	6,222		GHJLM
7	0,000	8,091*	8,091		GIKMN
8	0,000	3,103*	3,103		GHJLN

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu Obciążenia obl.: "Kombinacja obciążeń"

1	0,000	2,928*	2,928	GHJLN
2	0,000	8,937*	8,937	GHIKM
3	0,000	10,631*	10,631	GIJLN
4	0,000	10,272*	10,272	GHJKM
5	0,000	8,696*	8,696	GIKLN
6	0,000	8,817*	8,817	GHJLM
7	0,000	11,343*	11,343	GIKMN
8	0,000	4,355*	4,355	GHJLN

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,39 cm	- grubość elementu		
f _y	23,5 kN/cm²		Y _{M0} =	1,00
f _u	36,0 kN/cm²		Y _{M1} =	1,00
ε	1,0	$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	Y _{M2} =	1,10

II. Parametry geometryczne:

h =	8 cm	m =	5,94 kg/m	A =	7,57 cm ²
b =	4,2 cm	I _t =	0,87 cm ⁴	I _w =	90 cm ⁴
t _w =	0,39 cm	I _y =	77,8 cm ⁴	I _z =	6,29 cm ⁴
t _f =	0,59 cm	W _{el,y} =	19,5 cm ³	W _{el,z} =	cm ³
r ₁ =	0,39 cm	W _{pl,y} =	22,8 cm ³	W _{pl,z} =	cm ³
r ₂ =	0,23 cm				

Sprawdzenie klasy przekroju:

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{0,5(b - t_w - 2r)}{t_f} = 2,57 \leq 9\epsilon = 9$$

Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 15,49 \leq 72\epsilon = 72$$

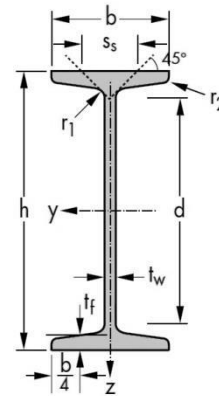
Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 17,49 \leq \frac{72\epsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.



III. Warunki nośności ULS (SGN)**1. Sprawdzenie nośności na ścinanie.** $V_{Ed} \leq V_{pl.Rd}$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale:} \quad \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$3,30 \leq 3,19 \quad \text{zatem:} \quad A_v = 3,19 \quad \text{cm}^2$$

$$V_{max} = 6,15 \text{ kN} \leq 43,30 \text{ kN} = V_{pl.Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 14\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 6,15 \text{ kN} \leq 21,65 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pl.Rd} \quad 28\%$$

Pomijam wpływ siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pl.Rd}$ - kierunek y

- momenty zginające nad podporą:

$$M_{Ed} = 2,14 \text{ kNm} \leq 5,36 \text{ kNm} = M_{pl.Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 40\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas dolny ściskany sztywno zamocowany nad podporą – brak możliwości zwichrzenia.

Wsp. zwichrzenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

- momenty zginające w przęśle:

$$M_{Ed} = 1,91 \text{ kNm} \leq 5,36 \text{ kNm} = M_{pl.Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 36\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas górny ściskany jest zagrożony wyboczeniem. Należy wyznaczyć wsp. zwichrzenia.

Należy sprawdzić sytuację „zginanie z zwichrzeniem”.

$$M_{Ed} \leq M_{pl.Rd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia χ_{LT}

Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu belki o przekroju bisymetrycznym, podparcie wieidelkowe na obu końcach, obciążenie momentem zmiennym na długości.

Moment krytyczny M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right] = 417,13 \text{ kNcm}$$

Współczynniki C_1 i C_2 przyjęto z tablic dla odpowiedniego rozkładu momentów.

Dla poszczególnych prętów belki rozkład momentów jest paraboliczny.

$$L = 206 \text{ cm} \quad C_1 = 1,285 \quad C_2 = 1,562$$

$$k = 1 \quad \text{- w pł. } \perp \text{ do pł. zginania}$$

$$z_g = 4 \text{ cm} \quad \text{- obc. przyłożone powyżej środka ścinania}$$

Smukłość względna:

$$\bar{\lambda}_{LT} = 1,13 \quad \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$$

Krzywa zwichrzenia typ:

$$\phi_{LT} = 0,5 \left(1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right) = 1,24 \quad \alpha_{LT} = 0,21$$

Współczynnik zwichrzenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right)^{-1} = 0,57$$

Nośność przekroju wynosi

$$M_{b,Rd} = M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 3,07 \text{ kNm}$$

Sprawdzenie warunku nośności w pł. z-z:

$$M_{Ed} = 1,91 \leq 3,07 = M_{b,Rd,z} \quad 62\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

IV. Warunki nośności SLS (SGU)

$$u_{max} \leq u_{dop} = L/250$$

Ekstremalne przemieszczenia u_{max} : 0,33 cm (odczytane z RMWIN)

Rozpiętość elementu L_{eff} : 206 cm

Dopuszczalne przemieszczenia u_{max} : 0,82 cm

Sprawdzenie warunku użyteczności:

$$0,33 \leq 0,82 \quad 40\%$$

Warunek użyteczności spełniony.

WNIOSKI: Warunki stanu granicznego ULS (SGN) i SLS (SGU) spełnione.

3.3. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO PODCIĄGU P1 – PROFIL I240

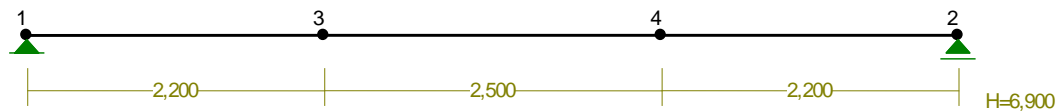
Przyjęto gatunek stali profilowej S235JR (odpowiednik St3SX) zgodnie z EN10025-2: $f_y = 235\text{MPa}$, $f_u = 360\text{MPa}$. Istniejący profil I240. Przyjęto schemat belki swobodnie podpartej.

Reakcja z żebra I80 (w okolicy przęsła dł. 2,06m): $R_{k,max} = 8,09\text{kN}$; $R_{d,max} = 11,34\text{kN}$

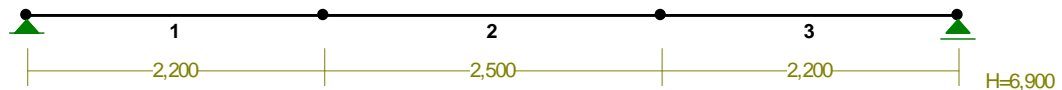
Reakcja ze ściany działowej na stropie: $P_{k,max} = 1,40\text{kN/m} \cdot (1,65+2,06)\text{m} \cdot 0,5 = 2,60\text{kN}$

$P_{d,max} = 1,35 \cdot 1,40\text{kN/m} \cdot (1,65+2,06)\text{m} \cdot 0,5 = 3,51\text{kN}$

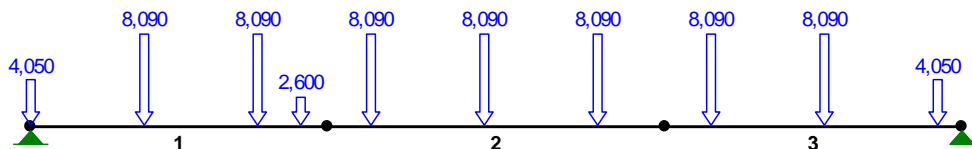
SCHEMAT PODCIĄGU I240:



PRĘTY:



OBCIĄŻENIA:

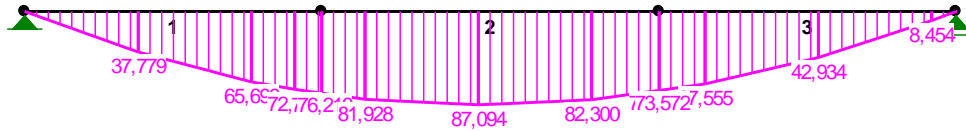


W Y N I K I Teoria I-go rzędu

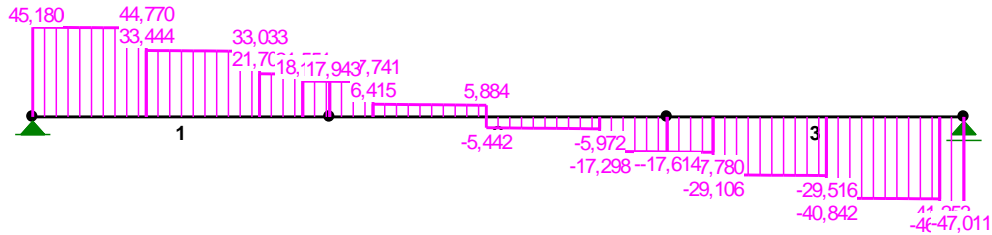
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	yd:	gf:
Ciężar wł.			1,35
Q -""	Stałe i Zmienne	1	1,00
R -""	Śc. Dział.	1	1,00

MOMENTY:



TNĄCE:



SIŁY PRZEKROJOWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+QR

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	-0,000	45,180	0,000
2	0,46	1,160	87,094*	5,884	0,000
3	1,00	2,200	0,000	-47,011	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia char.: Ciężar wł.+QR

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	0,000	36,437	36,437	
2	0,000	33,655	33,655	

REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+QR

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	0,000	50,850	50,850	
2	0,000	47,011	47,011	

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,87 cm	- grubość elementu		
f _y	23,5 kN/cm²		γ _{M0} =	1,00
f _u	36,0 kN/cm²		γ _{M1} =	1,00
ε	1,0	$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	γ _{M2} =	1,10

II. Parametry geometryczne:

h =	24 cm	m =	36,2 kg/m	A =	46,1 cm ²
b =	10,6 cm	I _t =	25 cm ⁴	I _w =	28700 cm ⁴
t _w =	0,87 cm	I _y =	4250 cm ⁴	I _z =	221 cm ⁴
t _f =	1,31 cm	W _{el,y} =	354 cm ³	W _{el,z} =	cm ³
r ₁ =	0,87 cm	W _{pl,y} =	412 cm ³	W _{pl,z} =	cm ³
r ₂ =	0,52 cm				

Sprawdzenie klasy przekroju:

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{0,5(b - t_w - 2r)}{t_f} = 3,05 \leq 9\varepsilon = 9$$

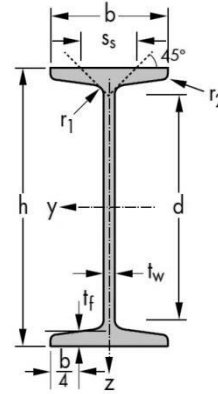
Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 22,57 \leq 72\varepsilon = 72$$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 24,57 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

III. Warunki nośności ULS (SGN)

1. Sprawdzenie nośności na ścinanie. $V_{Ed} \leq V_{pLRd}$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale: } \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

21,75 ≤ 22,32 zatem: $A_v = 21,75 \text{ cm}^2$

$$V_{max} = 47,01 \text{ kN} \leq 295,06 \text{ kN} = V_{pLRd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 16\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 47,01 \text{ kN} \leq 147,53 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pLRd} \quad 32\%$$

Pomijam wpływ siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pLRd}$ - kierunek y

- momenty zginające nad podporą:

$$M_{Ed} = 0 \text{ kNm} \leq 96,82 \text{ kNm} = M_{pLRd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 0\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas dolny ściskany sztywno zamocowany nad podporą – brak możliwości zwiczenia.

Wsp. zwiczenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwiczeniem”.

- momenty zginające w przęśle:

$$M_{Ed} = 87,09 \text{ kNm} \leq 96,82 \text{ kNm} = M_{pLRd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 90\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas górny ściskany jest zagrożony wyboczeniem. Należy wyznaczyć wsp. zwiczenia.

Należy sprawdzić sytuację „zginanie z zwiczeniem”.

$$M_{Ed} \leq M_{pLRd} = \frac{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

Wyznaczenie współczynnika zwiczenia χ_{LT}

Sprężysty moment krytyczny przy zwiczeniu belki o przekroju bisymetrycznym, podparcie wieńkowe na obu końcach, obciążenie momentem zmiennym na długości.

Moment krytyczny M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right] = 61188,15 \text{ kNm}$$

Współczynniki C_1 i C_2 przyjęto z tablic dla odpowiedniego rozkładu momentów.

Dla poszczególnych prętów belki rozkład momentów jest paraboliczny.

$$L = 84 \text{ cm} \quad C_1 = 1,132 \quad C_2 = 0,459$$

$k = 1$ - w pł. \perp do pł. zginania

$z_g = 12 \text{ cm}$ - obc. przyłożone powyżej środka ścinania

Smukłość względna:
 $\bar{\lambda}_{LT} = 0,40 \quad \bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}}$

Krzywa zwichrzenia typ: **b** Parametr wsp. zwichrzenia: $\alpha_{LT} = 0,34$
 $\phi_{LT} = 0,5 \left(1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right) = 0,61$

Współczynnik zwichrzenia:
 $\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2} \right)^{-1} = 0,93$

Nośność przekroju wynosi
 $M_{b,Rd} = M_{pl,Rd} = \chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y / \gamma_{M1} = 89,75 \text{ kNm}$

Sprawdzenie warunku nośności w pł. z-z:

$M_{Ed} = 87,09 \leq 89,75 = M_{b,Rd,z} \quad 97\%$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

IV. Warunki nośności SLS (SGU)

Ekstremalne przemieszczenia u_{max} : $u_{max} \leq u_{dop} = L/250$
 3,50 cm (odczytane z RMWIN)

Rozpiętość elementu L_{eff} : 690 cm

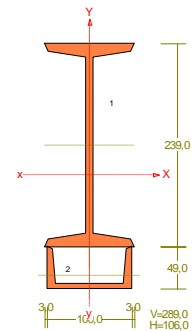
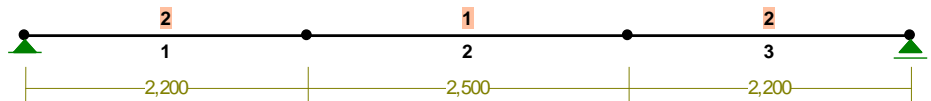
Dopuszczalne przemieszczenia u_{max} : 2,76 cm

Sprawdzenie warunku użytkowości:

$3,50 \leq 2,76 \quad 127\%$

Warunek użytkowości przekroczony.

Zaplanowano wzmocnienie belek I240 poprzez dospawanie do stopki dolnej leżącego [100, jak na rysunku: (spoina V odcinkowo L=15cm (10cm przerwy))



PRĘTY UKŁADU: Typy prętów: 00 - szyćw.-szyćw.

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx [m]:	Ly [m]:	L [m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	3	2,200	0,000	2,200	1,000	2 I 240
2	00	3	4	2,500	0,000	2,500	1,000	1 I240 + [100
3	00	4	2	2,200	0,000	2,200	1,000	2 I 240

BELKA WZMOCNIONA I240 + [100

IV. Warunki nośności SLS (SGU)

Ekstremalne przemieszczenia u_{max} : $u_{max} \leq u_{dop} = L/250$
 2,63 cm (odczytane z RMWIN)

Rozpiętość elementu L_{eff} : 690 cm

Dopuszczalne przemieszczenia u_{max} : 2,76 cm

Sprawdzenie warunku użytkowości:

$2,63 \leq 2,76 \quad 95\%$

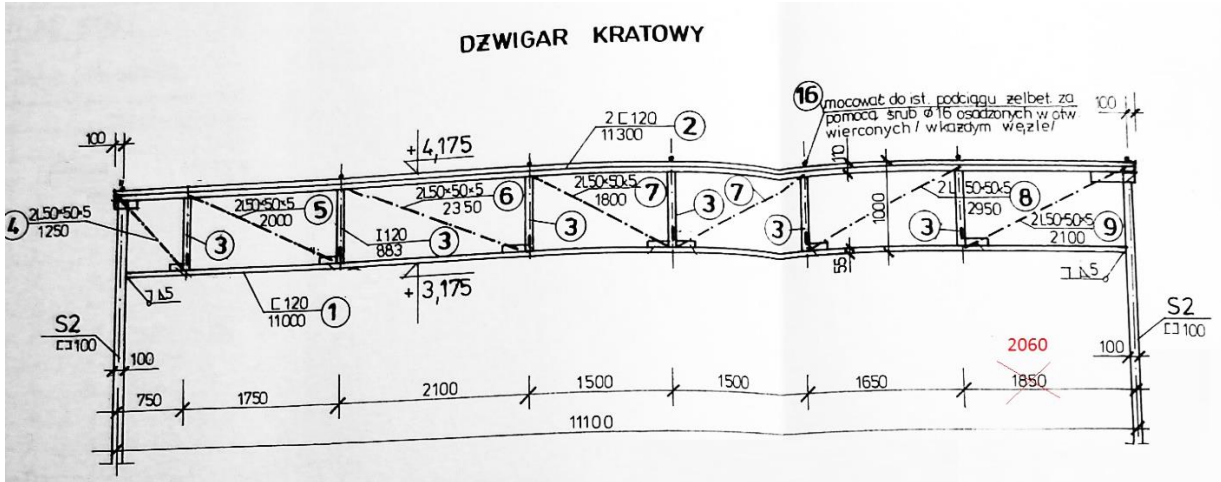
Warunek użytkowości spełniony.

WNIOSKI:

Po wzmocnieniu warunki stanu granicznego SGN (ULS) spełnione. Wzmocnienie dotyczy wszystkich belek P1 - I240.

3.4. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEJ KRATOWNICY PODPIERAJĄCEJ STROP

Wg opracowania pierwotnego ostatnie przęsło kratownicy miało wymiar 1,85m - zgodnie z inwentaryzacją 2,06m. Zmiana niekorzystnie wpływa na nośność konstrukcji.

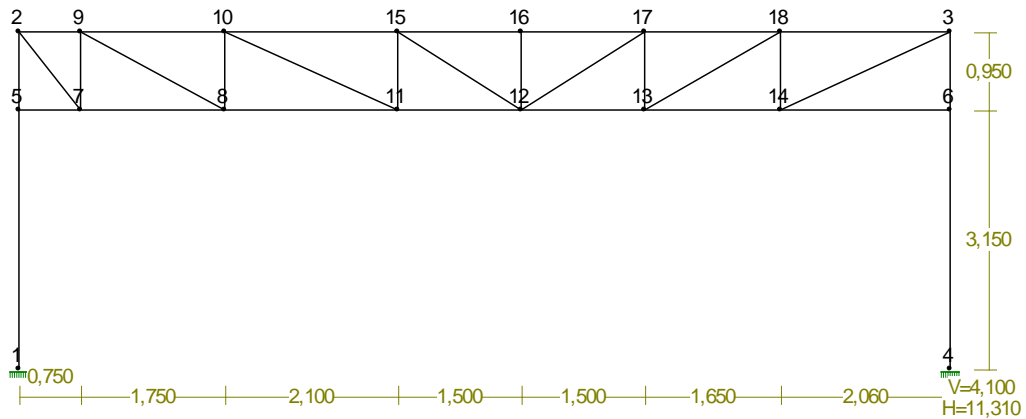


Reakcja z żebra I240:

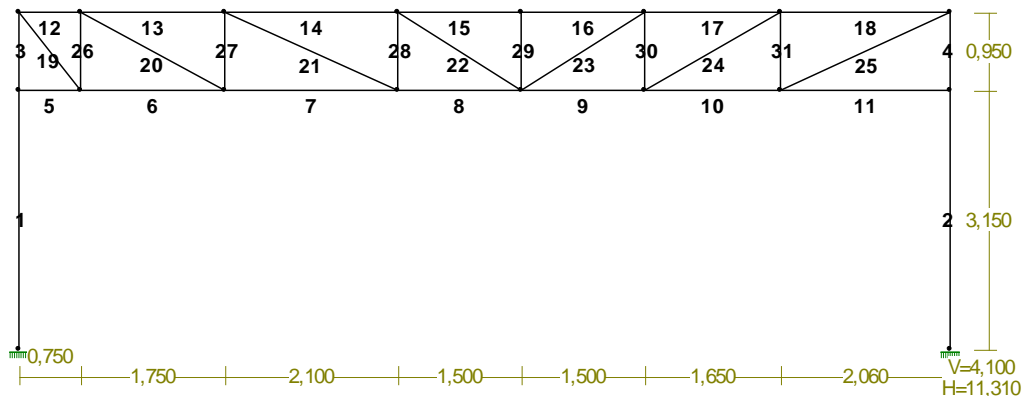
- | | | |
|-----|--------------------------|-------------------------|
| A). | $R_{k,L,max} = 29,57kN;$ | $R_{k,P,max} = 26,94kN$ |
| B). | $R_{k,L,max} = 34,17kN;$ | $R_{k,P,max} = 31,53kN$ |
| C). | | $R_{k,P,max} = 30,42kN$ |
| D). | | $R_{k,P,max} = 25,78kN$ |
| E). | | $R_{k,P,max} = 26,12kN$ |
| F). | $R_{k,L,max} = 36,44kN;$ | $R_{k,P,max} = 33,52kN$ |

NAZWA: rama kratowa

WEZŁY:



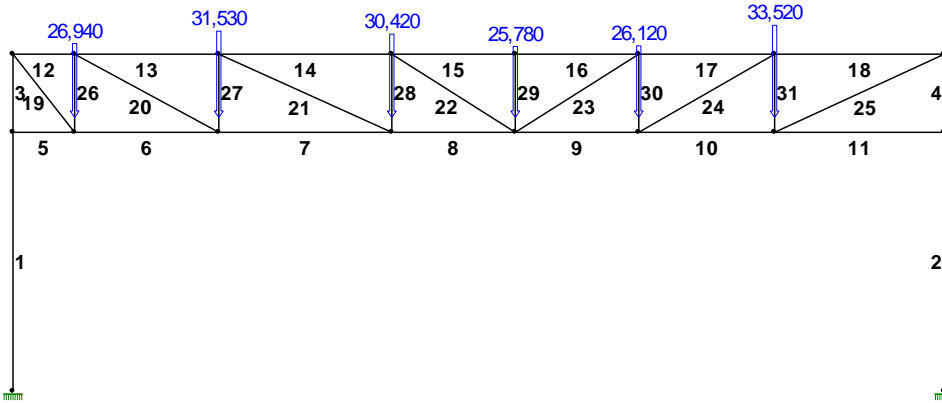
PRETY:



PRĘTY UKŁADU:

1 - 4	1 SLUP_2 U 100
5 - 11	2 PAS DOL_U 120
12 - 18	4 PAS GÓRY_2 U 100
19 - 25	1 2 L 50x50x5
26 - 31	5 KRZYŻULEC_I 120

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:
Grupa:	A "reakcja ze stropu"			Stałe	gf= 1,40	
26	Skupione	0,0	26,940		0,17	
27	Skupione	0,0	31,530		0,17	
28	Skupione	0,0	30,420		0,17	
29	Skupione	0,0	25,780		0,17	
30	Skupione	0,0	26,120		0,17	
31	Skupione	0,0	33,520		0,17	

W Y N I K I
Teoria I-go rzędu

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	yd:	gf:
Ciężar wł.			1,35
A -"reakcja ze stropu"	Stałe		1,40

SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
SŁUP [100 - PRĘTY 1-4					
1	0,00	0,000	3,930	-3,339	-137,025
	1,00	3,150	-6,588	-3,339	-136,124
PAS DOLNY [100 - PRĘTY 5-11					
8	0,18	0,270	0,249*	-0,001	386,630
PAS GÓRNY [100 - PRĘTY 12-18					
14	1,00	2,100	2,672	0,380	-389,730
15	0,00	0,000	2,456	-0,434	-403,578
17	1,00	1,650	2,702	0,215	-356,724
18	1,00	2,060	-3,603	-3,817	-238,041

KRZYŻULEC 2L50X50X5 - PRĘTY 19-25

19	1,00	1,210	-0,324	-0,515	164,211
20	0,60	1,190	0,074*	-0,001	200,041
21	0,48	1,107	0,120*	0,001	123,136
22	0,23	0,402	0,111*	-0,001	16,109
23	0,71	1,269	0,095*	-0,002	54,909
24	1,00	1,904	0,165	-0,001	135,081
25	0,03	0,071	0,084*	0,001	263,641

SŁUPEK KRATOWNICY I120 - PRĘTY 26-31

26	0,00	0,000	0,689	-1,455	-131,667
----	------	-------	-------	--------	----------

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:

T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+A

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	3,183	139,531	139,567	-3,744
4	-3,183	119,605	119,647	3,975

A). SŁUP []100 - PRĘTY 1-4 L=3,15m

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
1	0,00	0,000	3,930	-3,339	-137,025
	1,00	3,150	-6,588	-3,339	-136,124

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,60 cm	- grubość elementu
f _y	23,5 kN/cm²	Y _{M0} = 1,00
f _u	36,0 kN/cm²	Y _{M1} = 1,00
ε	1,0	Y _{M2} = 1,10

$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$

II. Parametry geometryczne:

Przyjęto przekrój [] 100

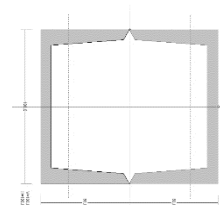
[100	[] 100:				
h =	10 cm	m =	0,212 kg/m	A =	27 cm ²
b =	5 cm	I _t =	cm ⁴	I _w =	cm ⁴
t _w =	0,6 cm	I _y =	412 cm ⁴	I _z =	380 cm ⁴
t _f =	0,85 cm	W _{el,y} =	82,4 cm ³	W _{el,z} =	75,99 cm ³
r ₁ =	0,85 cm	W _{pl,y} =	98 cm ³	W _{pl,z} =	75,99 cm ³
r ₂ =	0,45 cm				

Sprawdzenie klasy pojedynczego przekroju: /sciskanie/

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{b - 2(t_w - r)}{t_f} = 12,35 \leq 33\epsilon = 33$$

Klasa 1



- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 11,00 \leq 33\varepsilon = 33$$

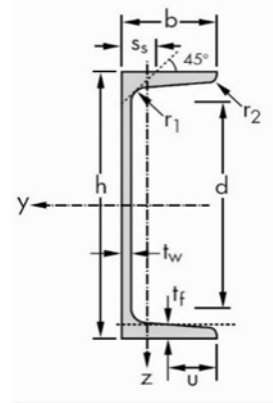
Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 13,83 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.



III. Warunki nośności ULS (SGN)

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pl,Rd}$ - kierunek y

- momenty zginające w przęśle:

$$M_{Ed} = 6,59 \text{ kNm} \leq 23,03 \text{ kNm} = M_{pl,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 29\%$$

Warunek nośności spełniony.

Profil zamknięty niepodatny na zwichrzenie – brak możliwości zwichrzenia.

Wsp. zwichrzenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

$$\chi_{LT} = 1,0$$

3. Sprawdzenie nośności na ściskanie $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$

$$N_{Ed} = 137,025 \text{ kN} \leq 634,50 \text{ kN} = N_{c,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} \quad 22\%$$

Warunek nośności spełniony.

Sprawdzenie profilu - wyboczenie z płaszczyzny z-z.

$$L_{cr,z} = 315 \text{ cm}$$

$$N_{cr,z} = 793,75 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,89$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}}$$

Wpływ wyboczenia na nośność należy uwzględnić, $\lambda > 0,2$.

$$h/b = 2,00$$

Krzywa wyboczeniowa - paramter:

Paramter współczynnika imperfekcji $\alpha_z = 0,49$

$$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) = 1,070$$

Współczynnik zwichrzenia

$$\chi_z = \left[\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2} \right]^{-1} = 0,603$$

Nośność przekroju wynosi

$$N_{b,Rd,z} = \chi_z \cdot f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 382,90 \text{ kN}$$

z pł. y-y:

$$L_{cr,y} = 220,5 \text{ cm}$$

$$N_{cr,y} = 1756,30 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,60$$

$$\alpha_y = 0,49$$

$$\phi_y = 0,779$$

$$\chi_y = 0,785$$

$$N_{b,Rd,y} = 497,93 \text{ kN}$$

Sprawdzenie warunku nośności:

$$N_{Ed} = 137,03 \leq 382,90 = \min N_{b,Rd} \quad 36\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

4. Sprawdzenie war. nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu:

$$N_{Ed} = 136,124 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 6,588 \text{ kNm}$$

$$\chi_z = 0,603 \quad \chi_y = 0,785 \quad \chi_{LT} = 1,000$$

Sprawdzenie warunku nośności w pł. z-z:

$$N_{Ed} = 136,12 \leq 382,90 = N_{b,Rd,z} \quad 36\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Sprawdzenie warunku nośności wzgl. pł. y-y:

$$N_{Ed} = 136,12 \leq 497,93 = N_{b,Rd,y} \quad 27\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Sprawdzenie warunku nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu (wg PN-EN 1993-1-1 6.3.3)

$$(I) \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$(II) \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk}/\gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk}/\gamma_{M1}} \leq 1,0$$

Wyznaczenie wsp. interakcji metodą "2" : k_{yy} i k_{zy} - wg zał. B normy PN-EN 1993-1-1 dla przekrojów 1 i 2 klasy

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right] \leq c_{my} \cdot \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}/\gamma_{M1}} \right]$$

W zależności od rozkładu momentów (patrz norma EC3, tab. B.3) :

$$\psi = -0,60 \in [-1, 1] \quad \text{as}$$

$$c_{my} = 0,40$$

$$k_{yy} = 0,44$$

$$k_{zy} = 0,6k_{yy} = 0,27$$

Sprawdzenie warunku nośności (I):

$$0,43 \leq 1,00 \quad 43\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Sprawdzenie warunku nośności (II):

$$0,40 \leq 1,00 \quad 40\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

IV. Warunki nośności SLS (SGU)

$$u_{max} \leq u_{dop} = H/150$$

Ekstremalne przemieszczenia u_{max} : 0,30 cm (odczytane z RMWIN)

Wysokość elementu H_{eff} : 410 cm

Dopuszczalne przemieszczenia u_{max} : 2,73 cm

Sprawdzenie warunku użyteczności:

$$0,30 \leq 2,73 \quad 11\%$$

Warunek użyteczności spełniony.

WNIOSKI: Warunki stanu granicznego ULS (SGN) i SLS (SGU) spełnione dla istniejącego profilu.

B) . PAS DOLNY [120 - PRĘTY 5-11

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
L= 0,75m					
5	0,00	0,000	-1,924	3,754	-5,874
L= 1,50m					
8	0,17	0,258	0,257*	-0,001	398,307
9	0,30	0,451	0,209*	0,002	364,722

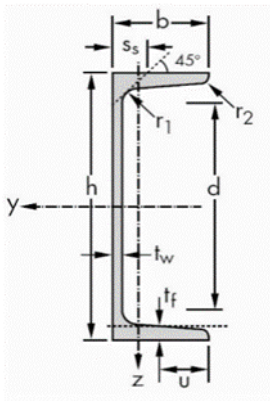
I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,70 cm	- grubość elementu
f_y	23,5 kN/cm²	$\gamma_{M0} = 1,00$
f_u	36,0 kN/cm²	$\gamma_{M1} = 1,00$
ϵ	1,0	$\gamma_{M2} = 1,10$

$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$

II. Parametry geometryczne:

		[120	
h =	12 cm	m =	0,134 kg/m
b =	5,5 cm	$I_t =$	4,15 cm ⁴
$t_w =$	0,7 cm	$I_y =$	364 cm ⁴
$t_f =$	0,9 cm	$W_{el,y} =$	60,7 cm ³
$r_1 =$	0,9 cm	$W_{pl,y} =$	72,6 cm ³
$r_2 =$	0,45 cm	$W_{el,z} =$	11,1 cm ³
		$W_{pl,z} =$	21,2 cm ³



5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$

$$N_{Ed} = 398,31 \text{ kN} \leq 399,50 \text{ kN} = N_{pl,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 100\%$$

Warunek nośności spełniony.

WNIOSKI: Warunki stanu granicznego ULS (SGN) spełnione dla istniejącego profilu. Najbardziej wyęteżone są pręty środkowe – 8 i 9 – w 100%. Nie dopuszcza się obciążać antresoli powyżej zaprojektowanego poziomu (patrz tabela w pkt. 1 i 2).

C) . PAS GÓRNY []100 - PRĘTY 12-18

Pas górny stabilizowany jest w płaszczyźnie prostopadłej do dźwigara poprzez przykręcenie kotwą M16 do istniejącego podciągu żelbetowego – co węzeł kratownicy. Taki układ uniemożliwia wyoboczenie pasa górnego w tej płaszczyźnie.

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
L= 2,10m					
14	1,00	2,100	2,672	0,380	-389,730
L= 1,50m					
15	0,00	0,000	2,456	-0,434	-403,578
L= 2,06m					
18	1,00	2,060	-3,603	-3,817	-238,041

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,70 cm	- grubość elementu
f _y	23,5 kN/cm²	Y _{M0} = 1,00
f _u	36,0 kN/cm²	Y _{M1} = 1,00
ε	1,0	Y _{M2} = 1,10

$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$

II. Parametry geometryczne: Przyjęto przekrój [] 100

[120]	[] 120:	
h = 12 cm	m = 0,268 kg/m	A = 34 cm ²
b = 5,5 cm	I _t = cm ⁴	I _w = cm ⁴
t _w = 0,7 cm	I _y = 728 cm ⁴	I _z = 603,54 cm ⁴
t _f = 0,9 cm	W _{el,y} = 121,4 cm ³	W _{el,z} = 109,73 cm ³
r ₁ = 0,9 cm	W _{pl,y} = 145,2 cm ³	W _{pl,z} = 109,73 cm ³
r ₂ = 0,45 cm		

Sprawdzenie klasy pojedynczego przekroju: (ściskanie)

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{b - 2(t_w - r)}{t_f} = 12,67 \leq 33\epsilon = 33$$

Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 12,00 \leq 33\epsilon = 33$$

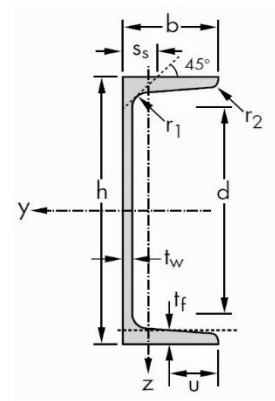
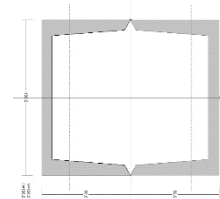
Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 14,57 \leq \frac{72\epsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.



III. Warunki nośności ULS (SGN)

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pL,Rd}$ - kierunek y
- momenty zginające w przęśle:

$$M_{Ed} = 2,67 \text{ kNm} \leq 34,12 \text{ kNm} = M_{pL,Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 8\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas gómy ściskany zamocowany – brak możliwości zwichrzenia.

Wsp. zwichrzenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

$$\chi_{LT} = 1,0$$

3. Sprawdzenie nośności na ściskanie $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$

$$N_{Ed} = 405 \text{ kN} \leq 799,00 \text{ kN} = N_{c,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} \quad 51\%$$

Warunek nośności spełniony.

Sprawdzenie profilu - wyobczenie z płaszczyzny z-z.

$$L_{cr,z} = 150 \text{ cm}$$

$$N_{cr,z} = 5559,59 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,38$$

Wpływ wyobczenia na nośność należy uwzględnić, $\lambda > 0,2$.

$$\chi_z = 0,91$$

Krzywa wyobceniowa - paramter:

Paramter współczynnika imperfekcji

$$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) =$$

Współczynnik zwichrzenia

$$\chi_z = \left[\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2} \right]^{-1} = 0,908$$

Nośność przekroju wynosi

$$N_{b,Rd,z} = \chi_z \cdot f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 725,75 \text{ kN}$$

z pł. y -y:

$$L_{cr,y} = 150 \text{ cm}$$

$$N_{cr,y} = 6706,07 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,35$$

$$h/b = 2,18$$

c

c

$$\alpha_z = 0,49$$

$$\alpha_y = 0,49$$

$$0,616$$

$$\phi_y = 0,595$$

$$\chi_y = 0,926$$

$$N_{b,Rd,y} = 739,84 \text{ kN}$$

Sprawdzenie warunku nośności:

$$N_{Ed} = 405,00 \leq 725,75 = \min N_{b,Rd} \quad 56\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

4. Sprawdzenie war. nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu:

$$N_{Ed} = 405 \text{ kN} \quad M_{Ed} = 2,67 \text{ kNm}$$

$$\chi_z = 0,908 \quad \chi_y = 0,926 \quad \chi_{LT} = 1,000$$

Sprawdzenie warunku nośności w pł. z-z:

$$N_{Ed} = 405,00 \leq 725,75 = N_{b,Rd,z} \quad 56\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Sprawdzenie war. nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu:
(wg PN-EN 1993-1-1 6.3.3)

$$(I) \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{zy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1,0$$

$$(II) \quad \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{Rk} / \gamma_{M1}} + k_{yy} \cdot \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot M_{y,Rk} / \gamma_{M1}} \leq 1,0$$

Wyznaczenie wsp. interakcji metodą "2" : k_{yy} i k_{zy} - wg zał. B normy PN-EN 1993-1-1 dla przekrojów 1 i 2 klasy

$$k_{yy} = c_{my} \cdot \left[1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right] \leq c_{my} \cdot \left[1 + 0,8 \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk} / \gamma_{M1}} \right]$$

W zależności od rozkładu momentów (patrz norma EC3, tab. B.3) :

$\Psi =$	0,54	$\in [-1, 1]$	as	
$c_{my} =$	0,81			
$k_{yy} =$	0,95			
$k_{zy} = 0,6k_{yy} =$	0,57			

Sprawdzenie warunku nośności (I):

$$0,64 \leq 1,00 \quad 64\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

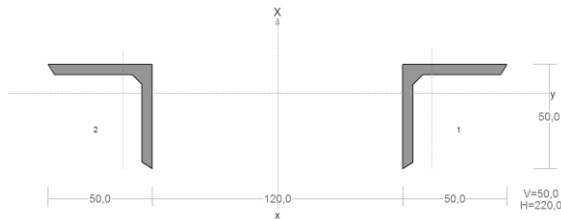
Sprawdzenie warunku nośności (II):

$$0,65 \leq 1,00 \quad 65\%$$

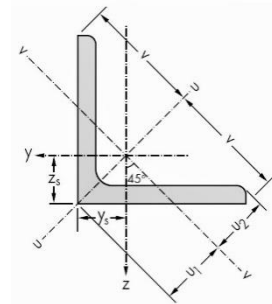
Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

WNIOSKI: Warunki stanu granicznego ULS (SGN) spełnione dla istniejącego profilu.

D) . KRZYŻULEC 2L50X50X5 - PRĘTY 19-25 L= 2,27m



KSZTAŁTOWNIK 2L 50X50X5



I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,50 cm	- grubość elementu
f_y	23,5 kN/cm²	$\gamma_{M0} = 1,00$
f_u	36,0 kN/cm²	$\gamma_{M1} = 1,00$
ϵ	1,0	$\gamma_{M2} = 1,10$

$$\epsilon = \sqrt{235 / f_y}$$

II. Parametry geometryczne:

	L50x50x5	2L
h =	5 cm	m = 7,5 kg/m
b =	5 cm	A = 9,6 cm ²
t _w =	0,5 cm	I _w = cm ⁴
t _f =	0,5 cm	I _z = cm ⁴
r ₁ =	0,7 cm	W _{el,y} = cm ³
r ₂ =	0,35 cm	W _{el,z} = cm ³
		W _{pl,y} = cm ³
		W _{pl,z} = cm ³

(A) . PRĘT 25:

Pręt:	x/L:	x [m]:	M [kNm]:	Q [kN]:	N [kN]:
25	0,03	0,071	0,084*	0,001	263,641

5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$

$$N_{Ed} = 263,641 \text{ kN} > 225,60 \text{ kN} = N_{pl,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 117\%$$

Nośność niedostateczna.

Wzmocnienie poprzez dospawanie płaskownika bl. 60x8 wzdłuż całej długości istniejących do każdego z L50x50x5. $A = 9,60\text{cm}^2 + 2 \cdot 6\text{cm} \cdot 0,5\text{cm} = 15,60\text{cm}^2 \rightarrow 366,6\text{kNm}$

5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$

$$N_{Ed} = 263,641 \text{ kN} \leq 366,60 \text{ kN} = N_{pl,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 72\%$$

Warunek nośności spełniony.

Nośność w połączeniu – współpraca 2L50x50x5 i blachy węzłowej 2x bl. 100x8x150:

$$A = 9,60\text{cm}^2 + 2 \cdot 10\text{cm} \cdot 0,8\text{cm} = 25,60\text{cm}^2$$

5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$

$$N_{Ed} = 263,64 \text{ kN} \leq 601,60 \text{ kN} = N_{pl,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 44\%$$

Warunek nośności spełniony.

Nośność połączenia i spoin jest spełniona.**(B) . PRĘT 19-24 :**

Pręt:	x/L:	x [m] :	M [kNm] :	Q [kN] :	N [kN] :
20	0,60	1,190	0,074*	-0,001	200,041

5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$

$$N_{Ed} = 200,04 \text{ kN} \leq 225,60 \text{ kN} = N_{pl,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 89\%$$

Warunek nośności spełniony.

WNIOSKI: Warunki stanu granicznego ULS (SGN) nie są spełnione dla jednego pręta skratowania.

Należy pręt nr 25 wzmocnić poprzez dospawanie płaskownika bl. 160x8 do istniejących 2L50x50x5 oraz prawidłowe połączenie z pasem górnym i dolnym kratownicy.

Pozostałe spełnione dla istniejącego profilu, nie wymagają wzmocnienia.

E) . SŁUPEK KRATOWNICY I120 – PRĘTY 26-31 L= 0,95m

Pręt:	x/L:	x [m] :	M [kNm] :	Q [kN] :	N [kN] :
26	0,00	0,000	0,689	-1,455	-131,667

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe
t	0,51 cm	- grubość elementu
f_y	23,5 kN/cm ²	$\gamma_{M0} = 1,00$
f_u	36,0 kN/cm ²	$\gamma_{M1} = 1,00$
ϵ	1,0	$\gamma_{M2} = 1,10$

$$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$$
II. Parametry geometryczne:

h =	12 cm	m =	0,11 kg/m	A =	14,2 cm ²
b =	5,8 cm	I_t =	2,71 cm ⁴	I_w =	690 cm ⁴
t_w =	0,51 cm	I_y =	328 cm ⁴	I_z =	21,5 cm ⁴
t_f =	0,77 cm	$W_{el,y}$ =	54,7 cm ³	$W_{el,z}$ =	7,41 cm ³
r_1 =	0,51 cm	$W_{pl,y}$ =	63,6 cm ³	$W_{pl,z}$ =	12,4 cm ³
r_2 =	0,31 cm				

Sprawdzenie klasy przekroju:

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{0,5(b - t_w - 2r)}{t_f} = 2,77 \leq 9\varepsilon = 9$$

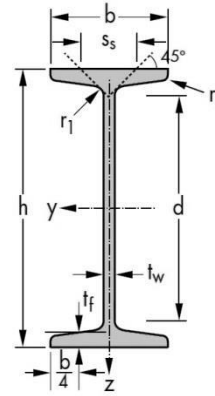
Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 18,51 \leq 72\varepsilon = 72$$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 20,51 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

III. Warunki nośności ULS (SGN)

3. Sprawdzenie nośności na ściskanie $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$

$$N_{Ed} = 131,67 \text{ kN} \leq 333,70 \text{ kN} = N_{c,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} \quad 39\%$$

Warunek nośności spełniony.

Sprawdzenie profilu - wyboczenie z płaszczyzny z-z.

$$L_{cr,z} = 95 \text{ cm}$$

$$N_{cr,z} = 493,75 \text{ kN} \quad N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,82 \quad \bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}}$$

Wpływ wyboczenia na nośność należy uwzględnić, $\lambda > 0,2$.

z pł. y-y:	
$L_{cr,y}$	95 cm
$N_{cr,y}$	7532,61 kN
$\bar{\lambda}_y$	0,21

Krzywa wyboczeniowa - paramter:

Paramter współczynnika imperfekcji $\alpha_z = 0,21$

$$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) = 0,903$$

Współczynnik zwężenia

$$\chi_z = \left[\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2} \right]^{-1} = 0,783$$

Nośność przekroju wynosi

$$N_{b,Rd,z} = \chi_z \cdot f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 261,23 \text{ kN}$$

$$h/b = 2,07$$

a

b

$$\alpha_y = 0,34$$

$$\alpha_y = 0,34$$

$$\phi_y = 0,524$$

$$\phi_y = 0,524$$

$$\chi_y = 0,996$$

$$N_{b,Rd,y} = 332,46 \text{ kN}$$

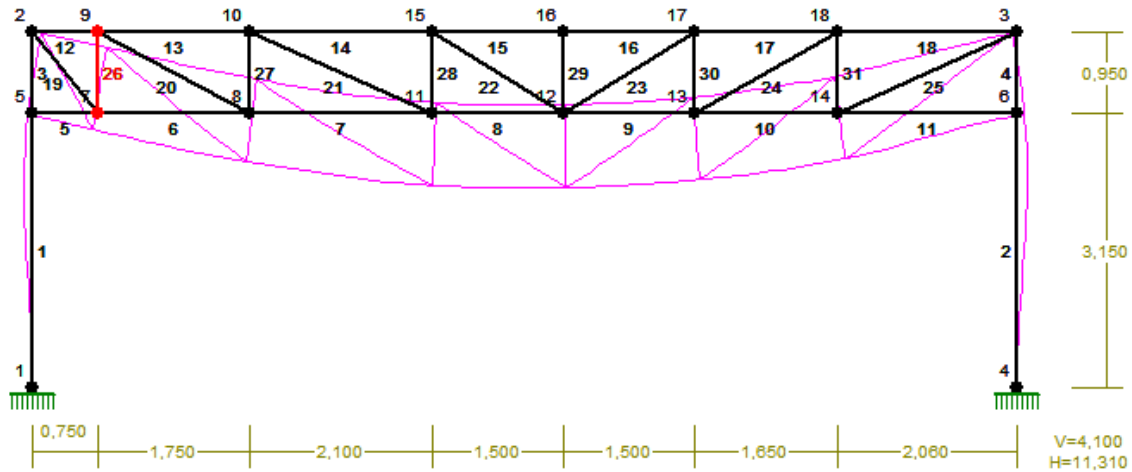
Sprawdzenie warunku nośności:

$$N_{Ed} = 131,67 \leq 261,23 = \min N_{b,Rd} \quad 50\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

WNIOSKI: Warunki stanu granicznego ULS (SGN) spełnione dla istniejącego profilu.

SPRAWDZENIE STANU GRANICZNEGO UŻYTKOWALNOŚCI SLS (SGU)



IV. Warunki nośności SLS (SGU)

Ekstremalne przemieszczenia u_{max} :

$$u_{max} \leq u_{dop} = L/350$$

2,39 cm (odczytane z RMWIN)

Rozpiętość elementu L_{eff} :

1131 cm

Dopuszczalne przemieszczenia u_{max} :

3,23 cm

Sprawdzenie warunku użyteczności:

$$2,39 \leq 3,23$$

74%

Warunek użyteczności spełniony.

WNIOSKI: Warunki stanu granicznego SLS (SGU) spełnione dla istniejącej kratownicy.

3.5. SPRAWDZENIE POŁĄCZENIA BELKI I240 Z DŹWIGAREM KRATOWYM

POŁĄCZENIE ZAKŁADKOWE OBCIĄŻONE SIŁĄ ŚCINAJĄCĄ

Opis podstawy słupa:

Sprawdzenie podatności i nośności węzła śrubowego z pojedynczym szeregiem śrub strefie rozciąganej.

Kategoria połączenia D – niesprężane, doczołowe.

Siły przekrojowe w połączeniu:

 $M_{Ed,weze} = 0$ kNm $N_{Ed,weze} = 0$ kN $V_{Ed,weze} = 47,011$ kN

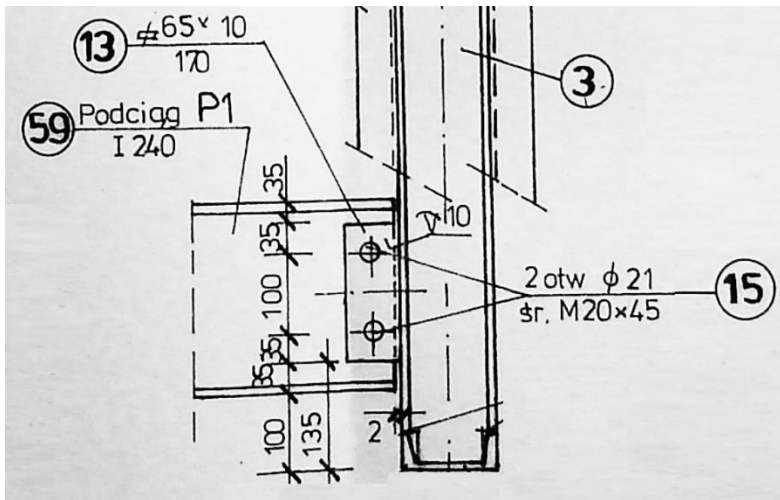
I. Materiały

Stal **S235H (EN 10219-1)**

EN 10219-1 - kształt zamknięte walcowane na zimno

t = 0,77 cm - gr. elem.

 $f_y = R_e = 23,5$ kN/cm² $\gamma_{M0} = 1,00$ $f_u = R_m = 36,0$ kN/cm² $\gamma_{M2} = 1,25$ $f_d = 18,8$ kN/cm² $\beta_w = 0,80$



II. Parametry geometryczne:

Słupek: I120

$b_c = 5,8 \text{ cm}$ $h_c = 12 \text{ cm}$ $t_{fc} = 0,77 \text{ cm}$
 $t_{wc} = 0,51 \text{ cm}$

Rygiel: I240

$b_b = 10,6 \text{ cm}$ $h_b = 24 \text{ cm}$ $t_{fb} = 1,31 \text{ cm}$
 $t_{wb} = 0,87 \text{ cm}$

Błacha węzłowa:

$h_p = 17 \text{ cm}$ $b_p = 6,5 \text{ cm}$ $t_p = 1,00 \text{ cm}$

Śruby: M20x45 kl. 4.6

$d = 2 \text{ cm}$ $A = 3,14 \text{ cm}^2$
 $d_0 = 2,2 \text{ cm}$ $A_s = 2,45 \text{ cm}^2$
 $d_w = \text{cm}$ $p = 10,00 \text{ cm} > 2,2d_0 = 4,84 \text{ cm}$
 szt. 2 $e_1 = 3,50 \text{ cm} > 1,2d_0 = 2,64 \text{ cm}$
 kl. 4.6 $e_2 = 3,25 \text{ cm}$

$f_{yb} = 24,0 \text{ kN/cm}^2$

$f_{ub} = 40,0 \text{ kN/cm}^2$

III. Sprawdzenie elementów węzła:

Płaszcz. ścinania nie przechodzi przez gwintowaną część śruby, więc $\alpha_v =$

0,6

Nośność obliczeniowa śruby na ścinanie:

$$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}} = 94,08 \text{ kN}$$

Nośność śrub na docisk do środka belki:

- śruba skrajna:

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2/d_0 - 1,7; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(e_1/3d_0; f_{ub}/f_u; 1) = 0,530$$

$$F_{b,Rd,1} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = 66,44 \text{ kN}$$

- śruba pośrednia:

$$k_1 = \min(2,8 \cdot e_2/d_0 - 1,7; 2,5) = 2,5$$

$$\alpha_b = \min(p_1/3d_0 - 1/4; f_{ub}/f_u; 1) = 1,000$$

$$F_{b,Rd,2} = \frac{k_1 \cdot \alpha_b \cdot f_u \cdot d \cdot t_w}{\gamma_{M2}} = 125,28 \text{ kN}$$

Uwaga: grubość blachy węzłowej większa/równa grubości średnika belki - sprawdzenie nie jest konieczne.

Nośność grupy łączników :

$$F = F_{b,Rd,1} + F_{b,Rd,2} = 94,08 \text{ kN}$$

$$F_{Ed} = 47,01 \text{ kN} \leq 94,08 \text{ kN}$$

Warunek nośności spełniony

Nośność na rozerwanie blokowe panelu średnika belki:

$$V_{eff,1,Rd} = \frac{f_u \cdot A_{nt}}{\gamma_{M2}} + \frac{f_y \cdot A_{nv}}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0}} = 174,27 \text{ kN}$$

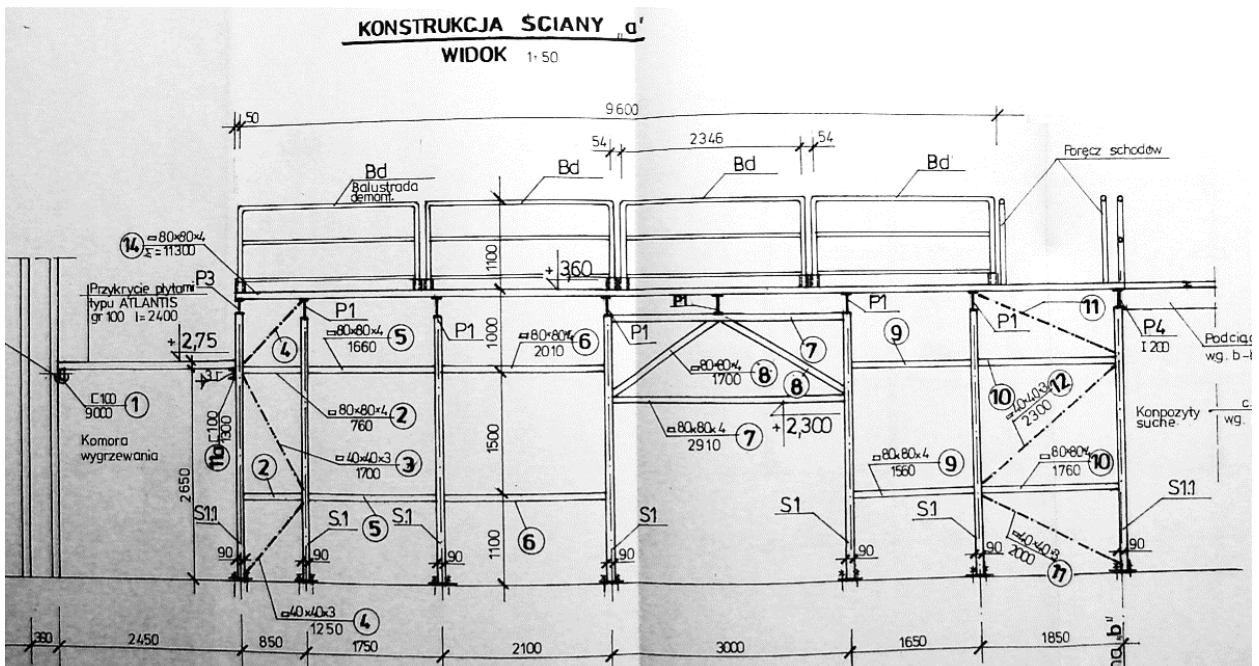
$$A_{nt} = 1,87 \text{ cm}^2 \quad A_{nt} = (e_2 - d_0/2) \cdot t_w$$

$$A_{nv} = 8,87 \text{ cm}^2 \quad A_{nv} = (p_1 + e_1 - 1,5d_0) \cdot t_w$$

$$F_{Ed} = 47,01 \text{ kN} \leq 174,27 \text{ kN}$$

Warunek nośności spełniony

3.6. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO SŁUPKA ŚCIENNEGO S1 – PROFIL RK80x4



Analizowany słup ścienny RK80x4 stanowi część układu słupów i rygli istniejącej ściany. Słup przenosi obciążenia z podciągów P1 o profilu I240. Do sprawdzenia przyjęto słup portalu drzwiowego – obc. 150% reakcji z P1.

Reakcja z pociągu I240 (1+0,5)R	$R_{k,max} = 1,5 \cdot 36,44 \text{ kN} =$	54,66 kN
	$R_{d,max} = 54,66 \cdot 1,4 =$	76,53 kN
C. wł. słupa	$P_{k,max} = 0,092 \cdot 3,0 \text{ m} =$	0,28 kN
	$P_{d,max} = 1,35 \cdot 0,28 \text{ kN} =$	0,38 kN
Razem:	$P_{k,max} =$	54,94 kN
	$P_{d,max} = 1,35 \cdot 54,94 \text{ kN} =$	76,91 kN

I. Materiały

Stal	S235H (EN 10219-1)	EN 10219-1 - kształt zamknięte walcowane na zimno		
t	0,40 cm	- grubość elementu		
f _y	23,5 kN/cm²		γ _{M0} =	1,00
f _u	36,0 kN/cm²		γ _{M1} =	1,00
ε	1,0	$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	γ _{M2} =	1,10

II. Parametry geometryczne:

h =	8 cm	m =	9,22 kg/m	A =	11,75 cm ²
b =	8 cm				
t _w =	0,4 cm	I _y =	111,04 cm ⁴	I _z =	111,04 cm ⁴
t _f =	0,4 cm	W _{el,y} =	27,76 cm ³	W _{el,z} =	27,76 cm ³
r _z =	0,8 cm	W _{pl,y} =	33,07 cm ³	W _{pl,z} =	33,07 cm ³
r =	0,4 cm				

Sprawdzenie klasy pojedynczego przekroju: /ściskanie/

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{b - 2(t_w - r)}{t_f} = 22,00 \leq 33\epsilon = 33$$

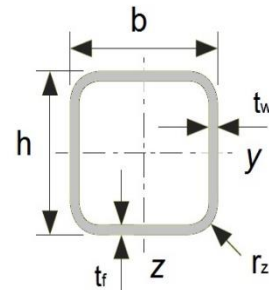
Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 14,00 \leq 33\epsilon = 33$$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 18,00 \leq \frac{72\epsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

3. Sprawdzenie nośności na ściskanie. $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$

$$N_{Ed} = 76,91 \text{ kN} \leq 276,13 \text{ kN} = N_{c,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} \quad 28\%$$

Warunek nośności spełniony.

Sprawdzenie profilu - wyboczenie z płaszczyzny z-z.

$$L_{cr,z} = 300 \text{ cm}$$

$$N_{cr,z} = 255,71 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = 1,04$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}}$$

z pł. y-y:

$$L_{cr,y} = 124 \text{ cm}$$

$$N_{cr,y} = 1496,77 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,43$$

Wpływ wyboczenia na nośność należy uwzględnić.

$$h/b = 1$$

Krzywa wyboczeniowa - parametr:

Paramter współczynnika imperfekcji

$$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right)$$

Współczynnik zwichrzenia

$$\chi_z = \left[\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2} \right]^{-1} = 0,518$$

	c	c
α _z =	0,49	α _y = 0,49
	1,245	φ _y = 0,648
		χ _y = 0,882

Nośność przekroju wynosi

$$N_{b,Rd,z} = \chi_z \cdot f_y \cdot A / \gamma_{M0} =$$

142,91 kN

$$N_{b,Rd,y} = 243,43 \text{ kN}$$

Sprawdzenie warunku nośności:

$$N_{Ed} = 76,91 \leq 142,91 = N_{b,Rd,z} \quad 54\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.**3.7. SPRAWDZENIE RYGLI ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4**

Rygle ścienne obciążone są w znikomym stopniu. Najwyższe wyężenie występuje w rejonie portalu drzwiowego ściany większej antresoli. Obciążenie wynosi $R_d = 35,60\text{kN}$ (rozciąganie).

5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$

$$N_{Ed} = 35,6 \text{ kN} \leq 276,13 \text{ kN} = N_{pl,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 13\%$$

Warunek nośności spełniony.

3.8. SPRAWDZENIE SKRATOWAŃ ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4

Najwyższe wyężenie skratowania o przekroju RK80x4 występuje w rejonie portalu drzwiowego ściany większej antresoli. Obciążenie wynosi $R_d = -47,00\text{kN}$. Parametry profilu jak wyżej.

3. Sprawdzenie nośności na ściskanie. $N_{Ed} \leq N_{b,Rd,z}$

$$N_{Ed} = 47 \text{ kN} \leq 276,13 \text{ kN} = N_{c,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} \quad 17\%$$

Warunek nośności spełniony.

Sprawdzenie profilu - wyobczenie z płaszczyzny z-z.

$$L_{cr,z} = 180 \text{ cm}$$

$$N_{cr,z} = 710,32 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = 0,62$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot E \cdot I_z / L_{cr,z}^2$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}}$$

Wpływ wyobczenia na nośność należy uwzględnić.

Krzywa wyobceniowa - parametr:

Paramter współczynnika imperfekcji

$$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) =$$

Współczynnik zwichrzenia

$$\chi_z = \left[\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2} \right]^{-1} = 0,771$$

Nośność przekroju wynosi

$$N_{b,Rd,z} = \chi_z \cdot f_y \cdot A / \gamma_{M0} =$$

213,00 kN

Sprawdzenie warunku nośności:

$$N_{Ed} = 47,00 \leq 213,00 = N_{b,Rd,z} \quad 22\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.**3.9. SPRAWDZENIE STĘŻEŃ ŚCIENNYCH – PROFIL RK40x3**

Stężenia ścienne wykonano z rur o profilu RK40x3.

Maksymalna siła ściskająca:

- rura L = 232cm

$$R_{d,max} = -10,22\text{kN}$$

- rura L = 136cm

$$R_{d,max} = -14,50\text{kN}$$

Maksymalna siła rozciągająca:

$$R_{d,max} = +15,45\text{kN}$$

I. Materiały

Stal	S235H (EN 10219-1)	EN 10219-1 - kształt zamknięte walcowane na zimno		
t	0,30 cm	- grubość elementu		
f _y	23,5 kN/cm²		γ _{M0} =	1,00
f _u	36,0 kN/cm²		γ _{M1} =	1,00
ε	1,0	$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	γ _{M2} =	1,10

II. Parametry geometryczne:

h =	4 cm	m =	3,3 kg/m	A =	4,21 cm ²
b =	4 cm				
t _w =	0,3 cm	I _y =	9,32 cm ⁴	I _z =	9,32 cm ⁴
t _f =	0,3 cm	W _{el,y} =	4,66 cm ³	W _{el,z} =	4,66 cm ³
r _z =	0,6 cm	W _{pl,y} =	5,72 cm ³	W _{pl,z} =	5,72 cm ³
r =	0,3 cm				

Sprawdzenie klasy pojedynczego przekroju: /ściskanie/

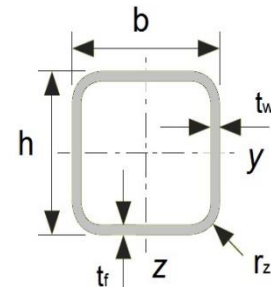
- pas:
 $\frac{c}{t} = \frac{b - 2(t_w - r)}{t_f} = 15,33 \leq 33\epsilon = 33$

Klasa 1

- środnik:
 $\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 7,33 \leq 33\epsilon = 33$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



3. Sprawdzenie nośności na ściskanie. N_{Ed} ≤ N_{b,Rd,z}

N_{Ed} = 10,22 kN ≤ 98,94 kN = N_{c,Rd} = f_y · A / γ_{M0} 10%

Warunek nośności spełniony.

Sprawdzenie profilu - wyboczenie z płaszczyzny z-z.

L_{cr,z} = 232 cm
 N_{cr,z} = 35,89 kN $N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L_{cr,z}^2}$
 $\bar{\lambda}_z = 1,66$ $\bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}}$

z pł. y-y:

L_{cr,y} = 232 cm
 N_{cr,y} = 35,89 kN
 $\bar{\lambda}_y = 1,66$

Wpływ wyboczenia na nośność należy uwzględnić.

h/b = 1

Krzywa wyboczeniowa - parametr:

Paramter współczynnika imperfekcji	α _z = 0,49	α _y = 0,49
$\phi_z = 0,5 \left(1 + \alpha_z (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right) =$	2,236	φ _y = 2,236

Współczynnik zwichrzenia

$\chi_z = \left[\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2} \right]^{-1} =$	0,268	χ _y = 0,268
---	-------	------------------------

Nośność przekroju wynosi

N _{b,Rd,z} = χ _z · f _y · A / γ _{M0} =	26,50 kN	N _{b,Rd,y} = 26,50 kN
---	----------	--------------------------------

Sprawdzenie warunku nośności:

N_{Ed} = 10,22 ≤ 26,50 = N_{b,Rd,z} 39%

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie $N_{Ed} \leq N_{pl,Rd}$

$$N_{Ed} = 15,45 \text{ kN} \leq 98,94 \text{ kN} = N_{pl,Rd} = f_y \cdot A / \gamma_{M0} = 16\%$$

Warunek nośności spełniony.

3.10. SPRAWDZENIE BELKI MAŁEJ ANTRESOLI P7 – PROFIL I200

Analizowana belka to element stropu mniejszej antresoli. Obecnie ten obszar stropu znajduje się w rejonie przeznaczonym na komunikację na antresoli. Przewidywane obciążenia stałe i użytkowe jak dla dużej antresoli. Belka stropowa obciążona jest reakcją przenoszona z żeber I80. Do obliczeń przyjęto obciążenie na belkę z obszaru o szerokości 2,30m, długość belki L=2,30m

Gatunek stali profilowej S235JR (odpowiednik St3SX) zgodnie z EN10025-2: $f_y = 235\text{MPa}$, $f_u = 360\text{MPa}$.

Obc. stałe: $g_{k,max} = 1,16\text{kN/m}^2$
 Obc. zmienne: $q_{k,max} = 3,00\text{kN/m}^2$
 c. wł. belki: $g_{k,max} = 0,262\text{kN/m}^2$

$$p_{d,max} = (0,85 \cdot 1,35 \cdot 1,16 + 1,50 \cdot 3,0) \cdot 2,30\text{m} = 13,41\text{kN/m}$$

$$V_{d,max} = 0,5 \cdot p_{d,max} \cdot l_{eff} = 0,125 \cdot 13,41 \cdot 2,30 = 15,42\text{kNm}$$

$$M_{d,max} = 0,125 \cdot p_{d,max} \cdot l_{eff}^2 = 0,125 \cdot 13,41 \cdot 2,30^2 = 8,87\text{kNm}$$

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,75 cm	- grubość elementu		
f_y	23,5 kN/cm²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ϵ	1,0	$\epsilon = \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10

II. Parametry geometryczne:

h =	20 cm	m =	26,2 kg/m	A =	33,4 cm ²
b =	9 cm	$I_t =$	13,5 cm ⁴	$I_w =$	10500 cm ⁴
$t_w =$	0,75 cm	$I_y =$	2140 cm ⁴	$I_z =$	117 cm ⁴
$t_f =$	1,13 cm	$W_{el,y} =$	214 cm ³	$W_{el,z} =$	26 cm ³
$r_1 =$	0,75 cm	$W_{pl,y} =$	250 cm ³	$W_{pl,z} =$	43,5 cm ³
$r_2 =$	0,45 cm				

Sprawdzenie klasy przekroju: (zginanie)

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{0,5(b - t_w - 2r)}{t_f} = 2,99 \leq 9\epsilon = 9$$

Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 21,65 \leq 72\epsilon = 72$$

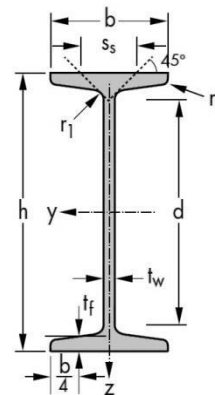
Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 23,65 \leq \frac{72\epsilon}{\eta} = 60$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.



III. Warunki nośności ULS (SGN)**1. Sprawdzenie nośności na ścinanie. $V_{Ed} \leq V_{pl.Rd}$**

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale:} \quad \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$15,60 \leq 15,97 \quad \text{zatem:} \quad A_v = 15,60 \quad \text{cm}^2$$

$$V_{\max} = 15,42 \text{ kN} \leq 211,69 \text{ kN} = V_{pl.Rd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 7\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 15,42 \text{ kN} \leq 105,85 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pl.Rd} \quad 15\%$$

Pomijam wpływ siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pl.Rd}$ - kierunek y**- momenty zginające w przęśle:**

$$M_{Ed} = 8,87 \text{ kNm} \leq 58,75 \text{ kNm} = M_{pl.Rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 15\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas dolny ściskany sztywno zamocowany nad podporą – brak możliwości zwiczenia.

Wsp. zwiczenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwiczeniem”.

4. OBLICZENIA STATYCZNE ELEMENTÓW KONSTRUKCJI STALOWEJ STROPU I ŚCIAN ANTRESOL W WYJĄTKOWEJ SYTUACJI OBLICZENIOWEJ – W SYTUACJI POŻARU

KOMBINACJE OBCIĄŻEŃ:

Sytuacja wyjątkowa - pożar: (EC0 i EC1-1-2 p.4.3 i NB)

$$E_{fi,d,t} = \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Wsp. kombinacyjne – kategoria obciążeń B: $\psi_0 = 0,70$; $\psi_1 = 0,50$; $\psi_2 = 0,30$; $\psi_{fi} = \psi_1 = 0,50$;

Zgodnie z warunkami normy EC3-1-2 2.4.2(1) przyjęto uproszczone wyznaczanie sił wewnętrznych w elementach, na podstawie współczynnika redukcyjnego η_{fi} .

$$\eta_{fi} = \min \left(\frac{G_k + \psi_{fi} Q_k}{\gamma_G G_k + \gamma_Q \psi_0 Q_{k,1}}; \frac{G_k + \psi_{fi} Q_k}{\xi \gamma_G G_k + \gamma_Q Q_{k,1}} \right)$$

4.1. SPRAWDZENIE BLACHY ŻEBERKOWEJ

Zabezpieczenie blachy żebrowej wg wytycznych producenta płyt PROMATECT. (W oddzielnym opracowaniu.)

4.2. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO ŻEBRA Ż1 – PROFIL I 80

Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2:

$$\eta_{fi} = \min \left(\frac{1,03 + 0,5 \cdot 2,52}{1,35 \cdot 1,03 + 1,50 \cdot 0,70 \cdot 2,52}; \frac{1,03 + 0,5 \cdot 2,52}{0,85 \cdot 1,35 \cdot 1,03 + 1,50 \cdot 2,52} \right) = \min(0,76; 0,57) = 0,57$$

Maksymalne siły przekrojowe w belce:

- w przęśle: $M_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed,max} = 0,57 \cdot 1,91 \text{ kNm} = 1,09 \text{ kNm}$

- w podporze:

$M_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed,max} = 0,57 \cdot 2,14 \text{ kNm} = 1,22 \text{ kNm}$

$Q_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot Q_{Ed,max} = 0,57 \cdot 6,15 \text{ kN} = 3,51 \text{ kN}$

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe	
t	0,39 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} = 1,00$
f_y	23,5 kN/cm²		$\gamma_{M0} = 1,00$
f_u	36,0 kN/cm²		$\gamma_{M1} = 1,00$
ε	0,85	$\varepsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} = 1,10$

II. Parametry geometryczne:

Sprawdzenie klasy przekroju:

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{0,5(b - t_w - 2r)}{t_f} = 2,57 \leq 9\varepsilon = 7,65$$

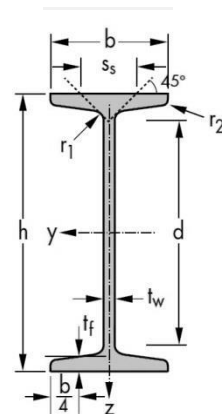
Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 15,49 \leq 72\varepsilon = 61,20$$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 17,49 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 51$$

Stateczność środka belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/

Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$

1. Nośność na ścinanie.

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale: } \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$3,30 \leq 3,19 \quad \text{zatem: } A_v = 3,19 \quad \text{cm}^2$$

$$V_{fi,Ed} = 3,51 \quad \text{kN}$$

$$V_{fi,Ed} = V_{fi,t,Rd} = \frac{k_{y,\theta_{web}} \cdot A_v \cdot f_y}{\gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}} \rightarrow k_{y,\theta_{web}} = \frac{V_{Ed} \cdot \gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_y} = 0,081$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 858,0 °C

2. Nośność na zginanie.

$$M_{fi,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd} \quad \text{- kierunku } y$$

- momenty zginające nad podporą:

Pas dolny ściskany sztywno zamocowany nad podporą – brak możliwości zwichrzenia.

Wsp. zwichrzenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

$$M_{fi,Ed} = 1,22 \quad \text{kNm}$$

$$M_{fi,Ed} = M_{b,fi,t,Rd} = \frac{k_{y,\theta} \cdot W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{Mfi}} \rightarrow k_{y,\theta} = \frac{M_{fi,Ed} \cdot \gamma_{Mfi}}{W_{pl} \cdot f_y} = 0,228$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 701,7 °C

- momenty zginające w przęśle:

Pas górny ściskany jest zagrożony wyboczeniem. Należy wyznaczyć wsp. zwichrzenia.

$$M_{b,fi,t,Rd} = \frac{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta,com} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} \rightarrow k_{y,\theta,com}$$

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia $\chi_{LT,fi}$

Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu belki o przekroju bisymetrycznym, podparcie wieidelkowe na obu końcach, obciążenie momentem zmiennym na długości.

$$M_{fi,Ed} = 1,09 \quad \text{kNm}$$

Moment krytyczny M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right] = 417,13 \quad \text{kNcm}$$

Współczynniki C_1 i C_2 przyjęto z tablic dla odpowiedniego rozkładu momentów.

Dla poszczególnych prętów belki rozkład momentów jest paraboliczny.

$$L = 206 \quad \text{cm} \quad C_1 = 1,285 \quad C_2 = 1,562$$

$$k = 1 \quad \text{- w pł. } \perp \text{ do pł. zginania}$$

$$z_g = 4 \quad \text{cm - obc. przyłożone powyżej środka ścinania}$$

Smukłość względna: - w chwili rozpoczęcia pożaru $t=0$.

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 1,13$$

Iteracyjne wyznaczenie parametrów w sytuacji pożarowej:

$$\text{Pierwsza iteracja: } \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \frac{\bar{\lambda}_{LT}}{0,85} = 1,333$$

Trzecia iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \sqrt{\frac{k_{y,\theta,com}}{k_{E,\theta,com}}} = 1,329$$

Wskaźnik imperfekcji: $\alpha = 0,65$

Parametr współczynnika zwichrzenia:

$$\phi_{LT,\theta,com} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2 \right) = 1,816, \text{ zatem:}$$

Współczynnik zwichrzenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2} \right)^{-1} = 0,328$$

$$k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t.Rd} \cdot \gamma_{M,fi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} = 0,621, \text{ zatem:}$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: $551,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ $k_{E,\theta,com}$ $0,451$

Wnioski:

Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: $551 \text{ } ^\circ\text{C}$

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur **pożarowych z 3 stron.** Efekt zacienienia: $k_{sh} \neq 1,0$

$U = 20,2 \text{ cm}$

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U \text{ (obw. pow. -przechr. skrzynek.)}}{A \text{ (pole przechr. poprzecznego)}} = 266,8 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^* / V = k_{sh} \cdot A_m / V = 0,9 \cdot [A_m/V]_b = 240,2 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 551 \text{ } ^\circ\text{C}$, zatem:

Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 9,5$ minutach.

Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min

Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.

4.3. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO PODCIĄGU P1 – PROFIL I240 – bez wzmocnienia

Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$

Maksymalne siły przekrojowe w belce:

- w podporze:

$$M_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed,max} = 0,57 \cdot 0,00 \text{ kNm} = 0 \text{ kNm}$$

$$Q_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot Q_{Ed,max} = 0,57 \cdot 47,01 \text{ kN} = 26,80 \text{ kN}$$

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe	
t	0,87 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} = 1,00$
f_y	23,5 kN/cm²		$\gamma_{M0} = 1,00$
f_u	36,0 kN/cm²		$\gamma_{M1} = 1,00$
ϵ	0,85	$\epsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} = 1,10$

II. Parametry geometryczne:

Sprawdzenie klasy przekroju: (zginanie)

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{0,5(b - t_w - 2r)}{t_f} = 3,05 \leq 9\varepsilon = 7,65$$

Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 22,57 \leq 72\varepsilon = 61,20$$

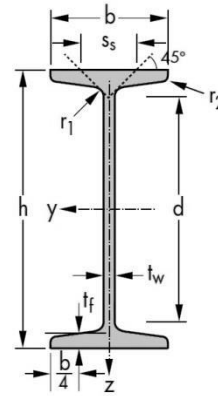
Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 24,57 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 51$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.



III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/

Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$

1. Nośność na ścinanie.

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale: } \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

21,75 ≤ 22,32 zatem: $A_v = 21,75 \text{ cm}^2$

$$V_{fi,Ed} = 26,80 \text{ kN}$$

$$V_{fi,Ed} = V_{fi,t.Rd} = \frac{k_{y,\theta_{web}} \cdot A_v \cdot f_y}{\gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}} \rightarrow k_{y,\theta_{web}} = \frac{V_{Ed} \cdot \gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_y} = 0,091$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 838,0 °C

4.4. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEGO PODCIĄGU P1 – PROFIL I240 + [100 (wzmocnienie)

Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$

Maksymalne siły przekrojowe w belce:

- w przęśle: $M_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed,max} = 0,57 \cdot 87,09 \text{ kNm} = 1,09 \text{ kNm}$

I. Materiały

BELKA I240 + wzmocnienie [100 w części przęsłowej

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,87 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} =$	1,00
f_y	23,5 kN/cm ²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm ²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ε	0,85	$\varepsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10

II. Parametry geometryczne:

BELKA WZMOCNIONA I240 + [100

h =	24 cm	m =	46,8 kg/m	$A_{całk} =$	59,53 cm ²
b =	10,6 cm	$I_t =$	30,16 cm ⁴	$I_w =$	28700 cm ⁴
$t_w =$	0,87 cm	$I_y =$	6771,86 cm ⁴	$I_z =$	427 cm ⁴
$t_f =$	1,31 cm	$W_{el,y} =$	501,6 cm ³	$W_{el,z} =$	80,57 cm ³
$r_1 =$	0,87 cm	$W_{pl,y} =$	586 cm ³	$W_{pl,z} =$	121,5 cm ³
$r_2 =$	0,52 cm				
$A_{I240} =$	46,1 cm ²				

Sprawdzenie klasy przekroju: *I* 240

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{0,5(b - t_w - 2r)}{t_f} = 3,05 \leq 9\varepsilon = 7,65$$

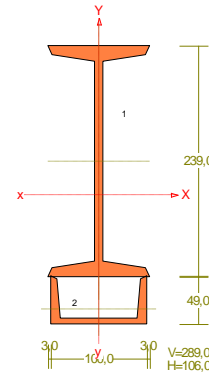
Klasa 1

- środnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - 2(t_f + r)}{t_w} = 22,57 \leq 72\varepsilon = 61,20$$

Klasa 1

Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.



Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 24,57 \leq \frac{72\varepsilon}{\eta} = 51$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/

Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$

2. Nośność na zginanie. $M_{fi,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd}$ - kierunek y

- momenty zginające w przęśle:

Pas górny ściskany jest zagrożony wyoboczeniem. Należy wyznaczyć wsp. zwichrzenia.

$$M_{b,fi,t,Rd} = \frac{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta,com} \cdot f_y}{\gamma_{M,fi}} \rightarrow k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t,Rd} \cdot \gamma_{M,fi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}$$

Wyznaczenie współczynnika zwichrzenia $\chi_{LT,fi}$

Sprężysty moment krytyczny przy zwichrzeniu belki o przekroju bisymetrycznym, podparcie widelkowe na obu końcach, obciążenie momentem zmiennym na długości.

$M_{b,fi,Ed} = 49,64$ kNm

Moment krytyczny M_{cr} :

$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{L^2} \cdot \left[\sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L^2 \cdot G \cdot I_t}{\pi^2 \cdot E \cdot I_z} + (C_2 \cdot z_g)^2} - C_2 \cdot z_g \right] = 65256,31 \text{ kNcm}$$

Współczynniki C_1 i C_2 przyjęto z tablic dla odpowiedniego rozkładu momentów.

Dla poszczególnych prętów belki rozkład momentów jest paraboliczny.

$L = 84$ cm $C_1 = 1,132$ $C_2 = 0,459$

$k = 1$ - w pł. \perp do pł. zginania

$z_g = 15,54$ cm - obc. przyłożone powyżej środka ścinania

Smukłość względna:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = 0,46$$

Iteracyjne wyznaczenie parametrów w sytuacji pożarowej:

Pierwsza iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \frac{\bar{\lambda}_{LT}}{0,85} = 0,540$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235/f_y} = 0,65$$

Trzecia iteracja:

$$\bar{\lambda}_{LT,\theta,com} = \bar{\lambda}_{LT} \sqrt{\frac{k_{y,\theta,com}}{k_{E,\theta,com}}} = 0,554$$

Parametr współczynnika zwichrzenia:
 $\phi_{LT,\theta,com} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{LT,\theta,com} + \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2 \right) = 0,833$, zatem:

Współczynnik zwichrzenia:

$$\chi_{LT,fi} = \left(\phi_{LT,\theta,com} + \sqrt{\phi_{LT,\theta,com}^2 - \bar{\lambda}_{LT,\theta,com}^2} \right)^{-1} = 0,687$$

$$k_{y,\theta,com} = \frac{M_{b,fi,t,Rd} \cdot \gamma_{M,fi}}{\chi_{LT,fi} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y} = 0,525$$
, zatem:

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: **582,3 °C** $k_{E,\theta,com}$ **0,361**

Wnioski:

Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: **582 °C**

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur **pożarowych z 3 stron.** Pomijam efekt zacienienia: $k_{sh} = 1,0$

U= **79,2 cm**

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przechr. skrzynk.})}{A (\text{pole przechr. poprzecznego})} = 133,0 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^* / V = k_{sh} \cdot A_m / V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 133,0 \text{ m}^{-1}$$
 oraz

min. $\theta_{a,cr} = 582 \text{ °C}$, zatem:

Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 14,0$ minutach.

Wymagany czas odporności ogniowej R: **60 min**

Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.

4.5. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCEJ KRATOWNICY PODPIERAJĄCEJ STROP

A) . SŁUP []100 - PRĘTY 1-4 L=3,15m

Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$

Maksymalne siły przekrojowe w przecię: $M_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed,max} = 0,57 \cdot 6,59 \text{ kNm} = 3,76 \text{ kNm}$

$N_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed,max} = 0,57 \cdot 136,12 \text{ kN} = 78,10 \text{ kN}$

$Q_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot Q_{Ed,max} = 0,57 \cdot 3,34 \text{ kN} = 1,90 \text{ kN}$

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,60 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} =$	1,00
f_y	23,5 kN/cm²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ϵ	0,85	$\epsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/

Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$

4. Sprawdzenie war. nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu:

$N_{fi,Ed} = 78,10 \text{ kN}$ $M_{fi,Ed} = 3,76 \text{ kNm}$

Metoda iteracyjna - zakładam temp. Krytyczną $\theta_{cr} = 613,0 \text{ } ^\circ\text{C}$
 Odczytuję z tablic: $k_{y,\theta} = 0,439$ $k_{E,\theta} = 0,287$ $\alpha = 0,650$
 $\bar{\lambda}_{z,\theta} = 1,106$ $\bar{\lambda}_{y,\theta} = 0,744$
 $\phi_{z,\theta} = 1,471$ $\phi_{y,\theta} = 1,018$
 $\chi_{z,fi} = 0,410$ $\chi_{y,fi} = 0,583$ $\chi_{min,fi} = 0,410$ $\chi_{LT} = 1,000$

Sprawdzenie warunku nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu (wg PN-EN 1993-1-2 4.2.3.5(1))

$$(I) \quad \frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{min,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_y \cdot M_{y,fi,Ed}}{W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} \leq 1,0$$

$$(II) \quad \frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} \leq 1,0$$

gdzie:

$$k_y = 1 - (\mu_y \cdot N_{fi,Ed}) / (\chi_{y,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}) \leq 3$$

$$\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5) \cdot \bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} + 0,29 \leq 0,8 \text{ i } \bar{\lambda}_{y,20^\circ\text{C}} \leq 1,1$$

$$\bar{\lambda}_{y,20^\circ\text{C}} = 0,60 \leq 1,1 \quad \text{OK.}$$

$$\Psi = -0,60 \in [-1, 1] \quad [\text{PN-EN 1993-1-2 4.2.3.5(1) rys. 4.2}]$$

$$\beta_{M,y} = 2,22$$

$$\mu_y = 0,85 > 0,8 \quad \text{Przyjąć } \mu_y = 0,80$$

$$k_y = 0,59 \leq 3 \quad \text{Przyjąć } k_{LT} = 0,59$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \cdot \bar{\lambda}_{z,\theta} \cdot \beta_{M,LT} - 0,15 \leq 0,9 \quad \beta_{M,LT} = 2,22$$

$$\mu_{LT} = 0,22 \leq 0,9 \quad \text{Przyjąć } \mu_{LT} = 0,22$$

$$k_{LT} = 1 - (\mu_{LT} \cdot N_{fi,Ed}) / (\chi_{z,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}) \leq 1$$

$$k_{LT} = 0,85 \leq 0,9 \quad \text{Przyjąć } k_{LT} = 0,85$$

Sprawdzenie warunku nośności (I):

$$0,91 \leq 1,00 \quad 91\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Sprawdzenie warunku nośności (II):

$$1,00 \leq 1,00 \quad 100\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Wnioski:

Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: **613** $^\circ\text{C}$

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur **pożarowych z 4 stron.** Pomijam efekt zacienienia: $k_{sh} = 1,0$

U= 40 cm

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przekr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 148,1 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^* / V = k_{sh} \cdot A_m / V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 148,1 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 613 \text{ } ^\circ\text{C}$, zatem:

Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 14,5$ minutach.

Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min

Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.

B) . PAS DOLNY [120 - PRĘTY 5-11Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$ Maksymalne siły przekrojowe w pręcie: $N_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed,max} = 0,57 \cdot 398,31 \text{ kN} = 220,38 \text{ kN}$ **I. Materiały**

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,70 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} =$	1,00
f_y	23,5 kN/cm ²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm ²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ε	0,85	$\varepsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$ **5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie** $N_{fi,Ed} \leq N_{fi,\theta,Rd}$ $N_{fi,Ed} = 227,08 \text{ kN}$

$$N_{fi,Ed} = N_{fi,\theta,Ed} = k_{y,\theta} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{Mfi} \rightarrow k_{y,\theta} = N_{fi,Ed} \cdot \gamma_{Mfi} / (A \cdot f_y) = 0,568$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: $568,3 \text{ } ^\circ\text{C}$ **Wnioski:****Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: $568 \text{ } ^\circ\text{C}$** **IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)**Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur **pożarowych z 4 stron.** Pomijam efekt zacienienia: $k_{sh} = 1,0$ $U = 35 \text{ cm}$

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przechr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 205,9 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 205,9 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 568 \text{ } ^\circ\text{C}$, zatem:**Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 10,5$ minutach.****Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min** **Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.****C) . PAS GÓRNY [100 - PRĘTY 12-18**Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$ **I. Materiały**

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,70 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} =$	1,00
f_y	23,5 kN/cm ²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm ²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ε	0,85	$\varepsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$ **4. Sprawdzenie war. nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu:** $N_{fi,Ed} = 230,85 \text{ kN}$ $M_{fi,Ed} = 1,52 \text{ kNm}$ Metoda iteracyjna - zakładam temp. Krytyczną $\theta_{cr} = 612,0 \text{ }^\circ\text{C}$ Odczytuję z tablic: $k_{y,\theta} = 0,441$ $k_{E,\theta} = 0,288$ $\alpha = 0,650$ $\bar{\lambda}_{z,\theta} = 0,469$ $\bar{\lambda}_{y,\theta} = 0,427$ $\phi_{z,\theta} = 0,762$ $\phi_{y,\theta} = 0,730$ $\chi_{z,fi} = 0,733$ $\chi_{y,fi} = 0,756$ $\chi_{min,fi} = 0,733$ $\chi_{LT} = 1,000$ **Sprawdzenie warunku nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu (wg PN-EN 1993-1-2 4.2.3.5(1))**

$$(I) \quad \frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{min,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_y \cdot M_{y,fi,Ed}}{W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} \leq 1,0$$

$$(II) \quad \frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} \leq 1,0$$

gdzie:

$$k_y = 1 - (\mu_y \cdot N_{fi,Ed}) / (\chi_{y,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}) \leq 3$$

$$\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5) \cdot \bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} + 0,29 \leq 0,8 \text{ i } \bar{\lambda}_{y,20^\circ\text{C}} \leq 1,1$$

$$\bar{\lambda}_{y,20^\circ\text{C}} = 0,35 \leq 1,1 \quad \text{OK.}$$

$$\Psi = 0,54 \in [-1, 1] \quad [\text{PN-EN 1993-1-2 4.2.3.5(1) rys. 4.2}]$$

$$\beta_{M,y} = 1,43$$

$$\mu_y = 0,00 \leq 0,8 \quad \text{Przyjąć } \mu_y = 0,00$$

$$k_y = 1,00 \leq 3 \quad \text{Przyjąć } k_{LT} = 1,00$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \cdot \bar{\lambda}_{z,\theta} \cdot \beta_{M,LT} - 0,15 \leq 0,9 \quad \beta_{M,LT} = 1,43$$

$$\mu_{LT} = -0,05 \leq 0,9 \quad \text{Przyjąć } \mu_{LT} = -0,05$$

$$k_{LT} = 1 - (\mu_{LT} \cdot N_{fi,Ed}) / (\chi_{z,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}) \leq 1$$

$$k_{LT} = 1,04 > 0,9 \quad \text{Przyjąć } k_{LT} = 0,90$$

Sprawdzenie warunku nośności (I):

$$0,99 \leq 1,00 \quad 99\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Sprawdzenie warunku nośności (II):

$$1,00 \leq 1,00 \quad 100\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Wnioski:Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: **612** $^\circ\text{C}$ **IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)**Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur **pożarowych z 4 stron.** Pomijam efekt zacienienia: $k_{sh} = 1,0$ U= **46** cm

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przekr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 135,3 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 135,3 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

$$\text{min. } \theta_{a,cr} = 612 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad \text{zatem:}$$

Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 12,5$ minutach.

Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min

Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.

D) . KRZYŻULEC 2L50X50X5 - PRĘTY 19-25 L= 2,27m

- wzmocniony płaskownikiem 60x8 (pręt 25):

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,50 cm	- grubość elementu	$Y_{Mfi} =$	1,00
f_y	23,5 kN/cm ²		$Y_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm ²		$Y_{M1} =$	1,00
ϵ	0,85	$\epsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$Y_{M2} =$	1,10

II. Parametry geometryczne:

L50x50x5 + płaskownik 60x8			
h =	5,8 cm	m =	kg/m
b =	6 cm	$I_t =$	cm ⁴
$t_w =$	0,5 cm	$I_y =$	cm ⁴
$t_f =$	1,3 cm	$W_{el,y} =$	cm ³
$r_1 =$	0,7 cm	$W_{pl,y} =$	cm ³
$r_2 =$	0,35 cm		
		A =	9,6 cm ²
		$I_w =$	cm ⁴
		$I_z =$	cm ⁴
		$W_{el,z} =$	cm ³
		$W_{pl,z} =$	cm ³

Sprawdzenie klasy przekroju:

- pas:

$$\frac{c}{t} = \frac{b - t_w - r}{t_f} = 3,69 \leq 9\epsilon = 7,65$$

Klasa 1

- śródnik:

$$\frac{c}{t} = \frac{h - (t_f + r)}{t_w} = 7,60 \leq 72\epsilon = 61,2$$

Klasa 1

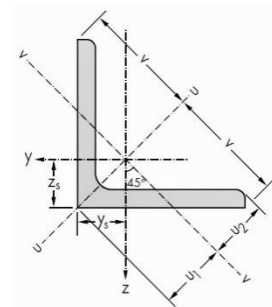
Kształtownik spełnia warunki przekroju klasy 1.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu:

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{h - 2t_f}{t_w} = 6,40 \leq \frac{72\epsilon}{\eta} = 51$$

Stateczność środnika belki poddanego ścinaniu jest zapewniona.

Siła rozciągająca przypadająca na 1 kątownik: $N = 0,57 \cdot 263,641 \cdot 0,5$



5. Sprawdzenie nośności na rozciąganie $N_{fi,Ed} \leq N_{fi,\theta,Rd}$

$$N_{Ed} = 75,14 \text{ kN}$$

$$N_{fi,Ed} = N_{fi,\theta,Ed} = k_{y,\theta} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{Mfi} \rightarrow k_{y,\theta} = N_{fi,Ed} \cdot \gamma_{Mfi} / (A \cdot f_y) = 0,333$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 657,1 °C

Wnioski:

Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: 657 °C

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 4 stron. Pomijam efekt zacienienia: $k_{sh} = 1,0$

$$U = 23,6 \text{ cm}$$

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przechr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 245,8 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^* / V = k_{sh} \cdot A_m / V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 245,8 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 657 \text{ °C}$, zatem:

Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 12,5$ minutach.

Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min

Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.

- bez wzmocnienia (pręty 19-24)

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,50 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} =$	1,00
f_y	23,5 kN/cm ²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm ²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ε	0,85	$\varepsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10

II. Parametry geometryczne:**L50x50x5**

h =	5 cm	m =	kg/m	A =	4,8 cm ²
b =	5 cm	$I_t =$	cm ⁴	$I_w =$	cm ⁴
$t_w =$	0,5 cm	$I_y =$	cm ⁴	$I_z =$	cm ⁴
$t_f =$	0,5 cm	$W_{el,y} =$	cm ³	$W_{el,z} =$	cm ³
$r_1 =$	0,7 cm	$W_{pl,y} =$	cm ³	$W_{pl,z} =$	cm ³
$r_2 =$	0,35 cm				

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 4 stron. Pomijam efekt zacienienia: $k_{sh} = 1,0$

$$U = 20 \text{ cm}$$

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przechr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 416,7 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^* / V = k_{sh} \cdot A_m / V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 416,7 \text{ m}^{-1}$$

$U/A > 400 [1/m]$ – brak możliwości zabezpieczenia profilu w systemie PROMATECT H – należy wszystkie przekroje wzmocnić płaskownikiem 60x8 – jak pręt 25. Wówczas temp. krytyczna = 657°C.

E) . SŁUPEK KRATOWNICY I120 - PRĘTY 26-31 L= 0,95m

Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$

Maksymalne siły przekrojowe w przęciu: $N_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot N_{Ed,max} = 0,57 \cdot 131,67kN = 75,05kN$
 $M_{k,fi} = \eta_{fi} \cdot M_{Ed,max} = 0,57 \cdot 0,45kNm = 0,23kNm$

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,51 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} =$	1,00
f_y	23,5 kN/cm²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ϵ	0,85	$\epsilon = 0,85 \sqrt{235/f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/

Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$

4. Sprawdzenie war. nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu:

$N_{fi,Ed} = 75,05$ kN $M_{fi,Ed} = 0,23$ kNm

Metoda iteracyjna - zakładam temp. Krytyczną $\theta_{cr} = 589,0$ °C

Odczytuję z tablic: $k_{y,\theta} = 0,504$ $k_{E,\theta} = 0,342$ $\alpha = 0,650$

$\bar{\lambda}_{z,\theta} = 0,998$

$\bar{\lambda}_{y,\theta} = 0,256$

$\phi_{z,\theta} = 1,323$

$\phi_{y,\theta} = 0,616$

$\chi_{z,fi} = 0,457$

$\chi_{y,fi} = 0,850$

$\chi_{min,fi} = 0,457$

$\chi_{LT} = 1,000$

Sprawdzenie warunku nośności przekroju przy ściskaniu i jednokierunkowym zginaniu (wg PN-EN 1993-1-2 4.2.3.5(1))

$$(I) \quad \frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{min,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_y \cdot M_{y,fi,Ed}}{W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} \leq 1,0$$

$$(II) \quad \frac{N_{fi,Ed}}{\chi_{z,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} + \frac{k_{LT} \cdot M_{y,fi,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}} \leq 1,0$$

gdzie:

$$k_y = 1 - (\mu_y \cdot N_{fi,Ed}) / (\chi_{y,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}) \leq 3$$

$$\mu_y = (2\beta_{M,y} - 5) \cdot \bar{\lambda}_{y,\theta} + 0,44\beta_{M,y} + 0,29 \leq 0,8 \text{ i } \bar{\lambda}_{y,20^\circ C} \leq 1,1$$

$$\bar{\lambda}_{y,20^\circ C} = 0,21 \leq 1,1 \quad \text{OK.}$$

$$\Psi = -0,99 \in [-1, 1] \quad [\text{PN-EN 1993-1-2 4.2.3.5(1) rys. 4.2}]$$

$$\beta_{M,y} = 2,50$$

$$\mu_y = 1,39 > 0,8 \quad \text{Przyjąć } \mu_y = 0,80$$

$$k_y = 0,27 \leq 3 \quad \text{Przyjąć } k_{LT} = 0,27$$

$$\mu_{LT} = 0,15 \cdot \bar{\lambda}_{z,\theta} \cdot \beta_{M,LT} - 0,15 \leq 0,9$$

$$\beta_{M,LT} = 2,50$$

$$\mu_{LT} = 0,22 \leq 0,9 \quad \text{Przyjąć } \mu_{LT} = 0,22$$

$$k_{LT} = 1 - (\mu_{LT} \cdot N_{fi,Ed}) / (\chi_{z,fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi}) \leq 1$$

$$k_{LT} = 0,78 \leq 0,9 \quad \text{Przyjąć } k_{LT} = 0,78$$

Sprawdzenie warunku nośności (I):

$$0,99 \leq 1,00 \quad 99\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Sprawdzenie warunku nośności (II):

$$1,00 \leq 1,00 \quad 100\%$$

Warunek nośności z uwzględnieniem stateczności ogólnej spełniony.

Wnioski:Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: **589 °C****IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)**

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 4 stron. Efekt zacienienia: $k_{sh} \neq 1,0$

U= 35,6 cm

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przechr. skrzynk.})}{A (\text{pole przechr. poprzecznego})} = 250,7 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 0,9 \cdot [A_m/V]_b = 225,6 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 589 \text{ °C}$, zatem:**Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 10,5$ minutach.****Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min****Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.****4.6. SPRAWDZENIE ISTNIEJĄCYCH PROFILI ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4**Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$

Do obliczeń przyjęto element najbardziej wyęzony – słup portalu drzwiowego.

Razem: $P_{d,fi,max} = 0,57 \cdot 0,76,91 \text{ kN} = 43,84 \text{ kN}$ **3. Nośność na ściskanie.**

$$N_{fi,Ed} \leq N_{b,fi,t,Rd}$$

 $N_{fi,Ed} = 43,84 \text{ kN}$

Sprawdzenie profilu - wyboczenie z płaszczyzny z-z.

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot E \cdot I_z / L_{cr,z}^2 = 255,71 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}} = 1,04$$

$$\text{Smukłość względna w temp. } \theta \quad \bar{\lambda}_{\theta,z} = \bar{\lambda}_z \sqrt{k_{y,\theta} / k_{E,\theta}}$$

Pierwsza iteracja:

$$\text{zał.} \quad \kappa = \sqrt{k_{E,\theta} / k_{y,\theta}} = 0,85$$

$$\bar{\lambda}_{z,\theta} = 1,223$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y} = 0,65$$

Trzecia iteracja:

$$\bar{\lambda}_{z,\theta} = \bar{\lambda}_z \sqrt{k_{z,\theta} / k_{E,\theta}} = \bar{\lambda}_{z,\theta} = 1,281$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y} = 0,65$$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{z,\theta} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{z,\theta} + \bar{\lambda}_{z,\theta}^2 \right) = 1,736$$

Współczynnik zwężenia

$$\chi_{z,fi} = \left[\phi_{z,\theta} + \sqrt{\phi_{z,\theta}^2 - \bar{\lambda}_{z,\theta}^2} \right]^{-1} = 0,344$$

$$N_{fi,Ed} = N_{b,fi,t,Rd,z} = \chi_{fi,z} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} \rightarrow k_{y,\theta} = N_{fi,Ed} \cdot \gamma_{M,fi} / (\chi_{fi,z} \cdot A \cdot f_y)$$

$$k_{y,\theta} = 0,462$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /:

$$\theta_{cr} = 603,4 \text{ °C}$$

$$k_{E,\theta} = 0,304$$

z pł. y -y:

$$L_{cr,y} = 124 \text{ cm}$$

$$N_{cr,y} = 1496,77 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = 0,43$$

$$0,85$$

$$\bar{\lambda}_{y,\theta} = 0,505$$

$$\alpha = 0,65$$

$$\bar{\lambda}_{y,\theta} = 0,570$$

$$\alpha = 0,65$$

$$\phi_{y,\theta} = 0,848$$

$$\chi_{y,fi} = 0,678$$

$$k_{y,\theta} = 0,234$$

$$\theta_{cr} = 698,3 \text{ °C}$$

$$k_{E,\theta} = 0,133$$

Wnioski:Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: **603 °C****IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)**

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 4 stron. Pomijam efekt zacienienia: $k_{sh} = 1,0$

U= 32 cm

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przechr. skrzynek.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 272,3 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 272,3 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 603 \text{ °C}$, zatem:**Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 10,5$ minutach.****Wymagany czas odporności ogniowej R:** 60 min**Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.****4.7. SPRAWDZENIE RYGLI ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4**

Temperaturę krytyczną i czas nośności przyjęto jak w pkt. 4.6.

Temperatura krytyczna 603°C oraz $t_{fi,d}=10,5$ minuty.**4.8. SPRAWDZENIE SKRATOWAŃ ŚCIENNYCH – PROFIL RK80x4**

Temperaturę krytyczną i czas nośności przyjęto jak w pkt. 4.6.

Temperatura krytyczna 603°C oraz $t_{fi,d}=10,5$ minuty.**4.9. SPRAWDZENIE STĘŻEŃ ŚCIENNYCH – PROFIL RK40x3**Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$

Maksymalna siła ściskająca:

- rura L = 232cm $R_{d,max} = -10,22\text{kN} \cdot 0,57 = 5,83\text{kN}$

- rura L = 136cm $R_{d,max} = -14,50\text{kN} \cdot 0,57 = 8,27\text{kN}$

Maksymalna siła rozciągająca: $R_{d,max} = +15,45\text{kN} \cdot 0,57 = 8,81\text{kN}$

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$ **3. Nośność na ściskanie.**

$$N_{fi,Ed} \leq N_{b,fi,t,Rd}$$

$$N_{fi,Ed} = 5,83 \text{ kN}$$

Sprawdzenie profilu - wyboczenie z płaszczyzny z-z.

$$L_{cr,z} = 232 \text{ cm}$$

$$N_{cr,z} = \pi^2 \cdot E \cdot I_z / L_{cr,z}^2 = 35,89 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{A \cdot f_y / N_{cr,z}} = 1,66$$

Smukłość względna w temp. θ $\bar{\lambda}_{\theta,z} = \bar{\lambda}_z \sqrt{k_{y,\theta} / k_{E,\theta}}$

Pierwsza iteracja:

zał. $\kappa = \sqrt{k_{E,\theta} / k_{y,\theta}} = 0,85$

$$\bar{\lambda}_{z,\theta} = 1,953$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y} = 0,65$$

z pł. y -y:

$$L_{cr,y} = 232 \text{ cm}$$

$$N_{cr,y} = 35,89 \text{ kN}$$

$$\bar{\lambda}_y = 1,66$$

$$\bar{\lambda}_{y,\theta} = 0,85$$

$$\bar{\lambda}_{y,\theta} = 1,953$$

$$\alpha = 0,65$$

Trzecia iteracja:

$$\bar{\lambda}_{z,\theta} = \bar{\lambda}_z \sqrt{k_{z,\theta} / k_{E,\theta}} = \bar{\lambda}_{z,\theta} = 2,088 \quad \bar{\lambda}_{y,\theta} = 2,088$$

Wskaźnik imperfekcji:

$$\alpha = 0,65 \sqrt{235 / f_y} = 0,65 \quad \alpha = 0,65$$

Parametr współczynnika zwężenia:

$$\phi_{z,\theta} = 0,5 \left(1 + \alpha \bar{\lambda}_{z,\theta} + \bar{\lambda}_{z,\theta}^2 \right) = 3,359 \quad \phi_{y,\theta} = 3,359$$

Współczynnik zwężenia

$$\chi_{z,fi} = \left[\phi_{z,\theta} + \sqrt{\phi_{z,\theta}^2 - \bar{\lambda}_{z,\theta}^2} \right]^{-1} = 0,167 \quad \chi_{y,fi} = 0,167$$

$$N_{fi,Ed} = N_{b,fi,t,Rd,z} = \chi_{fi,z} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y / \gamma_{M,fi} \rightarrow k_{y,\theta} = N_{fi,Ed} \cdot \gamma_{M,fi} / (\chi_{fi,z} \cdot A \cdot f_y)$$

$$k_{y,\theta} = 0,353 \quad k_{y,\theta} = 0,353$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /:

$$\theta_{cr} = 648,9 \text{ °C} \quad \theta_{cr} = 648,9 \text{ °C}$$

$$k_{E,\theta} = 0,222 \quad k_{E,\theta} = 0,222$$

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 4 stron. Pomijam efekt zacienienia: $k_{sh} = 1,0$

$$U = 16 \text{ cm}$$

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przechr. skrzynk.})}{A (\text{pole przechr. poprzecznego})} = 380,0 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^* / V = k_{sh} \cdot A_m / V = 1,0 \cdot [A_m/V]_b = 380,0 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

$$\text{min. } \theta_{a,cr} = 648 \text{ °C}, \text{ zatem:}$$

Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 10,5$ minutach.

Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min

Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.

4.10. SPRAWDZENIE BELKI MAŁEJ ANTRESOLI P7 – PROFIL I200

Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie pkt. 3.2: /dominujące/ $\eta_{fi} = 0,57$

$$V_{d,max} = 0,57 \cdot 15,42 \text{ kN} = 8,79 \text{ kN}$$

$$M_{d,max} = 0,57 \cdot 8,87 \text{ kNm} = 5,06 \text{ kNm}$$

I. Materiały

Stal	S235 (EN 10025-2)	EN 10025-2 - stale konstr.niestopowe		
t	0,75 cm	- grubość elementu	$\gamma_{Mfi} =$	1,00
f_y	23,5 kN/cm ²		$\gamma_{M0} =$	1,00
f_u	36,0 kN/cm ²		$\gamma_{M1} =$	1,00
ϵ	0,85	$\epsilon = 0,85 \sqrt{235 / f_y}$	$\gamma_{M2} =$	1,10

III. Warunki nośności ULS (SGN) /procedura dla przekr. 1 i 2 klasy/

Obliczenia w dziedzinie efektów oddziaływań. $\theta_a = \theta_{a,cr}; t_{fi,d} \geq t_{fi,d,req}$

1. Nośność na ścinanie.

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale: } \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$15,60 \leq 15,97 \quad \text{zatem: } A_v = 15,60 \text{ cm}^2$$

$$V_{fi,Ed} = 8,79 \text{ kN}$$

$$V_{fi,Ed} = V_{fi,t,Rd} = \frac{k_{y,\theta_{web}} \cdot A_v \cdot f_y}{\gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}} \rightarrow k_{y,\theta_{web}} = \frac{V_{Ed} \cdot \gamma_{Mfi} \cdot \sqrt{3}}{A_v \cdot f_y} = 0,042$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 1092,4 °C

2. Nośność na zginanie.

$$M_{fi,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd} \text{ - kierunek y}$$

- momenty zginające nad podporą:

Pas dolny ściskany sztywno zamocowany nad podporą – brak możliwości zwiczenia.

Wsp. zwiczenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwiczeniem”.

$$M_{fi,Ed} = 5,06 \text{ kNm}$$

$$M_{fi,Ed} = M_{b,fi,t,Rd} = \frac{k_{y,\theta} \cdot W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{Mfi}} \rightarrow k_{y,\theta} = \frac{M_{fi,Ed} \cdot \gamma_{Mfi}}{W_{pl} \cdot f_y} = 0,086$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 947,9 °C

IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 3 stron. Efekt zacienienia: $k_{sh} \neq 1,0$

$$U = 58 \text{ cm}$$

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U (\text{obw. pow.} - \text{przekr. skrzynk.})}{A (\text{pole przekr. poprzecznego})} = 173,7 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^* / V = k_{sh} \cdot A_m / V = 0,9 \cdot [A_m/V]_b = 156,3 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

$$\text{min. } \theta_{a,cr} = 948 \text{ °C}, \quad \text{zatem:}$$

Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} > 45,0$ minutach.

Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min

Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.

5. OBLICZENIA STATYCZNE NOWO PROJEKTOWANYCH ELEMENTÓW

Przyjęto stali konstrukcyjną S235JR, zgodnie z EN10025-2 (odpowiednik St3SX wg PN-88 H-84020):

$$f_y = 235\text{MPa}, f_u = 360\text{MPa};$$

$$\text{Wartość współczynnika } \varepsilon: \quad \varepsilon = \sqrt{235/f_y} = 1,00$$

5.1. BELKA POD CENTRALĘ WENTYLACYJNĄ – PROFIL I120

W rejonie antresoli zaprojektowano posadowienie dwóch centrali wentylacyjnych o masie 2x150kg. Na oparcie central przewidziano ruszt z belek stalowych I120, zamocowanych w słupach i ścianach żelbetowych Hangaru. Mocowanie belek na śruby rozprężne 2x M12.

Obciążenia stałe jak dla dużej antresoli. W rejonie central przewidziano obciążenie użytkowe – techniczne do obsługi central rzędy 1,0kN/m².

$$\text{Obc. stałe:} \quad g_{k,\max} = 1,16\text{kN/m}^2 \quad \text{i} \quad g_{k,\max} = 0,75\text{kN/m}$$

$$\text{Obc. zmienne:} \quad q_{k,\max} = 1,00\text{kN/m}^2$$

$$\text{c. wł. belki:} \quad g_{k,\max} = 0,11\text{kN/m}^2$$

- Do obliczeń przyjęto obciążenie na belkę z obszaru o szerokości 1,00m, długość belki L=2,50m.

$$p_{d,\max} = (0,85 \cdot 1,35 \cdot 1,27 + 1,50 \cdot 1,0) \cdot 1,00\text{m} + 0,85 \cdot 1,35 \cdot 0,75 = 3,82\text{kN/m}$$

$$V_{d,\max} = 0,5 \cdot p_{d,\max} \cdot l_{\text{eff}} = 0,5 \cdot 3,82 \cdot 2,50 = 4,78\text{kN}$$

$$M_{d,\max} = 0,125 \cdot p_{d,\max} \cdot l_{\text{eff}}^2 = 0,125 \cdot 3,82 \cdot 2,50^2 = 2,99\text{kNm}$$

- Do obliczeń przyjęto belkę obciążoną reakcją z 2 belek – R = 4,78kN. Długość belki L=1,65m.

$$V_{d,\max} = 4,96\text{kN} \quad \text{oraz} \quad M_{d,\max} = 1,75\text{kNm}$$

Sprawdzenie profilu I120:

III. Warunki nośności ULS (SGN)

1. Sprawdzenie nośności na ścinanie. $V_{Ed} \leq V_{pLRd}$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f \quad \text{ale:} \quad \leq \eta \cdot h_w \cdot t_w$$

$$6,45 \leq 6,40 \quad \text{zatem:} \quad A_v = 6,40 \quad \text{cm}^2$$

$$V_{\max} = 4,96 \text{ kN} \leq 86,85 \text{ kN} = V_{pLRd} = \frac{A_v \cdot f_y}{\gamma_{M0} \sqrt{3}} \quad 6\%$$

Warunek nośności spełniony

oraz

$$V_{Ed} = 4,96 \text{ kN} \leq 43,43 \text{ kN} = 0,5 \cdot V_{pLRd} \quad 11\%$$

Pomijam wpływ siły poprzecznej na zginanie.

2. Sprawdzenie nośności na zginanie. $M_{Ed} \leq M_{pLRd}$ - kierunek y

- momenty zginające nad podporą:

$$M_{Ed} = 2,99 \text{ kNm} \leq 14,95 \text{ kNm} = M_{pLRd} = \frac{W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad 20\%$$

Warunek nośności spełniony.

Pas dolny ściskany sztywno zamocowany nad podporą – brak możliwości zwichrzenia.

Wsp. zwichrzenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

Obciążenia i siły przekrojowe – na podstawie normy w przybliżeniu: $\eta_{fi} = 0,65$

2. Nośność na zginanie. $M_{fi,Ed} \leq M_{b,fi,t,Rd}$ - kierunek y

- momenty zginające nad podporą:

Profil zamknięty niepodatny na zwichrzenie – brak możliwości zwichrzenia.

Wsp. zwichrzenia = 1. Nie ma konieczności sprawdzenia sytuacji „zginanie z zwichrzeniem”.

$$M_{fi,Ed} = 1,94 \text{ kNm} \quad \chi_{LT} = 1,0$$

$$M_{fi,Ed} = M_{pLRd} = \frac{k_{y,\theta} \cdot W_{pl} \cdot f_y}{\gamma_{Mfi}} \rightarrow k_{y,\theta} = \frac{M_{fi,Ed} \cdot \gamma_{Mfi}}{W_{pl} \cdot f_y} = 0,130$$

Temperatura krytyczna θ_{cr} / odczytana z tablic /: 783,3 °C

Wnioski:**Temperatura krytyczna θ_{cr} sprawdzanego przekroju wynosi: 783 °C****IV. Sprawdzenie czasu odporności ogniowej elementu: (EC3-1-2 tabl.4.2)**

Przekrój otwarty bez izolacji ogniochronnej z ekspozycją na działanie temperatur

pożarowych z 4 stron. Efekt zacienienia: $k_{sh} \neq 1,0$

U= 35,6 cm

$$\left[\frac{A_m}{V} \right]_b = \frac{U \text{ (obw. pow. - przekr. skrzynk.)}}{A \text{ (pole przekr. poprzecznego)}} = 250,7 \text{ m}^{-1}$$

$$[A_m/V]_{sh} = A_m^*/V = k_{sh} \cdot A_m/V = 0,9 \cdot [A_m/V]_b = 225,6 \text{ m}^{-1} \quad \text{oraz}$$

min. $\theta_{a,cr} = 783 \text{ °C}$, zatem:**Nie osłonięty przekrój osiąga stan graniczny nośności po $t_{fi,d} = 23$ minutach.****Wymagany czas odporności ogniowej R: 60 min****Wnioski: należy zaprojektować izolację ogniochronną przekroju, zabezpieczającą przekrój do wymaganej odporności ogniowej.****6. WNIOSKI KOŃCOWE**

Na podstawie analizy statycznej wykazano wystarczającą nośność i użyteczność konstrukcji po modernizacji. Wzmocnić należy wszystkie skratowania dźwigaru kratowego o profilu L50x5 – poprzez dospawanie do każdego z nich płaskownika o wymiarach 60x8. Z kolei podciąg antresoli I240 należy wzmocnić w środku rozpiętości poprzez dospawanie dośrodkowo leżącego profilu C100. Wszystkie zmiany i wzmocnienia przedstawiono na załączonych do obliczeń rysunkach.

Temperatury krytyczne i czas jej osiągnięcia dla nieosłoniętych przekrojów:

Belki antresoli:

- I80 - U/A = 240 - 551°C - t = 9,5minuty
- I240 - U/A = 135 - 838°C - t = 35,0minuty (strefy przypodporowe bez wzmocnienia)
- I240 z dostawką C100 - U/A = 133 - 582°C - t = 14,0minuty

Dźwigar kratownicowy:

- Słup S2 - 2C100 - U/A = 148 - 613°C - t = 14,5minuty (słup podpierający kratownice)
- C120 - U/A = 205 - 568°C - t = 10,5minuty (pas dolny kratownicy)
- 2C120 - U/A = 135 - 612°C - t = 12,5minuty (pas górny kratownicy)
- L50x50x5 + dospawany płaskownik bl. 60x8 - U/A = 245 - 657°C - t = 12,5minuty (skratowania kratownicy)
- Słupki I120 - U/A = 250 - 589°C - t = 10,5minuty (słupki kratownicy)

Profile ścienne:

- RK80x4 - U/A = 272 - 603°C - t = 10,5minuty (słupki, rygle, skratowania)
- RK40x3 - U/A = 380 - 648°C - t = 10,5minuty (stężenia ścienne)

Mała antresola:

- I200 - U/A = 156 - 948°C - t > 45minuty

Nowy ruszt pod centrale wentylacyjne:

- I120 - U/A = 225 - 783°C - t = 23minuty

Projektował:	Sprawdził:
mgr inż. Joanna Szubert	mgr inż. Andrzej Szubert
upr. bud. MAZ/0268/POOK/12	upr. bud. St-374/78