

OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE BELKI STALOWEJ

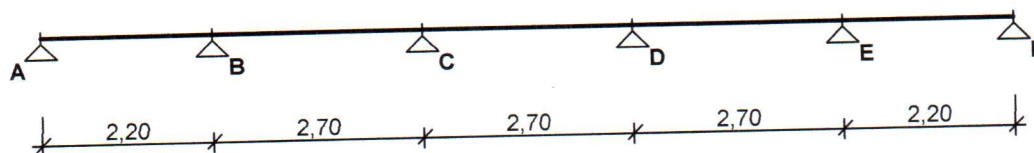
©1997-2010 SPECBUD Gliwice

Użytkownik: Projektowanie Konstrukcji Budowlanych "DOMOST"

Autor obliczeń: mgr inż. Andrzej Miklin

Tytuł obliczeń: Wytyczne do remontu części dobudowanej budynku UG Sabnie - optymalizacja podciagu

SCHEMAT BELKI



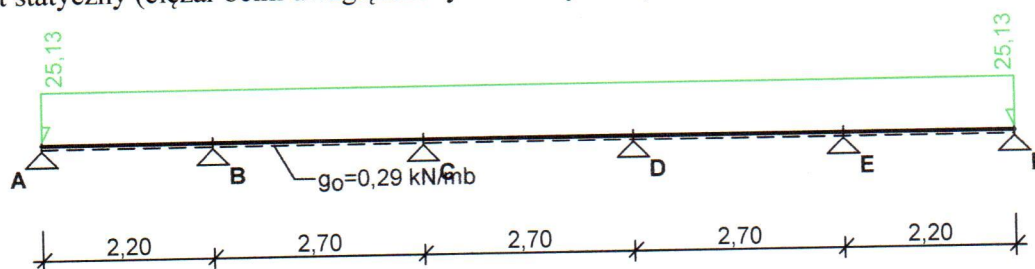
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki $\gamma_f = 1,10$

OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

Przypadek **P1: obc.zmienne przęsło A - B** ($\gamma_f = 1,40$)

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



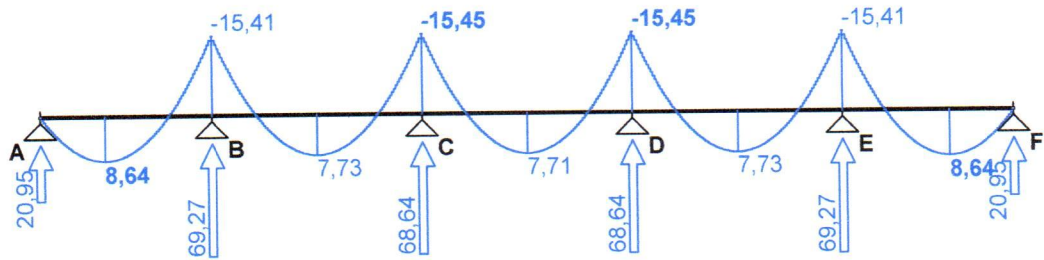
Tablica obciążeń obliczeniowych (dodatkowo ciężar belki $g_0 = 0,29 \text{ kN/m}$)

Przekrój	z [m]	ql [kN/m]	qp [kN/m]	F [kN]	M [kN]
A.	0,00	--	25,13	0,00	0,00
B.	2,20	25,13	25,13	0,00	0,00
C.	4,90	25,13	25,13	0,00	0,00
D.	7,60	25,13	25,13	0,00	0,00
E.	10,30	25,13	25,13	0,00	0,00
F.	12,50	25,13	--	0,00	0,00

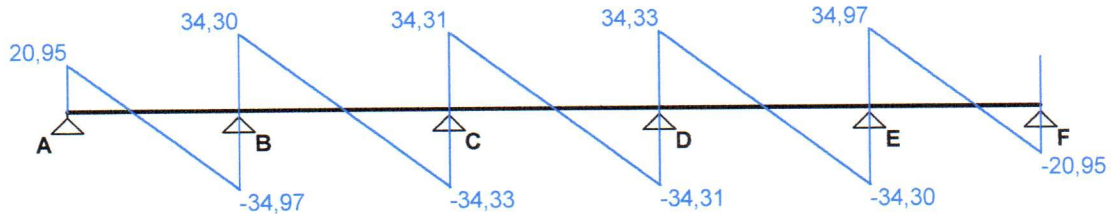
WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Przypadek **P1: obc.zmienne przęsło A - B**

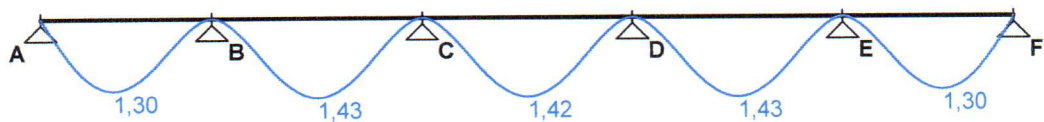
Momenty zginające [kNm]



Siły poprzeczne [kN]



Ugięcia [mm]



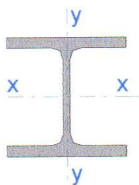
ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwijrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- rozstaw stężeń bocznych $l_1 = 1,00$ m;

WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **HE 120 B**

$A_v = 7,80 \text{ cm}^2$, $m = 26,7 \text{ kg/m}$

$J_x = 864 \text{ cm}^4$, $J_y = 318 \text{ cm}^4$, $J_\omega = 9410 \text{ cm}^6$, $J_T = 13,9 \text{ cm}^4$, $W_x = 144$

cm^3

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju I ($\alpha_p = 1,074$) $M_R = 33,24 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju I $V_R = 97,27 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój $z = 7,60 \text{ m}$

Współczynnik zwijrzenia $\phi_L = 0,999$

Moment maksymalny $M_{\max} = -15,45 \text{ kNm}$

$$(52) \quad M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,465 < 1$$

Nośność na ścinanie

Przekrój $z = 2,20 \text{ m}$

Maksymalna siła poprzeczna $V_{\max} = -34,97 \text{ kN}$

(53) $V_{\max} / V_R = 0,359 < 1$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)34,97 \text{ kN} < V_o = 0,6 \cdot V_R = 58,36 \text{ kN} \rightarrow$ warunek niemiernodajny

Stan graniczny użytkowania

Przekrój $z = 0,93 \text{ m}$

Ugięcie maksymalne $f_{k,\max} = 1,30 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne $f_{gr} = l_o / 350 = 6,29 \text{ mm}$

$f_{k,\max} = 1,30 \text{ mm} < f_{gr} = 6,29 \text{ mm} \quad (20,7\%)$

----- koniec wydruku -----

mgr inż. Andrzej Miklin

Uprawnienia budowlane do kierowania
robotami budowlanymi w pełnym zakresie
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
i w ograniczonym zakresie do projektowania,
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej

Nr ewid. St-638/81

**Wytyczne dla realizacji wzmocnienia stropu DZ-3 nad Salą Posiedzeń
w dobudowanej części budynku Urzędu Gminy Sabnie.**

OBLICZENIA STATYCZNE I WYMIAROWANIE

Temat:	PODCIĄG WZMOCNIENIA STROPU SALA POSIEDZEŃ
Obiekt:	BUDYNEK BIUROWY UG SABNIE
Adres:	08-331 SABNIE UL. GŁÓWNA 73
Jednostka proj.:	DOMOST SPÓŁKA Z O.O.
Adres jedn. projekt.:	07-320 MAŁKINIA UL. KOLEJOWA 30

Projektował:

Tytuł:	Imię i nazwisko:	Nr uprawnień:
MGR INŻ.	ANDRZEJ MIKLIN	
Podpis/pieczątka:	<i>mgr inż. Andrzej Miklin</i> Uprawnienia budowlane do kierowania robotami budowlanymi w pełnym zakresie w specjalności konstrukcyjno-budowlanej i w ograniczonym zakresie do projektowania, w specjalności konstrukcyjno-budowlanej Nr ewid. St-638/81	Nr wpisu do IIB: MAZ/BO/3337/01

Sprawdził:

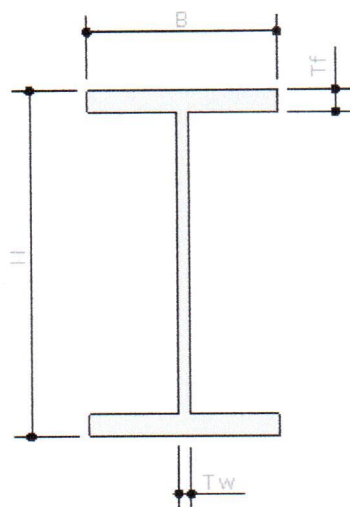
Tytuł:	Imię i nazwisko:	Nr uprawnień:
Podpis/pieczątka:		Nr wpisu do IIB:

Nr zlecenia:	Faza:	Data:	Wydanie:
	WYKONAWSTWO	2011-12-09	1

Spis treści:

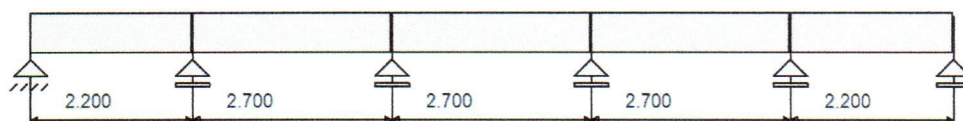
Wytyczne dla realizacji wzmocnienia stropu DZ-3 nad Salą Posiedzeń w dobudowanej
Części budynku UG Sabnie przy ul. Głównej 73.

HE 120 B



HE 120 B - Stal: ST3S

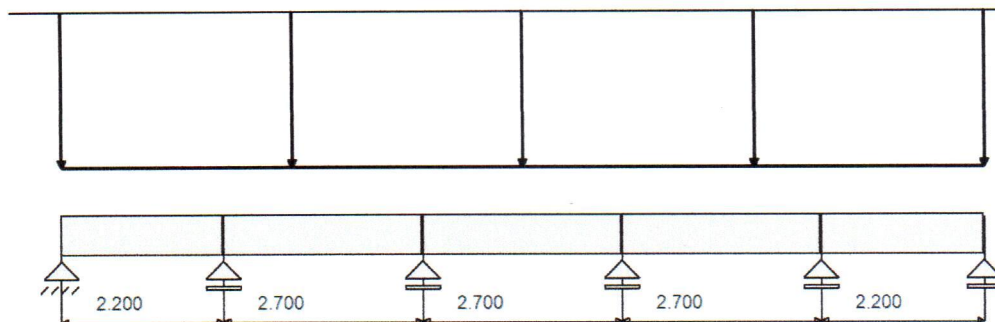
H [mm]	120.0	A [cm ²]	34.00
B [mm]	120.0	J _x [cm ⁴]	864.40
T _f [mm]	11.0	J _y [cm ⁴]	317.50
T _w [mm]	6.5	W _x [cm ³]	144.10
		W _y [cm ³]	52.92



Lista przęseł

Nr przęsła	Długość[m]	Profil	Podpora lewa	Podpora prawa
1	2.20	HE 120 B	przegub nieprzesuwny	przegub przesuwny
2	2.70	HE 120 B	przegub przesuwny	przegub przesuwny
3	2.70	HE 120 B	przegub przesuwny	przegub przesuwny
4	2.70	HE 120 B	przegub przesuwny	przegub przesuwny
5	2.20	HE 120 B	przegub przesuwny	przegub przesuwny

Lista obciążeń grupal

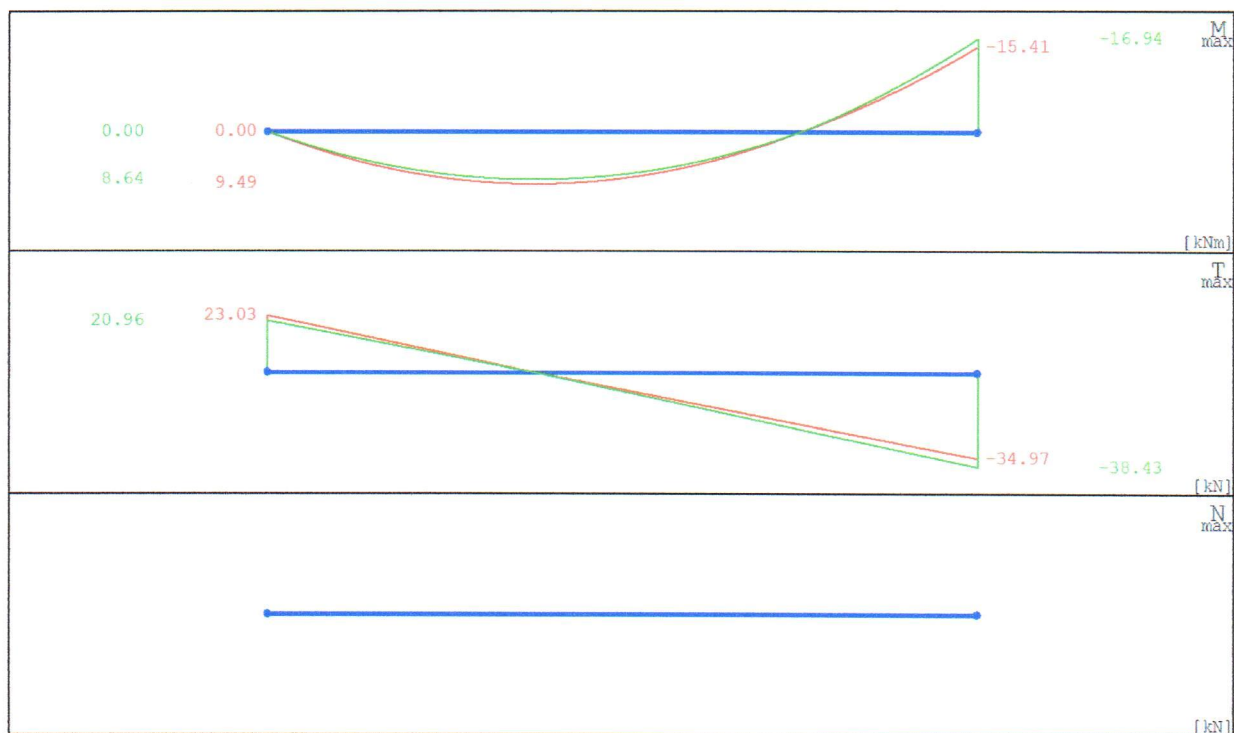


Nr	Nr przęsła	Rodzaj	P ₁	P ₂	a [m]	b [m]	Co [mm]
0		równomierne	25.13	-	0.00	12.50	-

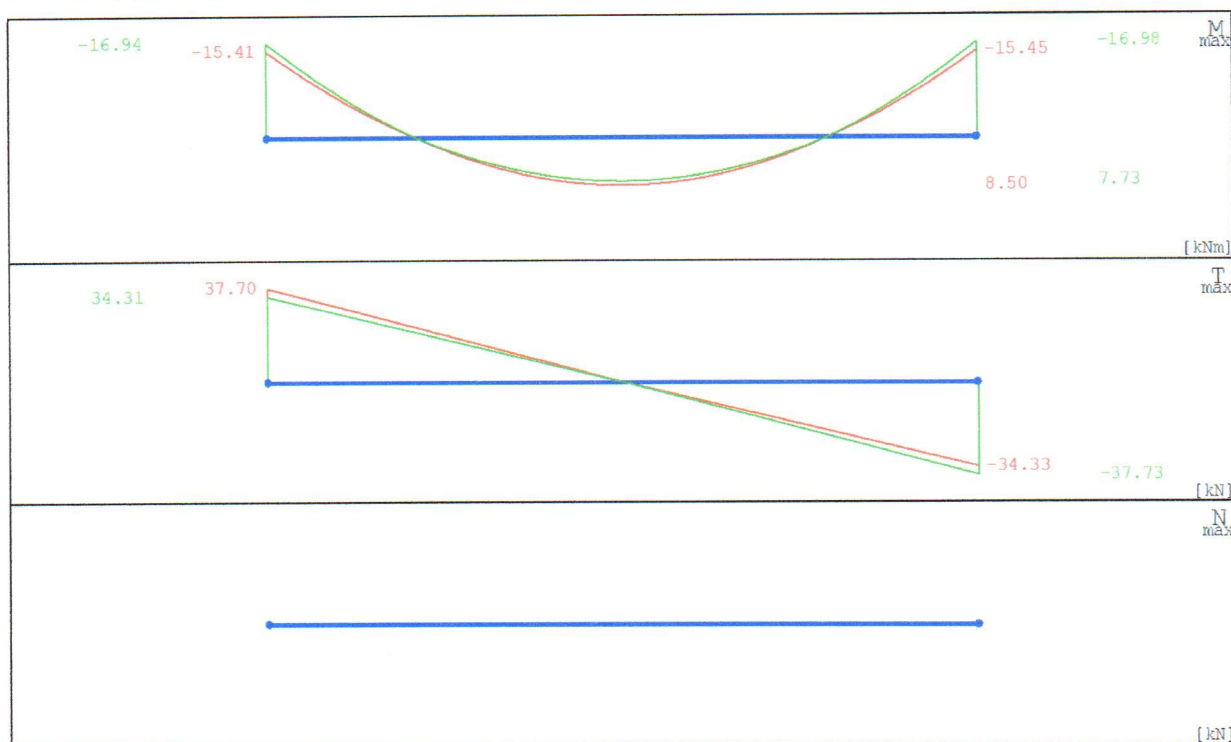
Maksymalny współczynnik obciążenia: 1.100

Minimalny współczynnik obciążenia: 1.000

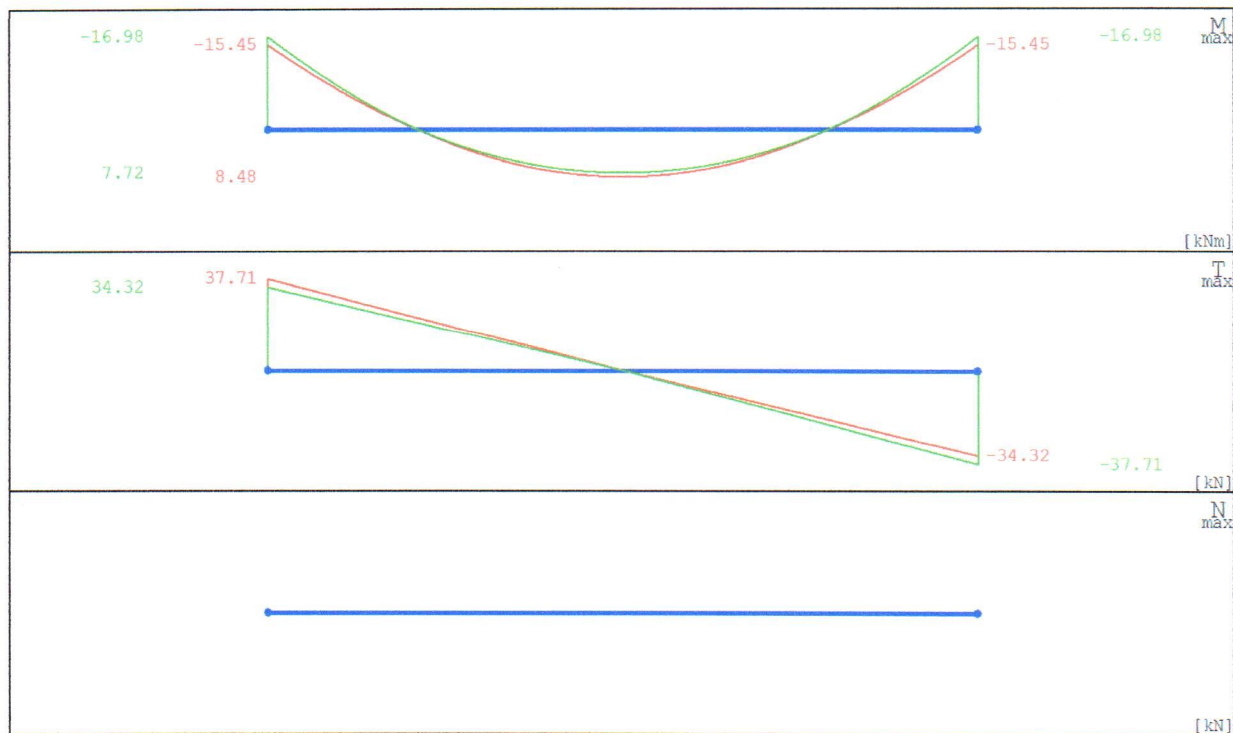
Wykresy MNT dla przęsła nr 1



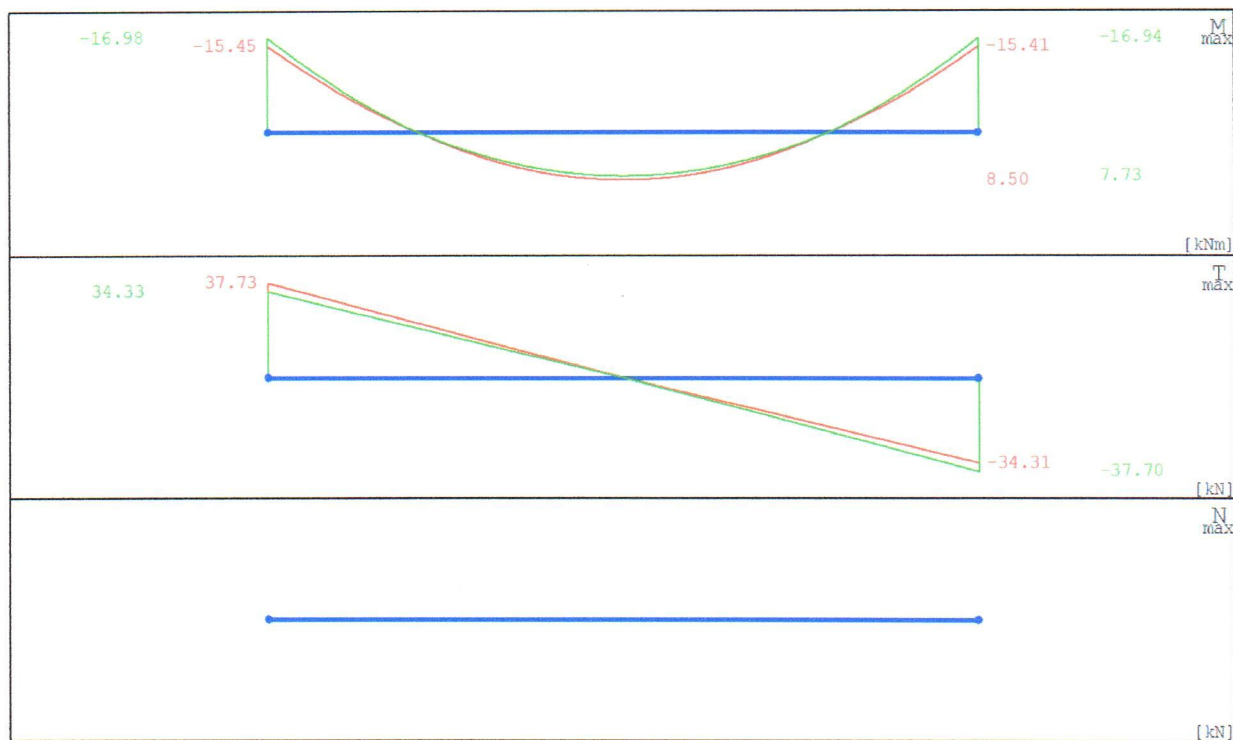
Wykresy MNT dla przęsła nr 2



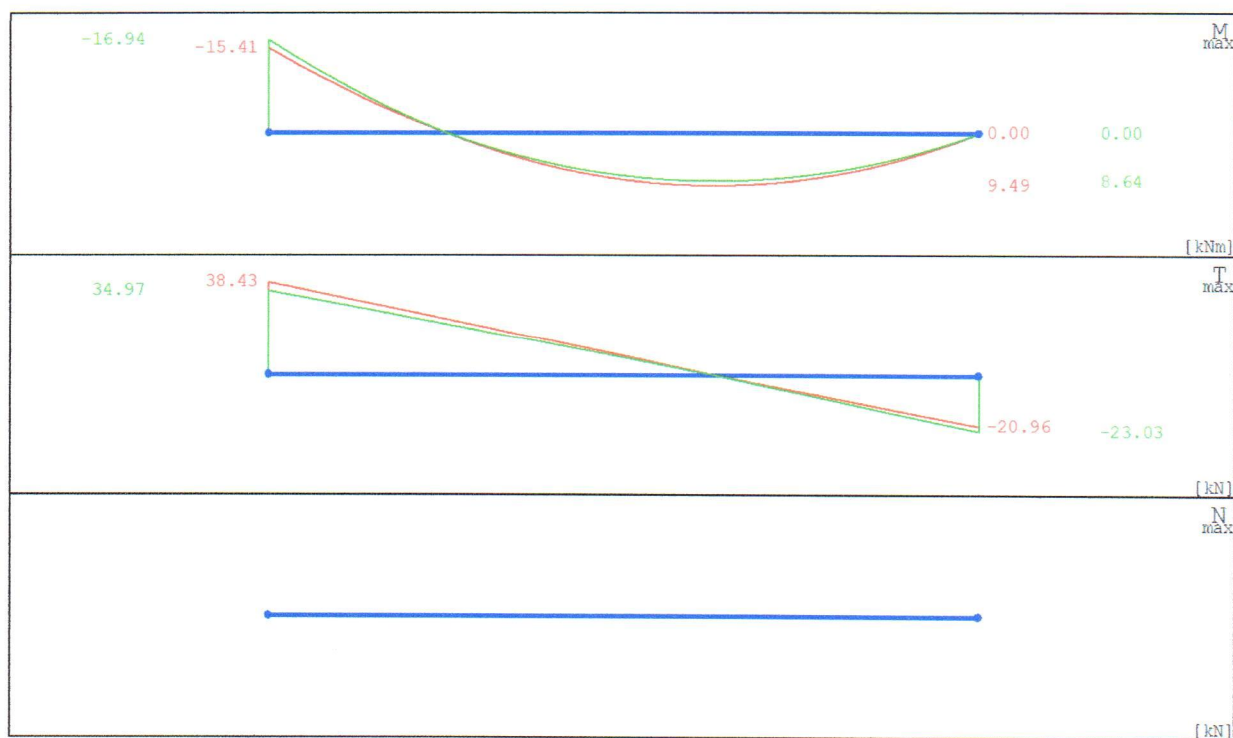
Wykresy MNT dla przęsła nr 3



Wykresy MNT dla przęsła nr 4

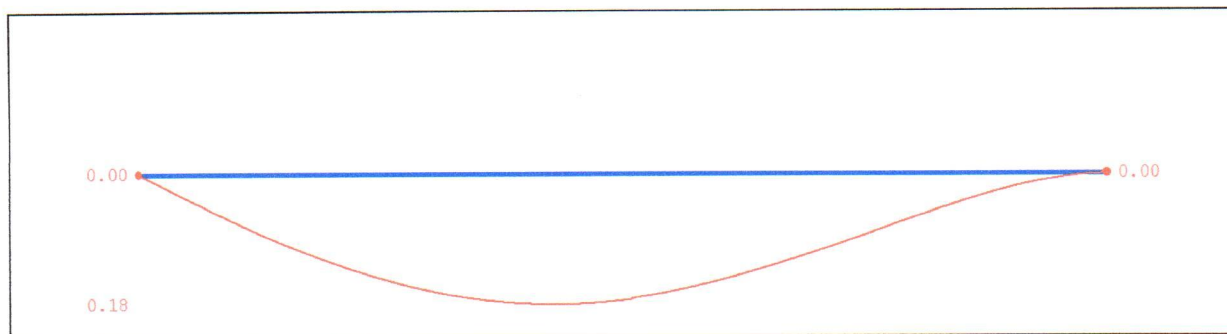


Wykresy MNT dla przęsła nr 5



Ugięcie sprężyste dla przęsła nr 1

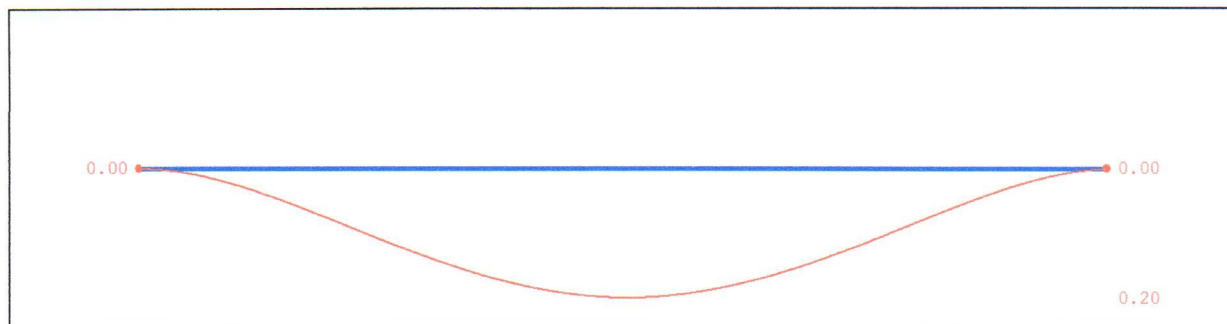
Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:
Ciężar własny
grup1



X [m]	0.000	0.440	0.880	1.100	1.540	1.980	2.182
Y [cm]	0.000	0.125	0.181	0.173	0.101	0.015	0.000

Ugięcie sprężyste dla przęsła nr 2

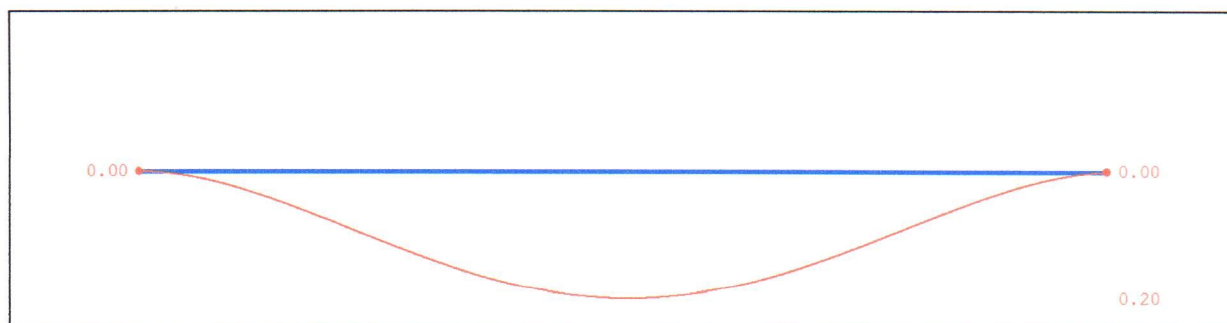
Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:
Ciężar własny
grup1



X [m]	0.000	0.540	1.080	1.349	1.889	2.429	2.677
Y [cm]	0.000	0.082	0.183	0.199	0.136	0.022	0.000

Ugięcie sprężyste dla przęsła nr 3

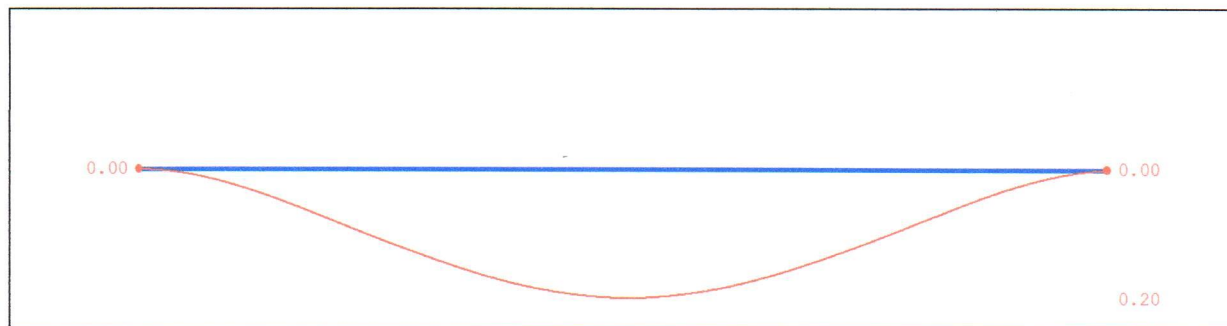
Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:
Ciężar własny
grup1



X [m]	0.000	0.562	1.125	1.350	1.890	2.430	2.678
Y [cm]	0.000	0.086	0.187	0.198	0.135	0.022	0.000

Ugięcie sprężyste dla przęsła nr 4

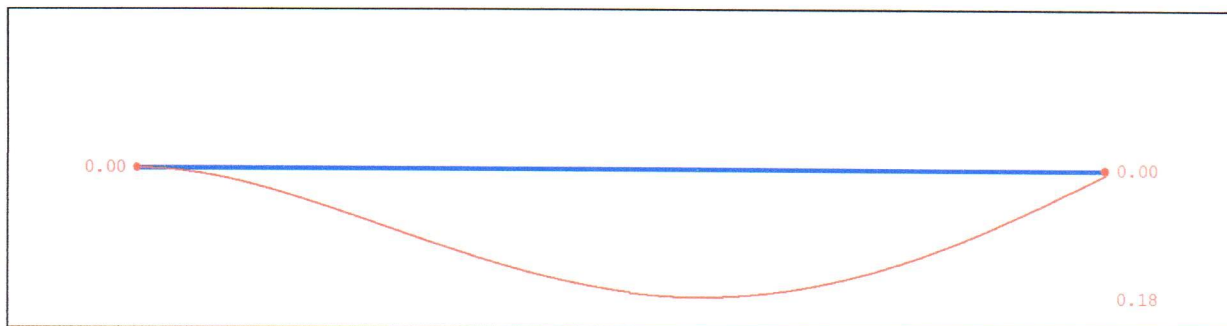
Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:
Ciężar własny
grup1



X [m]	0.000	0.540	1.080	1.351	1.913	2.475	2.678
Y [cm]	0.000	0.081	0.183	0.199	0.131	0.016	0.000

Ugięcie sprężyste dla przęsła nr 5

Grupy obciążeń uwzględnione do liczenia ugięcia:
Ciężar własny
grup1



X [m]	0.000	0.458	0.898	1.100	1.558	1.998	2.182
Y [cm]	0.000	0.062	0.150	0.176	0.159	0.057	0.000

Przęsło nr 1

Dane przęsła:

Przekrój: 120.0 x 6.5; 120.0 x 11.0

$A = 34.000 \text{ cm}^2$

$I_x = 864.400 \text{ cm}^4$

$W_x = 144.100 \text{ cm}^3$
Klasa przekroju na zginanie: 1
Współczynnik redukcyjny $\psi = 0.000$
Długość przęsła: 2.200 m
Klasa stali przęsła: St3S
Współczynnik momentów $\beta = 1.000$
Największy rozstaw żeber poprzecznych: 0.800 m

Nośności przekroju:

Stan krytyczny

$$\begin{aligned} M_{rx} &= 32.531 \text{ kNm} & M_{rxv \max} &= 32.531 \text{ kNm} \\ M_{rxv \min} &= 32.531 \text{ kNm} & V_{ry} &= 97.266 \text{ kN} \end{aligned}$$

Warunki nośności

Dla momentu dodatniego $x = 0.825 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\max} = 9.493 \text{ kNm} \quad V_y = 0.017 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa górnego: 2.200 m

Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{\phi_L \cdot M_{sx}} = 0.292 \leq 1$$

$$\frac{M_x}{M_{sxv}} = 0.292 \leq 1$$

Dla momentu minimalnego $x = 2.200 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\min} = -16.937 \text{ kNm} \quad V_y = 38.427 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa dolnego: 2.200 m

Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{\phi_L \cdot M_{sx}} = 0.521 \leq 1$$

$$\frac{M_x}{M_{sxv}} = 0.521 \leq 1$$

Dla ekstremalnej siły poprzecznej

$$\text{Siły: } V_{y\max} = 38.427 \text{ kN} \quad V_{ry} = 97.266 \text{ kN}$$

$$\frac{V_y}{V_{zy}} = 0.395$$

Sprawdzenie ugięcia granicznego

Ugięcie maksymalne: $U_{\max} = 0.181$ jest mniejsze od ugięcia dopuszczalnego: $U_{\text{dop}} = 0.629 \text{ cm}$

Przęsło nr 2

Dane przęsła:

Przekrój: 120.0 x 6.5; 120.0 x 11.0
 $A = 34.000 \text{ cm}^2$
 $I_x = 864.400 \text{ cm}^4$
 $W_x = 144.100 \text{ cm}^3$
Klasa przekroju na zginanie: 1

Współczynnik redukcyjny $\psi = 0.000$
Długość przęsła: 2.700 m
Klasa stali przęsła: St0S
Współczynnik momentów $\beta = 1.000$
Największy rozstaw żeber poprzecznych: 1.000 m

Nośności przekroju:

Stan krytyczny

$$\begin{aligned} M_{rx} &= 26.478 \text{ kNm} & M_{rxv \max} &= 26.478 \text{ kNm} \\ M_{rxv \min} &= 26.478 \text{ kNm} & V_{ry} &= 79.170 \text{ kN} \end{aligned}$$

Warunki nośności

Dla momentu dodatniego $x = 1.350 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\max} = 8.498 \text{ kNm} \quad V_y = 0.015 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa górnego: 2.700 m
Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{\phi_L \cdot M_{rx}} = 0.321 \leq 1$$

$$\frac{M_x}{M_{rxv}} = 0.321 \leq 1$$

Dla momentu minimalnego $x = 2.700 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\min} = -16.977 \text{ kNm} \quad V_y = 37.727 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa dolnego: 2.700 m
Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{\phi_L \cdot M_{rx}} = 0.641 \leq 1$$

$$\frac{M_x}{M_{rxv}} = 0.641 \leq 1$$

Dla ekstremalnej siły poprzecznej

$$\text{Siły: } V_{y\max} = 37.727 \text{ kN} \quad V_{ry} = 79.170 \text{ kN}$$

$$\frac{V_y}{V_{ry}} = 0.477$$

Sprawdzenie ugięcia granicznego

Ugięcie maksymalne: $U_{\max} = 0.199$ jest mniejsze od ugięcia dopuszczalnego: $U_{\text{dop}} = 0.771 \text{ cm}$

Przęsło nr 3

Dane przęsła:

Przekrój: 120.0 x 6.5; 120.0 x 11.0
 $A = 34.000 \text{ cm}^2$
 $I_x = 864.400 \text{ cm}^4$
 $W_x = 144.100 \text{ cm}^3$
Klasa przekroju na zginanie: 1
Współczynnik redukcyjny $\psi = 0.000$
Długość przęsła: 2.700 m

Klasa stali przęsła: St0S
Współczynnik momentów $\beta = 1.000$
Największy rozstaw żeber poprzecznych: 1.000 m

Nośności przekroju:

Stan krytyczny

$$\begin{aligned} M_{rx} &= 26.478 \text{ kNm} & M_{rxv \max} &= 26.478 \text{ kNm} \\ M_{rxv \min} &= 26.478 \text{ kNm} & V_{ry} &= 79.170 \text{ kN} \end{aligned}$$

Warunki nośności

Dla momentu dodatniego $x = 1.350 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\max} = 8.479 \text{ kNm} \quad V_y = 0.000 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa górnego: 2.700 m
Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{M_{xv}} = 0.320 \leq 1$$

$$\phi_L \cdot M_{xv}$$

$$\frac{M_x}{M_{xv}} = 0.320 \leq 1$$

Dla momentu minimalnego $x = 2.700 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\min} = -16.977 \text{ kNm} \quad V_y = 37.712 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa dolnego: 2.700 m
Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{M_{xv}} = 0.641 \leq 1$$

$$\phi_L \cdot M_{xv}$$

$$\frac{M_x}{M_{xv}} = 0.641 \leq 1$$

Dla ekstremalnej siły poprzecznej

$$\text{Siły: } V_{y\max} = 37.712 \text{ kN} \quad V_{ry} = 79.170 \text{ kN}$$

$$\frac{V_y}{V_{ry}} = 0.476$$

Sprawdzenie ugięcia granicznego

Ugięcie maksymalne: $U_{\max} = 0.198$ jest mniejsze od ugięcia dopuszczalnego: $U_{\text{dop}} = 0.771 \text{ cm}$

Przęsło nr 4

Dane przęsła:

Przekrój: 120.0 x 6.5; 120.0 x 11.0

$$A = 34.000 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 864.400 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 144.100 \text{ cm}^3$$

Klasa przekroju na zginanie: 1

Współczynnik redukcyjny $\psi = 0.000$

Długość przęsła: 2.700 m

Klasa stali przęsła: St0S

Współczynnik momentów $\beta = 1.000$

Największy rozstaw żeber poprzecznych: 1.000 m

Nośności przekroju:

Stan krytyczny

$$M_{rx} = 26.478 \text{ kNm}$$

$$M_{rxv \min} = 26.478 \text{ kNm}$$

$$M_{rxv \max} = 26.478 \text{ kNm}$$

$$V_{ry} = 79.170 \text{ kN}$$

Warunki nośności

Dla momentu dodatniego $x = 1.350 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\max} = 8.498 \text{ kNm}$$

$$V_y = 0.015 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa górnego: 2.700 m

Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{\phi_L \cdot M_{xx}} = 0.321 \leq 1$$

$$\frac{M_x}{M_{xxv}} = 0.321 \leq 1$$

Dla momentu minimalnego $x = 0.000 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\min} = -16.977 \text{ kNm}$$

$$V_y = 37.727 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa dolnego: 2.700 m

Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{\phi_L \cdot M_{xx}} = 0.641 \leq 1$$

$$\frac{M_x}{M_{xxv}} = 0.641 \leq 1$$

Dla ekstremalnej siły poprzecznej

$$\text{Siły: } V_{y\max} = 37.727 \text{ kN}$$

$$V_{ry} = 79.170 \text{ kN}$$

$$\frac{V_y}{V_{zy}} = 0.477$$

Sprawdzenie ugięcia granicznego

Ugięcie maksymalne: $U_{\max} = 0.199$ jest mniejsze od ugięcia dopuszczalnego: $U_{\text{dop}} = 0.771 \text{ cm}$

Przęsło nr 5

Dane przęsła:

Przekrój: 120.0 x 6.5; 120.0 x 11.0

$$A = 34.000 \text{ cm}^2$$

$$I_x = 864.400 \text{ cm}^4$$

$$W_x = 144.100 \text{ cm}^3$$

Klasa przekroju na zginanie: 1

Współczynnik redukcyjny $\psi = 0.000$

Długość przęsła: 2.200 m

Klasa stali przęsła: St3S

Współczynnik momentów $\beta = 1.000$

Największy rozstaw żeber poprzecznych: 1.000 m

Nośności przekroju:

Stan krytyczny

$$M_{rx} = 32.531 \text{ kNm}$$
$$M_{rxv \min} = 32.531 \text{ kNm}$$

$$M_{rxv \max} = 32.531 \text{ kNm}$$
$$V_{ry} = 97.266 \text{ kN}$$

Warunki nośności

Dla momentu dodatniego $x = 1.375 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\max} = 9.493 \text{ kNm} \quad V_y = 0.017 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa górnego: 2.200 m

Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{M_{xk}} = 0.292 \leq 1$$

$$\phi_L \cdot M_{xk}$$

$$\frac{M_x}{M_{xv}} = 0.292 \leq 1$$

$$M_{xv}$$

Dla momentu minimalnego $x = 0.000 \text{ m}$

$$\text{Siły: } M_{x\min} = -16.937 \text{ kNm} \quad V_y = 38.427 \text{ kN}$$

Odległość między stężeniami pasa dolnego: 2.200 m

Stan krytyczny

Współczynnik zwichrzenia: $\phi_L = 1.000$

$$\frac{M_x}{M_{xk}} = 0.521 \leq 1$$

$$\phi_L \cdot M_{xk}$$

$$\frac{M_x}{M_{xv}} = 0.521 \leq 1$$

$$M_{xv}$$

Dla ekstremalnej siły poprzecznej

$$\text{Siły: } V_{y\max} = 38.427 \text{ kN} \quad V_{ry} = 97.266 \text{ kN}$$

$$\frac{V_y}{V_{yk}} = 0.395$$

Sprawdzenie ugięcia granicznego

Ugięcie maksymalne: $U_{\max} = 0.181$ jest mniejsze od ugięcia dopuszczalnego: $U_{\text{dop}} = 0.629 \text{ cm}$

mgr inż. Andrzej Miklin
Uprawnienia budowlane do wykonywania
robotami budowlanymi w zakresie
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
w ograniczonym zakresie do projektowania,
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
Nr ewid. St-638/81

Słup osiowo ściskany

Dane:

1. Gatunek stali: St3

2. Wysokość: $H = 2.85\text{m}$

3. Wartość obliczeniowej siły osiowo obciążającej słup: $N_{Ed} = 69.27\text{kN}$

4. Słup jest projektowany z profili szerokostopowych HEB

I Projektowania przekroju słupa

1. Wstępne przyjęcie przekroju

$$\chi_{wst} = (6.60\text{m} - H) \cdot 0.15 \cdot \frac{1}{\text{m}} + 0.4 \quad E = 210\text{GPa}$$

$$\chi_{wst} = (6.60\text{m} - 2.85\text{m}) \cdot 0.15 \cdot \frac{1}{\text{m}} + 0.4 = 0.96$$

$$f_y = 215\text{MPa}$$

$$A_{wst} = \frac{N_{Ed}}{\chi_{wst} \cdot f_y}$$

$$A_{wst} = \frac{69.27\text{kN}}{0.96 \cdot 215\text{MPa}} = 3.36\text{cm}^2$$

$$N_{Ed} \leq \chi_{wst} \cdot N_{cr,z} \quad J_{wst,z} = \frac{N_{Ed} \cdot H^2}{\chi_{wst} \cdot \pi^2 \cdot E}$$

$$J_{wst,z} = \frac{69.27\text{kN} \cdot (2.85\text{m})^2}{0.96 \cdot \pi^2 \cdot 210\text{GPa}} = 28.28\text{cm}^4$$

1.1 Wymiarowanie przekroju **HEB 120 B**

$$h = 120\text{mm}$$

$$b_f = 120\text{mm}$$

$$t_f = 11\text{mm}$$

$$t_w = 6.5\text{mm}$$

$$r = 12\text{mm}$$

$$d = h - 2 \cdot (t_f + r) \quad d = 120\text{mm} - 2 \cdot (11\text{mm} + 12\text{mm}) = 74.00\text{mm}$$

$$A = 34\text{cm}^2$$

$$J_y = 864\text{cm}^4$$

$$J_z = 318\text{cm}^4$$

$$W_y = \frac{2 \cdot J_y}{h} = \frac{2 \cdot 864\text{cm}^4}{120\text{mm}} = 144.00\text{cm}^3$$

$$W_z = \frac{2 \cdot J_z}{b_f} = \frac{2 \cdot 318\text{cm}^4}{120\text{mm}} = 53.00\text{cm}^3$$

2. Określenie klasy przekroju

2.1 Klasa przekroju ze względu na środnik

$$\frac{c}{t} = \frac{d}{t_w}, \quad \frac{d}{t_w} = \frac{h - 2 \cdot (t_f + r)}{t_w}$$

$$\frac{d}{t_w} = \frac{74 \cdot \text{mm}}{6.5 \cdot \text{mm}} = 11.38$$

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235 \text{ MPa}}{f_y}} \quad \varepsilon = \sqrt{\frac{235 \cdot \text{MPa}}{215 \cdot \text{MPa}}} = 1.05$$

$$\frac{d}{t_w} = 14.06 \cdot \varepsilon < 33\varepsilon \quad \text{- wg. PN-EN 1993-1-1:2005 przekrój zalicza się do klasy 1}$$

2.2 Klasa przekroju ze względu na pas

$$\frac{c}{t} = \frac{b_f - t_w - 2r}{2t_f}$$

$$\frac{c}{t} = \frac{120 \cdot \text{mm} - 6.5 \cdot \text{mm} - 2 \cdot 12 \cdot \text{mm}}{2 \cdot 11 \cdot \text{mm}} = 4.07$$

$$\frac{c}{t} = 5.02 \cdot \varepsilon < 9\varepsilon \quad \text{- wg. PN-EN 1993-1-1:2005 przekrój zalicza się do klasy 1}$$

Przekrój z 2.1 i 2.2 (wg. PN-EN 1993-1-1:2005) możemy zaliczyć do klasy 1

3. Nośność przekroju na ściskanie

Wg. PN-EN 1993-1-1:2005 (wzór 6.9) warunek nośności przekroju na ściskanie siłą podłużną N_{Ed} ma postać

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$N_{c,Rd} = \frac{A \cdot f_y}{\gamma_{M0}} \quad \gamma_{M0} = 1$$

$$N_{c,Rd} = \frac{34 \cdot \text{cm}^2 \cdot 215 \cdot \text{MPa}}{1} = 731.00 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} = \frac{69.27 \cdot \text{kN}}{731 \cdot \text{kN}} = 0.09 < 1 \quad \text{- warunek spełniony}$$

4. Nośność słupa na wyboczenie

Wg. PN-EN 1993-1-1:2005 (wzór 6.46) warunek nośności przekroju na wyboczenie ma postać

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\gamma_{M1} = 1$$

4.1 Wyznaczenie współczynników wyboczeniowych

4.1.1 Względem osi z

$$\lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}} \quad \lambda_1 = \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot \text{GPa}}{215 \cdot \text{MPa}}} = 98.18$$

$$L_{cr,z} = H \quad i_z = \sqrt{\frac{J_z}{A}} \quad i_z = \sqrt{\frac{318 \cdot \text{cm}^4}{34 \cdot \text{cm}^2}} = 30.58 \cdot \text{mm}$$

$$\mu_z = 1$$

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{\left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_z}{L_{cr,z}^2} \right)}} \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J_z}{A \cdot f_y}}} \quad \lambda_z = \frac{L_{cr,z}}{i_z \cdot \lambda_1}$$

$$\lambda_z = \frac{2.85 \cdot \text{m}}{30.58 \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot \text{GPa}}{215 \cdot \text{MPa}}}} = 0.95$$

$$t_f = 11.00 \cdot \text{mm} < 100 \text{mm} \quad \frac{h}{b_f} = 1.00 < 1.2$$

Przyjęto krzywą wyboczenia "c"

Parametr imperfekcji $\alpha = 0.49$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_z - 0.2) + \lambda_z^2]$$

$$\phi_z = 0.5 \cdot [1 + 0.49 \cdot (0.95 - 0.2) + 0.95^2] = 1.14$$

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \lambda_z^2}}$$

$$\chi_z = \frac{1}{1.14 + \sqrt{1.14^2 - 0.95^2}} = 0.56$$

4.1.2 Względem osi y

$$L_{cr,y} = H \quad i_y = \sqrt{\frac{J_y}{A}} \quad i_y = \sqrt{\frac{864 \cdot \text{cm}^4}{34 \cdot \text{cm}^2}} = 50.41 \cdot \text{mm}$$

$$\mu_y = 1$$

$$\lambda_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{\left(\frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_y}{L_{cr,y}^2} \right)}} \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{\pi \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J_y}{A \cdot f_y}}} \quad \lambda_y = \frac{L_{cr,y}}{i_y \cdot \lambda_1}$$

$$\lambda_y = \frac{2.85 \cdot \text{m}}{50.41 \cdot \text{mm} \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{210 \cdot \text{GPa}}{215 \cdot \text{MPa}}}} = 0.58$$

$$t_f = 11.00 \cdot \text{mm} < 100 \text{mm} \quad \frac{h}{b_f} = 1.00 < 1.2$$

Przyjęto krzywą wyboczenia "b"

Parametr imperfekcji $\alpha = 0.34$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\lambda_y - 0.2) + \lambda_y^2]$$

$$\phi_y = 0.5 \cdot [1 + 0.34 \cdot (0.58 - 0.2) + 0.58^2] = 0.73$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \lambda_y^2}}$$

$$\lambda \chi_y = \frac{1}{0.73 + \sqrt{0.73^2 - 0.58^2}} = 0.85$$

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi_z \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} \quad \text{czyli wyboczenie w kierunku osi z}$$

$$N_{b,Rd} = \frac{0.56 \cdot 34 \cdot \text{cm}^2 \cdot 215 \cdot \text{MPa}}{1} = 409.36 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} = \frac{69.27 \cdot \text{kN}}{409.36 \cdot \text{kN}} = 0.17 < 1 - \text{warunek spełniony}$$

II Podstawa słupa

1. Obliczeniowa nośność na docisk betonu

Przyjęto beton klasy C20/25

$$\alpha_{cc} = 1 \quad \gamma_c = 1.5 \quad f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 1.5 \quad \beta_j = \frac{2}{3}$$

$$f_{cd} = \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} \quad f_{cd} = \frac{20 \cdot \text{MPa}}{1.5} = 13.33 \cdot \text{MPa}$$

$$f_{jd} = \alpha \cdot \beta_j \cdot f_{cd} \quad f_{jd} = 1.5 \cdot \frac{2}{3} \cdot 13.333 \cdot \text{MPa} = 13.33 \cdot \text{MPa}$$

2. Minimalna powierzchnia blachy podstawy

$$M = 26.7 \frac{\text{kg}}{\text{m}} \quad G = 9.81 \frac{\text{N}}{\text{kg}}$$

$$N_{j,Ed} = N_{Ed} + H \cdot M \cdot G \cdot 1.35$$

$$N_{j,Ed} = 69.27 \cdot \text{kN} + 2.85 \cdot \text{m} \cdot 26.7 \cdot \frac{\text{kg}}{\text{m}} \cdot 9.81 \cdot \frac{\text{N}}{\text{kg}} \cdot 1.35 = 70.28 \cdot \text{kN}$$

$$A_{c0} = \frac{N_{j,Ed}}{f_{cd}} \quad A_{c0} = \frac{70.28 \cdot \text{kN}}{13.333 \cdot \text{MPa}} = 5271.13 \cdot \text{mm}^2$$

2.1 Sprawdzenie typu podstawy

$$0.95 \cdot b_f \cdot h = 13680.00 \cdot \text{mm}^2$$

$$0.95 \cdot b \cdot h < A_{c0} \quad \text{blacha podstawy o dużym wysięgu}$$

3. Wyznaczenie wymiarów blachy podstawy i obliczenie nośności obliczeniowej na docisk betonu

$$A = 2$$

$$B = (2 \cdot b_f - t_w + h)$$

$$B = 2 \cdot 120 \cdot \text{mm} - 6.5 \cdot \text{mm} + 120 \cdot \text{mm} = 353.50 \cdot \text{mm}$$

$$C = (b_f \cdot t_f + 0.5 \cdot h \cdot t_w - t_f \cdot t_w) - \frac{N_{j,Ed}}{2 \cdot f_{jd}}$$

$$C = 120 \cdot \text{mm} \cdot 11 \cdot \text{mm} + 0.5 \cdot 120 \cdot \text{mm} \cdot 6.5 \cdot \text{mm} - 11 \cdot \text{mm} \cdot 6.5 \cdot \text{mm} - \frac{70.28 \cdot \text{kN}}{2 \cdot 13.333 \cdot \text{MPa}}$$

$$C = -997.07 \text{ mm}^2$$

122

$$c_1 = \frac{-B + \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A} \quad c_2 = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}$$

Minimalny wymagany zasięg

$$c_1 = \frac{-(2 \cdot 120 \cdot \text{mm} - 6.5 \cdot \text{mm} + 120 \cdot \text{mm}) + \sqrt{(2 \cdot 120 \cdot \text{mm} - 6.5 \cdot \text{mm} + 120 \cdot \text{mm})^2 - 4 \cdot 2 \cdot -997.07 \cdot \text{mm}^2}}{2 \cdot 2} = 2.78 \cdot \text{mm}$$

$$c_2 = \frac{-(2 \cdot 120 \cdot \text{mm} - 6.5 \cdot \text{mm} + 120 \cdot \text{mm}) - \sqrt{(2 \cdot 120 \cdot \text{mm} - 6.5 \cdot \text{mm} + 120 \cdot \text{mm})^2 - 4 \cdot 2 \cdot -997.07 \cdot \text{mm}^2}}{2 \cdot 2} = -179.53 \cdot \text{mm}$$

$$\gamma M_0 = 1 \quad f_{jd} = 13.33 \cdot \text{MPa}$$

$$t = c_1 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma M_0}{f_y}} \quad f_y = 215.00 \cdot \text{MPa}$$

$$t = 2.78 \cdot \text{mm} \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 13.333 \cdot \text{MPa}}{215 \cdot \text{MPa}}} = 1.20 \cdot \text{mm} \quad \text{przyjęto grubość blachy} \quad t = 10 \cdot \text{mm}$$

$$h_s = (h - 2 \cdot t_f) \quad 0.5 \cdot h_s = 0.5 \cdot (120 \cdot \text{mm} - 2 \cdot 11 \cdot \text{mm}) = 49.00 \cdot \text{mm}$$

Rzeczywisty zasięg

$$c = t \cdot \sqrt{\frac{f_y}{3 \cdot f_{jd} \cdot \gamma M_0}} \quad c = 10 \cdot \text{mm} \cdot \sqrt{\frac{215 \cdot \text{MPa}}{3 \cdot 13.333 \cdot \text{MPa}}} = 23.18 \cdot \text{mm} < 0.5 \cdot h_s = 49.00 \cdot \text{mm} \quad \text{kroćce teowe nie zachodzące na siebie}$$

Określenie wymiarów blachy

$$b_p > b_f + 2 \cdot c_1 = 125.56 \cdot \text{mm} \quad b_p = 180 \cdot \text{mm}$$

$$h_p > h + 2 \cdot c_1 = 125.56 \cdot \text{mm} \quad h_p = 180 \cdot \text{mm} \quad \text{Wymiary blachy przyjęto z uwagi na montaż słupów}$$

Nośność podstawy przy dużym wysięgu blachy

$$N_{j,Rd} = f_{jd} \left[2 \cdot (b_f + 2 \cdot c) \cdot (2 \cdot c + t_f) + (h - 2 \cdot c - 2 \cdot t_f) \cdot (2 \cdot c + t_w) \right]$$

$$N_{j,Rd} = 13.333 \cdot \text{MPa} \cdot [2 \cdot (120 \cdot \text{mm} + 2 \cdot 23.18 \cdot \text{mm}) \cdot (2 \cdot 23.18 \cdot \text{mm} + 11 \cdot \text{mm}) + (120 \cdot \text{mm} - 2 \cdot 23.18 \cdot \text{mm} - 2 \cdot 11 \cdot \text{mm}) \cdot (2 \cdot 23.18 \cdot \text{mm} + 6.5 \cdot \text{mm})]$$

$$N_{j,Rd} = 290.85 \cdot \text{kN}$$

$$\frac{N_{j,Ed}}{N_{j,Rd}} = \frac{70.28 \cdot \text{kN}}{290.85 \cdot \text{kN}} = 0.24$$

4. Spoiny łączące trzon i blachę podstawy

4.1 Określenie minimalnej i maksymalnej grubości spoiny

- ze względu na środek

$$t_{\max} = \max(t, t_f) = \max(10 \cdot \text{mm}, 11 \cdot \text{mm}) = 11.00 \cdot \text{mm}$$

$$t_{\min} = \min(t, t_f) = \min(10 \cdot \text{mm}, 11 \cdot \text{mm}) = 10.00 \cdot \text{mm}$$

$$0.2t_{\max} \leq a \leq 0.7 \cdot t_{\min} \quad a > 3 \cdot \text{mm}$$

$$3 \cdot \text{mm} \leq a \leq 7 \cdot \text{mm}$$

- ze względu na półki

$$t_{\max} = \max(t, t_w) = \max(10 \cdot \text{mm}, 6.5 \cdot \text{mm}) = 10.00 \cdot \text{mm}$$

$$t_{\min} = \min(t, t_w) = \min(10 \cdot \text{mm}, 6.5 \cdot \text{mm}) = 6.50 \cdot \text{mm}$$

$$0.2t_{\max} \leq a \leq 0.7 \cdot t_{\min} \quad a > 3 \cdot \text{mm}$$

$$3 \cdot \text{mm} \leq a \leq 4.6 \cdot \text{mm}$$

Przyjęto : $a = 3 \cdot \text{mm}$

Metoda kierunkowa, sprawdzamy warunki:

$$\sqrt{\sigma_p^2 + 3 \cdot (\tau_p^2 + \tau_r^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} \quad (1) \quad \text{oraz} \quad \sigma_p \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \quad (2)$$

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

$$f_u = 360 \text{ MPa}$$

$$\sigma_p \leq 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 0.9 \cdot \frac{360 \cdot \text{MPa}}{1.25} = 259.20 \cdot \text{MPa}$$

$$\beta_w = 0.8 \quad \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = \frac{360 \cdot \text{MPa}}{0.8 \cdot 1.25} = 360.00 \cdot \text{MPa}$$

gdzie:

σ_p - naprężenia normalne prostopadłe

τ_p - naprężenia styczne prostopadłe

τ_r - naprężenia styczne równoległe

Pole przekroju spoin

$$l_{\text{eff}} = 2 \cdot [b_f + (b_f - 2r - t_w) + [h - 2 \cdot (r + t_f)]]$$

$$l_{\text{eff}} = 2 \cdot [120 \cdot \text{mm} + (120 \cdot \text{mm} - 2 \cdot 12 \cdot \text{mm} - 6.5 \cdot \text{mm}) + [120 \cdot \text{mm} - 2 \cdot (12 \cdot \text{mm} + 11 \cdot \text{mm})]]$$

$$l_{\text{eff}} = 567.00 \cdot \text{mm}$$

$$A_w = a \cdot l_{\text{eff}}$$

$$A_w = 3 \cdot \text{mm} \cdot 567 \cdot \text{mm} = 1701.00 \cdot \text{mm}^2$$

$$\tau_r = 0$$

$$\sigma = \frac{N_{j,Ed}}{A_w} \quad \sigma = \frac{70.28 \cdot \text{kN}}{3 \cdot \text{mm} \cdot 567 \cdot \text{mm}} \quad \sigma = 41.32 \cdot \text{MPa}$$

$$\sigma_p = \frac{\sigma}{\sqrt{2}} \quad \sigma_p = 29.22 \cdot \text{MPa} \quad < \quad 0.9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} = 259.20 \cdot \text{MPa} \quad \text{-warunek (2) spełniony}$$

$$\tau_p = \sigma_p = 29.22 \cdot \text{MPa}$$

$$\sqrt{\sigma_p^2 + 3 \cdot \tau_p^2} = \sqrt{(29.22 \cdot \text{MPa})^2 + 3 \cdot (29.22 \cdot \text{MPa})^2} = 58.44 \cdot \text{MPa} \quad < \quad \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}} = 360.00 \cdot \text{MPa}$$

-warunek (1) spełniony

mgr inż. Andrzej Miklin

Uprawnienia budowlane do kierowania
robotami budowlanymi w pełnym zakresie
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
w ograniczonym zakresie do projektowania
w specjalności konstrukcyjno-budowlanej
Nr ewid. St-638/81