

OPIS TECHNICZNY KONSTRUKCJI I OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE - BUDYNEK GOSPODARCZY -

LOKALIZACJA: Krzeszowice, dz. nr 1840, 1839 i cz. dz. nr 1819; 1822; 1823; 1828; 1878; 1914

*INWESTOR: Wodociągi i Kanalizacja Krzeszowice Sp. z o.o.,
32-065 Krzeszowice, ul. Krakowska 85*

0. Zestawienie literatury i norm.

- 0.1.1./ J. Kobiak, W. Stachurski: Konstrukcje żelbetowe: Arkady, Warszawa 1987,
- 0.1.2./ M. Kamiński, J. Pędziwiatr, D. Styś: Konstrukcje betonowe: DWE, Wrocław 2000,
- 0.1.3./ Z. Mielczarek: Budownictwo drewniane: Arkady, Warszawa 1994,
- 0.1.4./ W. Żenczykowski: Budownictwo ogólne tom III: Arkady, Kraków 1967,
- 0.1.5./ W. Nożyński: Przykłady obliczeń konstrukcji budowlanych z drewna: WSiP, Warszawa 2000
- 0.2.1./ PN-82 / B – 02000 Obciążenia budowli.
- 0.2.2./ PN-82 / B – 02001 Obciążenia stałe
- 0.2.3./ PN-82 / B – 02003 Podstawowe obciążenia technologiczne i montażowe.
- 0.2.4./ PN-80 / B – 02010 Obciążenie śniegiem.
- 0.2.5./ PN-77 / B – 02011 Obciążenie wiatrem.
- 0.2.6./ PN-87 / B – 03002 Konstrukcje murowe.
- 0.2.7./ PN-81 / B – 03020 Posadowienie bezpośrednie budowli.
- 0.2.8./ PN-B-03150:2000 Konstrukcje drewniane.
- 0.2.9./ PN-B-03264:1999/2002 Konstrukcje betonowe, żelbetowe i sprężone.
- 0.2.10./ PN-90 / B – 03200 Konstrukcje stalowe

0.1. TEMAT I ZAKRES OPRACOWANIA.

Przedmiotem opracowania jest projekt budowlany budowy budynku gospodarczego o konstrukcji stalowej. W budynku znajdować się będą przyziemie użytkowe gospodarcze.

0.2. WARUNKI GRUNTOWE I POSADOWIENIE BUDYNKU.

Przyjęto posadowienie budynku zgodnie z założeniami dokumentacji geotechnicznej w jednorodnej warstwie gruntowej piasków drobnych, zawilgoconych, poprzez fundamenty pośrednie w formie pali fundamentowych na których oparta zostanie płyta denna fundamentowa. Poziom wód gruntowych powyżej poziomu posadowienia. Poziom posadowienia 8 do 10m poniżej istniejącego terenu.

W wypadku stwierdzenie podczas robót wykonawczych innych warunków gruntowych niż założone, fundamenty wymagają odpowiedniej adaptacji według obowiązujących przepisów.

Projekt dostosowany do warunków stref: III – klimatycznej wg PN-82/B-02403, II śniegowej wg PN-80/B-02010, I-wiatrowej wg PN-77/B-02011.

Przedmiotowa inwestycja zaliczona zostaje do **drugiej kategorii geotechnicznej**, która obejmuje obiekty budowlane posadawiane w złożonych warunkach gruntowych, wymagające ilościowej i jakościowej oceny danych geotechnicznych i ich analizy przy fundamentach głębokich.

0.3 KONSTRUKCJA

Dach o konstrukcji stalowej kratowej o symetrycznie nachylonych połaciach dachu – 15°, kryty płytą warstwową PW10 z blachą trapezową powlekaną.

Płatwie stalowe wykonane z rur prostokątnych zimnogiętych RP 140x80x5 ze stali S235.

Stężenia połaciowe płatwi w postaci skratowanych prętów gładkich średnicy 20mm przecinających się w środku (w formie X) z regulowanym naciąganiem śrubami napinającymi (śruby rzymskie). Z uwagi na dużą smukłość prętów wprowadzono ich podwieszenie do spodu płatwi dachowej w każdym polu.

W RAZIE KONIECZNOŚCI ŁĄCZENIA PŁATWI NA DŁUGOŚCI NALEŻY BEZWZGLĘDNIE

PRZESTRZEGAĆ ZASADY ŁĄCZENIA ELEMENTU W MIEJSCACH NAJMNIEJSZYCH WYKRESÓW SIŁ PRZEKROJOWYCH.

Słupy stalowe wykonane z dwuteownika normalnego 240.

Słupy drzwi wykonane z rur prostokątnych zimnogiętych RK 100x100x5mm i RK 80x80x5 ze stali S235.

Słup mocowany do trzpienia płyty fundamentowej za pomocą 2 śrub M16 fundamentowych lub kotwami HILTI 2xM16.

Słupy ściany wewnętrznej wykonane z rur prostokątnych zimnogiętych RK 100x100x5mm ze stali S235.

Słup mocowany do trzpienia płyty fundamentowej za pomocą 2 śrub M16 fundamentowych lub kotwami oraz poprzez wsporniki poziome do kratownic dachowych w osi 3 i 4.

Kratownica z rur zimnogiętych kwadratowych: RK 125x125x6 – pas górny; RK 60x60x6 – pas dolny; RK 40x40x4 – słupek środkowy; RK 60x60x6 - krzyżulce, ze stali S235.

Stężenia pionowe kratownic wykonać z kątownika 50x50x4 mm ze stali S235.

Stężenia pionowe słupów ścian w formie rygli z rur kwadratowych RK 100x100x5 mm ze stali S235 i w postaci skratowanych prętów gładkich średnicy 20mm przecinających się w środku (w formie X) z regulowanym naciąganiem śrubami napinającymi (śruby rzymskie).

Spawanie elementów stalowych wykonać łukiem elektrycznym elektrodami konstrukcyjnymi ER3.46.

Spadek dachu: 15° - warstwy dachu:

- płyta warstwowa PW10 (poliuretanowa),
- płatew – z rur prostokątnych RP 140x80x5
- wiązary dachowe

04. ZABEZPIECZENIA ANTYKOROZYJNE.

Wszystkie elementy stalowe konstrukcji oczyścić do drugiego stopnia czystości powierzchniowej wg PN-70/H-97050, następnie odłuszczyć, odpylić i osuszyć. Malowanie wykonać jako natryskowe lub pędzlem w warsztacie :

- 2 x farbą dyspersyjną do gruntowania, przeciwrdzewną, czerwoną tlenkową „DYSPERKOR N” KTM 1316-252505, SWA 6229-000-250
- 1 x emalią ftalową specjalną KTM 1313-16282X-XOX, SWA 3162-069-XXO
- 1 x jak wyżej kolor wg kolorystyki

Prace malarskie wykonywać w temperaturze min 5 °C przy temperaturze konstrukcji max 40 °C i wilgotności max 85%.

Przestrzegać warunków zawartych w instrukcji producenta i normy PN-71/H-97053.

UWAGA: FABY ZAWIERAJĄ SZKODLIWE DLA ZDROWIA ZWIĄZKI.

Po zmontowaniu konstrukcji na budowie uzupełnić zabezpieczenia antykorozyjne jak w podpunkcie powyżej.

05. ZABEZPIECZENIA PRZECIWPOŻAROWE.

Wszystkie elementy konstrukcji stalowej zabezpieczyć przeciwogniowo do odporności ogniowej min. 30 min. farbą pęczniejącą „PROMAPIANT” wg katalogu 445.50 dostawca i wykonawca firma ASA Kraków ul. Cystersów 19a.

1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ DLA DACHU

1.1. Zestawienie obciążeń na połacie dachowe

Dane liczbowe:

- nachylenie dachu - $\alpha=15,0^\circ$
- $\cos\alpha=0,9659$; $\sin\alpha=0,2588$; $\operatorname{tg}\alpha=0,2679$
- rozpiętość – l = 12,56m,
- rozstaw – b = 1,45m lub 1,30m i 5,40m

I STREFA WIATROWA, 3 STREFA ŚNIEGOWA

Śnieg (wg tabl. Z1-1 PN-80/B-02010/Az1) - $Q_k = 0,006 A - 0,6 = (0,006 \cdot 255) - 0,6 = 0,93$ lub $Q_k \geq 1,2$

1.1.1. OBCIĄŻENIA NA WIĄZAR:

Obciążenia	Wartość charakteryst. [kN/m ²]	Współ. obciążenia γ_f	Wartość obliczen. [kN/m ²]	Składowe prostopadłe obciążenia		Składowe równoległe obciążenia	
				Wartość charakteryst. [kN/m ²]	Wartość obliczen. [kN/m ²]	Wartość charakteryst. [kN/m ²]	Wartość obliczen. [kN/m ²]
OBC. STAŁE:							
Ciężar własny pokrycia: płyta warstwowa PW10 (poliuretan)	0,125	1,2	0,15	$\cos\alpha \cdot g_k = 0,121$	$\cos\alpha \cdot g_d = 0,145$	$\sin\alpha \cdot g_k = 0,032$	$\sin\alpha \cdot g_d = 0,039$
Płatwie i tężniki	0,05	1,1	0,055	0,048	0,053	0,013	0,014
Instalacje podwieszone	0,05	1,2	0,06	0,048	0,058	0,013	0,016
Ciężar własny dźwigara: $0,009L = 0,009 \cdot 12,56$	0,115	1,1	0,125	0,11	0,12	0,030	0,032
Razem stałe:	$g_k = 0,34$	---	$g_d = 0,39$	$g_{k\perp} = \cos\alpha \cdot g_k = 0,327$	$g_{d\perp} = \cos\alpha \cdot g_d = 0,376$	$g_{k\parallel} = \sin\alpha \cdot g_k = 0,088$	$g_{d\parallel} = \sin\alpha \cdot g_d = 0,101$
OBC. ZMIENNE:							
Śnieg (wg tabl. Z1-1 PN-80/B-02010/Az1) $S_k = Q_k \cdot C = 1,2 \cdot 0,8$	$S_k = 0,96$	1,5	$S_d = 1,44$	$S_k \cdot \cos^2\alpha = S_{k\perp} = 0,896$	$S_d \cdot \cos^2\alpha = S_{d\perp} = 1,343$	$S_k \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha = S_{k\parallel} = 0,24$	$S_d \cdot \cos\alpha \cdot \sin\alpha = S_{d\parallel} = 0,36$
Wiatr (wg tabl. Z1-3 PN-77/B-02011) - połać nawietrzna: $p_{k1} = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,25 \cdot 1,0 (0,1) \cdot 1,8$ - połać zawietrzna: $p_{k2} = q_k \cdot C_e \cdot C \cdot \beta = 0,25 \cdot 1,0 (-0,4) \cdot 1,8$	$p_{k1} = +0,05$	1,3	$p_{d1} = +0,06$	$p_{k1\perp} = +0,05$	$p_{d1\perp} = +0,06$	-----	
	$p_{k2} = -0,18$		$p_{d2} = -0,24$	$p_{k2\perp} = -0,18$	$p_{d2\perp} = -0,24$	-----	

PLATWIE

$$g_k = 0,33 \text{ kN/mb}$$

$$g_d = 0,38 \text{ kN/mb}$$

$$S_k = 0,90 \text{ kN/mb}$$

$$S_d = 1,34 \text{ kN/mb}$$

$$p_{k1} = 0,05 \text{ kN/mb}$$

$$p_{d1} = 0,06 \text{ kN/mb}$$

$$p_{k2} = -0,18 \text{ kN/mb}$$

$$p_{d2} = -0,24 \text{ kN/mb}$$

Obciążenie na płatew: rozstaw płatwi = 1,58m

$$g_k = 0,33 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,58 \text{ m} = 0,52 \text{ kN/m}$$

$$g_d = 0,38 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,58 \text{ m} = 0,60 \text{ kN/m}$$

$$S_k = 0,90 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,58 \text{ m} = 1,42 \text{ kN/m}$$

$$S_d = 1,34 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,58 \text{ m} = 2,12 \text{ kN/m}$$

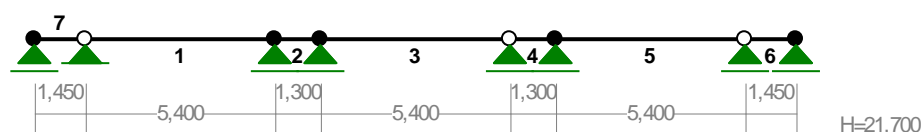
$$p_{k1} = 0,05 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,58 \text{ m} = 0,08 \text{ kN/m}$$

$$p_1 = 0,06 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,58 \text{ m} = 0,09 \text{ kN/m}$$

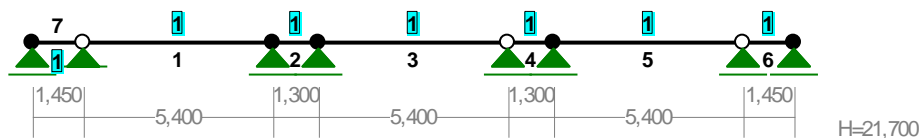
$$p_{k2} = -0,18 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,58 \text{ m} = -0,28 \text{ kN/m}$$

$$p_2 = -0,24 \text{ kN/m}^2 \cdot 1,58 \text{ m} = -0,38 \text{ kN/m}$$

PRĘTY :



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	10	1	2	5,400	0,000	5,400	1,000	1 H 140x 80x 5.0
2	00	2	3	1,300	0,000	1,300	1,000	1 H 140x 80x 5.0
3	01	3	4	5,400	0,000	5,400	1,000	1 H 140x 80x 5.0
4	10	4	5	1,300	0,000	1,300	1,000	1 H 140x 80x 5.0
5	01	5	6	5,400	0,000	5,400	1,000	1 H 140x 80x 5.0
6	10	6	7	1,450	0,000	1,450	1,000	1 H 140x 80x 5.0
7	10	1	8	-1,450	0,000	1,450	1,000	1 H 140x 80x 5.0

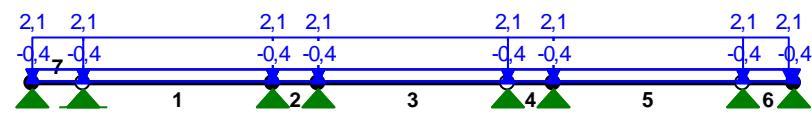
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	20,6	529	220	59	59	15,3	2 Stal St3

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
2 Stal St3	205000	215,000	1,20E-05

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	G	"STAŁE"		Stałe	γf=	1,00
1	Liniowe	0,0	0,60	0,60	0,00	5,40
2	Liniowe	0,0	0,60	0,60	0,00	1,30
3	Liniowe	0,0	0,60	0,60	0,00	5,40
4	Liniowe	0,0	0,60	0,60	0,00	1,30
5	Liniowe	0,0	0,60	0,60	0,00	5,40
6	Liniowe	0,0	0,60	0,60	0,00	1,45
7	Liniowe	0,0	0,60	0,60	0,00	1,45

Grupa:	P	"WIATR NAWIETRZNA"		Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Liniowe	0,0	0,09	0,09	0,00	5,40
2	Liniowe	0,0	0,09	0,09	0,00	1,30
3	Liniowe	0,0	0,09	0,09	0,00	5,40
4	Liniowe	0,0	0,09	0,09	0,00	1,30
5	Liniowe	0,0	0,09	0,09	0,00	5,40
6	Liniowe	0,0	0,09	0,09	0,00	1,45
7	Liniowe	0,0	0,09	0,09	0,00	1,45

Grupa:	Q	"WIATR ZAWIETRZNA"		Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Liniowe	0,0	-0,38	-0,38	0,00	5,40
2	Liniowe	0,0	-0,40	-0,40	0,00	1,30
3	Liniowe	0,0	-0,40	-0,40	0,00	5,40
4	Liniowe	0,0	-0,40	-0,40	0,00	1,30
5	Liniowe	0,0	-0,40	-0,40	0,00	5,40
6	Liniowe	0,0	-0,40	-0,40	0,00	1,45
7	Liniowe	0,0	-0,40	-0,40	0,00	1,45

Grupa:	S	"ŚNIEG"		Zmienne	$\gamma_f = 1,00$	
1	Liniowe	0,0	2,12	2,12	0,00	5,40
2	Liniowe	0,0	2,12	2,12	0,00	1,30
3	Liniowe	0,0	2,12	2,12	0,00	5,40
4	Liniowe	0,0	2,12	2,12	0,00	1,30
5	Liniowe	0,0	2,12	2,12	0,00	5,40
6	Liniowe	0,0	2,10	2,10	0,00	1,30
7	Liniowe	0,0	2,10	2,10	0,00	1,45

=====

W Y N I K I

Kombinatoryka obciążeń

=====

OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,00
G -"STAŁE"	Stałe		1,00
P -"WIATR NAWIETRZNA"	Zmienne	1	1,00
Q -"WIATR ZAWIETRZNA"	Zmienne	1	1,00
S -"ŚNIEG"	Zmienne	1	1,00

RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

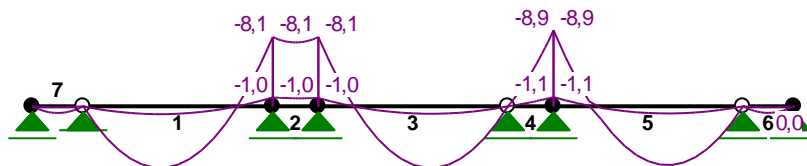
Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	
G -"STAŁE"	ZAWSZE
P -"WIATR NAWIETRZNA"	EWENTUALNIE
Q -"WIATR ZAWIETRZNA"	EWENTUALNIE
S -"ŚNIEG"	EWENTUALNIE

KRYTERIA KOMBINACJI OBCIĄŻEŃ:

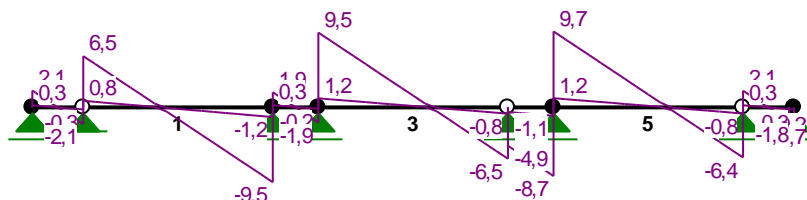
Nr:	Specyfikacja:
1	ZAWSZE : G EWENTUALNIE: P+S
2	ZAWSZE : G EWENTUALNIE: S/P/Q

3 ZAWSZE : G
 EWENTUALNIE: Q
 4 ZAWSZE : G
 EWENTUALNIE: S+P/Q

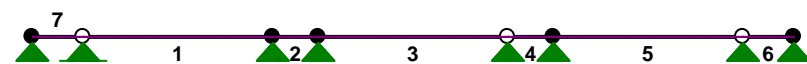
MOMENTY-OBWIEDNIE:



TNĄCE-OBWIEDNIE:



NORMALNE-OBWIEDNIE:



SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:

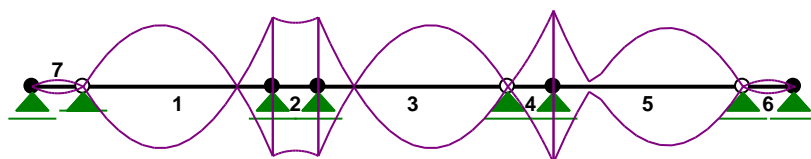
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:	Kombinacja obciążeń:
1	2,362	7,1*	-0,5	0,0	GPS
	5,400	-8,1*	-9,5	0,0	GPS
	5,400	-8,1	-9,5*	0,0	GPS
	5,400	-8,1	-9,5	0,0*	GPS
	2,362	7,1	-0,5	0,0*	GPS
	5,400	-8,1	-9,5	0,0*	GPS
	2,362	7,1	-0,5	0,0*	GPS
	5,400	-8,1	-9,5	0,0*	GPS

2	0,812	-0,9*	-0,0	0,0	GQ
	0,000	-8,1*	1,9	0,0	GPS
	0,000	-8,1	1,9*	0,0	GPS
	0,000	-8,1	1,9	0,0*	GPS
	0,650	-7,4	-0,0	0,0*	GPS
	0,000	-8,1	1,9	0,0*	GPS
	0,650	-7,4	-0,0	0,0*	GPS
3	3,038	7,1*	0,5	0,0	GPS
	0,000	-8,1*	9,5	0,0	GPS
	0,000	-8,1	9,5*	0,0	GPS
	0,000	-8,1	9,5	0,0*	GPS
	3,038	7,1	0,5	0,0*	GPS
	0,000	-8,1	9,5	0,0*	GPS
	3,038	7,1	0,5	0,0*	GPS
4	0,000	0,0*	-1,3	0,0	G
	1,300	-8,9*	-8,7	0,0	GPS
	1,300	-8,9	-8,7*	0,0	GPS
	1,300	-8,9	-8,7	0,0*	GPS
	0,000	0,0	-1,3	0,0*	G
	1,300	-8,9	-8,7	0,0*	GPS
	0,000	0,0	-1,3	0,0*	G
5	3,375	6,8*	-0,4	0,0	GPS
	0,000	-8,9*	9,7	0,0	GPS
	0,000	-8,9	9,7*	0,0	GPS
	0,000	-8,9	9,7	0,0*	GPS
	3,375	6,8	-0,4	0,0*	GPS
	0,000	-8,9	9,7	0,0*	GPS
	3,375	6,8	-0,4	0,0*	GPS
6	0,731	0,8*	-0,0	0,0	GPS
	0,000	0,0*	0,6	0,0	G
	0,000	0,0	2,1*	0,0	GPS
	0,081	0,2	1,9	0,0*	GPS
	0,731	0,8	-0,0	0,0*	GPS
	0,000	0,0	0,6	0,0*	G
	0,081	0,2	1,9	0,0*	GPS
	0,731	0,8	-0,0	0,0*	GPS
	0,000	0,0	0,6	0,0*	G
7	0,000	0,0*	-0,6	0,0	G
	0,725	-0,8*	0,0	0,0	GPS
	0,000	0,0	-2,1*	0,0	GPS
	1,450	0,0	2,1	0,0*	GS
	0,000	0,0	-0,6	0,0*	G
	0,725	-0,8	0,0	0,0*	GPS
	1,450	0,0	2,1	0,0*	GS
	0,000	0,0	-0,6	0,0*	G
	0,725	-0,8	0,0	0,0*	GPS

* = Max/Min

NAPEŹENIA-OBWIEDNIE:



NAPREŹENIA - WARTOŚCI EKSTREMALNE:

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	Sigma:	Kombinacja obciążeń:
		-----		[MPa]	
		Ro			
1	5,400	0,635*		136,5	GPS
	2,362	-0,561*		-120,6	GPS
	2,362		0,561*	120,6	GPS
	5,400		-0,635*	-136,5	GPS
2	1,300	0,635*		136,5	GPS
	0,812	0,073*		15,7	GQ
	0,812		-0,073*	-15,7	GQ
	1,300		-0,635*	-136,5	GPS
3	0,000	0,635*		136,5	GPS
	3,038	-0,561*		-120,6	GPS
	3,038		0,561*	120,6	GPS
	0,000		-0,635*	-136,5	GPS
4	1,300	0,696*		149,7	GPS
	0,000	0,000*		0,0	G
	0,000		0,000*	0,0	G
	1,300		-0,696*	-149,7	GPS
5	0,000	0,696*		149,7	GPS
	3,375	-0,538*		-115,6	GPS
	3,375		0,538*	115,6	GPS
	0,000		-0,696*	-149,7	GPS
6	0,000	0,000*		0,0	G
	0,731	-0,060*		-12,9	GPS
	0,731		0,060*	12,9	GPS
	0,000		0,000*	0,0	G
7	0,725	0,061*		13,1	GPS
	1,450	-0,000*		-0,0	GS
	1,450		0,000*	0,0	GS
	0,725		-0,061*	-13,1	GPS

* = Max/Min

REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:

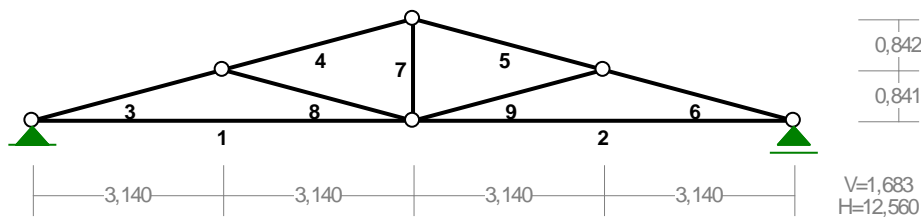
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł:	H[kN]:	V[kN]:	R[kN]:	M[kNm]:	Kombinacja obciążeń:
1	0,0*	8,7	8,7		GPS
	0,0*	1,1	1,1		GQ
	0,0*	2,2	2,2		G
	0,0	8,7*	8,7		GPS
	0,0	1,1*	1,1		GQ
	0,0	8,7	8,7*		GPS
2	0,0*	11,4	11,4		GPS
	0,0*	1,5	1,5		GQ
	0,0*	2,9	2,9		G
	0,0	11,4*	11,4		GPS
	0,0	1,5*	1,5		GQ
	0,0	11,4	11,4*		GPS
3	0,0*	11,4	11,4		GPS
	0,0*	1,3	1,3		GQ
	0,0*	2,9	2,9		G
	0,0	11,4*	11,4		GPS
	0,0	1,3*	1,3		GQ
	0,0	11,4	11,4*		GPS
4	0,0*	1,7	1,7		GPS
	0,0*	0,2	0,2		GQ
	0,0*	0,4	0,4		G
	0,0	1,7*	1,7		GPS
	0,0	0,2*	0,2		GQ
	0,0	1,7	1,7*		GPS
5	0,0*	18,4	18,4		GPS
	0,0*	2,2	2,2		GQ
	0,0*	4,7	4,7		G
	0,0	18,4*	18,4		GPS
	0,0	2,2*	2,2		GQ
	0,0	18,4	18,4*		GPS
6	0,0*	8,5	8,5		GPS
	0,0*	1,0	1,0		GQ
	0,0*	2,2	2,2		G
	0,0	8,5*	8,5		GPS
	0,0	1,0*	1,0		GQ
	0,0	8,5	8,5*		GPS
7	0,0*	1,8	1,8		GPS
	0,0*	0,3	0,3		GQ
	0,0*	0,6	0,6		G
	0,0	1,8*	1,8		GPS
	0,0	0,3*	0,3		GQ
	0,0	1,8	1,8*		GPS
8	0,0*	2,1	2,1		GPS
	0,0*	0,3	0,3		GQ
	0,0*	0,6	0,6		G
	0,0	2,1*	2,1		GPS
	0,0	0,3*	0,3		GQ
	0,0	2,1	2,1*		GPS

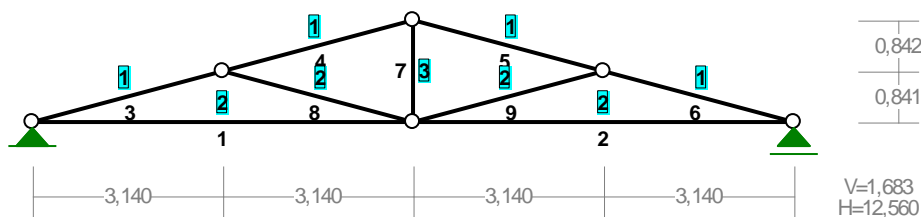
* = Max/Min

KRATOWNICA

PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - sztyw.-sztyw.; 01 - sztyw.-przegub;
10 - przegub-sztyw.; 11 - przegub-przegub
22 - ciągnio

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	11	1	4	6,280	0,000	6,280	1,000	2 RK 60x60x6
2	11	4	2	6,280	0,000	6,280	1,000	2 RK 60x60x6
3	11	1	5	3,140	0,841	3,251	1,000	1 RK 125x125x8
4	11	5	3	3,140	0,842	3,251	1,000	1 RK 125x125x8
5	11	3	6	3,140	-0,842	3,251	1,000	1 RK 125x125x8
6	11	6	2	3,140	-0,841	3,251	1,000	1 RK 125x125x8
7	11	3	4	0,000	-1,683	1,683	1,000	3 RK 40x 40x4
8	11	5	4	3,140	-0,841	3,251	1,000	2 RK 60x60x6
9	11	4	6	3,140	0,841	3,251	1,000	2 RK 60x60x6

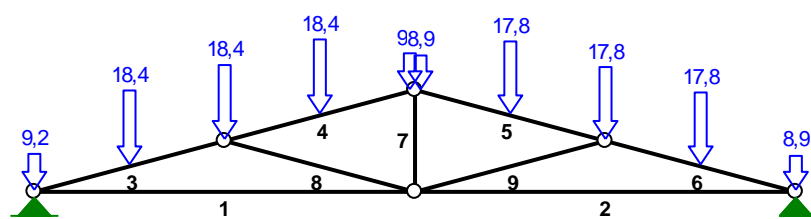
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	37,5	861	861	138	138	12,5	3 Stal S235
2	13,0	64	64	21	21	6,0	3 Stal S235
3	5,6	12	12	6	6	4,0	3 Stal S235

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
3 Stal S235	205000	235,000	1,20E-05

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA:

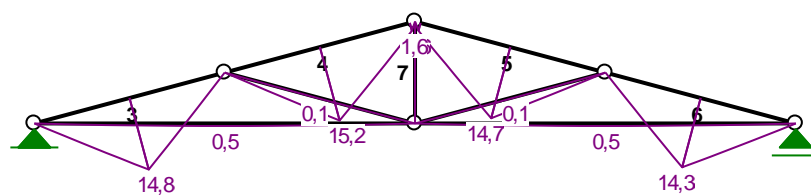
([kN] , [kNm] , [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a [m]:	b [m]:

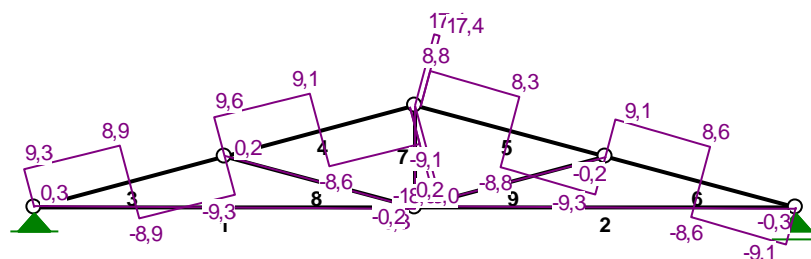
Grupa:	P - z płatwi					
3	Skupione	0,0	9,20		0,00	
3	Skupione	0,0	18,40		1,63	
4	Skupione	0,0	18,40		0,00	
4	Skupione	0,0	18,40		1,63	
4	Skupione	0,0	9,20		3,16	
5	Skupione	0,0	8,90		0,09	
5	Skupione	0,0	17,80		1,63	
5	Skupione	0,0	17,80		3,25	
6	Skupione	0,0	17,80		1,63	
6	Skupione	0,0	8,90		3,25	

W Y N I K I

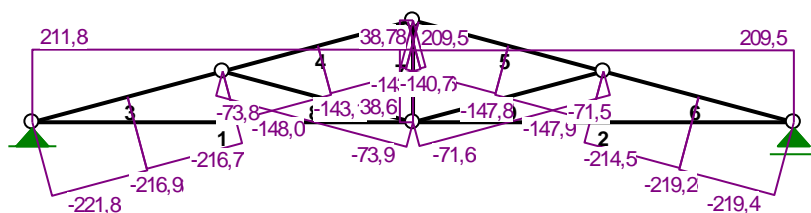
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:



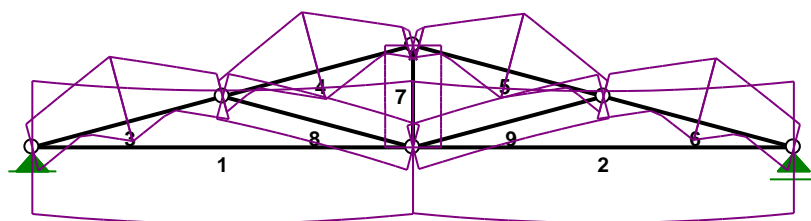
SIŁY PRZEKROJOWE:

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

Pręt:	x/L:	x [m] :	M [kNm] :	Q [kN] :	N [kN] :
1	0,00	0,000	0,0	0,3	211,8
	0,50	3,140	0,5*	0,0	211,8
	1,00	6,280	0,0	-0,3	211,8
2	0,00	0,000	0,0	0,3	209,5
	0,50	3,140	0,5*	0,0	209,5
	1,00	6,280	0,0	-0,3	209,5
3	0,00	0,000	0,0	9,3	-221,8
	0,50	1,625	14,8*	-8,9	-216,9
	0,50	1,625	14,8*	8,9	-221,6
	1,00	3,251	0,0	-9,3	-216,7
4	0,00	0,000	0,0	9,6	-148,0
	0,50	1,625	15,2*	9,1	-147,8
	0,50	1,625	15,2*	-8,6	-143,1
	1,00	3,251	-0,0	-18,0	-140,6
5	0,00	0,000	0,0	17,4	-140,7
	0,50	1,625	14,7*	-8,8	-147,8
	0,50	1,625	14,7*	8,3	-143,2
	1,00	3,251	-0,0	-9,3	-147,9
6	0,00	0,000	0,0	9,1	-214,5
	0,50	1,625	14,3*	-8,6	-219,2
	0,50	1,625	14,3*	8,6	-214,6
	1,00	3,251	-0,0	-9,1	-219,4
7	0,00	0,000	0,0	0,0	38,7
	1,00	1,683	0,0	0,0	38,6
8	0,00	0,000	0,0	0,2	-73,8
	0,50	1,613	0,1*	0,0	-73,9
	0,50	1,638	0,1*	-0,0	-73,9
	1,00	3,251	0,0	-0,2	-73,9
9	0,00	0,000	0,0	0,2	-71,6
	0,50	1,613	0,1*	0,0	-71,6
	0,50	1,638	0,1*	-0,0	-71,6
	1,00	3,251	0,0	-0,2	-71,5

* = Wartości ekstremalne

NAPRĘŻENIA:



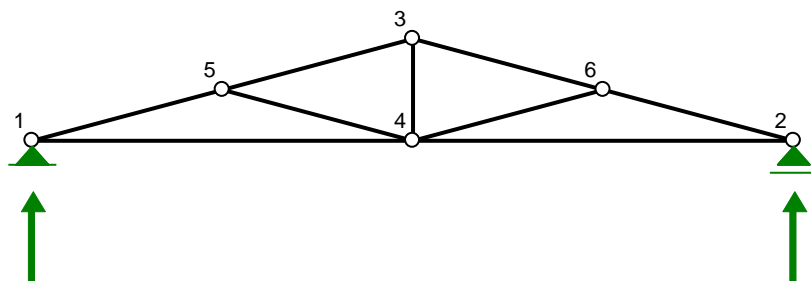
NAPRĘŻENIA:

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

Pręt:	x/L:	x[m]:	SigmaG:	SigmaD:	SigmaMax/Ro:
[MPa]					
3 Stal St4					
1	0,00	0,000	163,4	163,4	0,695
	0,50	3,140	139,8	187,0	0,796*
	1,00	6,280	163,4	163,4	0,695
2	0,00	0,000	161,7	161,7	0,688
	0,50	3,140	138,1	185,3	0,788*
	1,00	6,280	161,7	161,7	0,688
3	0,00	0,000	-59,1	-59,1	0,252
	0,50	1,625	-166,7	48,6	0,709*
	1,00	3,251	-57,8	-57,8	0,246
4	0,00	0,000	-39,4	-39,4	0,168
	0,50	1,625	-150,0	71,2	0,638*
	1,00	3,251	-37,5	-37,5	0,159
5	0,00	0,000	-37,5	-37,5	0,160
	0,50	1,625	-146,5	67,7	0,623*
	1,00	3,251	-39,4	-39,4	0,168
6	0,00	0,000	-57,2	-57,2	0,243
	0,50	1,625	-162,6	45,8	0,692*
	1,00	3,251	-58,5	-58,5	0,249
7	0,00	0,000	68,8	68,8	0,293*
	1,00	1,683	68,7	68,7	0,292
8	0,00	0,000	-57,0	-57,0	0,242
	0,50	1,625	-63,1	-50,9	0,269*
	1,00	3,251	-57,0	-57,0	0,243
9	0,00	0,000	-55,2	-55,2	0,235
	0,50	1,625	-61,3	-49,1	0,261*
	1,00	3,251	-55,2	-55,2	0,235

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE:

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

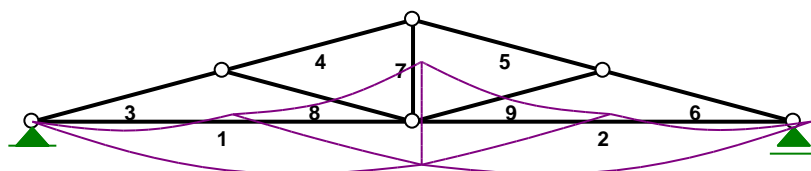
Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	0,0	75,9	75,9	
2	-0,0	74,7	74,7	

PRZEMIESZCZENIA WĘZŁÓW

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+P

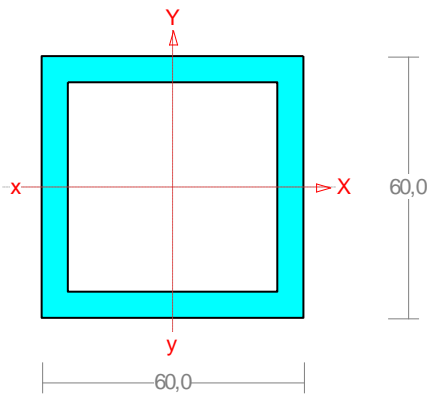
Węzeł:	Ux [m]:	Uy [m]:	Wypadkowe [m]:	Fi [rad] ([deg]):
1	-0,00000	-0,00000	0,00000	
2	0,00996	-0,00000	0,00996	
3	0,00497	-0,02453	0,02503	
4	0,00501	-0,02510	0,02559	
5	0,00585	-0,02543	0,02610	
6	0,00414	-0,02526	0,02560	

PRZEMIESZCZENIA:



Pręt nr 1

Przekrój: RK 60x60x6



Wymiary przekroju:

$h=60,0$ $s=60,0$ $g=6,0$ $t=6,0$ $r=0,0$ $v_x=0,0$ $v_y=0,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=63,8$ $J_{yg}=63,8$ $F=13,0$ $J_x=63,8$ $J_y=63,8$
 $i_1=2,22$ $J_t=94,5$.

Materiał: **S235**

Wytrzymałość **$f_d=235$ MPa** dla **$g=6,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy 1.

Siły przekrojowe:

$x_a = 3,140$; $x_b = 3,140$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **P**

$M_x = -0,5$ kNm, **$V_y = 0,0$ kN,** **$N = 211,8$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 187,0$ MPa $\sigma_c = 139,8$ MPa.

Oslabienia otworami:

$x_a = 3,140$; $x_b = 3,140$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 187,0$ MPa $\sigma_c = 139,8$ MPa.

Oslabienia przekroju: **$A_{ow} = 0,00$,** **$A_{of} = 0,00$ cm².**

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = 163,4$ $\Delta\sigma = 23,6$ MPa $\psi_{ot} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 163,4 / 1,000 + 23,6 = 187,0 < 235 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,280$.

Przekrój jest zamocowany mimośrodowo.

Siła osiowa: $N = 211,8$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 12,96$ cm².

Sprowadzone pole przekroju: $A_{\psi} = 12,96$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A_{\psi} f_d = 12,96 \times 235 \times 10^{-1} = 304,6$ kN.

Warunek nośności (32):

$$N = 211,8 < 304,6 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 6,280$$
$$l_w = 1,000 \times 6,280 = 6,280 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 6,280$$
$$l_w = 1,000 \times 6,280 = 6,280 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 63,8}{6,280^2} 10^{-2} = 32,7 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 63,8}{6,280^2} 10^{-2} = 32,7 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 3,140$; $x_b = 3,140$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 21,3 \times 235 \times 10^{-3} = 5,0 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\lambda_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{211,8}{304,6} + \frac{0,5}{1,000 \times 5,0} = 0,796 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 0,000$; $x_b = 6,280$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_V f_d = 0,58 \times 7,2 \times 235 \times 10^{-1} = 98,1 \text{ kN}$$

$$V_0 = 0,3 V_R = 29,4 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,3 < 98,1 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 3,140$; $x_b = 3,140$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,0 < 29,4 = V_0$

$$M_{R,V} = M_R = 5,0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rt}} + \frac{M_x}{M_{R_{x,V}}} = \frac{211,8}{304,6} + \frac{0,5}{5,0} = 0,796 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 3,140$, $x_b = 3,140$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,0 < 70,5 = 98,1 \times \sqrt{1 - (211,8 / 304,6)^2} = V_R \sqrt{1 - (N / N_{Rt})^2} = V_{R, N}$$

ośność środnika pod obciążeniem skupionym

$x_a = 3,140$; $x_b = 3,140$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 0,0$ mm. Dodatkowe usztywnienie środnika przyjęto o rozstawie $a_1 = 1256,0$ mm.

- dla środników wzdłuż osi X:

$$k_c = (15 + 25 \frac{c_o}{h_w}) \sqrt{\frac{t_f 215}{t_w f_d}} = (15 + 25 \times \frac{12,0}{48,0}) \times \sqrt{\frac{6,0 \times 215}{6,0 \times 235}} = 20,326$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 12,0 / 6,0 = 2,000$$

Przyjęto $k_c = 2,000$

- dla środników wzdłuż osi Y:

$$k_c = (15 + 25 \frac{c_o}{h_w}) \sqrt{\frac{t_f 215}{t_w f_d}} = (15 + 25 \times \frac{12,0}{48,0}) \times \sqrt{\frac{6,0 \times 215}{6,0 \times 235}} = 20,326$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 12,0 / 6,0 = 2,000$$

Przyjęto $k_c = 2,000$

Warunek dodatkowy:

$$k_c \leq 20 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 20 \times \sqrt{\frac{215}{235}} = 19,130$$

Siła może zmieniać położenie na pręcie.

Nośność środnika na siłę skupioną:

- dla środników wzdłuż osi X: $\sigma_c = 139,8$ MPa.

$$\eta_c = 1,000$$

$$P_{R,c} = 2 k_c t_w^2 \eta_c f_d = 2 \times 2,000 \times (6,0)^2 \times 1,000 \times 235 \times 10^{-3} = 33,8 \text{ kN}$$

- dla środników wzdłuż osi Y: $\sigma_c = 182,3$ MPa.

$$\eta_c = 1,000$$

$$P_{R,c} = 2 k_c t_w^2 \eta_c f_d = 2 \times 2,000 \times (6,0)^2 \times 1,000 \times 235 \times 10^{-3} = 33,8 \text{ kN}$$

Warunki nośności środnika:

- dla środników wzdłuż osi X:

$$P = 0,0 < 33,8 = P_{R,c}$$

- dla środników wzdłuż osi Y:

$$P = 0,0 < 33,8 = P_{R,c}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

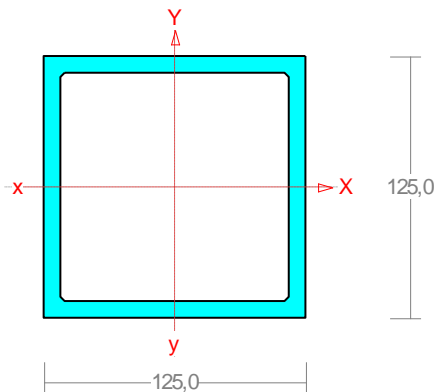
$$a_{\max} = 15,8 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 6280 / 200 = 31,4 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 15,8 < 31,4 = a_{\text{gr}}$$

Pręt nr 3

Przekrój: RK 125x125x8



Wymiary przekroju:

$h=125,0$ $s=125,0$ $g=8,0$ $t=8,0$ $r=14,0$ $v_x=2,0$
 $v_y=2,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=860,5$ $J_{yg}=860,5$ $F=37,5$ $J_x=860,5$ $J_y=860,5$
 $i_1=4,79$ $J_t=1281,3$.

Materiał: **S235**

Wytrzymałość **$f_d=235$ MPa** dla **$g=8,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 1,625$; $x_b = 1,625$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **P**

$M_x = -14,8$ kNm, **$V_y = 8,9$ kN,** **$N = -221,6$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 48,6$ MPa $\sigma_c = -166,7$ MPa.

Oslabienia otworami:

$x_a = 1,625$; $x_b = 1,625$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 48,6$ MPa $\sigma_c = -166,7$ MPa.

Oslabienia przekroju: **$A_{ow} = 0,00$, $A_{of} = 0,00$ cm²**. Otwory są **niepowiększone**.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -59,1$ $\Delta\sigma = 107,6$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

- ścinanie wzdłuż osi Y: $A_v = 17,4$ cm² $\tau = 5,1$ MPa $\psi_{ov} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 59,1 / 1,000 + 107,6 = 166,7 < 235 \text{ MPa}$$

$$\tau_{ey} = \tau / \psi_{ov} = 5,1 / 1,000 = 5,1 < 136,3 = 0,58 \times 235 \text{ MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_e^2 + 3 \tau_e^2} = \sqrt{166,7^2 + 3 \times 5,1^2} = 166,9 < 235 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 3,251$.

Siła osiowa: **$N = -221,8$ kN.**

Pole powierzchni przekroju: $A = 37,52 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 37,52 \times 235 \times 10^{-1} = 881,7 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 221,8 < 881,7 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,251$$
$$l_w = 1,000 \times 3,251 = 3,251 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,251$$
$$l_w = 1,000 \times 3,251 = 3,251 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 860,5}{3,251^2} 10^{-2} = 1647,3 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 860,5}{3,251^2} 10^{-2} = 1647,6 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$\chi_a = 0,000$; $\chi_b = 3,251$.

$$N_{RC} = A f_d = 37,5 \times 235 \times 10^{-1} = 881,7 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\lambda_p = 84 \sqrt{215 / f_d} = 84 \times \sqrt{215 / 235} = 80,35$$

- dla wyboczenia prostopadłego do osi X:

$$\lambda_x = l_{wx} / i_x = 3251,0 / 47,9 = 67,88$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_x / \lambda_p = 67,88 / 80,35 = 0,845 \Rightarrow \varphi = 0,750$$

- dla wyboczenia prostopadłego do osi Y:

$$\lambda_y = l_{wy} / i_y = 3250,7 / 47,9 = 67,88$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_y / \lambda_p = 67,88 / 80,35 = 0,845 \Rightarrow \varphi = 0,750$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,750$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{Rc}} = \frac{221,8}{0,750 \times 881,7} = 0,335 < 1$$

Nośność przekroju na zginanie:

$\chi_a = 1,625$; $\chi_b = 1,625$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 137,7 \times 235 \times 10^{-3} = 32,4 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwiczenia dla $\lambda_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{221,6}{881,7} + \frac{14,8}{1,000 \times 32,4} = 0,709 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -14,8 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,750 \times 0,845^2 \frac{1,000 \times 14,8}{32,4} \times \frac{221,6}{881,7} = 0,077$$

$$\Delta_x = 0,077 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{221,6}{0,750 \times 881,7} + \frac{1,000 \times 14,8}{1,000 \times 32,4} = 0,793 < 0,923 = 1 - 0,077$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{221,6}{0,750 \times 881,7} + \frac{1,000 \times 14,8}{1,000 \times 32,4} = 0,793 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$x_a = 3,251$; $x_b = 0,000$.

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 20,0 \times 235 \times 10^{-1} = 272,6 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 81,8 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 9,3 < 272,6 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$x_a = 1,625$; $x_b = 1,625$.

- dla zginania względem osi X: $V_y = 8,9 < 81,8 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 32,4 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{221,6}{881,7} + \frac{14,8}{32,4} = 0,709 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$x_a = 1,625$, $x_b = 1,625$.

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 8,9 < 263,8 = 272,6 \times \sqrt{1 - \left(\frac{221,6}{881,7} \right)^2} = V_R \sqrt{1 - \left(N / N_{Rc} \right)^2} = V_{R,N}$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym

$x_a = 1,625$; $x_b = 1,625$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 0,0$ mm. Dodatkowe usztywnienie środnika przyjęto o rozstawie $a_1 = 3250,7$ mm.

- dla środników wzdłuż osi X:

$$k_c = \left(15 + 25 \frac{c_o}{h_w} \right) \sqrt{\frac{t_f}{t_w} \frac{215}{f_d}} = \left(15 + 25 \times \frac{16,0}{109,0} \right) \times \sqrt{\frac{8,0 \times 215}{8,0 \times 235}} = 17,858$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 16,0 / 8,0 = 2,000$$

Przyjęto $k_c = 2,000$

- dla środników wzdłuż osi Y:

$$k_c = \left(15 + 25 \frac{c_o}{h_w} \right) \sqrt{\frac{t_f}{t_w} \frac{215}{f_d}} = \left(15 + 25 \times \frac{16,0}{109,0} \right) \times \sqrt{\frac{8,0 \times 215}{8,0 \times 235}} = 17,858$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 16,0 / 8,0 = 2,000$$

Przyjęto $k_c = 2,000$

Warunek dodatkowy:

$$k_c \leq 20 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 20 \times \sqrt{\frac{215}{235}} = 19,130$$

Siła może zmieniać położenie na przęcie.

Nośność środnika na siłę skupioną:

- dla środników wzdłuż osi X: $\sigma_c = 166,7$ MPa.

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 166,7 / 235 = 0,895$$

$$P_{R,c} = 2 k_c t_w^2 \eta_c f_d = 2 \times 2,000 \times (8,0)^2 \times 0,895 \times 235 \times 10^{-3} = 53,9 \text{ kN}$$

- dla środników wzdłuż osi Y: $\sigma_c = 152,9$ MPa.

$$\eta_c = 1,25 - 0,5 \sigma_c / f_d = 1,25 - 0,5 \times 152,9 / 235 = 0,925$$

$$P_{R,c} = 2 k_c t_w^2 \eta_c f_d = 2 \times 2,000 \times (8,0)^2 \times 0,925 \times 235 \times 10^{-3} = 55,6 \text{ kN}$$

Warunki nośności środnika:

- dla środników wzdłuż osi X:

$$P = 0,0 < 53,9 = P_{R,c}$$

- dla środników wzdłuż osi Y:

$$P = 17,8 < 55,6 = P_{R,c}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

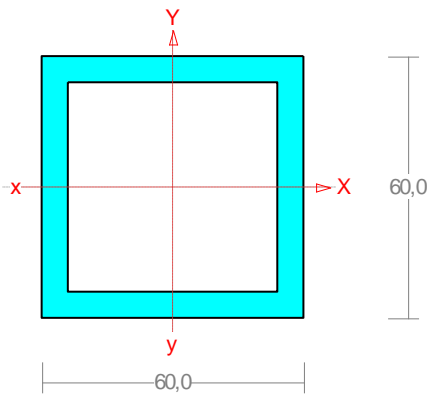
$$a_{\max} = 7,4 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3251 / 200 = 16,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 7,4 < 16,3 = a_{\text{gr}}$$

Pręt nr 8

Przekrój: RK 60x60x6



Wymiary przekroju:

$h=60,0$ $s=60,0$ $g=6,0$ $t=6,0$ $r=0,0$ $v_x=0,0$ $v_y=0,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=63,8$ $J_{yg}=63,8$ $F=13,0$ $J_x=63,8$ $J_y=63,8$
 $i_1=2,22$ $J_t=94,5$.

Materiał: **S235**

Wytrzymałość **$f_d=235$ MPa** dla **$g=6,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 1,625$; $x_b = 1,625$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **P**

$M_x = -0,1$ kNm, **$V_y = 0,0$ kN,** **$N = -73,9$ kN,**

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = -50,9$ MPa $\sigma_c = -63,1$ MPa.

Oslabienia otworami:

$x_a = 1,625$; $x_b = 1,625$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = -50,9$ MPa $\sigma_c = -63,1$ MPa.

Oslabienia przekroju: **$A_{ow} = 0,00$, $A_{of} = 0,00$ cm²**. Otwory są **niepowiększone**.

Naprężenia:

- normalne: $\sigma = -57,0$ $\Delta\sigma = 6,1$ MPa $\psi_{oc} = 1,000$

Warunki nośności:

$$\sigma_{ec} = \sigma / \psi_{oc} + \Delta\sigma = 57,0 / 1,000 + 6,1 = 63,1 < 235 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 3,251$; $x_b = 0,000$.

Przekrój jest zamocowany mimośrodowo.

Siła osiowa: $N = -73,9$ kN.

Pole powierzchni przekroju: $A = 12,96$ cm².

Sprowadzone pole przekroju: $A_{\psi} = 12,96$ cm².

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A_{\psi} f_d = 12,96 \times 235 \times 10^{-1} = 304,6$ kN.

Warunek nośności (32):

$$N = 73,9 < 304,6 = N_{Rt}$$

Długości wyboczeniowe pręta:

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

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,251$$
$$l_w = 1,000 \times 3,251 = 3,251 \text{ m}$$

- przy wyboczeniu w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$\chi_1 = 1,000 \quad \chi_2 = 1,000 \quad \text{węzły nieprzesuwne} \Rightarrow \mu = 1,000 \quad \text{dla } l_0 = 3,251$$
$$l_w = 1,000 \times 3,251 = 3,251 \text{ m}$$

Siły krytyczne:

$$N_x = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 63,8}{3,251^2} 10^{-2} = 122,1 \text{ kN}$$

$$N_y = \frac{\pi^2 EJ}{l_w^2} = \frac{3,14^2 \times 205 \times 63,8}{3,251^2} 10^{-2} = 122,1 \text{ kN}$$

Nośność przekroju na ściskanie:

$x_a = 3,251$; $x_b = 0,000$.

$$N_{RC} = A f_d = 13,0 \times 235 \times 10^{-1} = 304,6 \text{ kN}$$

Określenie współczynników wyboczeniowych:

$$\lambda_p = 84 \sqrt{215 / f_d} = 84 \times \sqrt{215 / 235} = 80,35$$

- dla wyboczenia prostopadłego do osi X:

$$\lambda_x = l_{wx} / i_x = 3251,0 / 22,2 = 146,57$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_x / \lambda_p = 146,57 / 80,35 = 1,824 \Rightarrow \varphi = 0,276$$

- dla wyboczenia prostopadłego do osi Y:

$$\lambda_y = l_{wy} / i_y = 3250,7 / 22,2 = 146,55$$

$$\bar{\lambda} = \lambda_y / \lambda_p = 146,55 / 80,35 = 1,824 \Rightarrow \varphi = 0,276$$

Przyjęto: $\varphi = \varphi_{\min} = 0,276$

Warunek nośności pręta na ściskanie (39):

$$\frac{N}{\varphi N_{RC}} = \frac{73,9}{0,276 \times 304,6} = 0,879 < 1$$

Nośność przekroju na zginanie:

$x_a = 1,625$; $x_b = 1,625$.

- względem osi X

$$M_R = \alpha_p W f_d = 1,000 \times 21,3 \times 235 \times 10^{-3} = 5,0 \text{ kNm}$$

Współczynnik zwichrzenia dla $\lambda_L = 0,000$ wynosi $\varphi_L = 1,000$

Warunek nośności (54):

$$\frac{N}{N_{RC}} + \frac{M_x}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{73,9}{304,6} + \frac{0,1}{1,000 \times 5,0} = 0,269 < 1$$

Nośność (stateczność) pręta ściskanego i zginanego:

Składnik poprawkowy:

$$M_{x \max} = -0,1 \text{ kNm} \quad \beta_x = 1,000$$

$$\Delta_x = 1,25 \varphi_x \bar{\lambda}_x^2 \frac{\beta_x M_{x \max}}{M_{Rx}} \frac{N}{N_{Rc}} = 1,25 \times 0,276 \times 1,824^2 \frac{1,000 \times 0,1}{5,0} \times \frac{73,9}{304,6} = 0,007$$

$$\Delta_x = 0,007 \quad M_{y \max} = 0 \quad \Delta_y = 0$$

Warunki nośności (58):

- dla wyboczenia względem osi X:

$$\frac{N}{\varphi_x N_{Rc}} + \frac{\beta_x M_{x \max}}{\varphi_L M_{Rx}} = \frac{73,9}{0,276 \times 304,6} + \frac{1,000 \times 0,1}{1,000 \times 5,0} = 0,905 < 0,993 = 1 - 0,007$$

- dla wyboczenia względem osi Y:

$$\frac{N}{\varphi_y N_{Rc}} + \frac{\beta_y M_{y \max}}{\varphi_L M_{Ry}} = \frac{73,9}{0,276 \times 304,6} + \frac{1,000 \times 0,1}{1,000 \times 5,0} = 0,905 < 1,000 = 1 - 0,000$$

Nośność przekroju na ścinanie:

$$x_a = 0,000; \quad x_b = 3,251.$$

- wzdłuż osi Y

$$V_R = 0,58 A_v f_d = 0,58 \times 7,2 \times 235 \times 10^{-1} = 98,1 \text{ kN}$$

$$V_o = 0,3 V_R = 29,4 \text{ kN}$$

Warunek nośności dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,2 < 98,1 = V_R$$

Nośność przekroju zginanego, w którym działa siła poprzeczna:

$$x_a = 1,625; \quad x_b = 1,625.$$

- dla zginania względem osi X: $V_y = 0,0 < 29,4 = V_o$

$$M_{R,V} = M_R = 5,0 \text{ kNm}$$

Warunek nośności (55):

$$\frac{N}{N_{Rc}} + \frac{M_x}{M_{Rx,V}} = \frac{73,9}{304,6} + \frac{0,1}{5,0} = 0,269 < 1$$

Nośność przekroju na ścinanie z uwzględnieniem siły osiowej:

$$x_a = 1,625; \quad x_b = 1,625.$$

- dla ścinania wzdłuż osi Y:

$$V = 0,0 < 95,2 = 98,1 \times \sqrt{1 - \left(\frac{73,9}{304,6} \right)^2} = V_R \sqrt{1 - \left(N / N_{Rc} \right)^2} = V_{R,N}$$

Nośność środnika pod obciążeniem skupionym

$$x_a = 1,625; \quad x_b = 1,625.$$

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 0,0$ mm. Dodatkowe usztywnienie środnika przyjęto o rozstawie $a_1 = 650,1$ mm.

- dla środników wzdłuż osi X:

$$k_c = \left(15 + 25 \frac{c_o}{h_w} \right) \sqrt{\frac{t_f}{t_w} \frac{215}{f_d}} = \left(15 + 25 \times \frac{12,0}{48,0} \right) \times \sqrt{\frac{6,0 \times 215}{6,0 \times 235}} = 20,326$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 12,0 / 6,0 = 2,000$$

Przyjęto $k_c = 2,000$

- dla środników wzdłuż osi Y:

$$k_c = \left(15 + 25 \frac{c_o}{h_w} \right) \sqrt{\frac{t_f}{t_w} \frac{215}{f_d}} = \left(15 + 25 \times \frac{12,0}{48,0} \right) \times \sqrt{\frac{6,0 \times 215}{6,0 \times 235}} = 20,326$$

$$k_c \leq c_o / t_w = 12,0 / 6,0 = 2,000$$

Przyjęto $k_c = 2,000$

Warunek dodatkowy:

$$k_c \leq 20 \sqrt{\frac{215}{f_d}} = 20 \times \sqrt{\frac{215}{235}} = 19,130$$

Siła może zmieniać położenie na pręcie.

Nośność środnika na siłę skupioną:

- dla środników wzdłuż osi X: $\sigma_c = 63,1 \text{ MPa}$.

$$\eta_c = 1,000$$

$$P_{R,c} = 2 k_c t_w^2 \eta_c f_d = 2 \times 2,000 \times (6,0)^2 \times 1,000 \times 235 \times 10^{-3} = 33,8 \text{ kN}$$

- dla środników wzdłuż osi Y: $\sigma_c = 52,1 \text{ MPa}$.

$$\eta_c = 1,000$$

$$P_{R,c} = 2 k_c t_w^2 \eta_c f_d = 2 \times 2,000 \times (6,0)^2 \times 1,000 \times 235 \times 10^{-3} = 33,8 \text{ kN}$$

Warunki nośności środnika:

- dla środników wzdłuż osi X:

$$P = 0,0 < 33,8 = P_{R,c}$$

- dla środników wzdłuż osi Y:

$$P = 0,0 < 33,8 = P_{R,c}$$

Stan graniczny użytkowania:

Ugięcia względem osi Y liczone od cięciwy pręta wynoszą:

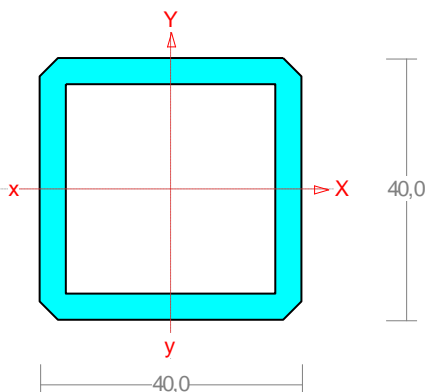
$$a_{\max} = 1,1 \text{ mm}$$

$$a_{\text{gr}} = l / 200 = 3251 / 200 = 16,3 \text{ mm}$$

$$a_{\max} = 1,1 < 16,3 = a_{\text{gr}}$$

Pręt nr 7

Przekrój: RK 40x 40x4



Wymiary przekroju:

H 40x 40x 4,0 $h=40,0$ $s=40,0$ $g=4,0$ $t=4,0$ $r=4,0$
 $v_x=0,0$ $v_y=0,0$.

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$J_{xg}=12,1$ $J_{yg}=12,1$ $F=5,6$ $J_x=12,1$ $J_y=12,1$
 $i_1=1,47$ $J_t=18,7$.

Materiał: **S235**

Wytrzymałość **$f_d=235 \text{ MPa}$** dla **$g=4,0$** .

Przekrój spełnia warunki przekroju klasy **1**.

Siły przekrojowe:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,683$.

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **P**

$$N = 38,7 \text{ kN},$$

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 68,8 \text{ MPa}$ $\sigma_c = 68,8 \text{ MPa}$.

Oslabienia otworami:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,683$.

Naprężenia w skrajnych włóknach: $\sigma_t = 68,8 \text{ MPa}$ $\sigma_c = 68,8 \text{ MPa}$.

Oslabienia przekroju: **$A_{ow} = 0,00$, $A_{of} = 0,00 \text{ cm}^2$** .

Naprężenia:

$$\text{- normalne: } \sigma = 68,8 \quad \Delta\sigma = 0,0 \text{ MPa } \psi_{ot} = 1,000$$

Warunki nośności:

$$\sigma_{et} = \sigma / \psi_{ot} + \Delta\sigma = 68,8 / 1,000 + 0,0 = 68,8 < 235 \text{ MPa}$$

Nośność elementów rozciąganych:

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,683$.

Siała osiowa: $N = 38,7 \text{ kN}$.

Pole powierzchni przekroju: $A = 5,62 \text{ cm}^2$.

Nośność przekroju na rozciąganie: $N_{Rt} = A f_d = 5,62 \times 235 \times 10^{-1} = 132,1 \text{ kN}$.

Warunek nośności (31):

$$N = 38,7 < 132,1 = N_{Rt}$$

Nośność środka pod obciążeniem skupionym

$x_a = 0,000$; $x_b = 1,683$.

Przyjęto szerokość rozkładu obciążenia skupionego $c = 0,0 \text{ mm}$.

Nośność środka na siłę skupioną:

- dla środków wzdłuż osi X: $\sigma_c = 68,8 \text{ MPa}$.

$$\eta_c = 1,000$$

$$P_{R,W} = 2 c_o t_w \eta_c f_d = 2 \times 8,0 \times 4,0 \times 1,000 \times 235 \times 10^{-3} = 15,0 \text{ kN}$$

- dla środków wzdłuż osi Y: $\sigma_c = 68,8 \text{ MPa}$.

$$\eta_c = 1,000$$

$$P_{R,W} = 2 c_o t_w \eta_c f_d = 2 \times 8,0 \times 4,0 \times 1,000 \times 235 \times 10^{-3} = 15,0 \text{ kN}$$

Warunki nośności środka:

- dla środków wzdłuż osi X:

$$P = 0,0 < 15,0 = P_{R,W}$$

- dla środków wzdłuż osi Y:

$$P = 0,0 < 15,0 = P_{R,W}$$