



BIURO PROJEKTOWE
mgr inż. Edward Piotrowski
22-100 CHEŁM, ul. Żwirki i Wigury 15/1A
tel. 604 921 952
e-mail: ed.pio@interia.pl
NIP 563 – 102 – 18 – 01 REGON 002680536

TYTUŁ OPRACOWANIA	OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE	EGZ. NR 1
NAZWA ZAMIERZENIA	PRZEBUDOWA CZĘŚCI BUDYNKU REMIZO - ŚWIETLICY Z PRZEZNACZENIEM NA BAZĘ MAGAZYNOWĄ W SZYCHOWICACH NOWYCH	
INWESTOR	Gmina Mircze, ul. Kryłowska 20, 22-530 Mircze	
ADRES INWESTYCJI	Szychowice Nowe, ul. Parkowa 72 22-530 Mircze	
IDENTYFIKATOR DZIAŁEK EWIDENCYJNYCH	060405_2. 2081.AR_ 14/1	
OBREB	060405_2. 2081 Szychowice RSP	
JEDBOSTKA EWIDENCYJNA	060405_2 Mircze	
KATEGORIA OBIEKTU	VIII - inne budowle	

SKŁAD OSÓB BIORĄCYCH UDZIAŁ W OPRACOWANIU

ZESPÓŁ PROJEKTOWY	IMIĘ I NAZWISKO SPECJALNOŚĆ	BRANŻA	NR UPRAWNIEŃ	PODPIS
PROJEKTANT	mgr inż. Tomasz Zakrzewski spec. konstr-bud.	KONSTRUKCJA	LUB/0380/ PWBKb/15	
SPRAWDZIŁ	mgr inż. Krzysztof Golec spec. konstr-bud.	KONSTRUKCJA	LUB/0366/ PWBKb/15	
DATA OPRACOWANIA	28.10.2025			

SPIS TREŚCI

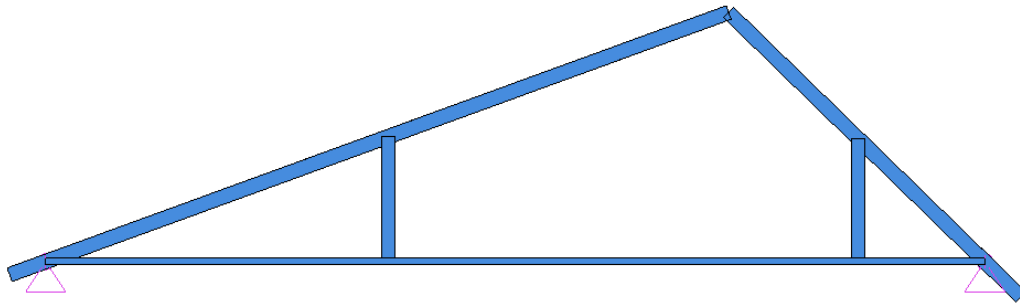
I. STRONA TYTUŁOWA	str.1
II. SPIS TREŚCI	str.2
III. OBLICZENIA STATYCZNO-WYTRZYMAŁOŚCIOWE	str.3
1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ NA DACH I STROP WPS	str.3
1.1. SCHEMAT STATYCZNY	str.3
1.2. OBCIĄŻENIA STAŁE	str.3
1.3. OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM	str.4
1.4. OBCIĄŻENIE WIATREM	str.5-10
2. REAKCJE Z DACHU I STROPU	str.10
2.1. SIŁY FZ	str.10
2.2. SIŁY FX	str.10
3. RAMA (NADPROŻE, TRZPIENIE, SŁUP)	str.11
3.1. SCHEMAT STATYCZNY	str.11
3.2. OBCIĄŻENIE MAX. Z DACHU I STROPU	str.11
3.3. PRZEMIESZCZENIA	str.12
3.4. SIŁY FX	str.12
3.5. SIŁY FZ	str.13
3.6. SIŁY MY	str.13
3.7. SIŁY W PODPORZE FX	str.14
3.8. SIŁY W PODPORZE FZ	str.14
3.7. SIŁY W PODPORZE MY	str.15
IV. WYMIAROWANIE ELEMENTÓW KONSTRUKCYJNYCH	str.16
STOPA SF-1	str.16-27
TRZPIEŃ T-1	str.28-37
SŁUP S-1	str.38-46
NADPROŻE N-1	str.47-72

OBLICZENIA STATYCZNO – WYTRZYMAŁOŚCIOWE

1. ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ NA DACH I STROP WPS

1.1. SCHEMAT STATYCZNY

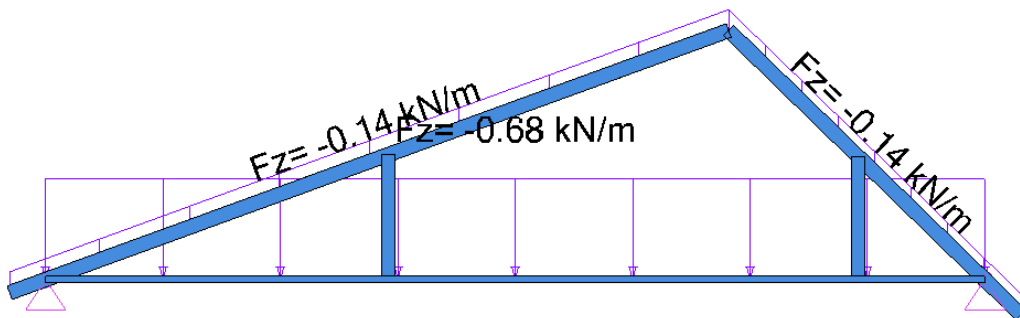
Widok z PRZODU



$\begin{matrix} z \\ \uparrow \\ \Rightarrow x \end{matrix}$

1.2. OBCIĄŻENIA STAŁE

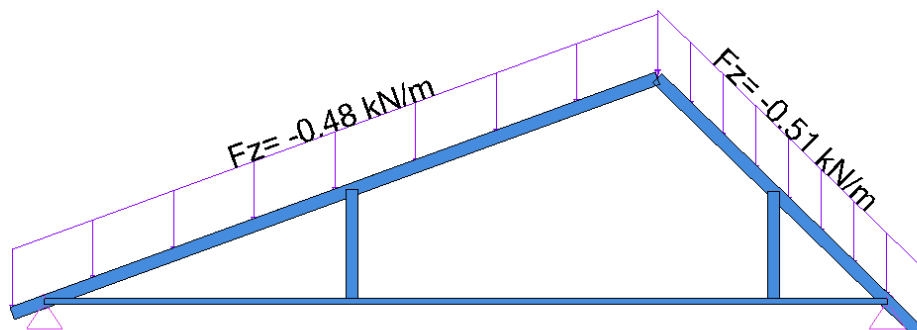
Widok z PRZODU



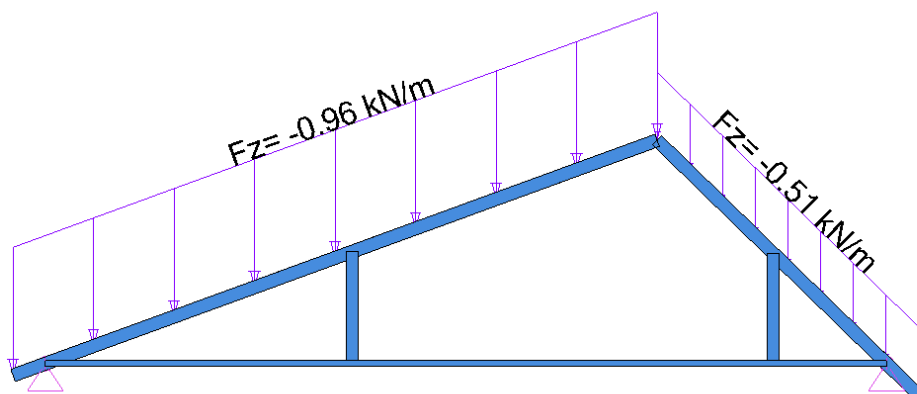
$\begin{matrix} z \\ \uparrow \\ \Rightarrow x \end{matrix}$

1.3. OBCIĄŻENIA ŚNIEGIEM

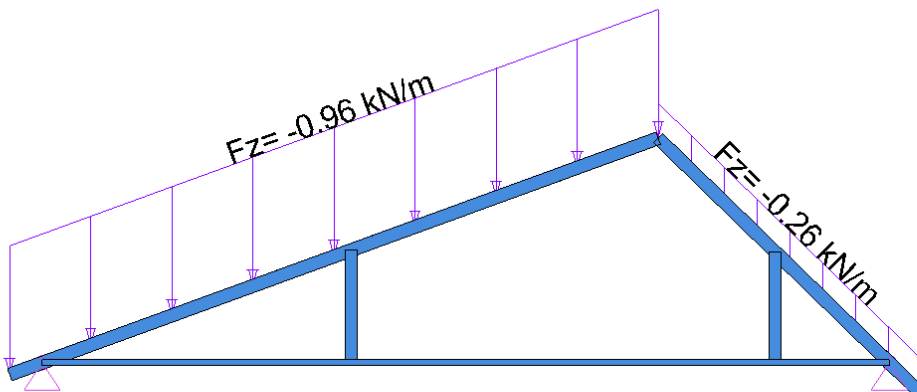
Widok z PRZODU



Widok z PRZODU

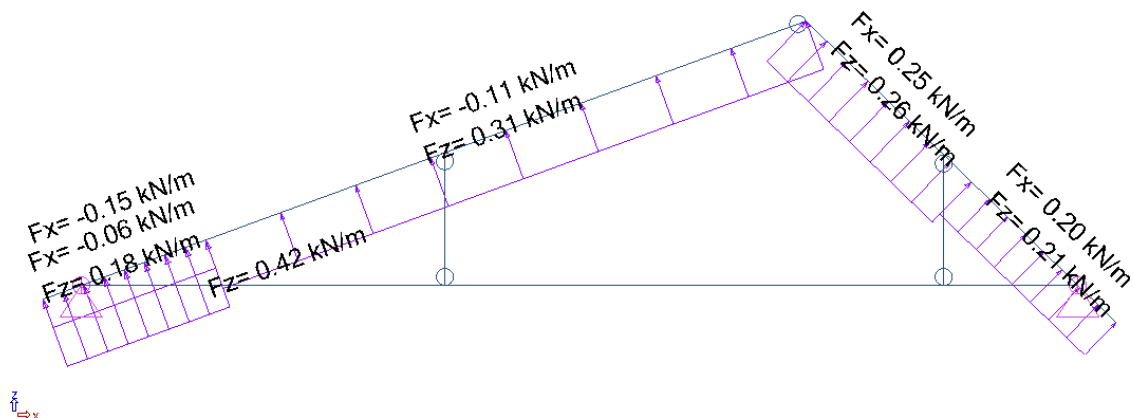


Widok z PRZODU



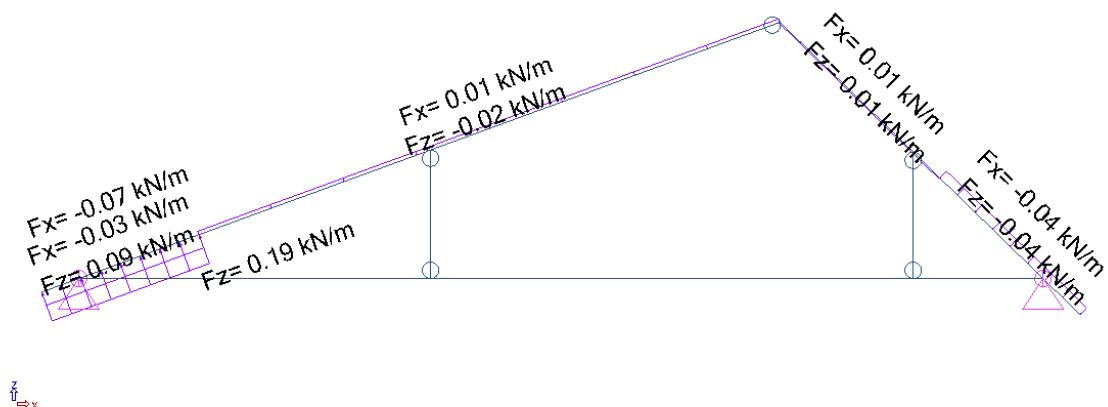
1.4. OBCIĄŻENIE WIATREM WX+S

Widok z PRZODU



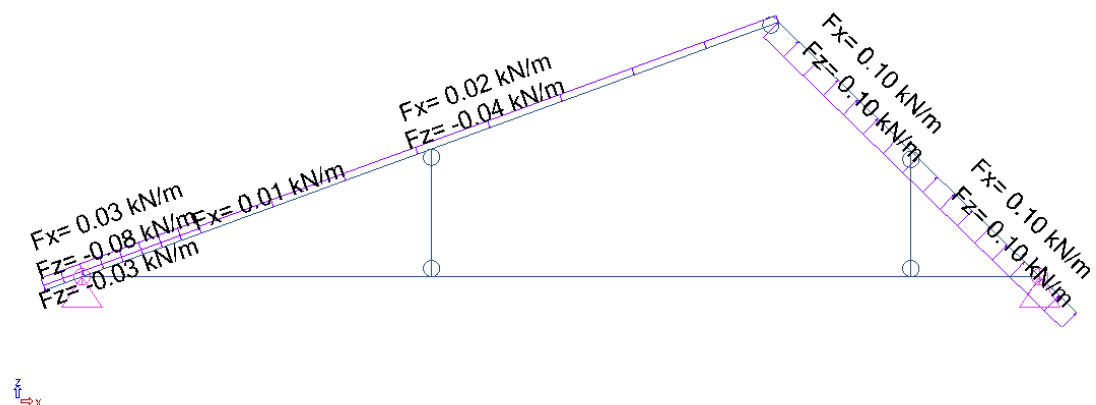
WX+D

Widok z PRZODU



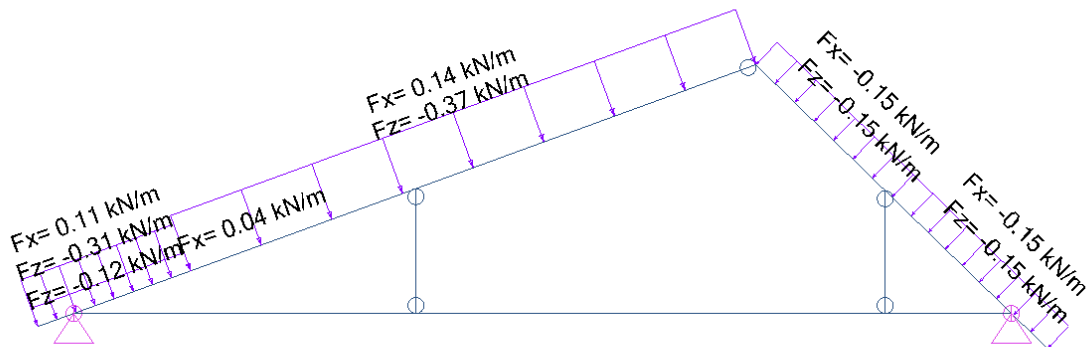
WX+S2

Widok z PRZODU



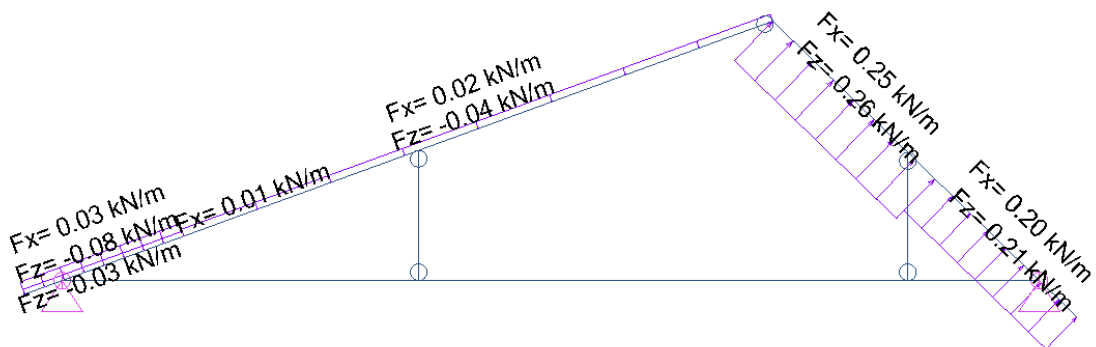
WX+D2

Widok z PRZODU



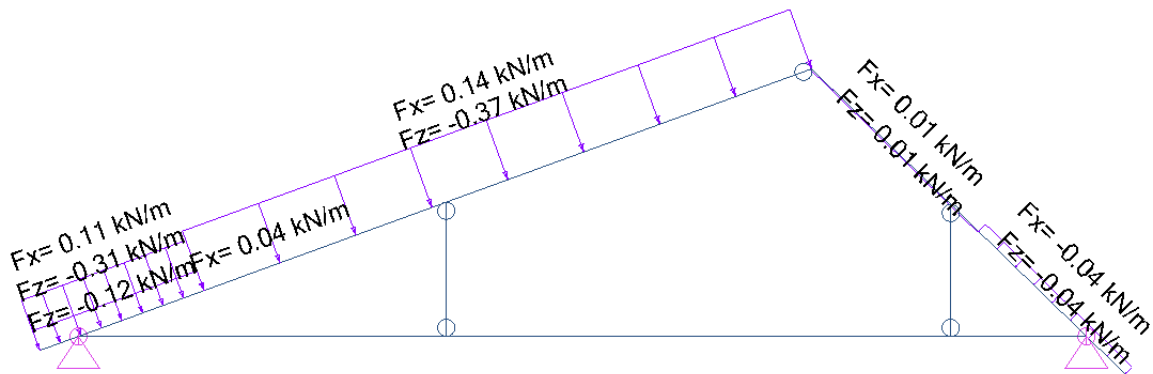
WX+S3

Widok z PRZODU



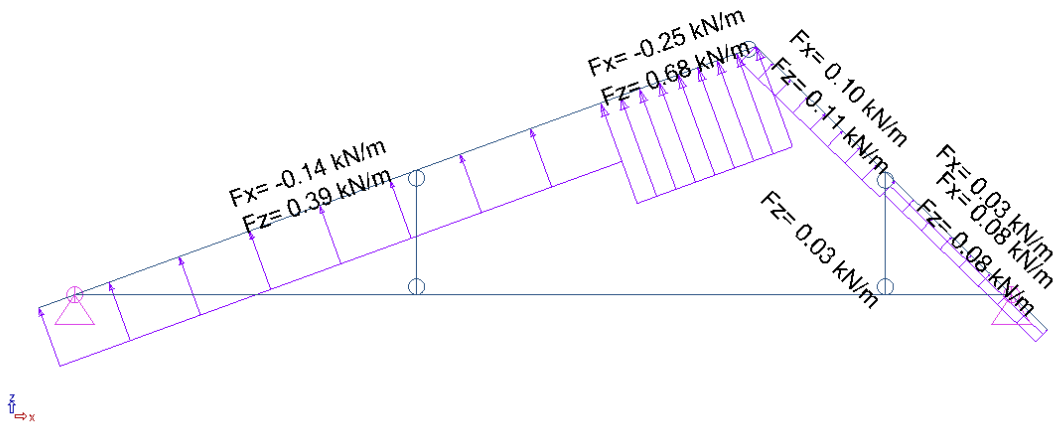
WX+D3

Widok z PRZODU



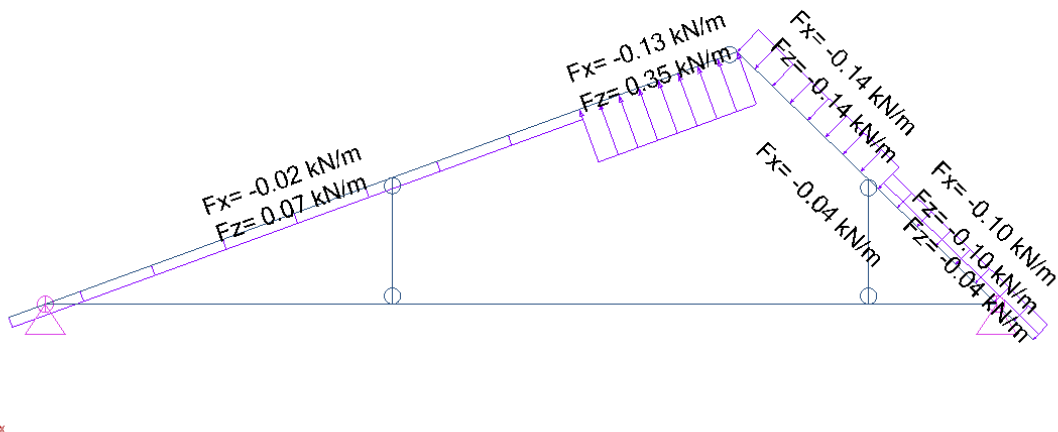
WX-S

Widok z PRZODU



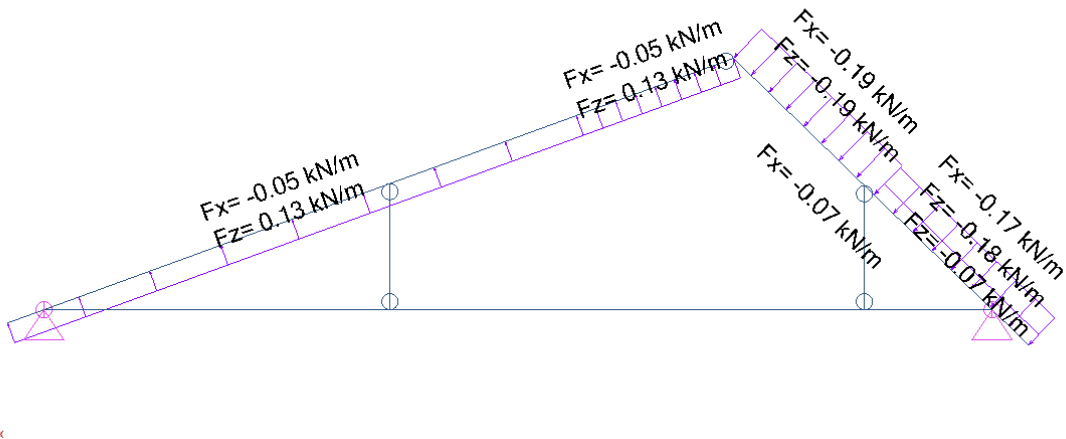
WX-D

Widok z PRZODU



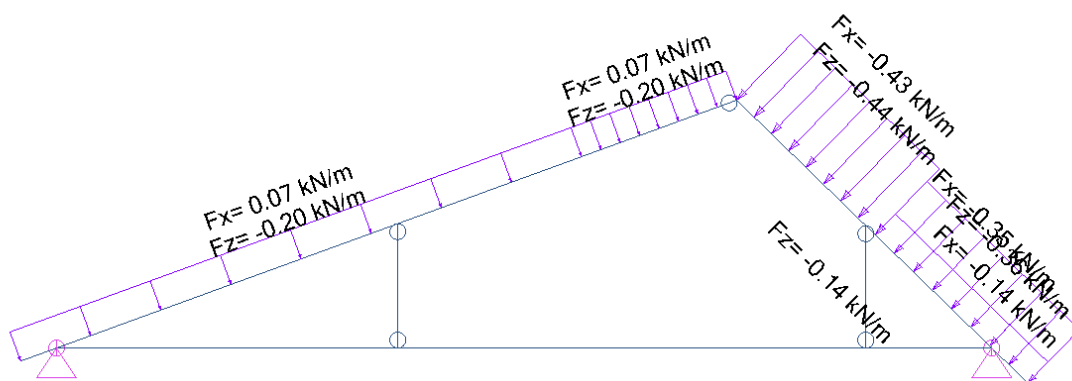
WX-S2

Widok z PRZODU



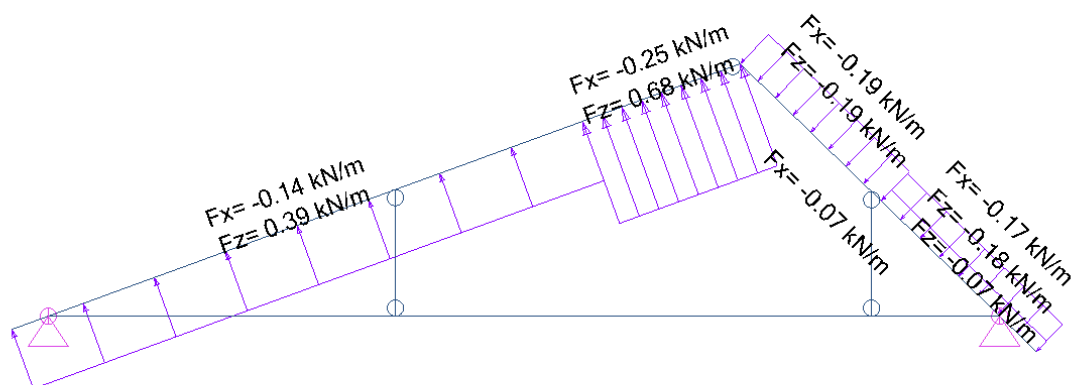
WX-D2

Widok z PRZODU



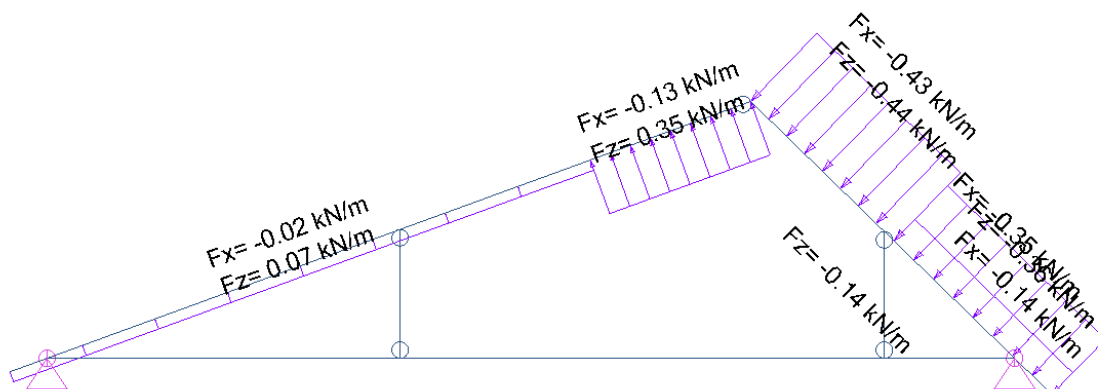
WX-S3

Widok z PRZODU



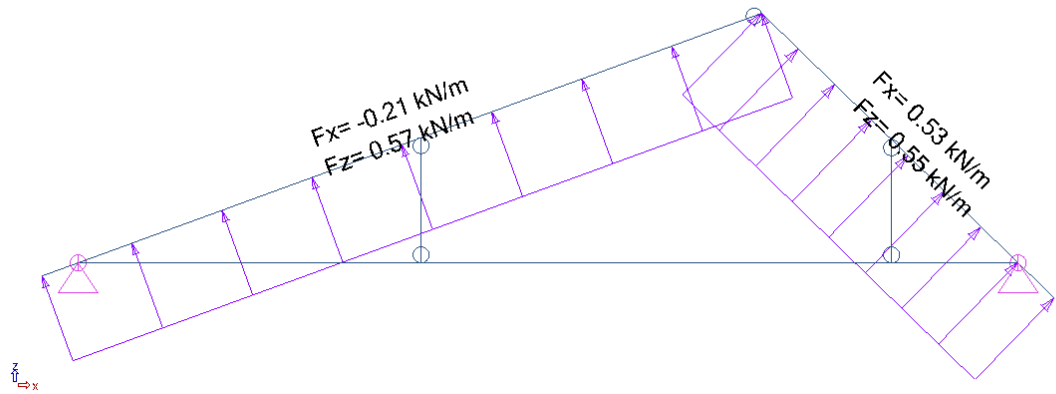
WX-D3

Widok z PRZODU



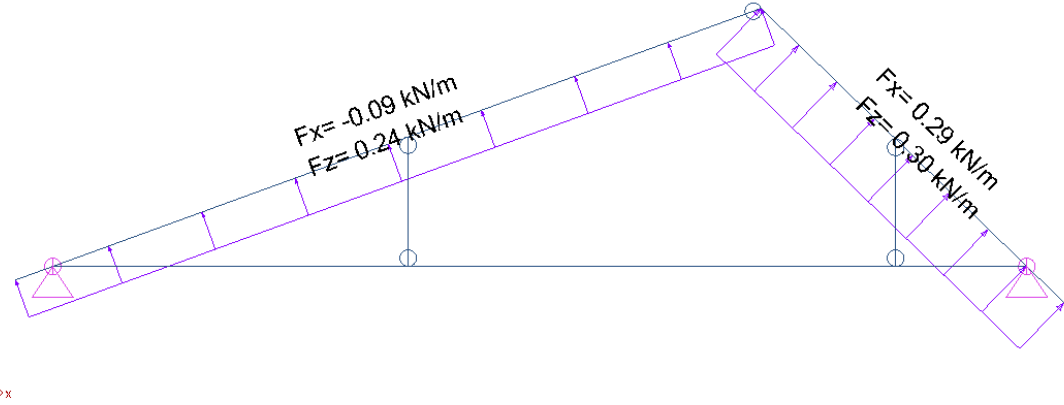
WY+S

Widok z PRZODU



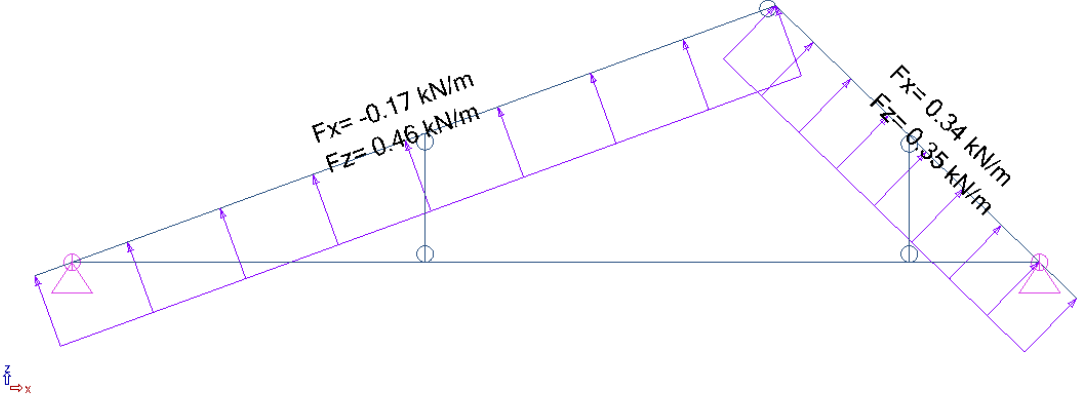
WY+D

Widok z PRZODU



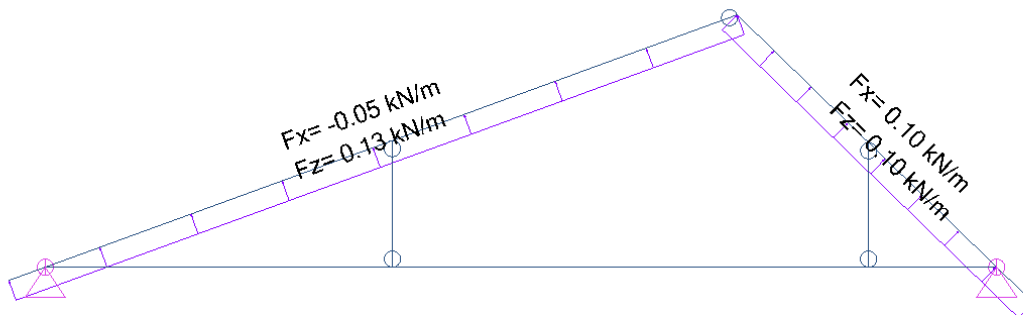
WY-S

Widok z PRZODU



WY-D

Widok z PRZODU



2. REAKCJE Z DACHU I STROPU

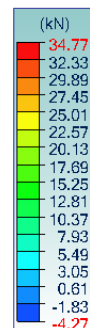
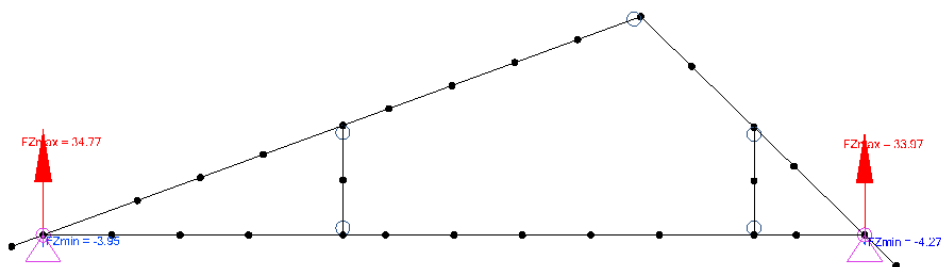
2.1. SIŁY FZ

Widok z PRZODU

Analiza: 1-20, 101-469 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)

Podpora punktowa : FZ Podpora liniowa : FZ Podpora powierzchniowa : FZ

Osie lokalne



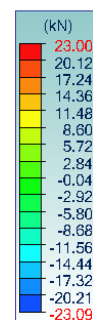
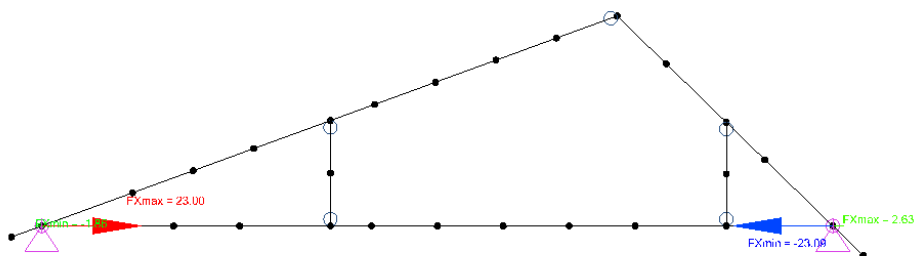
2.2. SIŁY FX

Widok z PRZODU

Analiza: 1-20, 101-469 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)

Podpora punktowa : FX Podpora liniowa : FX Podpora powierzchniowa : FX

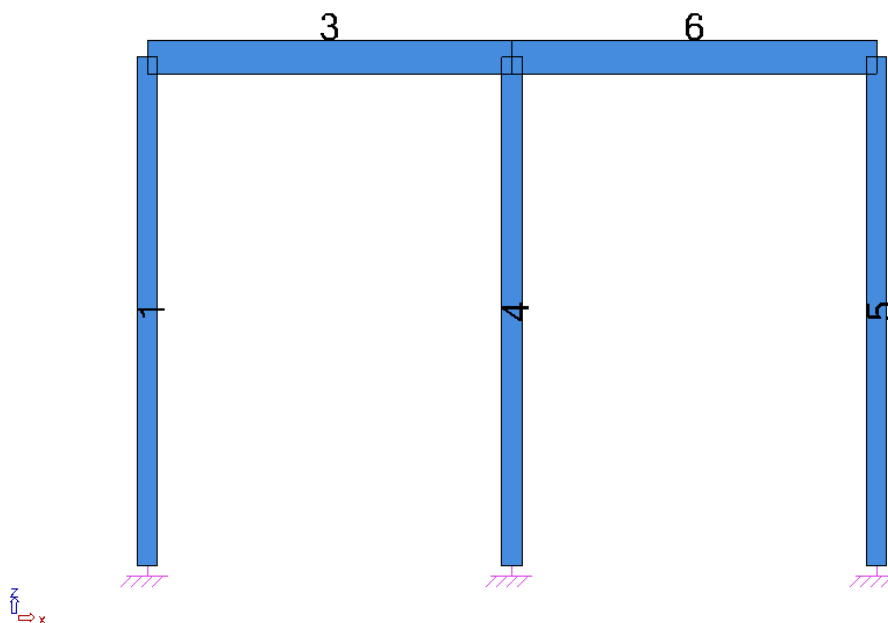
Osie lokalne



3. RAMA (NADPROŻE, TRZPIENIE, SŁUP)

3.1. SCHEMAT STATYCZNY

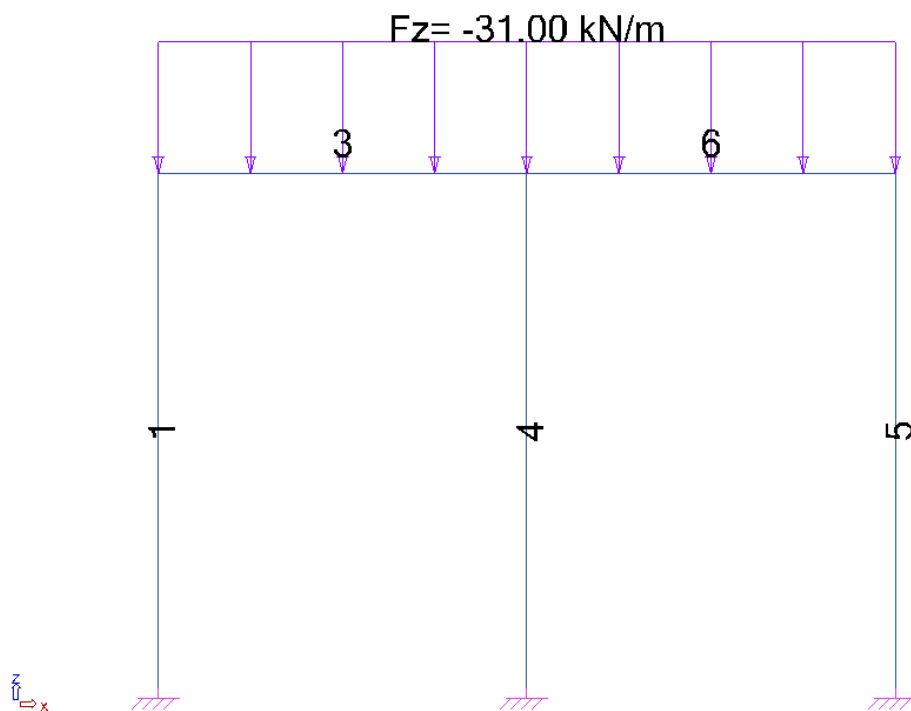
Widok z PRZODU



3.2. OBCIĄŻENIA MAX. Z DACHU I STROPU (CHARAKTERYSTYCZNE)

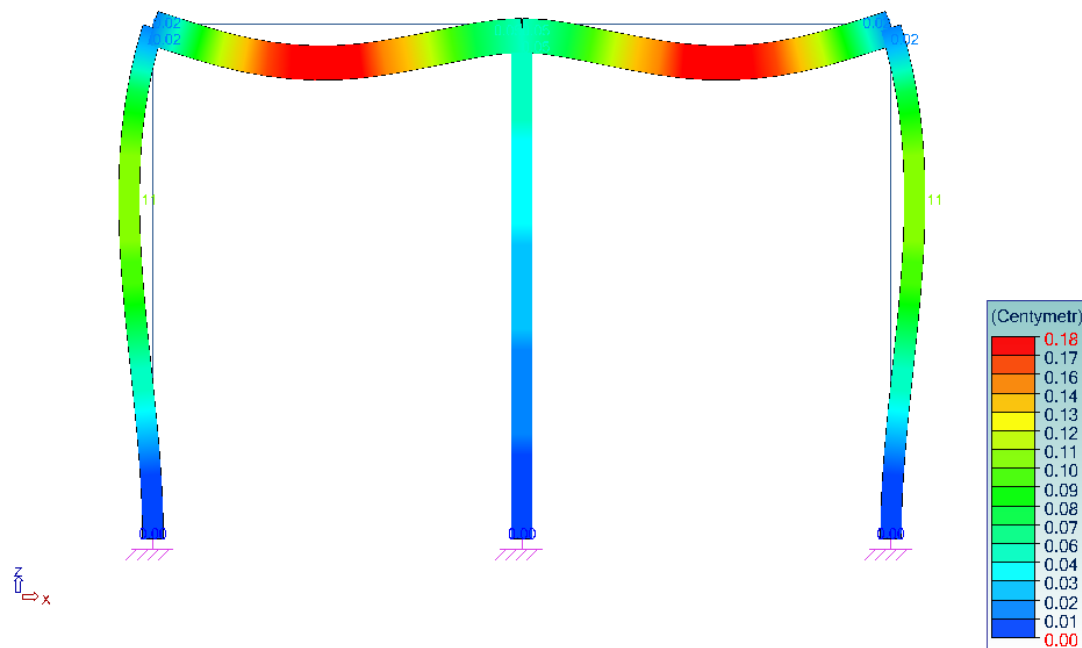
- OBLICZENIOWE $31 \text{ kN/m} \times 1,35 = 41,85 \text{ kN/m}$

Widok z PRZODU



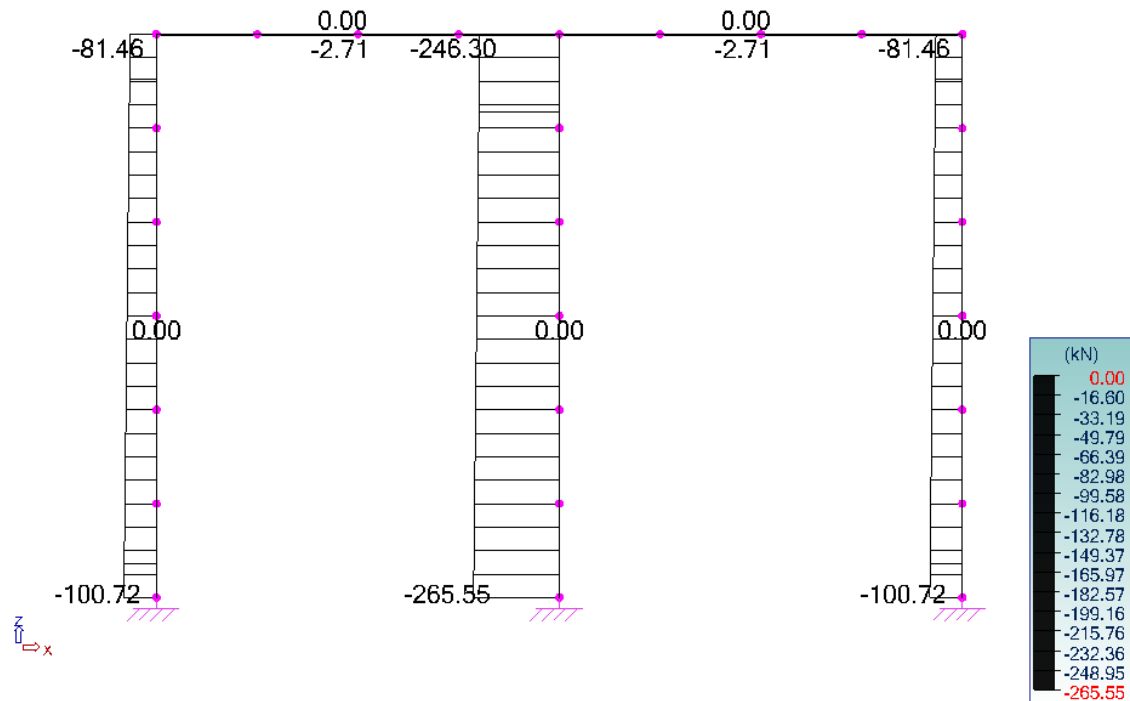
3.3. PRZEMIESZCZENIA

Widok z PRZODU
Analiza: 1, 101-105 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)
Element liniowy : D Element powierzchniowy : D
Osie lokalne



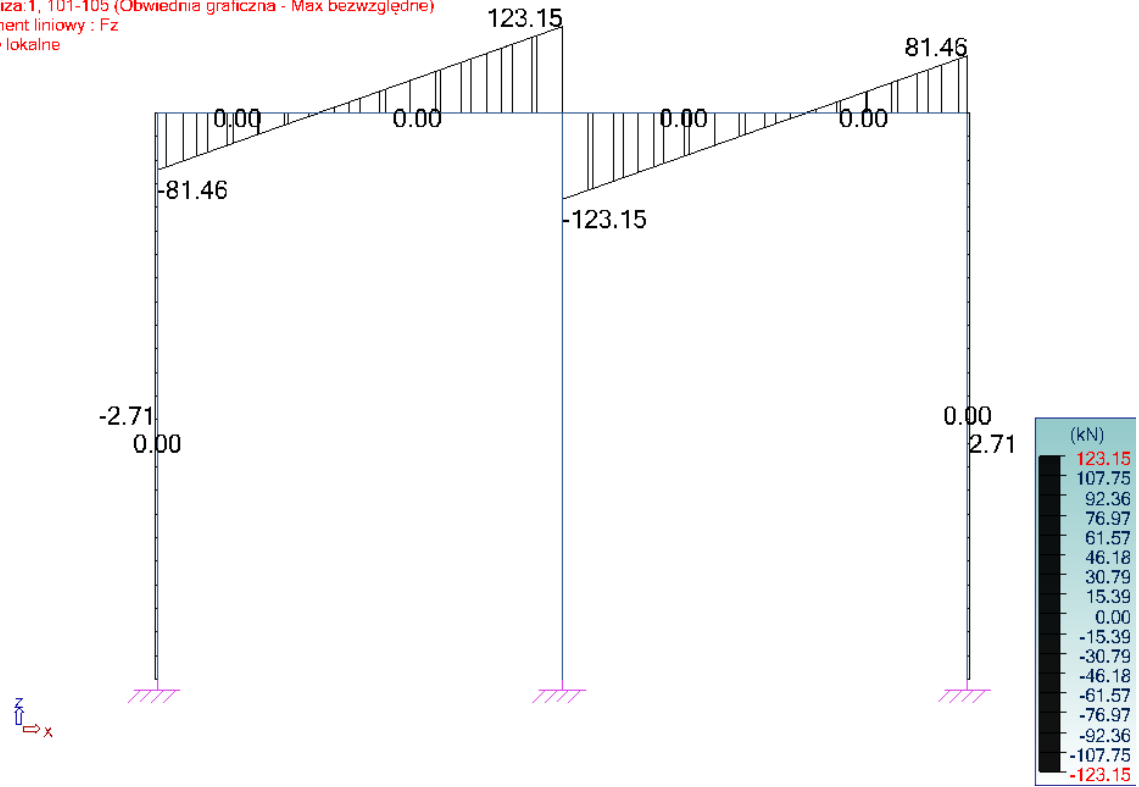
3.4. SIŁY FX

Widok z PRZODU
Analiza: 1, 101-105 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)
Element liniowy : Fx
Osie lokalne



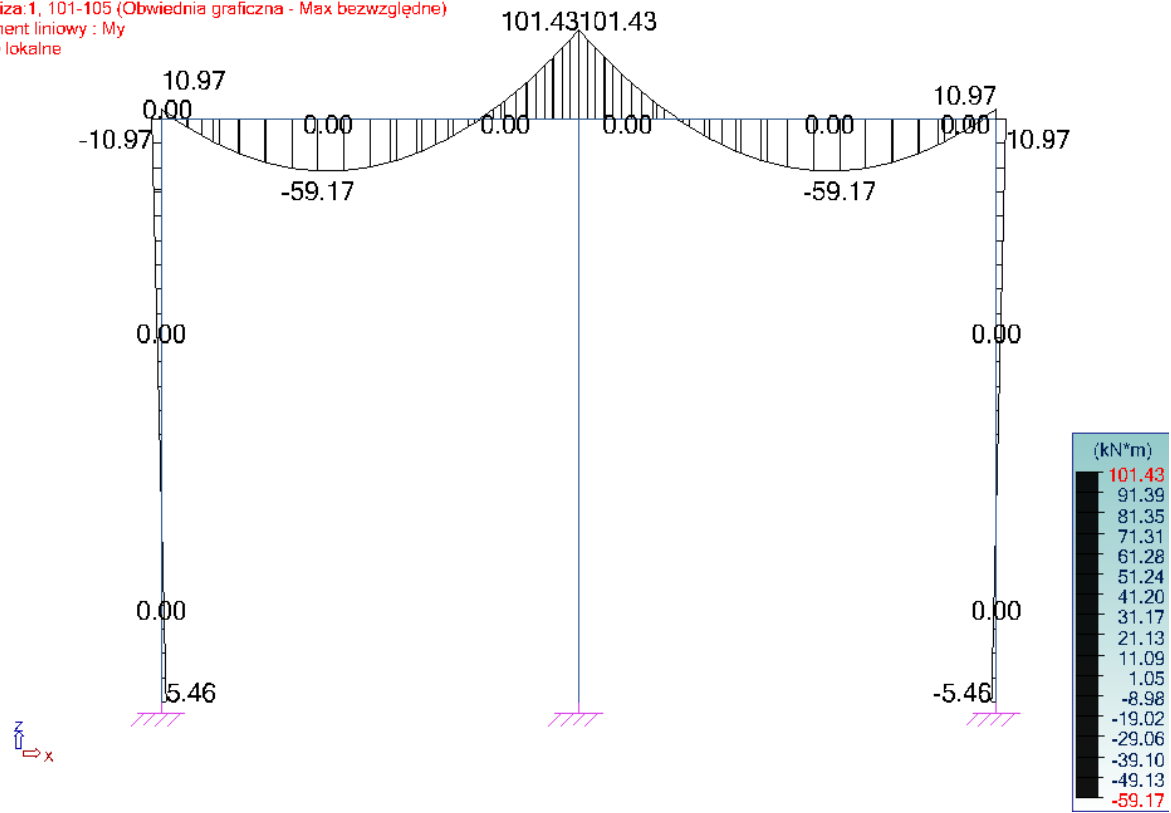
3.5. SIŁY FZ

Widok z PRZODU
Analiza: 1, 101-105 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)
Element liniowy : Fz
Oś lokalne



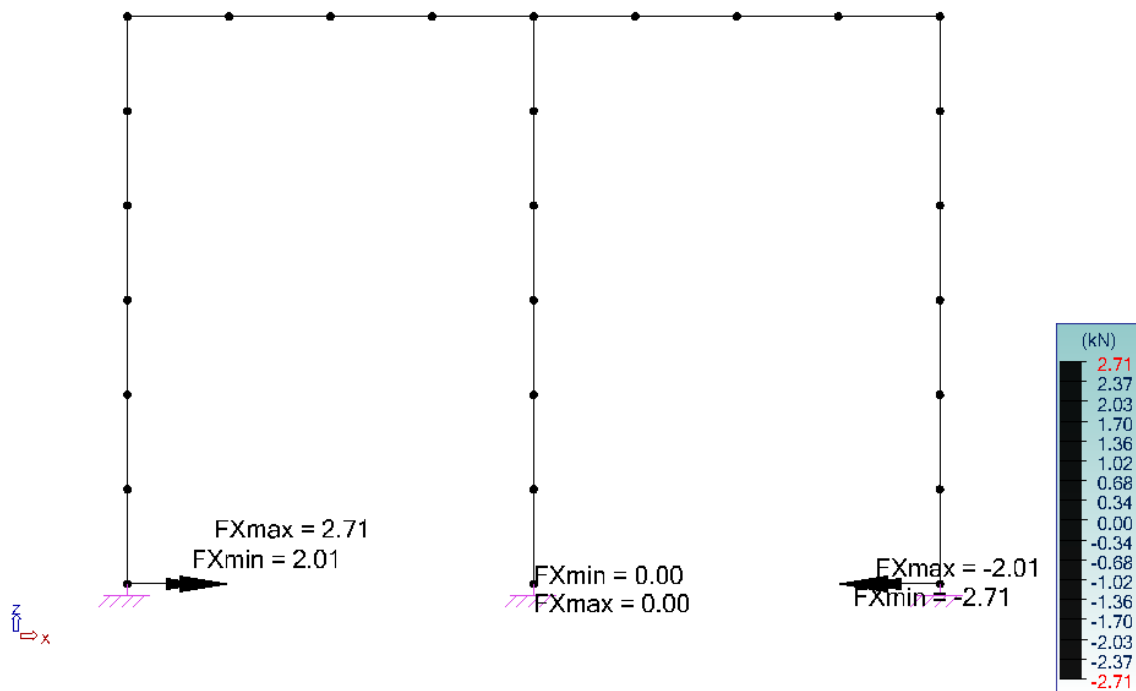
3.6. SIŁY MY

Widok z PRZODU
Analiza: 1, 101-105 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)
Element liniowy : My
Oś lokalne



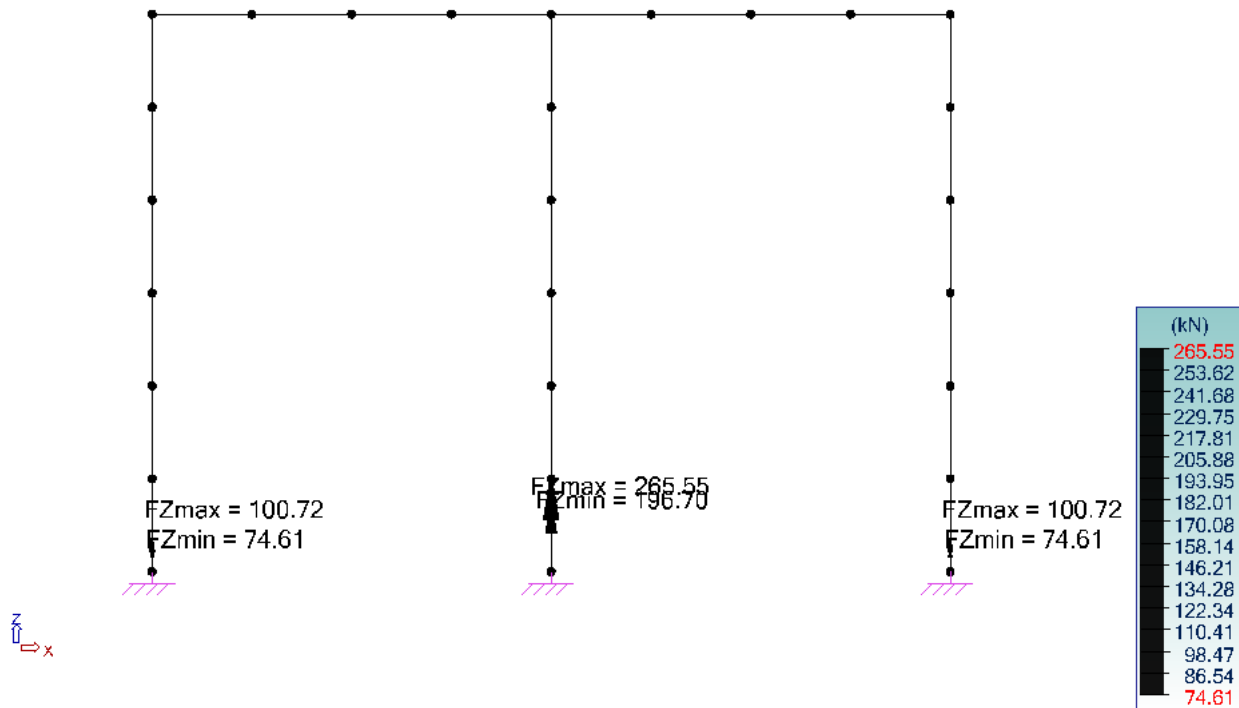
3.7. SYŁY W PODPORZE FX

Widok z PRZODU
Analiza: 1, 101-105 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)
Podpora punktowa : FX Podpora liniowa : FX Podpora powierzchniowa : FX
Oś lokalne



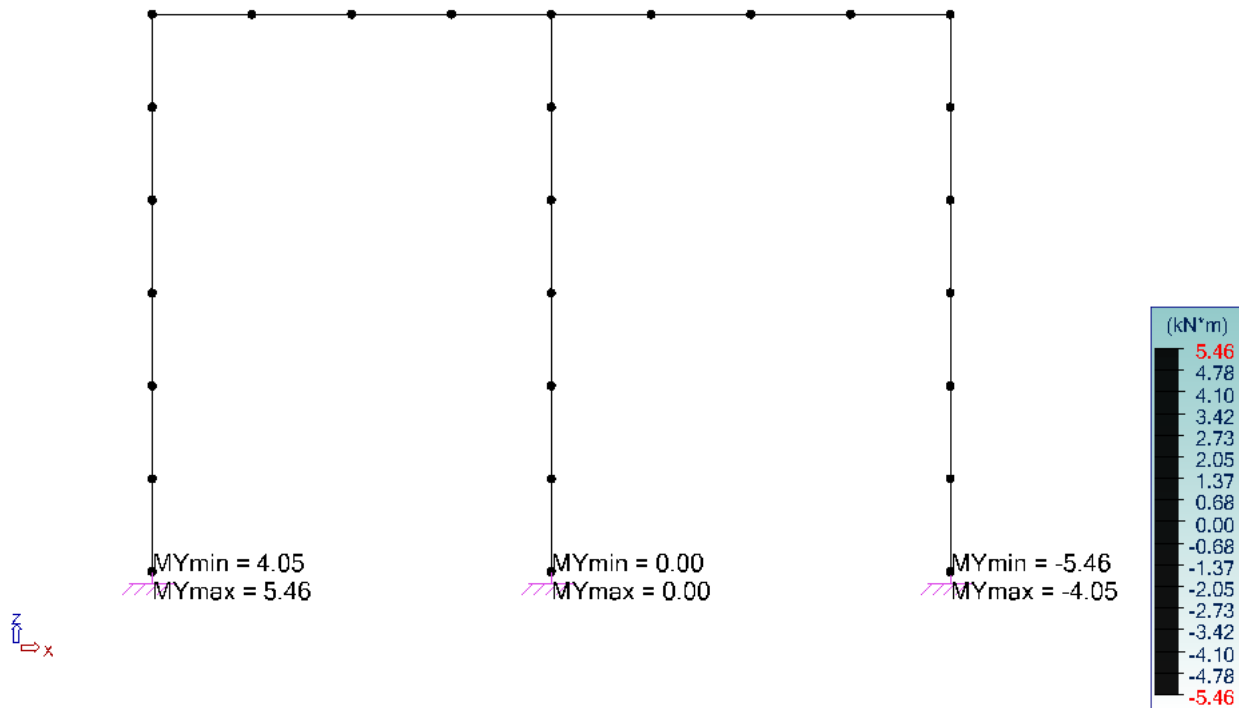
3.8. SYŁY W PODPORZE FZ

Widok z PRZODU
Analiza: 1, 101-105 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)
Podpora punktowa : FZ Podpora liniowa : FZ Podpora powierzchniowa : FZ
Oś lokalne



3.7. SYŁY W PODPORZE MY

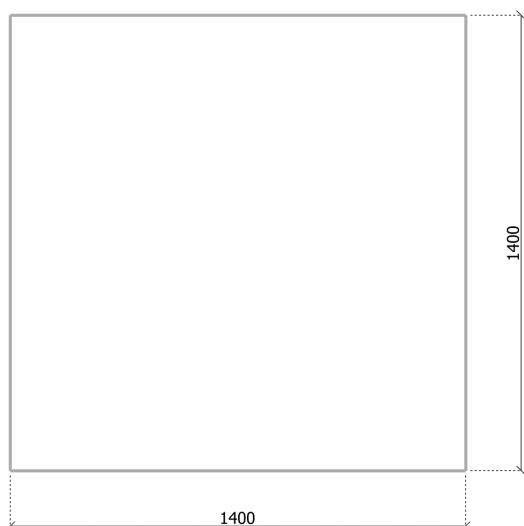
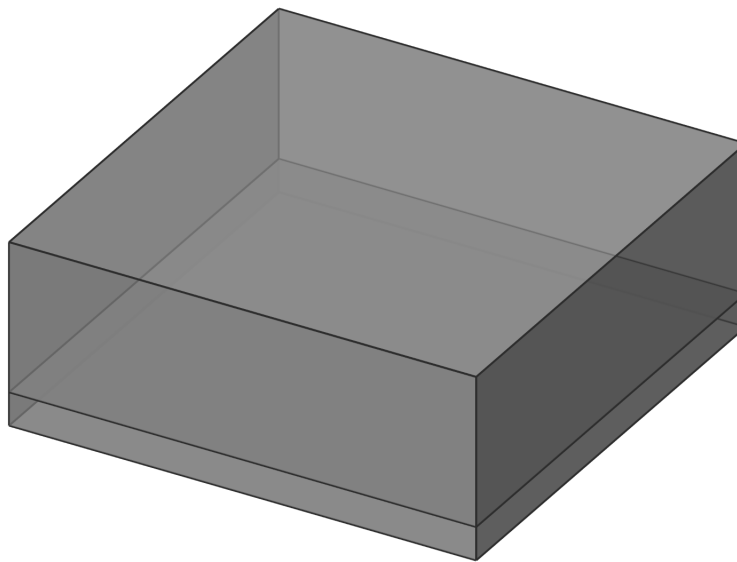
Widok z PRZODU
Analiza: 1, 101-105 (Obwiednia graficzna - Max bezwzględne)
Podpora punktowa : MY Podpora liniowa : MY Podpora powierzchniowa : MY
Ośie lokalne



 GRAITEC INNOVATION www.graitec.com 17 Burospace 91572 Bièvres	Projekt	STOPA SF-1		
	Adres			
	Raport			
	Projektant		Data	
	Sprawdzający		Data	
	Rewizja	A	Rysunek	S

Stopa żelbetowa

1 Geometria



Typ fundamentu: Stopa fundamentowa

Opis geometrii			Poziom (mm)		
Stopa (mm)			Stopa		Trzon
Szerokość	Długość	Wysokość	Góra	Dół	Góra
1400	1400	450	-1400	-1850	-1400

Podsypka

Typ podkładu: Chudy beton

Grubość elementu

100 mm Nie zablokowane

2 Dane gruntu

Nie zdefiniowano górnego poziomu zwierciadła wody gruntowej.

Nie zdefiniowano dolnego poziomu zwierciadła wody gruntowej.

Obliczenia nie są przeprowadzone w warunkach bez odpływu

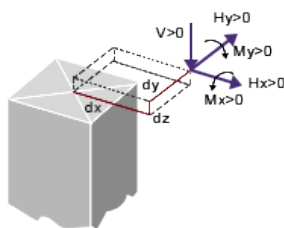
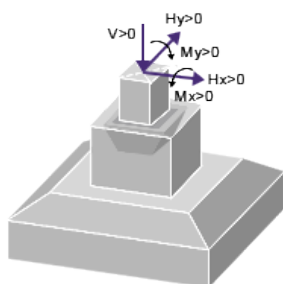
Parametry gruntu						
Warstwa gruntu	Głębokość minimalna/maksymalna	Warunek	Ciężar (kN/m ³)	Kąt tarcia	Spójność (MPa)	Typ
	(mm)					
1 - Gлина (piasek, pył i gлина)	0 / -5000	Z odpływem	19	26 °	0.02	Spoisty
		Bez odpływu	19	0 °	0.02	
2 - Grunt gliniasty (zwarty)	-5000 / -	Z odpływem	19	26 °	0.05	Spoisty
		Bez odpływu	19	0 °	0.07	

Parametry gruntu					
Warstwa gruntu	Współczynnik Poissona	Moduł edometryczny	Moduł Younga	Moduł Menarda	α_{Menard}
1 - Gлина (piasek, pył i gлина)	0.3	40.38	30	15	0.5
2 - Grunt gliniasty (zwarty)	0.25	12	10	6.6	0.66

3 Obciążenia i kombinacje

Opis przypadków obciążenia								
ID	Tytuł	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	γ_{EQU}	γ_{STR}	$\gamma_{\text{EQU,Fav}}$	$\gamma_{\text{STR,Fav}}$
1	G	-	-	-	1.1	1.35	0.9	1

Obciążenia						
Obciążenie	Nazwa przypadku obciążenia	V	M_x	M_y	H_x	H_y
		(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
1	1 - G	196.7	0	-0	-0	0
Obciążenia na gruncie G	1 - G	0	-	-	-	-
Obciążenia na gruncie Q	2 - G	0	-	-	-	-



Miejsce przyłożenia sił:

$$dx = 0 \text{ mm}$$

$$dy = 0 \text{ mm}$$

$$dz = 0 \text{ mm}$$

/ górny poziom fundamentu

Dla kombinacji w poniższej tabeli, wszystkie siły zostały zredukowane do podstawy fundamentu.

V jest wartością obliczeniową efektywnego obciążenia pionowego działającego prostopadle do podstawy fundamentu (ciężar własny fundamentu + zdefiniowane obciążenie pionowe).

Kombinacje obciążeń (brak warstwy wody)							
ID	Kombinacja	Typ	V	M _x	M _y	H _x	H _y
			(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
101	0.9x[1 G]	SGN	243.42	0	-0	-0	0
102	1.1x[1 G]	SGN	297.52	0	-0	-0	0
103	1x[1 G]	SGN	270.47	0	-0	-0	0
104	1.35x[1 G]	SGN	365.14	0	-0	-0	0
105	1x[1 G]	SGU-CH	270.47	0	-0	-0	0
106	1x[1 G]	SGU-CZ	270.47	0	-0	-0	0
107	1x[1 G]	SGU-QS	270.47	0	-0	-0	0

4 Założenia globalne

Obliczenia według EN 1990 / EN 1991 / EN 1992-1-1

4.1 Lokalizacja

Lokalizacja	Polska
Typ elementu	Stopa fundamentowa
Nr elementu	2
Położenie	Stopa 1, Poziom 1
Rysunek	S
Poziom	-1400 mm
Współrzędne	X = 0 mm; Y = 0 mm; Z = 0 mm

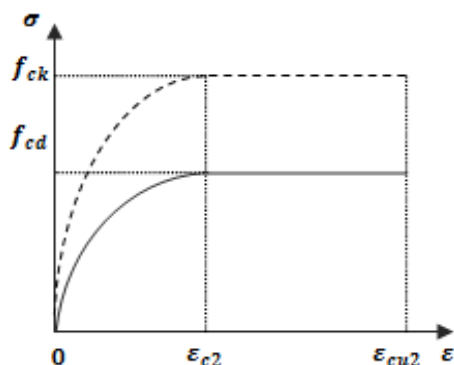
4.2 Jednostki

Długości	mm
Siły	kN
Momenty	kN · m
Naprężenia	MPa (N/mm²)
Kąty	°
Powierzchnie zbrojenia	cm²
Szerokość rozwarcia rys	mm

4.3 Materiały

Beton (EN 1992-1-1 / 3.1)

Klasa betonu: C30/37



$$f_{ck} = 30 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \times \frac{30 \text{ MPa}}{1.4} = 21.43 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{c2} = 2\text{‰}$$

$$\varepsilon_{cu2} = 3.5\text{‰}$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 30 \text{ MPa} + 8 \text{ MPa} = 38 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot (f_{ck})^{2/3}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \times (30 \text{ MPa})^{2/3} = 2.9 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \times \left[\frac{38 \text{ MPa}}{10} \right]^{0.3}$$

$$E_{cm} = 32836.57 \text{ MPa}$$

$$\rho_c = 2500$$

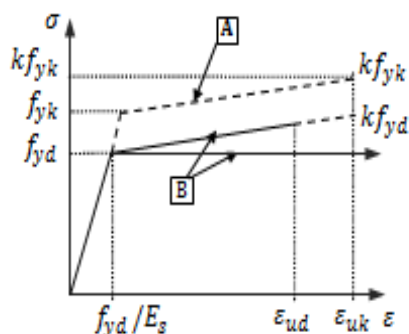
$$\text{SGN: } \gamma_c = 1.4$$

$$\text{SGN-A: } \gamma_c = 1.2$$

$$\text{SGN-S: } \gamma_c = 1.2$$

Stal (EN 1992-1-1 / §3.2 / Załącznik C)

Gatunek stali: B500A



$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{uk} = 25\text{‰}$$

$$\varepsilon_{ud} = 0.9 \varepsilon_{uk} = 0.9 \times 25 = 22.5\text{‰}$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Klasa ciągliwości: A

Wykres z poziomą gałęzią

$$k = 1.05$$

$$\text{SGN: } \gamma_s = 1.15$$

$$\text{SGN-A: } \gamma_s = 1$$

$$\text{SGN-S: } \gamma_s = 1$$

4.4 Otulina

Klasa ekspozycji

XC2

(§4.2)

Klasa konstrukcji

S4

(Tabela 4.3)

Otulina

(§4.4.1)

Nominalna otulina betonu (mm)			Wartości minimalne (mm)	
Górna	Dolna	Boczna	c_{nom}	$c_{min,b}$
40	75	40	35	0

Otulina minimalna dla trwałości

$$c_{min,dur} = 25 \text{ mm}$$

(§4.4.1.2 (5))

Tolerancja wykonania

$$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$$

(§4.4.1.1 2(P))

Tolerancja bezpieczeństwa

$$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm}$$

(§4.4.1.2 (6))

Redukcja dla stali nierdzewnej

$$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$$

(§4.4.1.2 (7))

Redukcja dla dodatkowego zabezpieczenia

$$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$$

(§4.4.1.2 (8))

5 Weryfikacja nośności

5.1 Założenia dotyczące nośności

Prostokątny rozkład naprężeń pod fundamentem (Meyerhof, EN 1997 - Załącznik D).

Wartość charakterystyczna nośności podłoża gruntowego jest obliczana.

Współczynniki nachylenia obciążenia są uwzględnione.

Nachylenie podstawy: 0° .

Zachowanie podłoża nośnego: Grunt spoisty (lub mieszany).

Rozkład naprężeń pod fundamentem: Prostokątny (EN 7 Załącznik D)

5.2 Weryfikacja nośności

Z odpływem SGN

Kombinacja: 104: 1.35x[1 G]

Obciążenie pionowe $V_d = 365.14 \text{ kN}$

Naprężenie od nadkładu $q' = 0.04 \text{ MPa}$

Obliczeniowa wartość oporu gruntu
(D.4) z EN 1997-1 $R_d = \frac{A' \cdot q_{ult,k}}{\gamma_{R,v}} = \frac{1.96 \text{ m}^2 \times 1.39 \text{ MPa}}{1.4} = 1943.87 \text{ kN}$

Efektywne pole powierzchni
(D.1) z EN 1997-1 $A' = (A - 2 \cdot |e_x|) \cdot (B - 2 \cdot |e_y|)$
 $A' = (1400 \text{ mm} - 2 \times |0 \text{ mm}|) \times (1400 \text{ mm} - 2 \times |0 \text{ mm}|)$
 $A' = 1.96 \text{ m}^2$

Mimośród wzdłuż x $e_x = \frac{M_y}{V_d} = \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{365.14 \text{ kN}} = 0 \text{ mm}$

Mimośród wzdłuż y $e_y = \frac{M_x}{V_d} = \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{365.14 \text{ kN}} = 0 \text{ mm}$

Obliczeniowa nośność gruntu (D.4) EN 1997-1

Parametry gruntu

Efektywny kąt tarcia $\varphi' = 26^\circ$

Efektywna spójność $c' = 0.02 \text{ MPa}$

Efektywny ciężar objętościowy $\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$

Wpływ spójności

Współczynnik nośności $N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\varphi') = (11.85 - 1) \times \cot(26^\circ) = 22.25$

Współczynnik kształtu $s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1.44 \times 11.85 - 1}{11.85 - 1} = 1.48$

Współczynnik nachylenia podstawy $b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan(\varphi')} = 1 - \frac{1 - 1}{22.25 \times \tan(26^\circ)} = 1$

Współczynnik nachylenia obciążenia $i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan(\varphi')} = 1 - \frac{1 - 1}{22.25 \times \tan(26^\circ)} = 1$

Wpływ obciążenia

Współczynnik nośności $N_q = e^{\pi \tan(\varphi')} \cdot \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right)$
 $N_q = e^{\pi \tan(26^\circ)} \times \tan^2\left(45^\circ + \frac{26^\circ}{2}\right) = 11.85$

Współczynnik kształtu $s_q = 1 + \frac{B'}{L'} \cdot \sin(\varphi') = 1 + \frac{1400 \text{ mm}}{1400 \text{ mm}} \times \sin(26^\circ) = 1.44$

Współczynnik nachylenia podstawy $b_q = [1 - \alpha \cdot \tan(\varphi')]^2 = [1 - 0 \times \tan(26^\circ)]^2 = 1$

Współczynnik nachylenia obciążenia

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V_k + A' \cdot c' \cdot \cot(\varphi')}\right)^m$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0 \text{ kN}}{270.47 \text{ kN} + 1.96 \text{ m}^2 \times 0.02 \text{ MPa} \times \cot(26^\circ)}\right)^0 = 1$$

Wpływ kształtu

Współczynnik nośności

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \times \tan(\varphi') = 2(11.85 - 1) \times \tan(26^\circ) = 10.59$$

Współczynnik kształtu

$$s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B'}{L'} = 1 - 0.3 \times \frac{1400 \text{ mm}}{1400 \text{ mm}} = 0.7$$

Współczynnik nachylenia podstawy

$$b_\gamma = [1 - \alpha \cdot \tan(\varphi')]^2 = [1 - 0 \times \tan(26^\circ)]^2 = 1$$

Współczynnik nachylenia obciążenia

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V_k + A' \cdot c' \cdot \cot(\varphi')}\right)^{m+1}$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0 \text{ kN}}{270.47 \text{ kN} + 1.96 \text{ m}^2 \times 0.02 \text{ MPa} \times \cot(26^\circ)}\right)^{0+1}$$

$$i_\gamma = 1$$

Naprężenie dopuszczalne

$$q_{ult,k} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$q_{ult,k} = 0.02 \text{ MPa} \times 22.25 \times 1 \times 1.48 \times 1 +$$

$$+ 0.04 \text{ MPa} \times 11.85 \times 1 \times 1.44 \times 1 +$$

$$+ 0.5 \times 19 \text{ kN/m}^3 \times 1400 \text{ mm} \times 10.59 \times 1 \times 0.7 \times 1$$

$$q_{ult,k} = 1.39 \text{ MPa}$$

Nośność gruntu

$$V_d \leq R_d: 365.14 \text{ kN} \leq 1943.87 \text{ kN}$$

(6.5.2.1) z EN 1997-1

(18.78%) Warunek spełniony**Bez odpływu SGN**

Brak kombinacji SGN dla warunków bez odpływu.

Z odpływem SGU**Kombinacja:****107: 1x[1 G]**

Obciążenie pionowe

$$V_d = 270.47 \text{ kN}$$

Naprężenie od nadkładu

$$q' = 0.04 \text{ MPa}$$

Obliczeniowa wartość oporu gruntu

(D.4) z EN 1997-1

$$R_d = \frac{A' \cdot q_{ult,k}}{\gamma_{R,v}} = \frac{1.96 \text{ m}^2 \times 1.39 \text{ MPa}}{3} = 907.14 \text{ kN}$$

Efektywne pole powierzchni

(D.1) z EN 1997-1

$$A' = (A - 2 \cdot |e_x|) \cdot (B - 2 \cdot |e_y|)$$

$$A' = (1400 \text{ mm} - 2 \times |0 \text{ mm}|) \times (1400 \text{ mm} - 2 \times |0 \text{ mm}|)$$

$$A' = 1.96 \text{ m}^2$$

Mimośród wzdłuż x

$$e_x = \frac{M_y}{V_d} = \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{270.47 \text{ kN}} = 0 \text{ mm}$$

Mimośród wzdłuż y

$$e_y = \frac{M_x}{V_d} = \frac{0 \text{ kN} \cdot \text{m}}{270.47 \text{ kN}} = 0 \text{ mm}$$

Obliczeniowa nośność gruntu (D.4) EN 1997-1**Parametry gruntu**

Efektywny kąt tarcia

$$\varphi' = 26^\circ$$

Efektywna spójność

$$c' = 0.02 \text{ MPa}$$

Efektywny ciężar objętościowy

$$\gamma' = 19 \text{ kN/m}^3$$

Wpływ spójności

Współczynnik nośności

$$N_c = (N_q - 1) \cdot \cot(\varphi') = (11.85 - 1) \times \cot(26^\circ) = 22.25$$

Współczynnik kształtu

$$s_c = \frac{s_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1} = \frac{1.44 \times 11.85 - 1}{11.85 - 1} = 1.48$$

Współczynnik nachylenia podstawy

$$b_c = b_q - \frac{1 - b_q}{N_c \cdot \tan(\varphi')} = 1 - \frac{1 - 1}{22.25 \times \tan(26^\circ)} = 1$$

Współczynnik nachylenia obciążenia

$$i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_c \cdot \tan(\varphi')} = 1 - \frac{1 - 1}{22.25 \times \tan(26^\circ)} = 1$$

Wpływ obciążenia

Współczynnik nośności

$$N_q = e^{\pi \tan(\varphi')} \cdot \tan^2\left(45^\circ + \frac{\varphi'}{2}\right)$$

$$N_q = e^{\pi \tan(26^\circ)} \times \tan^2\left(45^\circ + \frac{26^\circ}{2}\right) = 11.85$$

Współczynnik kształtu

$$s_q = 1 + \frac{B'}{L} \cdot \sin(\varphi') = 1 + \frac{1400 \text{ mm}}{1400 \text{ mm}} \times \sin(26^\circ) = 1.44$$

Współczynnik nachylenia podstawy

$$b_q = [1 - \alpha \cdot \tan(\varphi')]^2 = [1 - 0 \times \tan(26^\circ)]^2 = 1$$

Współczynnik nachylenia obciążenia

$$i_q = \left(1 - \frac{H}{V_k + A' \cdot c' \cdot \cot(\varphi')}\right)^m$$

$$i_q = \left(1 - \frac{0 \text{ kN}}{270.47 \text{ kN} + 1.96 \text{ m}^2 \times 0.02 \text{ MPa} \times \cot(26^\circ)}\right)^0 = 1$$

Wpływ kształtu

Współczynnik nośności

$$N_\gamma = 2(N_q - 1) \times \tan(\varphi') = 2(11.85 - 1) \times \tan(26^\circ) = 10.59$$

Współczynnik kształtu

$$s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B'}{L} = 1 - 0.3 \times \frac{1400 \text{ mm}}{1400 \text{ mm}} = 0.7$$

Współczynnik nachylenia podstawy

$$b_\gamma = [1 - \alpha \cdot \tan(\varphi')]^2 = [1 - 0 \times \tan(26^\circ)]^2 = 1$$

Współczynnik nachylenia obciążenia

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{H}{V_k + A' \cdot c' \cdot \cot(\varphi')}\right)^{m+1}$$

$$i_\gamma = \left(1 - \frac{0 \text{ kN}}{270.47 \text{ kN} + 1.96 \text{ m}^2 \times 0.02 \text{ MPa} \times \cot(26^\circ)}\right)^{0+1}$$

$$i_\gamma = 1$$

Napężenie dopuszczalne

$$q_{ult,k} = c' \cdot N_c \cdot b_c \cdot s_c \cdot i_c + q' \cdot N_q \cdot b_q \cdot s_q \cdot i_q + 0.5 \cdot \gamma' \cdot B' \cdot N_\gamma \cdot b_\gamma \cdot s_\gamma \cdot i_\gamma$$

$$q_{ult,k} = 0.02 \text{ MPa} \times 22.25 \times 1 \times 1.48 \times 1 +$$

$$+ 0.04 \text{ MPa} \times 11.85 \times 1 \times 1.44 \times 1 +$$

$$+ 0.5 \times 19 \text{ kN/m}^3 \times 1400 \text{ mm} \times 10.59 \times 1 \times 0.7 \times 1$$

$$q_{ult,k} = 1.39 \text{ MPa}$$

Nośność gruntu

$$V_d \leq R_d: 270.47 \text{ kN} \leq 907.14 \text{ kN}$$

(6.5.2.1) z EN 1997-1

(29.82%) Warunek spełniony**Bez odpływu SGU**

Brak kombinacji SGU dla warunków bez odpływu.

6 Mimośród obciążenia

6.1 Weryfikacja powierzchni ściskanej

Kombinacja SGN**101: 0.9x[1 G]**

Weryfikacja powierzchni ściskanej

$$\frac{A_c}{A} = 100 \% \geq 6.67 \%$$

7 % (OK)

Kombinacja SGU QS**107: 1x[1 G]**

Weryfikacja powierzchni ściskanej

$$\frac{A_c}{A} = 100 \% \geq 66.67 \%$$

67 % (OK)

Kombinacja SGU CHR**105: 1x[1 G]**

Weryfikacja powierzchni ściskanej

$$\frac{A_c}{A} = 100 \% \geq 50 \%$$

50 % (OK)

Kombinacja SGU CZ**106: 1x[1 G]**

Weryfikacja powierzchni ściskanej

$$\frac{A_c}{A} = 100 \% \geq 66.67 \%$$

67 % (OK)**6.2 Uproszczona weryfikacja mimośrodów****6.2.1 Weryfikacja ze szczeliną (elipsa)**

Brak mimośrodu wzdłuż osi X i Y

7 Weryfikacja poślizgu

Brak sił poziomych - weryfikacja poślizgu nie jest wymagana

8 Weryfikacja obrotu

Brak kombinacji SGU EQU.

9 Weryfikacja osiadania

Weryfikacja osiadania wykonana jest zgodnie z postanowieniami punktu 6.6.1 i załącznika F z normy EN 1997-1-1.

Kombinacja obciążenia**106: 1x[1 G]**

Osiadanie graniczne

$$s_{\max} = 50 \text{ mm}$$

Charakterystyczne obciążenie pionowe $V = 270.47 \text{ kN}$

Nr.	z_t	z_b	h_i	M_i	σ_{bq}	σ_{lim}
	(mm)	(mm)	(mm)	(MPa)	(MPa)	(MPa)
1	0	-500	500	40.38	0.04	0.01
2	-500	-1000	500	40.38	0.05	0.01
3	-1000	-1500	500	40.38	0.06	0.01
4	-1500	-2000	500	40.38	0.07	0.01

Nr.	Polożenie	I_c	σ_p	σ_s	σ_i	Δs_i
			(MPa)	(MPa)	(MPa)	(mm)
1	Środek	0.97	0.13	0.04	0.1	1
	Dolna	0.84	0.12	0.03	0.08	
2	Środek	0.67	0.09	0.02	0.07	1
	Dolna	0.51	0.07	0.02	0.05	
3	Środek	0.39	0.05	0.01	0.04	0
	Dolna	0.3	0.04	0.01	0.03	
4	Środek	0.24	0.03	0.01	0.02	0
	Dolna	0.19	0.03	0.01	0.02	
Ogółem						3 mm

Naprężenie pod podstawą fundamentu

$$q_0 = \frac{V}{(0.87L) \times (0.87B)} = \frac{270.47}{1400 \times 1400} = 0.14 \text{ MPa}$$

Osiadania każdej warstwy

$$\Delta s_i = h_i \times \frac{\sigma_{mi}}{M_i}$$

Naprężenie w warstwie

$$\sigma_{mi} = \sigma_{mp} - \sigma_{ms} \geq 0$$

$$\sigma_{mp} = q_0 \cdot I_c$$

$$I_c = \frac{2}{\pi} \cdot \left[\frac{m \cdot n \cdot (1 + m^2 + 2n^2)}{(1 + n^2) \cdot (m^2 + n^2) \cdot \sqrt{m^2 + n^2 + 1}} + \sin^{-1} \frac{m}{\sqrt{m^2 + n^2} \cdot \sqrt{1 + n^2}} \right]$$

$$m = \frac{L}{B} = 1$$

$$n = \frac{Z}{0.5B}$$

Napężenie od gruntu istniejącego w wykopie przed jego wykonaniem

$$q_{0s} = \Sigma(\gamma_i \cdot h_i)$$

$$\sigma_{ms} = q_{0s} \cdot I_c$$

Całkowite osiadanie

$$s = \Sigma(\Delta s_i) = 3 \text{ mm}$$

Weryfikacja osiadania

$$s = 3 \text{ mm} < S_{\max} = 50 \text{ mm}$$

5.67 % (OK)

10 Zbrojenie podłużne

Obciążenie gruntem i obciążenia powierzchniowe są uwzględnione przy obliczaniu zbrojenia w fundamencie.

10.1 Obliczenia zbrojenia fundamentu

Wzdłuż kierunku X, strona dolna

Minimalne zbrojenie

$$A_{\min} = 1.51 \% \cdot L_2 \cdot d = 1.51 \% \times 1400 \text{ mm} \times 375 \text{ mm}$$

$$A_{\min} = 7.91 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie wymagane

$$A_{\text{rqrd}} = \max\{A_{\text{theo}}; A_{\min}\} = \max\{2.41 \text{ cm}^2; 7.91 \text{ cm}^2\} = 7.91 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie rzeczywiste

$$A_{\text{prov}} = 9.05 \text{ cm}^2$$

$$8 \times \varnothing 12 \text{ (Rozstaw} = 180 \text{ mm)}$$

Wzdłuż kierunku X, strona górna

Brak zbrojenia.

Wzdłuż kierunku Y, strona dolna

Minimalne zbrojenie

$$A_{\min} = 1.51 \% \cdot L_2 \cdot d = 1.51 \% \times 1400 \text{ mm} \times 375 \text{ mm}$$

$$A_{\min} = 7.91 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie wymagane

$$A_{\text{rqrd}} = \max\{A_{\text{theo}}; A_{\min}\} = \max\{2.41 \text{ cm}^2; 7.91 \text{ cm}^2\} = 7.91 \text{ cm}^2$$

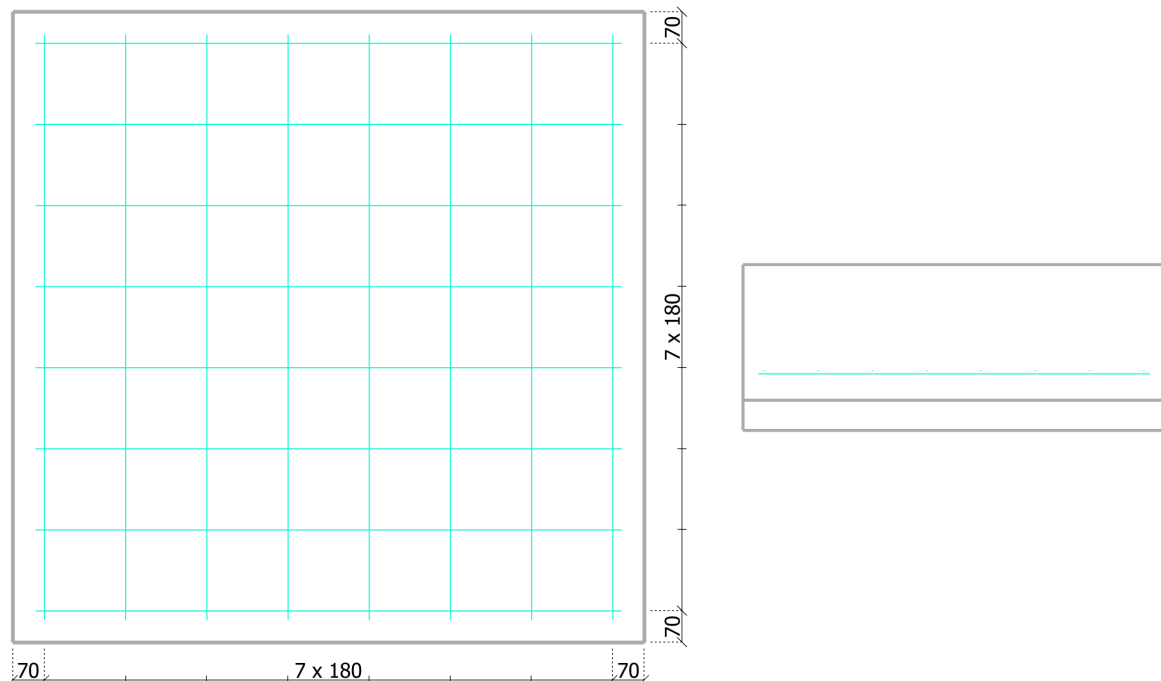
Zbrojenie rzeczywiste

$$A_{\text{prov}} = 9.05 \text{ cm}^2$$

$$8 \times \varnothing 12 \text{ (Rozstaw} = 180 \text{ mm)}$$

Wzdłuż kierunku Y, strona górna

Brak zbrojenia.



11 Naprężenia

Strona dolna, kierunek X

Kombinacja obciążenia

105: 1x[1 G]

Moment zginający

$$M_s = 34.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Naprężenie ściskające w betonie

$$\sigma_c = 1.7 \text{ MPa} \leq \sigma_{c,\max} = 30 \text{ MPa}$$

5.66 % (OK)

Naprężenie w zbrojeniu rozciągany

$$\sigma_s = 111.32 \text{ MPa} \leq \sigma_{s,\max} = 400 \text{ MPa}$$

27.83 % (OK)

Rozwarcie rysy

$$w_k = 0.21 \text{ mm} \leq w_{k,\max} = 0.3 \text{ mm}$$

71.17 % (OK)

Strona dolna, kierunek Y

Kombinacja obciążenia

105: 1x[1 G]

Moment zginający

$$M_s = 34.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Naprężenie ściskające w betonie

$$\sigma_c = 1.77 \text{ MPa} \leq \sigma_{c,\max} = 30 \text{ MPa}$$

5.92 % (OK)

Naprężenie w zbrojeniu rozciągany

$$\sigma_s = 114.53 \text{ MPa} \leq \sigma_{s,\max} = 400 \text{ MPa}$$

28.63 % (OK)

Rozwarcie rysy

$$w_k = 0.22 \text{ mm} \leq w_{k,\max} = 0.3 \text{ mm}$$

73.38 % (OK)

Strona górna, kierunek X

Brak momentu zginającego w SGU.

Strona górna, kierunek Y

Brak momentu zginającego w SGU.

12 Weryfikacja zarysowania

Weryfikacja rozwarcia rys							
Kierunek	Polozenie	Komb.	$S_{r,max}$	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c$	w_k	w_{lim}	Wyteż.
			(mm)	(‰)	(mm)	(mm)	
Wzdłuż X	Dół	107	639	0.33	0.21	0.3	71.17 %
Wzdłuż Y	Dół	107	641	0.34	0.22	0.3	73.38 %

Obliczenie rozwarcia rys według 1992-1-1(7.3.4) (PN-EN 1).

Zarysowanie w kierunku X (dół)**Kombinacja****107: 1x[1 G]**

Polozenie osi obojętnej

$$x_1 = 85 \text{ mm}$$

Rozciągana powierzchnia efektywna otaczająca zbrojenie rozciągane

(7.3.4(2), Rys. 7.1)

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 1400 \text{ mm} \times 122 \text{ mm} = 1704.7 \text{ cm}^2$$

$$h_{c,eff} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2.5(h-d)}{3} \\ \frac{h-x}{3} \\ \frac{h}{2} \end{array} \right\} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2.5 \times (450 \text{ mm} - 370 \text{ mm})}{3} \\ \frac{450 \text{ mm} - 85 \text{ mm}}{3} \\ \frac{450 \text{ mm}}{2} \end{array} \right\} = 122 \text{ mm}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{9.05 \text{ cm}^2}{1704.7 \text{ cm}^2} = 0.01$$

Rozstaw maksymalny rys

(7.3.4(3), 7.11)

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\Phi}{\rho_{p,eff}}$$

$$S_{r,max} = 3.4 \times 75 \text{ mm} + 0.8 \times 0.5 \times 0.42 \times \frac{12 \text{ mm}}{0.01}$$

$$S_{r,max} = 639 \text{ mm}$$

Sieczny moduł sprężystości

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left(\frac{38 \text{ MPa}}{10} \right)^{0.3} = 32836.57 \text{ MPa}$$

Współczynnik zależny od czasu trwania

$$\alpha_c = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000 \text{ MPa}}{32836.57 \text{ MPa}} = 6.09$$

Różnica między średnimi odkształceniami

(7.3.4 (2))

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_c \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \\ 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} \end{array} \right\} =$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \frac{111.32 \text{ MPa} - 0.4 \times \frac{2.9 \text{ MPa}}{0.01} \times (1 + 6.09 \times 0.01)}{200000 \text{ MPa}} \\ 0.6 \times \frac{111.32 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}} \end{array} \right\}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = 0.33 \text{ ‰}$$

Szerokość rozwarcia rys

(7.3.4 (1))

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c) = 639 \text{ mm} \times 0.33 \text{ ‰} = 0.21 \text{ mm}$$

Weryfikacja rozwarcia rys

$$w_k \leq w_{lim}: 0.21 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

(71.17 %) Warunek spełniony

Zarysowanie w kierunku Y (dół)**Kombinacja****107: 1x[1 G]**

Położenie osi obojętnej

$$x_1 = 83 \text{ mm}$$

Rozciągana powierzchnia efektywna otaczająca zbrojenie rozciągane

(7.3.4(2), Rys. 7.1)

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 1400 \text{ mm} \times 122 \text{ mm} = 1710.78 \text{ cm}^2$$

$$h_{c,eff} = \min \left\{ \frac{2.5(h-d)}{3}, \frac{h-x}{3}, \frac{h}{2} \right\} = \min \left\{ \frac{2.5 \times (450 \text{ mm} - 360 \text{ mm})}{3}, \frac{450 \text{ mm} - 83 \text{ mm}}{3}, \frac{450 \text{ mm}}{2} \right\} = 122 \text{ mm}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{9.05 \text{ cm}^2}{1710.78 \text{ cm}^2} = 0.01$$

Rozstaw maksymalny rys

(7.3.4(3), 7.11)

$$S_{r,max} = k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\Phi}{\rho_{p,eff}}$$

$$S_{r,max} = 3.4 \times 75 \text{ mm} + 0.8 \times 0.5 \times 0.42 \times \frac{12 \text{ mm}}{0.01}$$

$$S_{r,max} = 641 \text{ mm}$$

Sieczny moduł sprężystości

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \times \left(\frac{38 \text{ MPa}}{10} \right)^{0.3} = 32836.57 \text{ MPa}$$

Współczynnik zależny od czasu trwania

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000 \text{ MPa}}{32836.57 \text{ MPa}} = 6.09$$

Różnica między średnimi odkształceniami

(7.3.4 (2))

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = \max \left\{ \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s}, 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} \right\} =$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = \max \left\{ \frac{114.53 \text{ MPa} - 0.4 \times \frac{2.9 \text{ MPa}}{0.01} \times (1 + 6.09 \times 0.01)}{200000 \text{ MPa}}, 0.6 \times \frac{114.53 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}} \right\}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = 0.34 \text{ ‰}$$

Szerokość rozwarcia rys

(7.3.4 (1))

$$w_k = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c) = 641 \text{ mm} \times 0.34 \text{ ‰} = 0.22 \text{ mm}$$

Weryfikacja rozwarcia rys

$$w_k \leq w_{lim}: 0.22 \text{ mm} \leq 0.3 \text{ mm}$$

(73.38 %) Warunek spełniony

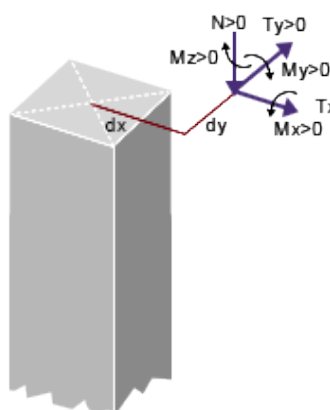
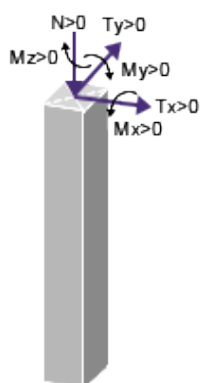
 GRAITEC INNOVATION www.graitec.com 17 Burospace 91572 Bièvres	Projekt	TRZPIEŃ T-1		
	Adres			
	Raport			
	Projektant		Data	
	Sprawdzający		Data	
	Rewizja	A	Rysunek	P

Słup żelbetowy

1 Obciążenia i kombinacje

Opis przypadków obciążenia								
ID	Tytuł	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	γ_{EQU}	γ_{STR}	$\gamma_{\text{EQU,Fav}}$	$\gamma_{\text{STR,Fav}}$
1	G	-	-	-	1.1	1.35	0.9	1

Siły wewnętrzne								
ID	Przypadek obciążenia	Poloż.	N	M_x	M_y	M_z	V_x	V_y
			(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
1	1 - G	Góra	78.58	-0	-22.31	-0	5.39	0
		Dół	96.82	-0	11.09	-0	5.39	0

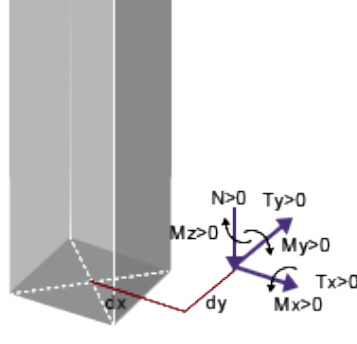
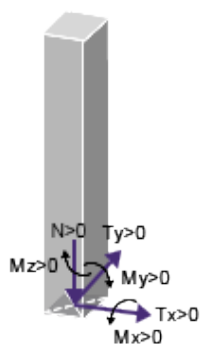


Polożenie siły:

(w odniesieniu do osi słupa)

$d_x = 0 \text{ mm}$

$d_y = 0 \text{ mm}$



Polożenie siły:

(w odniesieniu do osi słupa)

$d_x = 0 \text{ mm}$

$d_y = 0 \text{ mm}$

Opis kombinacji									
ID	Kombinacja	Typ	Położ.	N	M _x	M _y	M _z	T _x	T _y
				(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
101	1x[1 G]	SGN	Góra	78.58	-0	-22.31	-0	5.39	0
			Dół	96.82	-0	11.09	-0	5.39	0
102	1.35x[1 G]	SGN	Góra	106.08	-0	-30.11	-0	7.27	0
			Dół	130.7	-0	14.97	-0	7.27	0
103	1x[1 G]	SGU-CH	Góra	78.58	-0	-22.31	-0	5.39	0
			Dół	96.82	-0	11.09	-0	5.39	0
104	1x[1 G]	SGU-CZ	Góra	78.58	-0	-22.31	-0	5.39	0
			Dół	96.82	-0	11.09	-0	5.39	0
105	1x[1 G]	SGU-QS	Góra	78.58	-0	-22.31	-0	5.39	0
			Dół	96.82	-0	11.09	-0	5.39	0

2 Założenia globalne

Normy:	Obliczenia według EN 1990 / EN 1991 / EN 1992-1-1 / EN 1992-1-2/
Obciążenia i kombinacje:	EN 1990 / EN 1991.
Zbrojenie podłużne:	Metoda nominalnej sztywności (EN 1992-1-1)
Zbrojenie poprzeczne:	Metoda standardowa (EN 1992-1-1 / §6.2.2 / §6.2.3)
Parametry sejsmiczne:	Brak definicji sejsmiki
	Średnia ciągliwość
	Słup drugorzędny

2.3 Lokalizacja

Lokalizacja	Polska
Typ elementu	Słup
Nr elementu	1
Pozycja	Słup 1, Widok 1
Rysunek	P
Poziom	
Współrzędne	X = 10000 mm; Y = 0 mm; Z = 0 mm

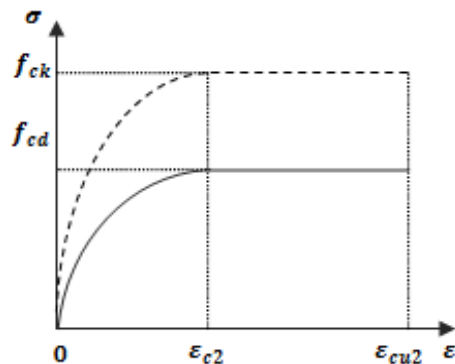
2.4 Jednostki

Długość	mm
Siły	kN
Momenty	kN · m
Naprężenia	MPa (N/mm ²)
Kąty	°
Powierzchnie zbrojenia	cm ²
Szerokość rozwarcia rys	mm

2.1 Materiały

Beton (EN 1992-1-1 / 3.1)

Klasa betonu: C20/25



$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \times \frac{20 \text{ MPa}}{1.4} = 14.29 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{c2} = 2‰$$

$$\varepsilon_{cu2} = 3.5‰$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 20 \text{ MPa} + 8 \text{ MPa} = 28 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot (f_{ck})^{2/3}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \times (20 \text{ MPa})^{2/3} = 2.21 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \times \left[\frac{28 \text{ MPa}}{10} \right]^{0.3}$$

$$E_{cm} = 29961.95 \text{ MPa}$$

$$\rho_c = 2500 \text{ kg/m}^3$$

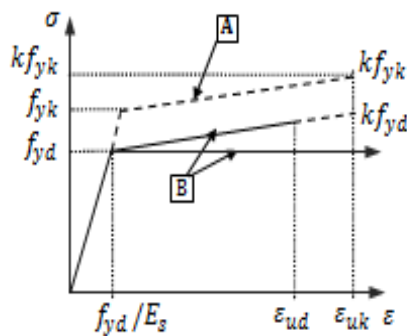
$$\text{SGN: } \gamma_c = 1.4$$

$$\text{SGN-A: } \gamma_c = 1.2$$

$$\text{SGN-S: } \gamma_c = 1.2$$

Stal (EN 1992-1-1 / §3.2 / Załącznik C)

Gatunek stali: B500A



Wytrzymałość charakterystyczna zbrojenia podłużnego:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Wytrzymałość charakterystyczna zbrojenia poprzecznego:

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{uk} = 25‰$$

$$\varepsilon_{ud} = 0.9\varepsilon_{uk} = 0.9 \times 25 = 22.5‰$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Klasa ciągliwości: A

Wykres z poziomą gałęzią

$$\text{SGN: } \gamma_s = 1.15$$

$$\text{SGN-A: } \gamma_s = 1$$

$$\text{SGN-S: } \gamma_s = 1$$

2.2 Otulina

Klasa ekspozycji

X0 (§4.2)

Klasa konstrukcji

S4 (Tabela 4.3)

Otulina

$c = 30 \text{ mm}$ (§4.4.1)

Otulina nominalna

$$c_{nom} = 26 \text{ mm}$$

Otulina minimalna dla przyczepności

$$c_{min,b} = 16 \text{ mm}$$

Otulina minimalna dla trwałości

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm} \quad (§4.4.1.2 (5))$$

Tolerancja wykonania	$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$	(§4.4.1.1 2(P))
Tolerancja bezpieczeństwa	$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm}$	(§4.4.1.2 (6))
Redukcja dla stali nierdzewnej	$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$	(§4.4.1.2 (7))
Redukcja dla dodatkowego zabezpieczenia	$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$	(§4.4.1.2 (8))

3 Zbrojenie podłużne

Minimalne zalecenia konstrukcyjne

Minimalna powierzchnia zbrojenia (§9.5.2)

$$A_{s,min} = \text{Max} \left\{ \frac{0.1 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}}; 2 \text{‰} \cdot A_c \right\}$$

$$A_{s,min} = \text{Max} \left\{ \frac{0.1 \times |106.08 \text{ kN}|}{434.78 \text{ MPa}}; 2 \text{‰} \times 1200 \text{ cm}^2 \right\} = 2.4 \text{ cm}^2$$

Minimalna powierzchnia zbrojenia (§9.5.2)

$$A_{s,max} = \rho_{s,max} \cdot A_c = 40 \text{‰} \times 1200 \text{ cm}^2 = 48 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie maksymalne

$$\rho_{s,max} = 40 \text{‰}$$

Plaszczyzna i położenie sił zredukowanych:

ZOY, Góra słupa

Kombinacja

102: 1.35x[1 G]

Moment zginający pierwszego rzędu

$$M_{0,Ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Siła osiowa

$$N_{Ed} = 106.08 \text{ kN}$$

Zbrojenie podłużne jest wyznaczone przy użyciu metody opartej na nominalnej sztywności (§5.8.7.2).

Sztywność betonu:

Obliczeniowa wartość modułu sprężystości betonu (5.20)

$$E_{cd} = \frac{E_{cm}}{1.2} = \frac{29961.95 \text{ MPa}}{1.2} = 24968.29 \text{ MPa}$$

Moment bezwładności przekroju betonowego

$$I_c = 160000 \text{ cm}^4$$

Współczynnik klasy betonu (5.23)

$$k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1$$

Względna siła osiowa

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{106.08 \text{ kN}}{1200 \text{ cm}^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.06$$

Współczynnik dla smukłości (5.24)

$$k_2 = n \cdot \frac{\lambda}{170} = 0.06 \times \frac{37.29}{170} \leq 0.20 \rightarrow k_2 = 0.01$$

Efektywny współczynnik pełzania

$$\varphi_{ef} = 2.18$$

Współczynnik wpływu betonu (5.22)

$$K_c = \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \varphi_{ef}} = \frac{1 \times 0.01}{1 + 2.18} = 4.26 \text{‰}$$

Sztywność zbrojenia:

Moduł Younga

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Powierzchnia zbrojenia

$$A_s = 1.2 \text{ cm}^2$$

Moment bezwładności przekroju zbrojenia

$$I_s = A_s \cdot \left(\frac{H}{2} - d' \right)^2$$

$$I_s = 1.2 \text{ cm}^2 \times \left(\frac{400 \text{ mm}}{2} - 44 \text{ mm} \right)^2 = 292.03 \text{ cm}^4$$

Współczynnik wpływu zbrojenia

$$K_s = 1$$

Sztywność nominalna:

Sztywność nominalna dla betonu

$$K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c = 4.26 \text{‰} \times 24968.29 \text{ MPa} \times 160000 \text{ cm}^4$$

$$K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c = 0.17 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

Sztywność nominalna dla zbrojenia

$$K_s \cdot E_s \cdot I_s = 1 \times 200000 \text{ MPa} \times 292.03 \text{ cm}^4$$

$$K_s \cdot E_s \cdot I_s = 0.58 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

Sztywność nominalna (5.21):

$$EI = K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s = 0.75 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

Zwiększenie momentu zginającego (§5.8.7.3)

Efekty drugiego rzędu nie są uwzględniane w momencie zginającym, zgodnie z 5.8.3.1(1) (według poniższych obliczeń smukłości granicznej)

	$M_{Ed} = M_{0Ed}$
Moment zginający pierwszego rzędu	$M_{0Ed} = M_{0Ed,i} + N_{Ed} \cdot e_i$
(z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych)	$M_{0Ed} = 0 \text{ kN}\cdot\text{m} + 106.08 \text{ kN}\cdot 0 \text{ mm} = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Względna siła osiowa	$N_{Ed} = 106.08 \text{ kN}$
Efektywny współczynnik pełzania	$A = \frac{1}{1 + 0.2\varphi_{ef}} = \frac{1}{1 + 0.2 \times 2.18} = 0.7$
Intensywność zbrojenia	$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{1.2 \text{ cm}^2 \times 434.78 \text{ MPa}}{1200 \text{ cm}^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.03$
Współczynnik intensywności zbrojenia	$B = \sqrt{1 + 2\omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0.03} = 1.03$
Stosunek momentów na końcach	$r_m = 1$
Współczynnik stosunku momentów	$C = 1.7 - r_m = 1.7 - 1 = 0.7$
Smukłość graniczna (5.13N)	$\lambda_{lim} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 20 \times \frac{0.7 \times 1.03 \times 0.7}{\sqrt{0.06}} = 40.35$
Weryfikacja smukłości granicznej (5.8.3.1)	$\lambda = 37.29 < \lambda_{lim} = 40.35$
Efekty drugiego rzędu są pomijalne	
Końcowy moment zginający	$M_{Ed} = 0 \text{ kN}\cdot\text{m}$

Plaszczyzna i położenie sił zredukowanych:**ZOX, Góra słupa****Kombinacja****102: 1.35x[1 G]**

Moment zginający pierwszego rzędu	$M_{0,Ed} = 30.11 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Siła osiowa	$N_{Ed} = 106.08 \text{ kN}$

Zbrojenie podłużne jest wyznaczone przy użyciu metody opartej na nominalnej sztywności (§5.8.7.2).

Sztywność betonu:

Obliczeniowa wartość modułu sprężystości betonu (5.20)	$E_{cd} = \frac{E_{cm}}{1.2} = \frac{29961.95 \text{ MPa}}{1.2} = 24968.29 \text{ MPa}$
Moment bezwładności przekroju betonowego	$I_c = 90000 \text{ cm}^4$
Współczynnik klasy betonu (5.23)	$k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1$
Względna siła osiowa	$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{106.08 \text{ kN}}{1200 \text{ cm}^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.06$
Współczynnik dla smukłości (5.24)	$k_2 = n \cdot \frac{\lambda}{170} = 0.06 \times \frac{46.12}{170} \leq 0.20 \rightarrow k_2 = 0.02$
Efektywny współczynnik pełzania	$\varphi_{ef} = 2.18$
Współczynnik wpływu betonu (5.22)	$K_c = \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \varphi_{ef}} = \frac{1 \times 0.02}{1 + 2.18} = 5.28 \text{ ‰}$

Sztywność zbrojenia:

Moduł Younga	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
Powierzchnia zbrojenia	$A_s = 5.2 \text{ cm}^2$
Moment bezwładności przekroju zbrojenia	$I_s = A_s \cdot \left(\frac{H}{2} - d'\right)^2$ $I_s = 5.2 \text{ cm}^2 \times \left(\frac{300 \text{ mm}}{2} - 44 \text{ mm}\right)^2 = 584.27 \text{ cm}^4$
Współczynnik wpływu zbrojenia	$K_s = 1$

Sztywność nominalna:

Szywność nominalna dla betonu	$K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c = 5.28 \% \times 24968.29 \text{ MPa} \times 90000 \text{ cm}^4$ $K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c = 0.12 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$
Szywność nominalna dla zbrojenia	$K_s \cdot E_s \cdot I_s = 1 \times 200000 \text{ MPa} \times 584.27 \text{ cm}^4$ $K_s \cdot E_s \cdot I_s = 1.17 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$
Szywność nominalna (5.21):	$EI = K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s = 1.29 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$

Zwiększenie momentu zginającego (§5.8.7.3)

Efekty drugiego rzędu nie są uwzględniane w momencie zginającym, zgodnie z 5.8.3.1(1) (według poniższych obliczeń smukłości granicznej)

	$M_{Ed} = M_{0Ed}$
Moment zginający pierwszego rzędu	$M_{0Ed} = M_{0Ed,i} + N_{Ed} \cdot e_i$
(z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych)	$M_{0Ed} = 30.11 \text{ kN} \cdot \text{m} + 106.08 \text{ kN} \times 20 \text{ mm} = 32.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$
Względna siła osiowa	$N_{Ed} = 106.08 \text{ kN}$
Efektywny współczynnik pełzania	$A = \frac{1}{1 + 0.2\varphi_{ef}} = \frac{1}{1 + 0.2 \times 2.18} = 0.7$
Intensywność zbrojenia	$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{5.2 \text{ cm}^2 \times 434.78 \text{ MPa}}{1200 \text{ cm}^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.13$
Współczynnik intensywności zbrojenia	$B = \sqrt{1 + 2\omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0.13} = 1.12$
Stosunek momentów na końcach	$r_m = \frac{M_{01}}{M_{02}} = \frac{14.97 \text{ kN} \cdot \text{m}}{-30.11 \text{ kN} \cdot \text{m}} = -0.5$
Współczynnik stosunku momentów	$C = 1.7 - r_m = 1.7 - (-0.5) = 2.2$
Smukłość graniczna (5.13N)	$\lambda_{lim} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 20 \times \frac{0.7 \times 1.12 \times 2.2}{\sqrt{0.06}} = 138.25$
Weryfikacja smukłości granicznej (5.8.3.1)	$\lambda = 46.12 < \lambda_{lim} = 138.25$

Efekty drugiego rzędu są pomijalne

Końcowy moment zginający	$M_{Ed} = 32.24 \text{ kN} \cdot \text{m}$
--------------------------	--

Ponieważ słup jest zginany jedynie w płaszczyźnie ZOY i

$$\left. \begin{aligned} A_{(ZOY)} &= \frac{A_{s,min}}{2} = 1.2 \text{ cm}^2 \\ A_{(ZOX)} &> A_{s,min} \rightarrow 5.2 \text{ cm}^2 > 2.4 \text{ cm}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow A_{(ZOY)} = 0 \text{ cm}^2$$

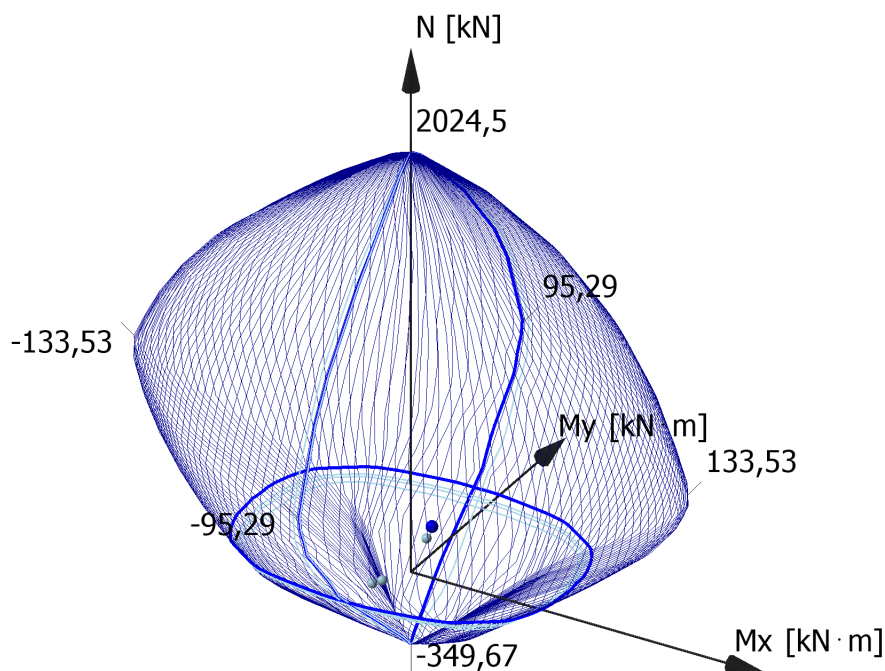
Całkowite zbrojenie podłużne słupa (z obu płaszczyzn zginania, z uwzględnieniem skręcania)

Zbrojenie podłużne w słupie

$$\begin{aligned} A_{long} &= A_{s(ZOX)} + A_{s(ZOY)} \\ A_{long} &= 5.2 \text{ cm}^2 + 0 \text{ cm}^2 = 5.2 \text{ cm}^2 \\ A_{long} &= \text{Max}(A_{s,min}; A_{s(ZOX)} + A_{s(ZOY)}) \\ A_{long} &= \text{Max}(2.4 \text{ cm}^2; 5.2 \text{ cm}^2) = 5.2 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

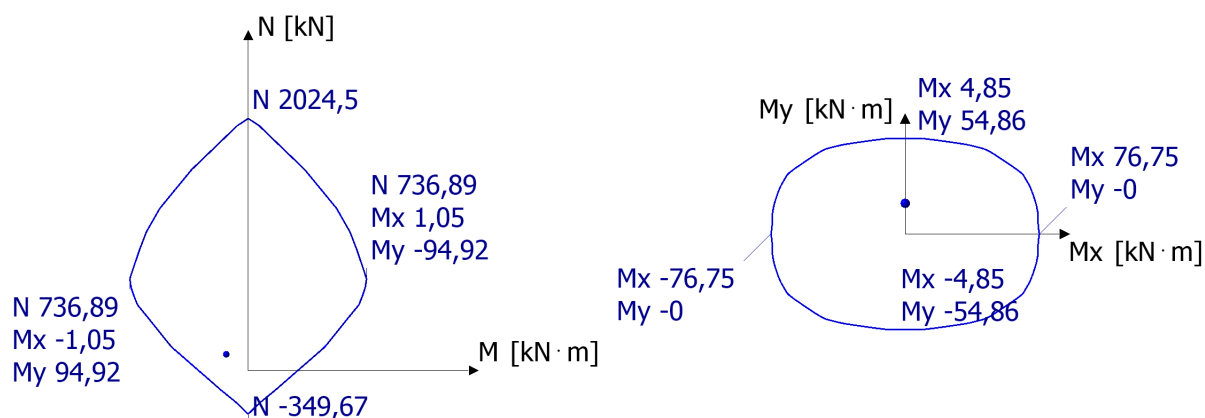
Metoda sztywności nominalnej (EN 1992-1-1, 5.8.7)										
Typ	Komb	Sztywność betonu			Sztywność stali		Ogółem	Siły drugiego rzędu		
		φ_{ef}	K_c	I_c	K_s	I_s	EI	M_{Ed}	$A_{s,req}$	A_{min}
				(cm ⁴)		(cm ⁴)	(MPa)	(kN · m)	(cm ²)	(cm ²)
ZOY	102	2.18	0	160000	1	292.03	0.75	0	1.2	2.4
ZOX	102	2.18	0.01	90000	1	584.27	1.29	32.24	5.2	2.4

3.1 Weryfikacja krzywymi interakcji**Krzywa interakcji 3D**



Krzywa interakcji M-N

Krzywa interakcji Mx-My



Wytężenie dla kombinacji wymiarujących						
Komb	Typ obwiedni	Nz	Mx	My	Kąt	Zweryfikowane
		(kN)	(kN·m)	(kN·m)	(°)	
102	Nz Max	130.7	0	17.59	90	Tak
101	Nz Min	78.58	0	-23.88	270	Tak
102	Mx Max	106.08	0	-32.24	270	Tak
102	Mx Min	106.08	0	-32.24	270	Tak
102	My Max	106.08	0	-32.24	270	Tak
101	My Min	96.82	0	13.03	90	Tak
102	Obwiednia X	106.08	0	-32.24	270	Tak
102	Obwiednia Y	106.08	0	-32.24	270	Tak

Rzeczywiste zbrojenie podłużne	
Położenie	Zbrojenie

Strefa środkowa	$4 \times \varnothing 16$ (8.04 cm ²), Długość = 5800 mm
Góra słupa	$4 \times \varnothing 16$ (8.04 cm ²), Długość = 1799 mm

4 Zbrojenie poprzeczne

4.2 Minimalne zalecenia konstrukcyjne

Zbrojenie poprzeczne jest zdefiniowane zgodnie z §9.5.3 normy EN 1992-1-1, z uwzględnieniem strefy krytycznej w dolnej i górnej części słupa.

Strefa środkowa

Średnica zbrojenia poprzecznego

$$\Phi_t \geq \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ mm} \\ \frac{\Phi_{l,\max}}{4} \end{array} \right\} = 6 \text{ mm}$$

Rozstaw maksymalny strzemion

$$s_t \leq \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} 20 \cdot \Phi_{l,\min} \\ \text{Min}(a; b) \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

Strefa krytyczna

Rozstaw maksymalny strzemion jest równy 0.6 maksymalnego rozstawu w strefie środkowej.

4.1 Weryfikacja ścinania

Weryfikacja ścinania i wymiarowanie zbrojenia na ścinanie odbywa się zgodnie z 6.2 z EN 1992-1-1.

Płasczyzna

XOZ

Kombinacja

102: 1.35x[1 G]

Obliczeniowa siła ścinająca (6.2.3)

$$V_{Ed} = 7.27 \text{ kN}$$

Kąt krzyżulca

$$\theta = 45^\circ$$

Ramię sił wewnętrznych

$$z = 0.9d = 0.9 \times 256 \text{ mm} = 230 \text{ mm}$$

(6.2.2 (1))

$$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.4} = 0.13$$

Współczynnik uwzględniający wysokość użyteczną

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{256}} \leq 2 \rightarrow k = 1.88$$

Stopień zbrojenia podłużnego, (6.2.2 (1))

$$\rho_1 = \frac{A_{sL}}{b_w \cdot d} = \frac{4.02 \text{ cm}^2}{400 \text{ mm} \times 256 \text{ mm}} \leq 20 \text{ ‰} \rightarrow \rho_1 = 3.93 \text{ ‰}$$

Minimalna nośność na ścinanie (6.3N)

$$\nu_{\min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.035 \times 1.88^{3/2} \times \sqrt{20} = 0.4 \text{ MPa}$$

Średnie naprężenie ściskające w betonie ze względu na obliczeniową siłę osiową (N_{min})

$$\sigma_{cp} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{N_{Ed}}{A_c} \\ 0.2 f_{cd} \end{array} \right\} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{78.58 \text{ kN}}{0.12 \text{ m}^2} \\ 0.2 \times 14.29 \text{ MPa} \end{array} \right\} = 0.65 \text{ MPa}$$

Obliczeniowa wartość wytrzymałości na ścinanie (6.2.a) & (6.2.b)

$$V_{Rd,c} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \\ (\nu_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \end{array} \right\}$$

$$V_{Rd,c} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} [0.13 \times 1.88 \times (100 \times 3.93 \text{ ‰} \times 20)^{1/3} + 0.15 \times 0.65 \text{ MPa}] \times 400 \text{ mm} \times 256 \text{ mm} \\ (0.4 \text{ MPa} + 0.15 \times 0.65 \text{ MPa}) \times 400 \text{ mm} \times 256 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

$$V_{Rd,c} = 59.36 \text{ kN}$$

Współczynnik redukcji wytrzymałości betonu zarysowanego przy ścinaniu (6.6N)

$$\nu_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right) = 0.6 \times \left(1 - \frac{20}{250} \right) = 0.55$$

Obliczeniowa wartość maksymalnej siły ścinającej z uwagi na nośność krzyżulców betonowych (6.9)

$$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)}$$

$$V_{Rd,max} = \frac{1.05 \times 400 \text{ mm} \times 230 \text{ mm} \times 0.55 \times 14.29 \text{ MPa}}{\cot(45^\circ) + \tan(45^\circ)}$$

$$V_{Rd,max} = 380.03 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} \leq V_{Rd,max}; 7.27 \text{ kN} \leq 380.03 \text{ kN} \quad \text{OK}$$

Wymagana powierzchnia zbrojenia poprzecznego

$$V_{Ed} \leq V_{Rdc} \rightarrow \frac{A_{sw}}{s} = 0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Obliczenia rozstawu prętów zbrojenia poprzecznego (ściananie i skręcanie)

Maksymalny rozstaw dla ścinania

$$s_{\text{shear}} = \frac{n_{\text{bar}} \cdot A_{\text{bar}}}{\text{Max}\left(\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{\text{reqd}}, \left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{\text{min}}\right)}$$

$$s_{\text{shear}} = \frac{2 \times 0.28 \text{ cm}^2}{\text{Max}(0 \text{ cm}^2/\text{m}; 0 \text{ cm}^2/\text{m})} = 300 \text{ mm}$$

Zbrojenie teoretyczne na skręcanie nie jest potrzebne.

Nośność na ścinanie przyjętego zbrojenia poprzecznego

Strefa:

Rzeczywiste zbrojenie poprzeczne

$$\frac{A_{sw}}{s} = 2.4 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Obliczeniowa wytrzymałość na ścinanie (6.8)

$$V_{Rd,s} = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{\text{real}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rd,s} = 2.4 \text{ cm}^2/\text{m} \times 230 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa} \times \cot(45^\circ)$$

$$V_{Rd,s} = 24.04 \text{ kN}$$

Strefa zagęszczenia górą:

Rzeczywiste zbrojenie poprzeczne

$$\frac{A_{sw}}{s} = 4.71 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Obliczeniowa wytrzymałość na ścinanie (6.8)

$$V_{Rd,s} = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{\text{real}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rd,s} = 4.71 \text{ cm}^2/\text{m} \times 230 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa} \times \cot(45^\circ)$$

$$V_{Rd,s} = 47.25 \text{ kN}$$

Strefa zagęszczenia dołem:

Rzeczywiste zbrojenie poprzeczne

$$\frac{A_{sw}}{s} = 4.71 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Obliczeniowa wytrzymałość na ścinanie (6.8)

$$V_{Rd,s} = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{\text{real}} \cdot z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta)$$

$$V_{Rd,s} = 4.71 \text{ cm}^2/\text{m} \times 230 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa} \times \cot(45^\circ)$$

$$V_{Rd,s} = 47.25 \text{ kN}$$

Rzeczywiste zbrojenie poprzeczne	
Położenie	Zbrojenie
Zestaw 1	12 × ø6 / 120 mm
Zestaw 2	12 × ø6 / 236 mm
Zestaw 3	12 × ø6 / 120 mm

5 Obwiednie

First order efforts for envelopes								
ID	Obwiednia wyłączenia	Położenie	N	M _x	M _y	M _z	V _x	V _y
			(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
102	ATheoY	Góra	106.08	0	-30.11	0	7.27	0
102	ATheoX	Góra	106.08	0	-30.11	0	7.27	0
101	TyMax	Dół	0	0	0	0	0	0
102	TxMax	Dół	7.27	0	14.97	0	7.27	0
101	MyMin	Dół	96.82	0	11.09	0	5.39	0
102	MxMin	Góra	106.08	0	-30.11	0	7.27	0
102	MyMax	Góra	106.08	0	-30.11	0	7.27	0

First order efforts for envelopes								
ID	Obwiednia wyłączenia	Polozenie	N	M _x	M _y	M _z	V _x	V _y
			(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
102	MxMax	Góra	106.08	0	-30.11	0	7.27	0
101	NMin	Góra	78.58	0	-22.31	0	5.39	0
102	NMax	Dół	130.7	0	14.97	0	7.27	0

Siły wymiarujące (z uwzględnieniem efektów drugiego rzędu) i mimośrodów dla obwiedni								
ID	Obwiednia wyłączenia	e _i	e _{1x}	e _{1y}	e _{2x}	e _{2y}	M _{Ed2x}	M _{Ed2y}
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN · m)	(kN · m)
102	ATheoY	20	284	-0	0	0	0	-32.24
102	ATheoX	20	284	-0	0	0	0	-32.24
101	TyMax	0	0	0	0	0	0	0
102	TxMax	20	-115	-0	0	0	0	17.59
101	MyMin	20	-115	-0	0	0	0	13.03
102	MxMin	20	284	-0	0	0	0	-32.24
102	MyMax	20	284	-0	0	0	0	-32.24
102	MxMax	20	284	-0	0	0	0	-32.24
101	NMin	20	284	-0	0	0	0	-23.88
102	NMax	20	-115	-0	0	0	0	17.59

Zbrojenie teoretyczne dla obwiedni							
ID	Obwiednia wyłączenia	A _{long,x}	A _{long,y}	A _{sw,x}	A _{sw,y}	A _{long,torsion}	A _{sw,torsion}
		(cm ²)	(cm ²)	(cm ² /m)	(cm ² /m)	(cm ²)	(cm ² /m)
102	ATheoY	5.2	0	0	0	0	0
102	ATheoX	5.2	0	0	0	0	0
101	TyMax	0	0	0	0	0	0
102	TxMax	0	0	0	0	0	0
101	MyMin	1.2	1.2	0	0	0	0
102	MxMin	5.2	0	0	0	0	0
102	MyMax	5.2	0	0	0	0	0
102	MxMax	5.2	0	0	0	0	0
101	NMin	3.2	0	0	0	0	0
102	NMax	1.2	1.2	0	0	0	0

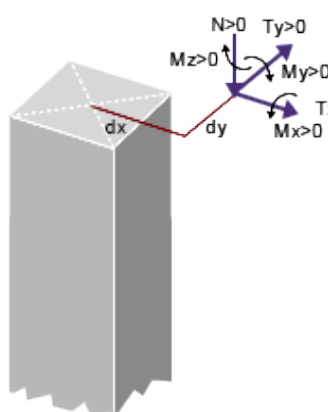
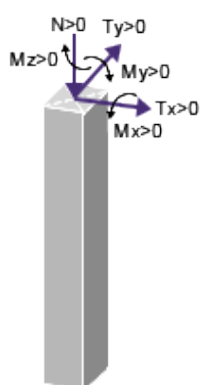
 GRAITEC INNOVATION www.graitec.com 17 Burospace 91572 Bièvres	Projekt	SŁUP S-1		
	Adres			
	Raport			
	Projektant		Data	
	Sprawdzający		Data	
	Rewizja	A	Rysunek	P

Słup żelbetowy

1 Obciążenia i kombinacje

Opis przypadków obciążenia								
ID	Tytuł	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	γ_{EQU}	γ_{STR}	$\gamma_{\text{EQU,Fav}}$	$\gamma_{\text{STR,Fav}}$
1	G	-	-	-	1.1	1.35	0.9	1

Siły wewnętrzne								
ID	Przypadek obciążenia	Poloż.	N	M_x	M_y	M_z	V_x	V_y
			(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
1	1 - G	Góra	182.44	-0	-0	-0	0	0
		Dół	196.7	-0	0	-0	0	0

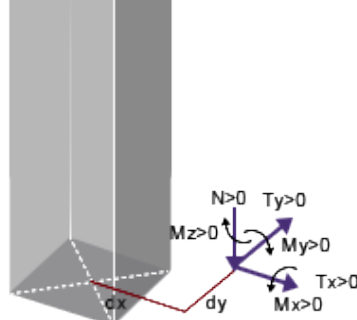
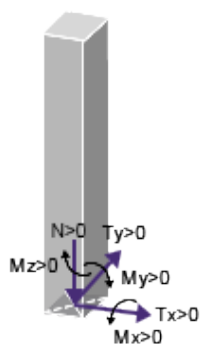


Polożenie siły:

(w odniesieniu do osi słupa)

$d_x = 0 \text{ mm}$

$d_y = 0 \text{ mm}$



Polożenie siły:

(w odniesieniu do osi słupa)

$d_x = 0 \text{ mm}$

$d_y = 0 \text{ mm}$

Opis kombinacji									
ID	Kombinacja	Typ	Położ.	N	M _x	M _y	M _z	T _x	T _y
				(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
101	1x[1 G]	SGN	Góra	182.44	-0	-0	-0	0	0
			Dół	196.7	-0	0	-0	0	0
102	1.35x[1 G]	SGN	Góra	246.3	-0	-0	-0	0	0
			Dół	265.55	-0	0	-0	0	0
103	1x[1 G]	SGU-CH	Góra	182.44	-0	-0	-0	0	0
			Dół	196.7	-0	0	-0	0	0
104	1x[1 G]	SGU-CZ	Góra	182.44	-0	-0	-0	0	0
			Dół	196.7	-0	0	-0	0	0
105	1x[1 G]	SGU-QS	Góra	182.44	-0	-0	-0	0	0
			Dół	196.7	-0	0	-0	0	0

2 Założenia globalne

Normy:	Obliczenia według EN 1990 / EN 1991 / EN 1992-1-1 / EN 1992-1-2/
Obciążenia i kombinacje:	EN 1990 / EN 1991.
Zbrojenie podłużne:	Metoda nominalnej sztywności (EN 1992-1-1)
Zbrojenie poprzeczne:	Metoda standardowa (EN 1992-1-1 / §6.2.2 / §6.2.3)
Parametry sejsmiczne:	Brak definicji sejsmiki
	Średnia ciągliwość
	Słup drugorzędny

2.3 Lokalizacja

Lokalizacja	Polska
Typ elementu	Słup
Nr elementu	4
Pozycja	Słup 1, Widok 1
Rysunek	P
Poziom	
Współrzędne	X = 14340 mm; Y = 0 mm; Z = 140 mm

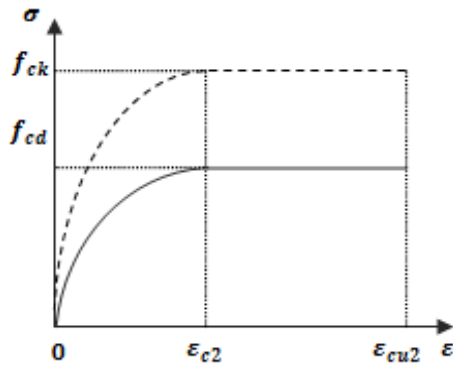
2.4 Jednostki

Długość	mm
Siły	kN
Momenty	kN · m
Naprężenia	MPa (N/mm ²)
Kąty	°
Powierzchnie zbrojenia	cm ²
Szerokość rozwarcia rys	mm

2.1 Materiały

Beton (EN 1992-1-1 / 3.1)

Klasa betonu: C20/25



$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \times \frac{20 \text{ MPa}}{1.4} = 14.29 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{c2} = 2‰$$

$$\varepsilon_{cu2} = 3.5‰$$

$$f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ MPa}$$

$$f_{cm} = 20 \text{ MPa} + 8 \text{ MPa} = 28 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot (f_{ck})^{2/3}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \times (20 \text{ MPa})^{2/3} = 2.21 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \times \left[\frac{28 \text{ MPa}}{10} \right]^{0.3}$$

$$E_{cm} = 29961.95 \text{ MPa}$$

$$\rho_c = 2500 \text{ kg/m}^3$$

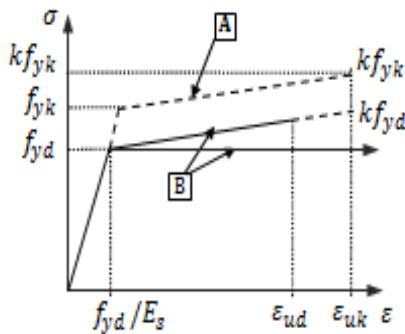
$$\text{SGN: } \gamma_c = 1.4$$

$$\text{SGN-A: } \gamma_c = 1.2$$

$$\text{SGN-S: } \gamma_c = 1.2$$

Stal (EN 1992-1-1 / §3.2 / Załącznik C)

Gatunek stali: B500A



Wytrzymałość charakterystyczna zbrojenia podłużnego:

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

Wytrzymałość charakterystyczna zbrojenia poprzecznego:

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500 \text{ MPa}}{1.15} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{uk} = 25‰$$

$$\varepsilon_{ud} = 0.9\varepsilon_{uk} = 0.9 \times 25 = 22.5‰$$

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Klasa ciągliwości: A

Wykres z poziomą gałęzią

$$\text{SGN: } \gamma_s = 1.15$$

$$\text{SGN-A: } \gamma_s = 1$$

$$\text{SGN-S: } \gamma_s = 1$$

2.2 Otulina

Klasa ekspozycji

X0 (§4.2)

Klasa konstrukcji

S4 (Tabela 4.3)

Otulina

$c = 30 \text{ mm}$ (§4.4.1)

Otulina nominalna

$$c_{nom} = 26 \text{ mm}$$

Otulina minimalna dla przyczepności

$$c_{min,b} = 16 \text{ mm}$$

Otulina minimalna dla trwałości

$$c_{min,dur} = 10 \text{ mm} \quad (§4.4.1.2 (5))$$

Tolerancja wykonania	$\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$	(§4.4.1.1 2(P))
Tolerancja bezpieczeństwa	$\Delta c_{dur,\gamma} = 0 \text{ mm}$	(§4.4.1.2 (6))
Redukcja dla stali nierdzewnej	$\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$	(§4.4.1.2 (7))
Redukcja dla dodatkowego zabezpieczenia	$\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$	(§4.4.1.2 (8))

3 Zbrojenie podłużne

Minimalne zalecenia konstrukcyjne

Minimalna powierzchnia zbrojenia (§9.5.2)

$$A_{s,min} = \text{Max} \left\{ \frac{0.1 \cdot |N_{Ed}|}{f_{yd}}; 2 \text{‰} \cdot A_c \right\}$$

$$A_{s,min} = \text{Max} \left\{ \frac{0.1 \times |265.55 \text{ kN}|}{434.78 \text{ MPa}}; 2 \text{‰} \times 960 \text{ cm}^2 \right\} = 1.92 \text{ cm}^2$$

Minimalna powierzchnia zbrojenia (§9.5.2)

$$A_{s,max} = \rho_{s,max} \cdot A_c = 40 \text{‰} \times 960 \text{ cm}^2 = 38.4 \text{ cm}^2$$

Zbrojenie maksymalne

$$\rho_{s,max} = 40 \text{‰}$$

Plaszczyzna i położenie sił zredukowanych:

ZOY, Dół słupa

Kombinacja

102: 1.35x[1 G]

Moment zginający pierwszego rzędu

$$M_{0,Ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Siła osiowa

$$N_{Ed} = 265.55 \text{ kN}$$

Zbrojenie podłużne jest wyznaczone przy użyciu metody opartej na nominalnej sztywności (§5.8.7.2).

Sztywność betonu:

Obliczeniowa wartość modułu sprężystości betonu (5.20)

$$E_{cd} = \frac{E_{cm}}{1.2} = \frac{29961.95 \text{ MPa}}{1.2} = 24968.29 \text{ MPa}$$

Moment bezwładności przekroju betonowego

$$I_c = 128000 \text{ cm}^4$$

Współczynnik klasy betonu (5.23)

$$k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1$$

Względna siła osiowa

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{265.55 \text{ kN}}{960 \text{ cm}^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.19$$

Współczynnik dla smukłości (5.24)

$$k_2 = n \cdot \frac{\lambda}{170} = 0.19 \times \frac{33.8}{170} \leq 0.20 \rightarrow k_2 = 0.04$$

Efektywny współczynnik pełzania

$$\varphi_{ef} = 2.23$$

Współczynnik wpływu betonu (5.22)

$$K_c = \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \varphi_{ef}} = \frac{1 \times 0.04}{1 + 2.23} = 11.92 \text{‰}$$

Sztywność zbrojenia:

Moduł Younga

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

Powierzchnia zbrojenia

$$A_s = 0.96 \text{ cm}^2$$

Moment bezwładności przekroju zbrojenia

$$I_s = A_s \cdot \left(\frac{H}{2} - d' \right)^2$$

$$I_s = 0.96 \text{ cm}^2 \times \left(\frac{400 \text{ mm}}{2} - 44 \text{ mm} \right)^2 = 233.63 \text{ cm}^4$$

Współczynnik wpływu zbrojenia

$$K_s = 1$$

Sztywność nominalna:

Sztywność nominalna dla betonu

$$K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c = 11.92 \text{‰} \times 24968.29 \text{ MPa} \times 128000 \text{ cm}^4$$

$$K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c = 0.38 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

Sztywność nominalna dla zbrojenia

$$K_s \cdot E_s \cdot I_s = 1 \times 200000 \text{ MPa} \times 233.63 \text{ cm}^4$$

$$K_s \cdot E_s \cdot I_s = 0.47 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

Sztywność nominalna (5.21):

$$EI = K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s = 0.85 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$$

Zwiększenie momentu zginającego (§5.8.7.3)

Moment obliczeniowy uwzględniający efekty drugiego rzędu jest wyznaczany na podstawie poniższego wzoru:

(5.28)

$$M_{Ed} = M_{0Ed} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1} \right)$$

Moment zginający pierwszego rzędu

(z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych)

Względna siła osiowa

Efektywny współczynnik pełzania

Intensywność zbrojenia

Współczynnik intensywności zbrojenia

Stosunek momentów na końcach

Współczynnik stosunku momentów

Smukłość graniczna (5.13N)

Weryfikacja smukłości granicznej (5.8.3.1)

Współczynnik zależny od rozkładu momentów (5.29)

Wyboczeniowa siła osiowa

Końcowy moment zginający

$$M_{0Ed} = M_{0Ed,i} + N_{Ed} \cdot e_i$$

$$M_{0Ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m} + 265.55 \text{ kN} \times 0 \text{ mm} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed} = 265.55 \text{ kN}$$

$$A = \frac{1}{1 + 0.2\varphi_{ef}} = \frac{1}{1 + 0.2 \times 2.23} = 0.69$$

$$\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{0.96 \text{ cm}^2 \times 434.78 \text{ MPa}}{960 \text{ cm}^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.03$$

$$B = \sqrt{1 + 2\omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0.03} = 1.03$$

$$r_m = 1$$

$$C = 1.7 - r_m = 1.7 - 1 = 0.7$$

$$\lambda_{lim} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 20 \times \frac{0.69 \times 1.03 \times 0.7}{\sqrt{0.19}} = 22.66$$

$$\lambda = 33.8 \geq \lambda_{lim} = 22.66$$

Efekty drugiego rzędu są uwzględniane

$$\beta = \frac{\pi^2}{c_0} = \frac{\pi^2}{8} = 1.23$$

$$N_B = \pi^2 \cdot \frac{EI}{(l_0)^2} = \pi^2 \times \frac{0.85 \text{ MN} \cdot \text{m}^2}{(3903 \text{ mm})^2} = 549.53 \text{ kN}$$

$$M_{Ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \left(1 + \frac{1.23}{\frac{549.53 \text{ kN}}{265.55 \text{ kN}} - 1} \right) = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Plaszczyzna i położenie sił zredukowanych:

Kombinacja

Moment zginający pierwszego rzędu

Siła osiowa

ZOX, Dół słupa

102: 1.35x[1 G]

$$M_{0,Ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$N_{Ed} = 265.55 \text{ kN}$$

Zbrojenie podłużne jest wyznaczone przy użyciu metody opartej na nominalnej sztywności (§5.8.7.2).

Sztywność betonu:

Obliczeniowa wartość modułu sprężystości betonu (5.20)

Moment bezwładności przekroju betonowego

Współczynnik klasy betonu (5.23)

Względna siła osiowa

Współczynnik dla smukłości (5.24)

Efektywny współczynnik pełzania (5.19)

Współczynnik wpływu betonu (5.22)

$$E_{cd} = \frac{E_{cm}}{1.2} = \frac{29961.95 \text{ MPa}}{1.2} = 24968.29 \text{ MPa}$$

$$I_c = 46080 \text{ cm}^4$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{f_{ck}}{20}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1$$

$$n = \frac{N_{Ed}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{265.55 \text{ kN}}{960 \text{ cm}^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.19$$

$$k_2 = n \cdot \frac{\lambda}{170} = 0.19 \times \frac{50.91}{170} \leq 0.20 \rightarrow k_2 = 0.06$$

$$\varphi_{ef} = \varphi(\infty, t_0) \cdot \frac{M_{0Eqp}}{M_{0Ed}} = 3.01 \times \frac{3.93 \text{ kN} \cdot \text{m}}{5.31 \text{ kN} \cdot \text{m}} = 2.23$$

$$K_c = \frac{k_1 \cdot k_2}{1 + \varphi_{ef}} = \frac{1 \times 0.06}{1 + 2.23} = 17.95 \text{ ‰}$$

Sztywność zbrojenia:

Moduł Younga	$E_s = 200000 \text{ MPa}$
Powierzchnia zbrojenia	$A_s = 2.96 \text{ cm}^2$
Moment bezwładności przekroju zbrojenia	$I_s = A_s \cdot \left(\frac{H}{2} - d' \right)^2$ $I_s = 2.96 \text{ cm}^2 \times \left(\frac{240 \text{ mm}}{2} - 44 \text{ mm} \right)^2 = 170.97 \text{ cm}^4$

Współczynnik wpływu zbrojenia $K_s = 1$

Sztywność nominalna:

Sztywność nominalna dla betonu $K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c = 17.95 \% \times 24968.29 \text{ MPa} \times 46080 \text{ cm}^4$
 $K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c = 0.21 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$

Sztywność nominalna dla zbrojenia $K_s \cdot E_s \cdot I_s = 1 \times 200000 \text{ MPa} \times 170.97 \text{ cm}^4$
 $K_s \cdot E_s \cdot I_s = 0.34 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$

Sztywność nominalna (5.21): $EI = K_c \cdot E_{cd} \cdot I_c + K_s \cdot E_s \cdot I_s = 0.55 \text{ MN} \cdot \text{m}^2$

Zwiększenie momentu zginającego (§5.8.7.3)

Moment obliczeniowy uwzględniający efekty drugiego rzędu jest wyznaczany na podstawie poniższego wzoru:

(5.28)

$$M_{Ed} = M_{0Ed} \cdot \left(1 + \frac{\beta}{\frac{N_B}{N_{Ed}} - 1} \right)$$

Moment zginający pierwszego rzędu $M_{0Ed} = M_{0Ed,i} + N_{Ed} \cdot e_i$
 $M_{0Ed} = 0 \text{ kN} \cdot \text{m} + 265.55 \text{ kN} \times 20 \text{ mm} = 5.31 \text{ kN} \cdot \text{m}$

(z uwzględnieniem imperfekcji geometrycznych)

Względna siła osiowa $N_{Ed} = 265.55 \text{ kN}$

Efektywny współczynnik pełzania $A = \frac{1}{1 + 0.2\varphi_{ef}} = \frac{1}{1 + 0.2 \times 2.23} = 0.69$

Intensywność zbrojenia $\omega = \frac{A_s \cdot f_{yd}}{A_c \cdot f_{cd}} = \frac{2.96 \text{ cm}^2 \times 434.78 \text{ MPa}}{960 \text{ cm}^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.09$

Współczynnik intensywności zbrojenia $B = \sqrt{1 + 2\omega} = \sqrt{1 + 2 \times 0.09} = 1.09$

Stosunek momentów na końcach $r_m = 1$

Współczynnik stosunku momentów $C = 1.7 - r_m = 1.7 - 1 = 0.7$

Smukłość graniczna (5.13N) $\lambda_{lim} = 20 \cdot \frac{A \cdot B \cdot C}{\sqrt{n}} = 20 \times \frac{0.69 \times 1.09 \times 0.7}{\sqrt{0.19}} = 23.98$

Weryfikacja smukłości granicznej (5.8.3.1) $\lambda = 50.91 \geq \lambda_{lim} = 23.98$

Efekty drugiego rzędu są uwzględniane

Współczynnik zależny od rozkładu momentów (5.29) $\beta = \frac{\pi^2}{c_0} = \frac{\pi^2}{8} = 1.23$

Wyboczeniowa siła osiowa $N_B = \pi^2 \cdot \frac{EI}{(l_0)^2} = \pi^2 \times \frac{0.55 \text{ MN} \cdot \text{m}^2}{(3527 \text{ mm})^2} = 435.12 \text{ kN}$

Końcowy moment zginający $M_{Ed} = 5.31 \text{ kN} \cdot \text{m} \cdot \left(1 + \frac{1.23}{\frac{435.12 \text{ kN}}{265.55 \text{ kN}} - 1} \right) = 15.57 \text{ kN} \cdot \text{m}$

Ponieważ występuje tylko obciążenie osiowe, słup jest ściskany i

$$\left. \begin{aligned} A_{(ZOY)} &= \frac{A_{s,min}}{2} = 0.96 \text{ cm}^2 \\ A_{(ZOX)} &> A_{s,min} \rightarrow 2.96 \text{ cm}^2 > 1.92 \text{ cm}^2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow A_{(ZOY)} = 0 \text{ cm}^2$$

Całkowite zbrojenie podłużne słupa (z obu płaszczyzn zginania, z uwzględnieniem skręcania) $A_{long} = A_{s(ZOX)} + A_{s(ZOY)}$
 $A_{long} = 2.96 \text{ cm}^2 + 0 \text{ cm}^2 = 2.96 \text{ cm}^2$

Zbrojenie podłużne w słupie

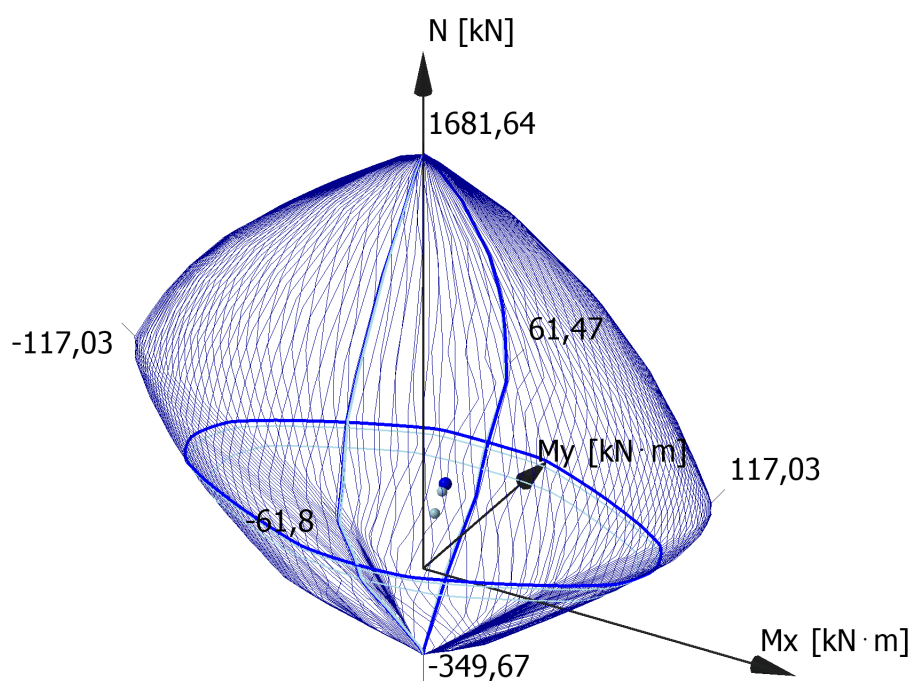
$$A_{\text{long}} = \text{Max}(A_{s,\text{min}}; A_{s(\text{ZOX})} + A_{s(\text{ZOY})})$$

$$A_{\text{long}} = \text{Max}(1.92 \text{ cm}^2; 2.96 \text{ cm}^2) = 2.96 \text{ cm}^2$$

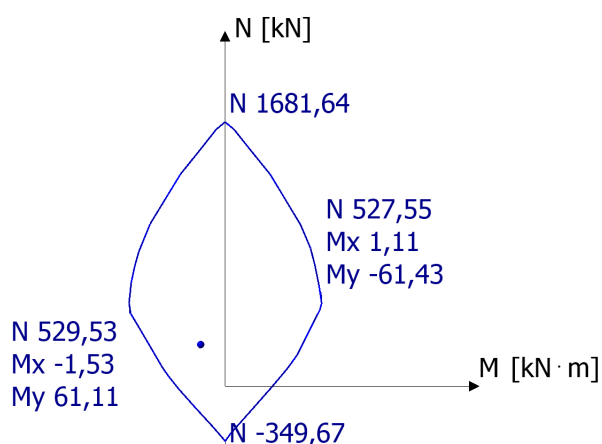
Metoda sztywności nominalnej (EN 1992-1-1, 5.8.7)										
Typ	Komb	Sztywność betonu			Sztywność stali		Ogółem	Siły drugiego rzędu		
		φ_{ef}	K_c	I_c	K_s	I_s	EI	M_{Ed}	$A_{s,\text{req}}$	A_{min}
				(cm ⁴)		(cm ⁴)	(MPa)	(kN · m)	(cm ²)	(cm ²)
ZOY	102	2.23	0.01	128000	1	233.63	0.85	0	0.96	1.92
ZOX	102	2.23	0.02	46080	1	170.97	0.55	15.57	2.96	1.92

3.1 Weryfikacja krzywymi interakcji

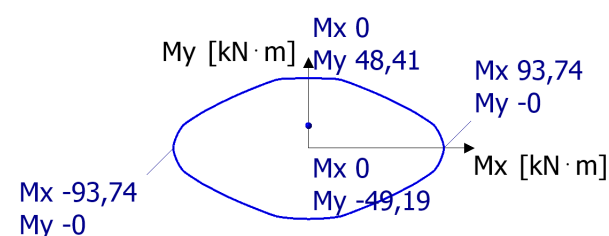
Krzywa interakcji 3D



Krzywa interakcji M-N



Krzywa interakcji Mx-My



Wytyżenie dla kombinacji wymiarujących						
Komb	Typ obwiedni	Nz	Mx	My	Kąt	Zweryfikowane
		(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(°)	
102	Nz Max	265.55	0	15.57	90	Tak
101	Nz Min	182.44	0	8.22	90	Tak
102	Mx Max	246.3	0	13.38	90	Tak
102	Mx Min	246.3	0	13.38	90	Tak
102	My Max	265.55	0	15.57	90	Tak
101	My Min	182.44	0	8.22	90	Tak
102	Obwiednia X	265.55	0	15.57	90	Tak
102	Obwiednia Y	265.55	0	15.57	90	Tak

Rzeczywiste zbrojenie podłużne	
Położenie	Zbrojenie
Strefa środkowa	4 × ø16 (8.04 cm²), Długość = 5660 mm
Góra słupa	4 × ø16 (8.04 cm²), Długość = 1799 mm

4 Zbrojenie poprzeczne

4.2 Minimalne zalecenia konstrukcyjne

Zbrojenie poprzeczne jest zdefiniowane zgodnie z §9.5.3 normy EN 1992-1-1, z uwzględnieniem strefy krytycznej w dolnej i górnej części słupa.

Strefa środkowa

Średnica zbrojenia poprzecznego

$$\Phi_t \geq \max \left\{ \begin{array}{l} 6 \text{ mm} \\ \frac{\Phi_{l,\max}}{4} \end{array} \right\} = 6 \text{ mm}$$

Rozstaw maksymalny strzemion

$$s_t \leq \min \left\{ \begin{array}{l} 20 \cdot \Phi_{l,\min} \\ \min(a;b) \\ 400 \text{ mm} \end{array} \right\}$$

Strefa krytyczna

Rozstaw maksymalny strzemion jest równy 0.6 maksymalnego rozstawu w strefie środkowej.

4.1 Weryfikacja ścinania

Weryfikacja ścinania i wymiarowanie zbrojenia na ścinanie odbywa się zgodnie z 6.2 z EN 1992-1-1.

Rzeczywiste zbrojenie poprzeczne	
Położenie	Zbrojenie
Zestaw 1	12 × ø6 / 120 mm
Zestaw 2	11 × ø6 / 244 mm
Zestaw 3	12 × ø6 / 120 mm

5 Obwiednie

First order efforts for envelopes								
ID	Obwiednia wytyżenia	Położenie	N	M _x	M _y	M _z	V _x	V _y
			(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
102	ATheoY	Dół	265.55	0	0	0	0	0
102	ATheoX	Dół	265.55	0	0	0	0	0

First order efforts for envelopes								
ID	Obwiednia wyłączenia	Polozenie	N	M _x	M _y	M _z	V _x	V _y
			(kN)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN)
101	TyMax	Dół	0	0	0	0	0	0
101	TxMax	Dół	0	0	0	0	0	0
101	MyMin	Dół	182.44	0	0	0	0	0
102	MxMin	Dół	246.3	0	0	0	0	0
102	MyMax	Dół	265.55	0	0	0	0	0
102	MxMax	Dół	246.3	0	0	0	0	0
101	NMin	Dół	182.44	0	0	0	0	0
102	NMax	Dół	265.55	0	0	0	0	0

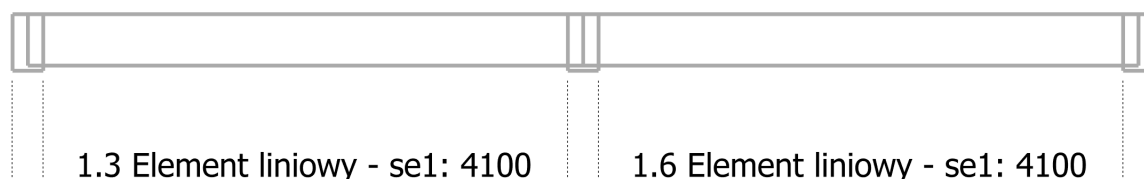
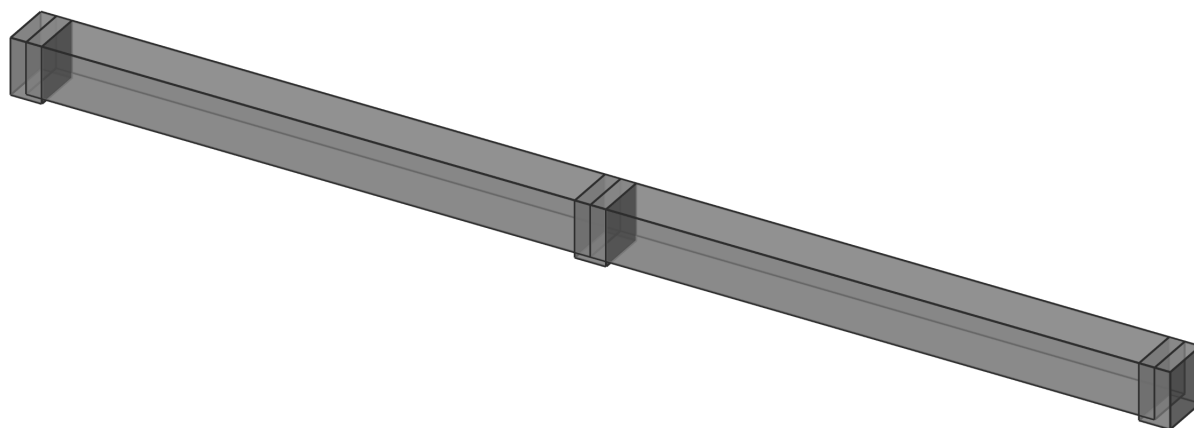
Siły wymiarujące (z uwzględnieniem efektów drugiego rzędu) i mimośrodów dla obwiedni								
ID	Obwiednia wyłączenia	e _i	e _{1x}	e _{1y}	e _{2x}	e _{2y}	M _{Ed2x}	M _{Ed2y}
		(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(kN · m)	(kN · m)
102	ATheoY	20	-0	-0	39	0	0	15.57
102	ATheoX	20	-0	-0	39	0	0	15.57
101	TyMax	0	0	0	0	0	0	0
101	TxMax	0	0	0	0	0	0	0
101	MyMin	20	-0	-0	25	0	0	8.22
102	MxMin	20	-0	-0	34	0	0	13.38
102	MyMax	20	-0	-0	39	0	0	15.57
102	MxMax	20	-0	-0	34	0	0	13.38
101	NMin	20	-0	-0	25	0	0	8.22
102	NMax	20	-0	-0	39	0	0	15.57

Zbrojenie teoretyczne dla obwiedni							
ID	Obwiednia wyłączenia	A _{long,x}	A _{long,y}	A _{sw,x}	A _{sw,y}	A _{long,torsion}	A _{sw,torsion}
		(cm ²)	(cm ²)	(cm ² /m)	(cm ² /m)	(cm ²)	(cm ² /m)
102	ATheoY	2.96	0	0	0	0	0
102	ATheoX	2.96	0	0	0	0	0
101	TyMax	0	0	0	0	0	0
101	TxMax	0	0	0	0	0	0
101	MyMin	2.96	0	0	0	0	0
102	MxMin	2.96	0	0	0	0	0
102	MyMax	2.96	0	0	0	0	0
102	MxMax	2.96	0	0	0	0	0
101	NMin	2.96	0	0	0	0	0
102	NMax	2.96	0	0	0	0	0

 GRAITEC INNOVATION www.graitec.com 17 Burospace 91572 Bièvres	Projekt	NADPROŻE N-1		
	Adres			
	Raport			
	Projektant		Data	
	Sprawdzający		Data	
	Rewizja	A	Rysunek	T

Belka żelbetowa

1 Opis geometrii



Przęsło: 1

Przęsło: 2

Długość $L = 4100$ mm

Szerokość belki $b_w = 400$ mm

Wysokość belki $H = 400$ mm

Szerokość lewej podpory $b_{LS} = 240$ mm

Szerokość prawej podpory $b_{RS} = 240$ mm

2 Obciążenia i kombinacje

Opis przypadków obciążenia								
ID	Tytuł	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2	γ_{EQU}	γ_{STR}	$\gamma_{\text{EQU,Fav}}$	$\gamma_{\text{STR,Fav}}$
1	G	-	-	-	1.1	1.35	0.9	1

Opis kombinacji			
ID	Kombinacja	Kod	Typ
101	1x[1 G]	ECELUSTR	SGN
102	1.35x[1 G]	ECELUSTR	SGN
103	1x[1 G]	ECELSCQ	SGU
104	1x[1 G]	ECELSFQ	SGU
105	1x[1 G]	ECELSQP	SGU

3 Założenia ogólne

Obliczenia zbrojenia:	EN 1992-1-1 / EN 1992-1-2.
Obciążenia i kombinacje:	EN 1990 / EN 1991.
Obliczenia zbrojenia podłużnego:	EN 1992-1-1 / 6.1 - Metoda zredukowanego momentu granicznego
Obliczenia zbrojenia poprzecznego:	Metoda standardowa (EN 1992-1-1 / §6.2.2 / §6.2.3)
Beton:	Beton bez dodatku pyłu krzemionkowego Beton zwykły
Schemat zbrojenia:	Wykres naprężenie-odkształcenie z poziomą gałęzią
Parametry sejsmiczne:	Brak definicji sejsmiki Średnia ciągliwość Belka główna.
Odporność ogniowa:	R 0
Ciężar własny:	Uwaga - nie uwzględniono ciężaru własnego.
Rodzaj przekroju:	Wymiarowanie przekroju teowego.

3.1 Lokalizacja

Lokalizacja	Polska
Typ elementu	Belka standardowa
Nr elementu	1
Pozycja	Belka 1, Poziom 1
Rysunek	T
Poziom	0 mm
Współrzędne	$X_1 = 0 \text{ mm}; Y_1 = 0 \text{ mm}; Z_1 = 0 \text{ mm}$ $X_2 = 8680 \text{ mm}; Y_2 = 0 \text{ mm}; Z_2 = 0 \text{ mm}$

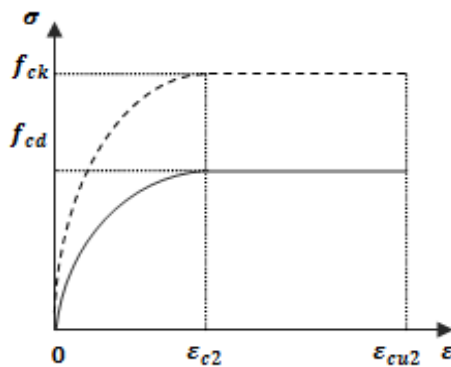
3.2 Jednostki

Długość	mm
Siły	kN
Momenty	kN · m
Naprężenia	MPa (N/mm ²)
Kąty	°
Powierzchnie zbrojenia	cm ²
Szerokość rozwarcia rys	mm

3.3 Materiały

Beton

(EN 1992-1-1 / 3.1)



Przęsło 1

Klasa betonu: C20/25

Przęsło 2

Klasa betonu: C20/25

$$f_{ck} = 20 \text{ MPa}$$

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1 \times \frac{20 \text{ MPa}}{1.4} = 14.29 \text{ MPa}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \cdot (f_{ck})^{2/3}$$

$$f_{ctm} = 0.30 \times (20 \text{ MPa})^{2/3} = 2.21 \text{ MPa}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left[\frac{f_{cm}}{10} \right]^{0.3}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \times \left[\frac{28 \text{ MPa}}{10} \right]^{0.3}$$

$$E_{cm} = 29961.95 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{c2} = 2\text{‰}$$

$$\varepsilon_{cu2} = 3.5\text{‰}$$

$$\rho_c = 0 \text{ kg/m}^3$$

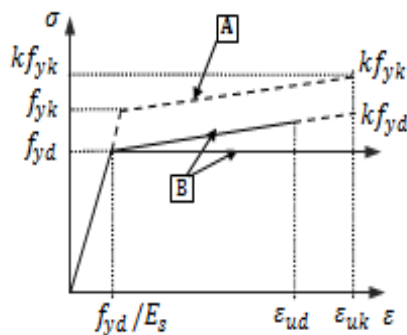
$$\text{SGN: } \gamma_c = 1.4$$

$$\text{SGN-A: } \gamma_c = 1.2$$

$$\text{SGN-S: } \gamma_c = 1.2$$

Klasa stali

(EN 1992-1-1 / Część 3 / Aneks C)



Przęsło 1

Stal zbrojenia podłużnego: B500A

Stal zbrojenia poprzecznego: B500A

Przęsło 2

Stal zbrojenia podłużnego: B500A

Stal zbrojenia poprzecznego: B500A

$$f_{yk} = 500 \text{ MPa}$$

$$f_{yd} = \text{Min} \left\{ k \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s}; f_{yk} \right\}$$

$$f_{yd} = \text{Min} \left\{ 1.05 \times \frac{500 \text{ MPa}}{1.15}; 500 \text{ MPa} \right\} = 434.78 \text{ MPa}$$

$$f_{ywk} = 500 \text{ MPa}$$

Klasa ciągliwości: A

$$E_s = 200000 \text{ MPa}$$

$$\varepsilon_{uk} = 25\text{‰}$$

$$\varepsilon_{ud} = 0.9\varepsilon_{uk} = 0.9 \times 25 = 22.5\text{‰}$$

Wykres z poziomą gałęzią

$$k = 1.05$$

$$\text{SGN: } \gamma_s = 1.15$$

$$\text{SGN-A: } \gamma_s = 1$$

$$\text{SGN-S: } \gamma_s = 1$$

Otulina									
Przęsło	Góra			Dół			Bok		
	Otulina	c _{nom}	c _{min,b}	Otulina	c _{nom}	c _{min,b}	Otulina	c _{nom}	c _{min,b}
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)
1	30	26	16	30	26	16	30	20	16
2	30	26	16	30	26	16	30	20	16

Otulina minimalna dla trwałości $c_{\min,dur} = 10 \text{ mm}$ (4.4.1.2 (5))

Tolerancja wykonania $\Delta c_{dev} = 10 \text{ mm}$ (4.4.1.1 2(P))

Tolerancja bezpieczeństwa $\Delta c_{dur,y} = 0 \text{ mm}$ (4.4.1.2 (6))

Redukcja dla stali nierdzewnej $\Delta c_{dur,st} = 0 \text{ mm}$ (4.4.1.2 (7))

Redukcja dla dodatkowego zabezpieczenia $\Delta c_{dur,add} = 0 \text{ mm}$ (4.4.1.2 (8))

4 Współczynnik pełzania

Obliczanie współczynnika pełzania odbywa się zgodnie z Załącznikiem B normy EN 1992-1-1.

Wilgotność względna $RH = 50\%$

Czas początkowego obciążenia (w dniach) $t_0 = 28$

Współczynnik zależny od rozwoju pełzania w czasie $t = \infty \rightarrow \beta_c(t, t_0) = 1.0$

Przęsło 1

Miarodajny wymiar elementu (B.6) $h_0 = \frac{2Ac}{u} = \frac{2 \times 1600 \text{ cm}^2}{1600 \text{ mm}} = 200 \text{ mm}$

Wpływ wilgotności (B.3a) $\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH}{0.1 \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - 50\%}{0.1 \times \sqrt[3]{200}} = 1.85$

Wpływ wytrzymałości betonu (B.4) $\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{28}} = 3.17$

Wiek betonu w chwili obciążenia t_0 , z uwzględnieniem typu cementu (B.9), w dniach $t_{0,c} = t_0 \cdot \left[\frac{9}{2 + (t_0)^{1.2}} + 1 \right]^\alpha = 28 \times \left[\frac{9}{2 + 28^{1.2}} + 1 \right]^0 \geq 0.5$
 $t_{0,c} = 28$

Wpływ wieku betonu (B.5) $\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + (t_{0,c})^{0.2}} = \frac{1}{0.1 + (28)^{0.2}} = 0.49$

Podstawowy wsp. pełzania (B.2) $\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) = 1.85 \times 3.17 \times 0.49 = 2.88$

Współczynnik pełzania (B.1) $\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2.88 \times 1 = 2.88$

Przęsło 2

Miarodajny wymiar elementu (B.6) $h_0 = \frac{2Ac}{u} = \frac{2 \times 1600 \text{ cm}^2}{1600 \text{ mm}} = 200 \text{ mm}$

Wpływ wilgotności (B.3a) $\varphi_{RH} = 1 + \frac{1 - RH}{0.1 \sqrt[3]{h_0}} = 1 + \frac{1 - 50\%}{0.1 \times \sqrt[3]{200}} = 1.85$

Wpływ wytrzymałości betonu (B.4) $\beta(f_{cm}) = \frac{16.8}{\sqrt{f_{cm}}} = \frac{16.8}{\sqrt{28}} = 3.17$

Wiek betonu w chwili obciążenia t_0 , z uwzględnieniem typu cementu (B.9), w dniach $t_{0,c} = t_0 \cdot \left[\frac{9}{2 + (t_0)^{1.2}} + 1 \right]^\alpha = 28 \times \left[\frac{9}{2 + 28^{1.2}} + 1 \right]^0 \geq 0.5$
 $t_{0,c} = 28$

Wpływ wieku betonu (B.5) $\beta(t_0) = \frac{1}{0.1 + (t_{0,c})^{0.2}} = \frac{1}{0.1 + (28)^{0.2}} = 0.49$

Podstawowy wsp. pełzania (B.2) $\varphi_0 = \varphi_{RH} \cdot \beta(f_{cm}) \cdot \beta(t_0) = 1.85 \times 3.17 \times 0.49 = 2.88$

Współczynnik pełzania (B.1) $\varphi(t, t_0) = \varphi_0 \cdot \beta_c(t, t_0) = 2.88 \times 1 = 2.88$

5 Siły wewnętrzne

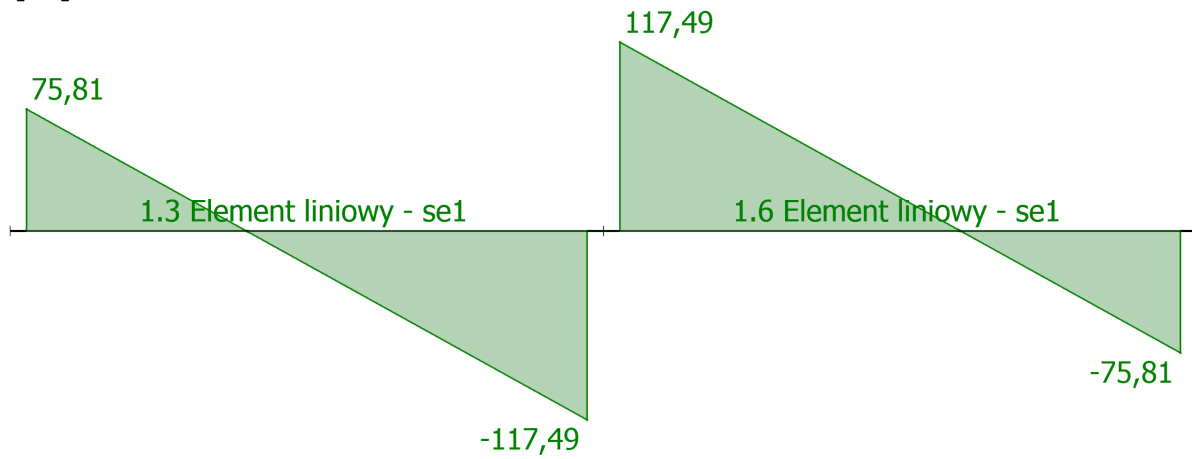
Tabela zbiorcza

W poniższej tabeli przedstawiono dane odpowiadające kombinacjom SGN i SGU.

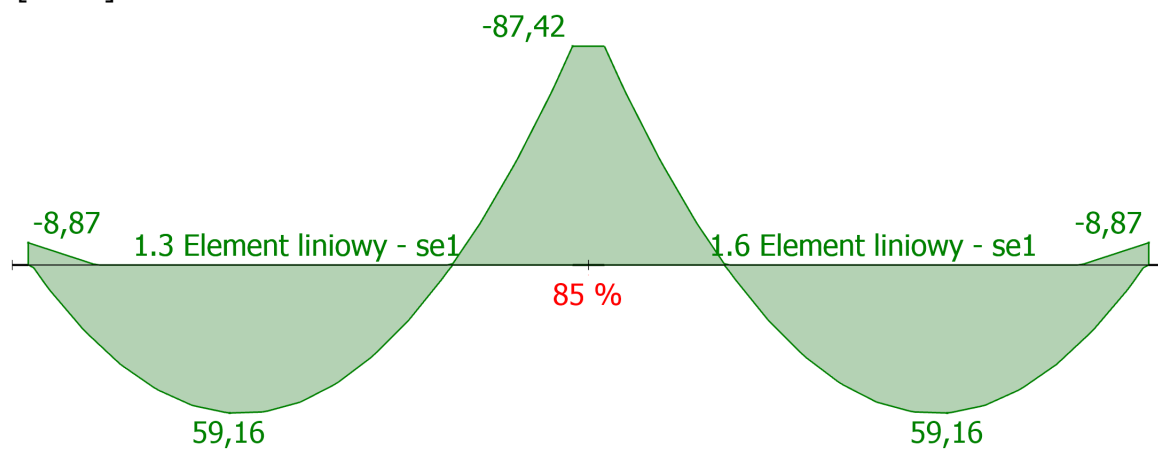
Przęsło - Przekrój	Rzędna	Strona	M_{Ed}	M_{eqc}	M_{Iq}	M_{qp}	V_{Ed}	T_{Ed}
	(mm)		(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN · m)	(kN)	(kN · m)
1 - Lewa podpora	0	Góra	-8.87	-6.57	-6.57	-6.57	75.81	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	0	0
1 - Prawa podpora	4100	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	0	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	-117.49	0
1 - Max M (dół)	1517	Góra	-0	-0	-0	-0	4.29	0
		Dół	59.16	43.82	43.82	43.82	0	0
1 - Max V	4100	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	0	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	-117.49	0
1 - Max wk	4100	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	0	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	-117.49	0
1 - Maksymalne naprężenie w betonie	4100	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	0	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	-117.49	0
1 - Max naprężenie w stali	4100	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	0	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	-117.49	0
1 - Max ugięcie	0	Góra	-8.87	-6.57	-6.57	-6.57	75.81	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	0	0
2 - Lewa podpora	0	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	117.49	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	0	0
2 - Prawa podpora	4100	Góra	-8.87	-6.57	-6.57	-6.57	0	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	-75.81	0
2 - Max M (dół)	2583	Góra	-0	-0	-0	-0	0	0
		Dół	59.16	43.82	43.82	43.82	-4.29	0
2 - Max V	0	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	117.49	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	0	0
2 - Max wk	0	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	117.49	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	0	0
2 - Maksymalne naprężenie w betonie	0	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	117.49	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	0	0
2 - Max naprężenie w stali	0	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	117.49	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	0	0
2 - Max ugięcie	0	Góra	-87.42	-64.75	-64.75	-64.75	117.49	0
		Dół	-0	-0	-0	-0	0	0

5.1 Obwiednia kombinacji SGN

[kN]

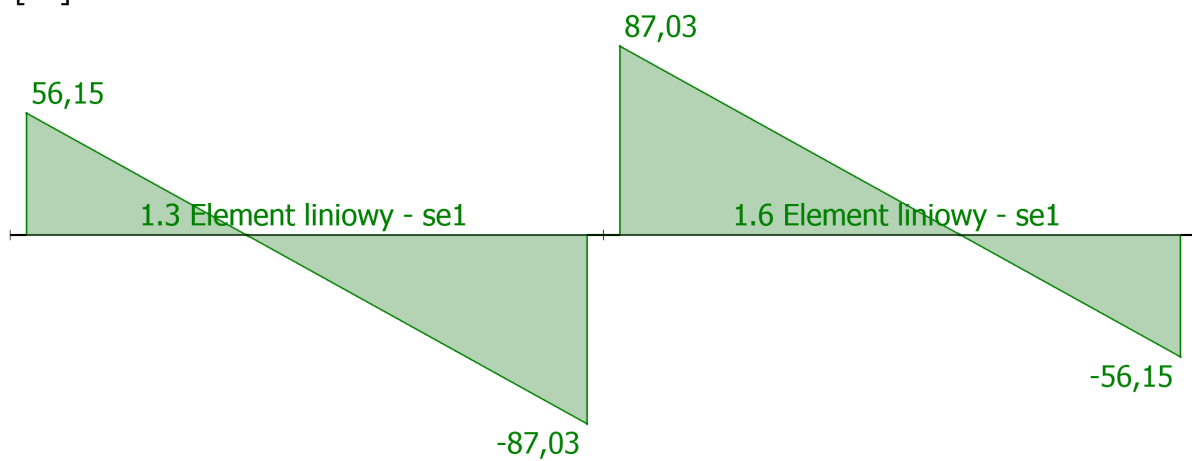


[kN · m]

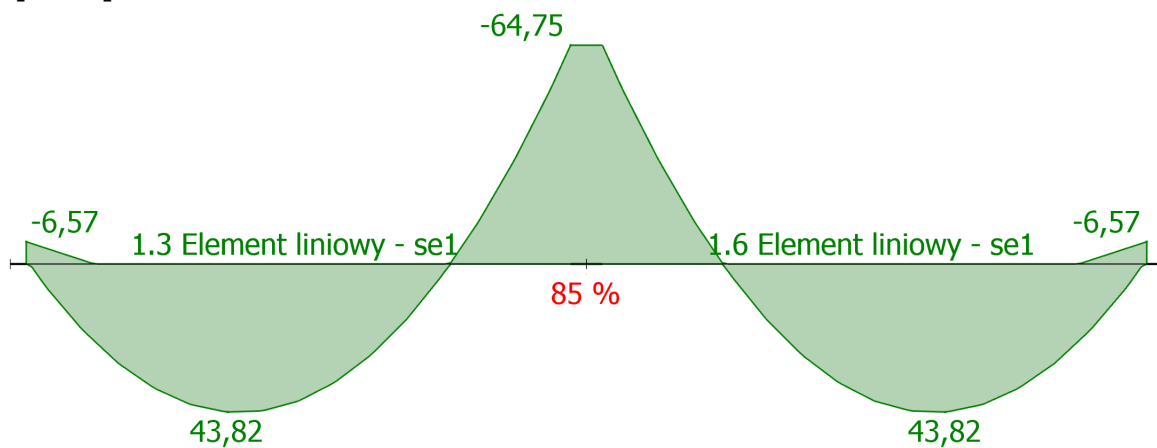


5.2 Obwiednia kombinacji SGU

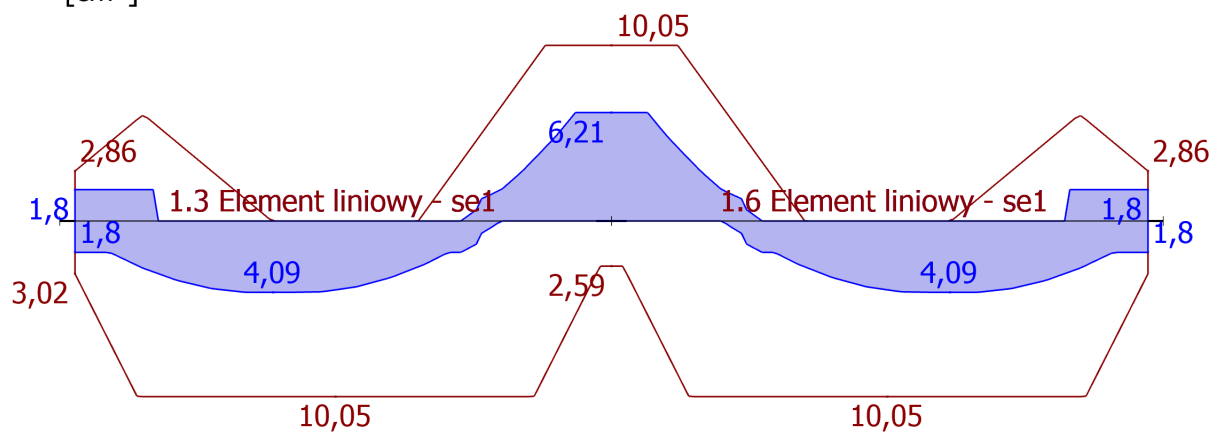
[kN]



[kN · m]



6 Zbrojenie podłużne

[cm²]

Zbrojenie jest obliczane, biorąc pod uwagę moment obliczeniowy, który jest inny niż moment zginający od przypadków, zgodnie z 9.2.1.3, rysunek 9.2, od EN 1992-1-1.

Zbrojenie podłużne									
Położenie				Momenty zginające			Zbrojenie		
Przęsło - Przekrój	Rzędna	Komb	Strona	M _{Ed}	M _{Rd}	Wyteż.	Teor.	Rzecz.	Min
	(mm)			(kN · m)	(kN · m)		(cm²)	(cm²)	(cm²)
1 - Lewa podpora	0	102	Góra	-8.87	-37.8	23.48 %	1.8	2.86	1.8
1 - Prawa podpora	4100	102	Góra	-87.42	-121.03	72.23 %	6.21	10.05	1.8
1 - Max M (dół)	1517	102	Dół	59.16	136.34	43.39 %	4.09	10.05	1.8
2 - Lewa podpora	0	102	Góra	-87.42	-121.03	72.23 %	6.21	10.05	1.8
2 - Prawa podpora	4100	102	Góra	-8.87	-37.8	23.48 %	1.8	2.86	1.8
2 - Max M (dół)	2583	102	Dół	59.16	136.34	43.39 %	4.09	10.05	1.8

Rzeczywiste zbrojenie podłużne			
Przęsło	Położenie	Rodzina	Zbrojenie
1	Dół	1	5 × ø16 (10.05 cm²)
	Góra	1	2 × ø16 (4.02 cm²)
2	Dół	1	5 × ø16 (10.05 cm²)
	Góra	1	2 × ø16 (4.02 cm²)

Rzeczywiste zbrojenie podłużne nad podporami		
Podpora	Rodzina	Zbrojenie
1	1	$3 \times \varnothing 16$ (6.03 cm ²)
2	1	$5 \times \varnothing 16$ (10.05 cm ²)
3	1	$3 \times \varnothing 16$ (6.03 cm ²)

Wartość wysokości użytecznej (d) jest określana automatycznie zgodnie z rzeczywistym zbrojeniem przekroju.

6.1 Obliczenia szczegółowe

Przęsło	1.3 Element liniowy - se1, Przekrój Max M (dół), Położenie 1517 mm, (Pręty dolne)
Kombinacja	SGN102 : 1.35x[1 G]
Moment wymiarujący	$M_{Ed} = -59.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wymiary przekroju	$b_w = 400 \text{ mm}$ $H = 400 \text{ mm}$
Mimośród	$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{-59.16 \text{ kN}\cdot\text{m}}{-2.71 \text{ kN}} = 21809 \text{ mm}$ $V_b = \frac{H}{2} - c_t = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 54 \text{ mm} = 146 \text{ mm}$ $V_t = \frac{H}{2} - c_b = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 30 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$
Moment zginający od zbrojenia rozciąganego	$M_{EdA} = M_{Ed} + N_{Ed} \times \left(d - \frac{H}{2}\right)$ $M_{EdA} = -59.16 \text{ kN}\cdot\text{m} + (-2.71 \text{ kN}) \times \left(346 \text{ mm} - \frac{400 \text{ mm}}{2}\right)$ $M_{EdA} = -59.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wartość momentu zredukowanego	$\mu_{cu} = \frac{ M_{EdA} }{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{ -59.55 \text{ kN}\cdot\text{m} }{400 \text{ mm} \times (346 \text{ mm})^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.09$
Moment zredukowany	$\mu_{lim} = 0.37$
Zbrojenie ściskane nie jest wymagane	$\mu_{cu} \leq \mu_{lim} : 0.09 \leq 0.37$
Oś obojętna	$x_r = \frac{1}{\lambda} \cdot (1 - \sqrt{1 - 2\mu_{cu}})$ $x_r = \frac{1}{0.8} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.09}) \in [0; 1] \rightarrow x_r = 0.11$
Ramię sił wewnętrznych	$z_b = d \cdot (1 - 0.5\lambda \cdot x_r)$ $z_b = 346 \text{ mm} \times (1 - 0.5 \times 0.8 \times 0.11) = 330 \text{ mm}$
Naprężenia w zbrojeniu rozciągany	$\sigma_s = 434.78 \text{ MPa}$
Powierzchnia zbrojenia rozciąganego	$A_{s1} = \frac{ M_{EdA} }{z_b \cdot \sigma_s} = \frac{ -59.55 \text{ kN}\cdot\text{m} }{330 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa}} = 4.15 \text{ cm}^2$ $A_1 = A_{s2}$ $A_2 = A_{s1}$ $A_2 \geq \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}}$
Powierzchnia zbrojenia górnego	$A_t = A_1 = 0 \text{ cm}^2$
Powierzchnia zbrojenia dolnego	$A_b = A_2 - \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}} = 4.15 \text{ cm}^2 - \frac{ -2.71 \text{ kN} }{434.78 \text{ MPa}} = 4.09 \text{ cm}^2$
Minimalny i maksymalny udział procentowy zbrojenia podłużnego w belce jest określony w art. 9.2.1.1 z EN 1992-1-1	
Minimalny procent (9.1N)	$A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d \\ 0.0013 b_w \cdot d \end{cases}$ $A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \times \frac{2.21 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \\ 0.0013 \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \end{cases}$ $A_{s,min} = 1.8 \text{ cm}^2$
Nośność na zginanie	$M_{Rd} = 136.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Weryfikacja zginania	$ M_{Ed} \leq M_{Rd} : -59.16 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 136.34 \text{ kN}\cdot\text{m} $
Wytężenie	43.39 % (OK)

Przęsło	1.3 Element liniowy - se1, Przekrój Prawa podpora, Położenie 4100 mm, (Pręty górne)
Kombinacja	SGN102 : 1.35x[1 G]
Moment wymiarujący	$M_{Ed} = 87.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wymiary przekroju	$b_w = 400 \text{ mm}$ $H = 400 \text{ mm}$
Mimośród	$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{87.42 \text{ kN}\cdot\text{m}}{-2.71 \text{ kN}} = -32228 \text{ mm}$ $V_b = \frac{H}{2} - c_t = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 54 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$ $V_t = \frac{H}{2} - c_b = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 30 \text{ mm} = 146 \text{ mm}$
Moment zginający od zbrojenia rozciąganego	$M_{EdA} = M_{Ed} - N_{Ed} \times \left(d - \frac{H}{2}\right)$ $M_{EdA} = 87.42 \text{ kN}\cdot\text{m} - (-2.71 \text{ kN}) \times \left(346 \text{ mm} - \frac{400 \text{ mm}}{2}\right)$ $M_{EdA} = 87.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wartość momentu zredukowanego	$\mu_{cu} = \frac{ M_{EdA} }{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{ 87.81 \text{ kN}\cdot\text{m} }{400 \text{ mm} \times (346 \text{ mm})^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.13$
Moment zredukowany	$\mu_{lim} = 0.37$
Zbrojenie ściskane nie jest wymagane	$\mu_{cu} \leq \mu_{lim} : 0.13 \leq 0.37$
Oś obojętna	$x_r = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{cu}}\right)$ $x_r = \frac{1}{0.8} \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.13}\right) \in [0;1] \rightarrow x_r = 0.17$
Ramię sił wewnętrznych	$z_b = d \cdot (1 - 0.5\lambda \cdot x_r)$ $z_b = 346 \text{ mm} \times (1 - 0.5 \times 0.8 \times 0.17) = 322 \text{ mm}$
Naprężenia w zbrojeniu rozciągany	$\sigma_s = 434.78 \text{ MPa}$
Powierzchnia zbrojenia rozciąganego	$A_{s1} = \frac{ M_{EdA} }{z_b \cdot \sigma_s} = \frac{ 87.81 \text{ kN}\cdot\text{m} }{322 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa}} = 6.27 \text{ cm}^2$ $A_1 = A_{s1}$ $A_2 = A_{s2}$ $A_1 \geq \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}}$
Powierzchnia zbrojenia górnego	$A_t = A_1 - \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}} = 6.27 \text{ cm}^2 - \frac{ -2.71 \text{ kN} }{434.78 \text{ MPa}} = 6.21 \text{ cm}^2$
Powierzchnia zbrojenia dolnego	$A_b = A_2 = 0 \text{ cm}^2$
Minimalny i maksymalny udział procentowy zbrojenia podłużnego w belce jest określony w art. 9.2.1.1 z EN 1992-1-1	
Minimalny procent (9.1N)	$A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d \\ 0.0013 b_w \cdot d \end{cases}$ $A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \times \frac{2.21 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \\ 0.0013 \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \end{cases}$ $A_{s,min} = 1.8 \text{ cm}^2$
Nośność na zginanie	$M_{Rd} = 121.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Weryfikacja zginania	$ M_{Ed} \leq M_{Rd} : 87.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 121.03 \text{ kN}\cdot\text{m} $
Wyłączenie	72.23 % (OK)

Przęsło	1.3 Element liniowy - se1, Przekrój Lewa podpora, Położenie 0 mm, (Pręty górne)
Kombinacja	SGN102 : 1.35x[1 G]
Moment wymiarujący	$M_{Ed} = 8.87 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wymiary przekroju	$b_w = 400 \text{ mm}$ $H = 400 \text{ mm}$
Mimośród	$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{8.87 \text{ kN}\cdot\text{m}}{-2.71 \text{ kN}} = -3271 \text{ mm}$ $V_b = \frac{H}{2} - c_t = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 54 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$ $V_t = \frac{H}{2} - c_b = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 30 \text{ mm} = 146 \text{ mm}$
Moment zginający od zbrojenia rozciąganego	$M_{EdA} = M_{Ed} - N_{Ed} \times \left(d - \frac{H}{2}\right)$ $M_{EdA} = 8.87 \text{ kN}\cdot\text{m} - (-2.71 \text{ kN}) \times \left(346 \text{ mm} - \frac{400 \text{ mm}}{2}\right)$ $M_{EdA} = 9.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wartość momentu zredukowanego	$\mu_{cu} = \frac{ M_{EdA} }{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{ 9.27 \text{ kN}\cdot\text{m} }{400 \text{ mm} \times (346 \text{ mm})^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.01$
Moment zredukowany	$\mu_{lim} = 0.37$
Zbrojenie ściskane nie jest wymagane	$\mu_{cu} \leq \mu_{lim} : 0.01 \leq 0.37$
Oś obojętna	$x_r = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{cu}}\right)$ $x_r = \frac{1}{0.8} \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.01}\right) \in [0; 1] \rightarrow x_r = 0.02$
Ramię sił wewnętrznych	$z_b = d \cdot (1 - 0.5\lambda \cdot x_r)$ $z_b = 346 \text{ mm} \times (1 - 0.5 \times 0.8 \times 0.02) = 344 \text{ mm}$
Naprężenia w zbrojeniu rozciągany	$\sigma_s = 434.78 \text{ MPa}$
Powierzchnia zbrojenia rozciąganego	$A_{s1} = \frac{ M_{EdA} }{z_b \cdot \sigma_s} = \frac{ 9.27 \text{ kN}\cdot\text{m} }{344 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa}} = 0.62 \text{ cm}^2$ $A_1 = A_{s1}$ $A_2 = A_{s2}$ $A_1 \geq \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}}$
Powierzchnia zbrojenia górnego	$A_t = A_1 - \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}} = 0.62 \text{ cm}^2 - \frac{ -2.71 \text{ kN} }{434.78 \text{ MPa}} = 0.56 \text{ cm}^2$
Powierzchnia zbrojenia dolnego	$A_b = A_2 = 0 \text{ cm}^2$
Minimalny i maksymalny udział procentowy zbrojenia podłużnego w belce jest określony w art. 9.2.1.1 z EN 1992-1-1	
Minimalny procent (9.1N)	$A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d \\ 0.0013 b_w \cdot d \end{cases}$ $A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \times \frac{2.21 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \\ 0.0013 \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \end{cases}$ $A_{s,min} = 1.8 \text{ cm}^2$
Nośność na zginanie	$M_{Rd} = 37.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Weryfikacja zginania	$ M_{Ed} \leq M_{Rd} : 8.87 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 37.8 \text{ kN}\cdot\text{m} $
Wytężenie	23.48 % (OK)

Przęsło	1.6 Element liniowy - se1, Przekrój Max M (dół), Położenie 2583 mm, (Pręty dolne)
Kombinacja	SGN102 : 1.35x[1 G]
Moment wymiarujący	$M_{Ed} = -59.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wymiary przekroju	$b_w = 400 \text{ mm}$ $H = 400 \text{ mm}$
Mimośród	$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{-59.16 \text{ kN}\cdot\text{m}}{-2.71 \text{ kN}} = 21809 \text{ mm}$ $V_b = \frac{H}{2} - c_t = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 54 \text{ mm} = 146 \text{ mm}$ $V_t = \frac{H}{2} - c_b = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 30 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$
Moment zginający od zbrojenia rozciąganego	$M_{EdA} = M_{Ed} + N_{Ed} \times \left(d - \frac{H}{2}\right)$ $M_{EdA} = -59.16 \text{ kN}\cdot\text{m} + (-2.71 \text{ kN}) \times \left(346 \text{ mm} - \frac{400 \text{ mm}}{2}\right)$ $M_{EdA} = -59.55 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wartość momentu zredukowanego	$\mu_{cu} = \frac{ M_{EdA} }{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{ -59.55 \text{ kN}\cdot\text{m} }{400 \text{ mm} \times (346 \text{ mm})^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.09$
Moment zredukowany	$\mu_{lim} = 0.37$
Zbrojenie ściskane nie jest wymagane	$\mu_{cu} \leq \mu_{lim} : 0.09 \leq 0.37$
Oś obojętna	$x_r = \frac{1}{\lambda} \cdot (1 - \sqrt{1 - 2\mu_{cu}})$ $x_r = \frac{1}{0.8} \times (1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.09}) \in [0; 1] \rightarrow x_r = 0.11$
Ramię sił wewnętrznych	$z_b = d \cdot (1 - 0.5\lambda \cdot x_r)$ $z_b = 346 \text{ mm} \times (1 - 0.5 \times 0.8 \times 0.11) = 330 \text{ mm}$
Naprężenia w zbrojeniu rozciągany	$\sigma_s = 434.78 \text{ MPa}$
Powierzchnia zbrojenia rozciąganego	$A_{s1} = \frac{ M_{EdA} }{z_b \cdot \sigma_s} = \frac{ -59.55 \text{ kN}\cdot\text{m} }{330 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa}} = 4.15 \text{ cm}^2$ $A_1 = A_{s2}$ $A_2 = A_{s1}$ $A_2 \geq \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}}$
Powierzchnia zbrojenia górnego	$A_t = A_1 = 0 \text{ cm}^2$
Powierzchnia zbrojenia dolnego	$A_b = A_2 - \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}} = 4.15 \text{ cm}^2 - \frac{ -2.71 \text{ kN} }{434.78 \text{ MPa}} = 4.09 \text{ cm}^2$
Minimalny i maksymalny udział procentowy zbrojenia podłużnego w belce jest określony w art. 9.2.1.1 z EN 1992-1-1	
Minimalny procent (9.1N)	$A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d \\ 0.0013 b_w \cdot d \end{cases}$ $A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \times \frac{2.21 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \\ 0.0013 \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \end{cases}$ $A_{s,min} = 1.8 \text{ cm}^2$
Nośność na zginanie	$M_{Rd} = 136.34 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Weryfikacja zginania	$ M_{Ed} \leq M_{Rd} : -59.16 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 136.34 \text{ kN}\cdot\text{m} $
Wytężenie	43.39 % (OK)

Przęsło	1.6 Element liniowy - se1, Przekrój Prawa podpora, Położenie 4100 mm, (Pręty górne)
Kombinacja	SGN102 : 1.35x[1 G]
Moment wymiarujący	$M_{Ed} = 8.87 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wymiary przekroju	$b_w = 400 \text{ mm}$ $H = 400 \text{ mm}$
Mimośród	$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{8.87 \text{ kN}\cdot\text{m}}{-2.71 \text{ kN}} = -3271 \text{ mm}$ $V_b = \frac{H}{2} - c_t = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 54 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$ $V_t = \frac{H}{2} - c_b = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 30 \text{ mm} = 146 \text{ mm}$
Moment zginający od zbrojenia rozciąganego	$M_{EdA} = M_{Ed} - N_{Ed} \times \left(d - \frac{H}{2}\right)$ $M_{EdA} = 8.87 \text{ kN}\cdot\text{m} - (-2.71 \text{ kN}) \times \left(346 \text{ mm} - \frac{400 \text{ mm}}{2}\right)$ $M_{EdA} = 9.27 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wartość momentu zredukowanego	$\mu_{cu} = \frac{ M_{EdA} }{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{ 9.27 \text{ kN}\cdot\text{m} }{400 \text{ mm} \times (346 \text{ mm})^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.01$
Moment zredukowany	$\mu_{lim} = 0.37$
Zbrojenie ściskane nie jest wymagane	$\mu_{cu} \leq \mu_{lim} : 0.01 \leq 0.37$
Oś obojętna	$x_r = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{cu}}\right)$ $x_r = \frac{1}{0.8} \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.01}\right) \in [0; 1] \rightarrow x_r = 0.02$
Ramię sił wewnętrznych	$z_b = d \cdot (1 - 0.5\lambda \cdot x_r)$ $z_b = 346 \text{ mm} \times (1 - 0.5 \times 0.8 \times 0.02) = 344 \text{ mm}$
Naprężenia w zbrojeniu rozciągany	$\sigma_s = 434.78 \text{ MPa}$
Powierzchnia zbrojenia rozciąganego	$A_{s1} = \frac{ M_{EdA} }{z_b \cdot \sigma_s} = \frac{ 9.27 \text{ kN}\cdot\text{m} }{344 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa}} = 0.62 \text{ cm}^2$ $A_1 = A_{s1}$ $A_2 = A_{s2}$ $A_1 \geq \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}}$
Powierzchnia zbrojenia górnego	$A_t = A_1 - \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}} = 0.62 \text{ cm}^2 - \frac{ -2.71 \text{ kN} }{434.78 \text{ MPa}} = 0.56 \text{ cm}^2$
Powierzchnia zbrojenia dolnego	$A_b = A_2 = 0 \text{ cm}^2$
Minimalny i maksymalny udział procentowy zbrojenia podłużnego w belce jest określony w art. 9.2.1.1 z EN 1992-1-1	
Minimalny procent (9.1N)	$A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d \\ 0.0013 b_w \cdot d \end{cases}$ $A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \times \frac{2.21 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \\ 0.0013 \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \end{cases}$ $A_{s,min} = 1.8 \text{ cm}^2$
Nośność na zginanie	$M_{Rd} = 37.8 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Weryfikacja zginania	$ M_{Ed} \leq M_{Rd} : 8.87 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 37.8 \text{ kN}\cdot\text{m} $
Wytężenie	23.48 % (OK)

Przęsło	1.6 Element liniowy - se1, Przekrój Lewa podpora, Położenie 0 mm, (Pręty górne)
Kombinacja	SGN102 : 1.35x[1 G]
Moment wymiarujący	$M_{Ed} = 87.42 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wymiary przekroju	$b_w = 400 \text{ mm}$ $H = 400 \text{ mm}$
Mimośród	$e = \frac{M_{Ed}}{N_{Ed}} = \frac{87.42 \text{ kN}\cdot\text{m}}{-2.71 \text{ kN}} = -32228 \text{ mm}$ $V_b = \frac{H}{2} - c_t = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 54 \text{ mm} = 170 \text{ mm}$ $V_t = \frac{H}{2} - c_b = \frac{400 \text{ mm}}{2} - 30 \text{ mm} = 146 \text{ mm}$
Moment zginający od zbrojenia rozciąganego	$M_{EdA} = M_{Ed} - N_{Ed} \times \left(d - \frac{H}{2}\right)$ $M_{EdA} = 87.42 \text{ kN}\cdot\text{m} - (-2.71 \text{ kN}) \times \left(346 \text{ mm} - \frac{400 \text{ mm}}{2}\right)$ $M_{EdA} = 87.81 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Wartość momentu zredukowanego	$\mu_{cu} = \frac{ M_{EdA} }{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{ 87.81 \text{ kN}\cdot\text{m} }{400 \text{ mm} \times (346 \text{ mm})^2 \times 14.29 \text{ MPa}} = 0.13$
Moment zredukowany	$\mu_{lim} = 0.37$
Zbrojenie ściskane nie jest wymagane	$\mu_{cu} \leq \mu_{lim} : 0.13 \leq 0.37$
Oś obojętna	$x_r = \frac{1}{\lambda} \cdot \left(1 - \sqrt{1 - 2\mu_{cu}}\right)$ $x_r = \frac{1}{0.8} \times \left(1 - \sqrt{1 - 2 \times 0.13}\right) \in [0;1] \rightarrow x_r = 0.17$
Ramię sił wewnętrznych	$z_b = d \cdot (1 - 0.5\lambda \cdot x_r)$ $z_b = 346 \text{ mm} \times (1 - 0.5 \times 0.8 \times 0.17) = 322 \text{ mm}$
Naprężenia w zbrojeniu rozciągany	$\sigma_s = 434.78 \text{ MPa}$
Powierzchnia zbrojenia rozciąganego	$A_{s1} = \frac{ M_{EdA} }{z_b \cdot \sigma_s} = \frac{ 87.81 \text{ kN}\cdot\text{m} }{322 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa}} = 6.27 \text{ cm}^2$ $A_1 = A_{s1}$ $A_2 = A_{s2}$ $A_1 \geq \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}}$
Powierzchnia zbrojenia górnego	$A_t = A_1 - \frac{ N_{Ed} }{f_{yd}} = 6.27 \text{ cm}^2 - \frac{ -2.71 \text{ kN} }{434.78 \text{ MPa}} = 6.21 \text{ cm}^2$
Powierzchnia zbrojenia dolnego	$A_b = A_2 = 0 \text{ cm}^2$
Minimalny i maksymalny udział procentowy zbrojenia podłużnego w belce jest określony w art. 9.2.1.1 z EN 1992-1-1	
Minimalny procent (9.1N)	$A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d \\ 0.0013 b_w \cdot d \end{cases}$ $A_{s,min} = \text{Max} \begin{cases} 0.26 \times \frac{2.21 \text{ MPa}}{500 \text{ MPa}} \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \\ 0.0013 \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \end{cases}$ $A_{s,min} = 1.8 \text{ cm}^2$
Nośność na zginanie	$M_{Rd} = 121.03 \text{ kN}\cdot\text{m}$
Weryfikacja zginania	$ M_{Ed} \leq M_{Rd} : 87.42 \text{ kN}\cdot\text{m} \leq 121.03 \text{ kN}\cdot\text{m} $
Wytężenie	72.23 % (OK)

7 Zbrojenie poprzeczne

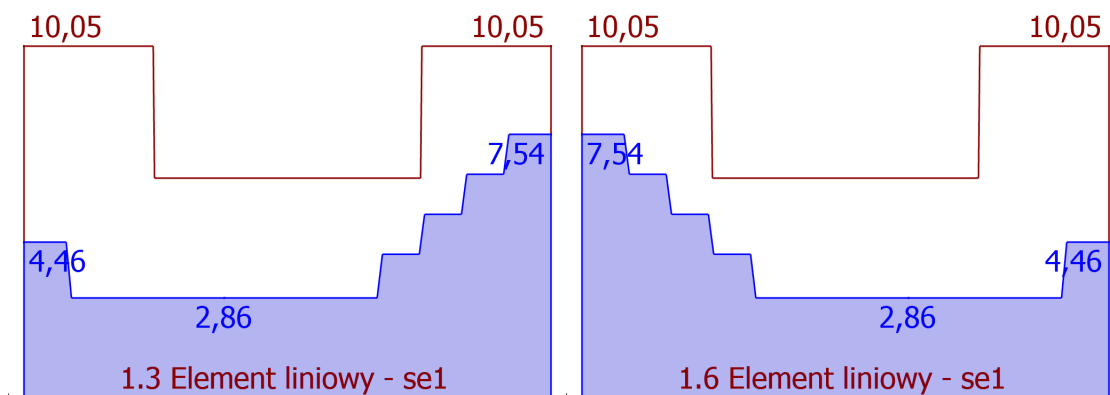
7.1 Założenia dla zbrojenia na ścinanie

Wymiarowanie zbrojenia poprzecznego odbywa się zgodnie z 6.2 z EN 1992-1-1.

Nie uwzględniano bezpośredniego przekazywania siły ścinającej.

Obliczenia dla długości $z(\cot \Theta)$ zgodnie z punktem 6.2.3(5) z EN 1992-1-1.

[cm²/m]



Zbrojenie poprzeczne										
Przęsło - Przekrój	Rzędna	Komb	V _{Ed,red}	V _{Rd,c}	V _{Rd,max}	A _{sw}	A _{sw,min}	A _{sw,real}	V _{Rd,s}	Wytęż.
	(mm)		(kN)			(cm ² /m)			(kN)	
1 - Max V	4100	102	102.03	50.95	491.71	7.54	2.86	10.05	122.54	83.26 %
2 - Max V	0	102	102.03	50.95	491.71	7.54	2.86	10.05	122.54	83.26 %

Rzeczywiste zbrojenie poprzeczne		
Przęsło	Pakiet	Zbrojenie
1	1	10 × ø6 / 100 mm
	2	13 × ø6 / 160 mm
	3	10 × ø6 / 100 mm
2	1	10 × ø6 / 100 mm
	2	13 × ø6 / 160 mm
	3	10 × ø6 / 100 mm

7.2 Obliczenia szczegółowe

Weryfikacja ścinania i wymiarowanie zbrojenia na ścinanie odbywa się zgodnie z 6.2 z EN 1992-1-1

Przęsło	1.3 Element liniowy - se1, Przekrój Max V, Współrzędna 4100 mm
Kombinacja	102 : 1.35x[1 G]
Przęsło	1.6 Element liniowy - se1, Przekrój Max V, Współrzędna 0 mm
Kombinacja	102 : 1.35x[1 G]
Zredukowana obliczeniowa siła ścinająca	$V_{Ed,red} = 102.03 \text{ kN}$
Kąt krzyżulca	$\theta = 45^\circ$
Ramię sił wewnętrznych	$z = 0.9d = 0.9 \times 346 \text{ mm} = 311 \text{ mm}$
(6.2.2 (1))	$C_{Rd,c} = \frac{0.18}{\gamma_c} = \frac{0.18}{1.4} = 0.13$
Współczynnik uwzględniający wysokość użyteczną	$k = 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{d}} = 1 + \sqrt{\frac{200 \text{ mm}}{346 \text{ mm}}} \leq 2 \rightarrow k = 1.76$
Stopień zbrojenia podłużnego, (6.2.2(1))	$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w \cdot d} = \frac{2.37 \text{ cm}^2}{400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm}} \leq 0.02 \rightarrow \rho_L = 1.71 \text{ ‰}$
Minimalna nośność na ścinanie (6.3N)	$\nu_{min} = 0.035 \cdot k^{3/2} \cdot \sqrt{f_{ck}} = 0.035 \times 1.76^{3/2} \times \sqrt{20} = 0.37 \text{ MPa}$
Obliczeniowa wartość wytrzymałości na ścinanie (6.2.a) & (6.2.b)	$V_{Rd,c} = \text{Max} \left\{ \begin{aligned} &[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100\rho_L \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d \\ &(\nu_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d \end{aligned} \right.$ $V_{Rd,c} = \text{Max} \left\{ \begin{aligned} &[0.13 \times 1.76 (100 \times 1.71 \text{ ‰} \times 20)^{1/3} + \\ &+ 0.15 \times 0.02 \text{ MPa}] \times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \\ &(0.37 \text{ MPa} + 0.15 \times 0.02 \text{ MPa}) \times \\ &\times 400 \text{ mm} \times 346 \text{ mm} \end{aligned} \right.$ $V_{Rd,c} = 50.95 \text{ kN}$
Współczynnik uwzględniający stan naprężenia w słupku ściskanym (6.11.aN)	$\alpha_{cw} = 1 + \frac{\sigma_{cp}}{f_{cd}} = 1 + \frac{0.02 \text{ MPa}}{14.29 \text{ MPa}} = 1$
Współczynnik redukcji wytrzymałości betonu zarysowanego przy ścinaniu (6.6N)	$\nu_1 = 0.6 \cdot \left(1 - \frac{f_{ck}}{250}\right) = 0.6 \times \left(1 - \frac{20}{250}\right) = 0.55$
Obliczeniowa wartość maksymalnej siły ścinającej z uwagi na nośność krzyżulców betonowych (6.9)	$V_{Rd,max} = \frac{\alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot \nu_1 \cdot f_{cd}}{\cot(\theta) + \tan(\theta)}$ $V_{Rd,max} = \frac{1 \times 400 \text{ mm} \times 311 \text{ mm} \times 0.55 \times 14.29 \text{ MPa}}{\cot(45^\circ) + \tan(45^\circ)}$ $V_{Rd,max} = 491.71 \text{ kN}$
Przekrój betonowy spełnia wymagania wymiarów granicznych	$V_{Ed,red} \leq V_{Rd,max}: 102.03 \text{ kN} \leq 491.71 \text{ kN}$
Powierzchnia zbrojenia teoretycznego na ścinanie (6.8)	$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{rqrd} = \frac{V_{Ed,red}}{z \cdot f_{ywd} \cdot \cot(\theta)}$ $\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{rqrd} = \frac{102.03 \text{ kN}}{311 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa} \times \cot(45^\circ)}$ $\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{min} = 2.86 \text{ cm}^2/\text{m} \rightarrow \frac{A_{sw}}{s} = 7.54 \text{ cm}^2/\text{m}$
Powierzchnia zbrojenia rzeczywistego na ścinanie	$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{real} = 10.05 \text{ cm}^2/\text{m}$
Obliczeniowa wartość nośności na ścinanie z uwzględnieniem rzeczywistej powierzchni zbrojenia na ścinanie, wzór (6.8)	$V_{Rd,s} = \left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{real} \cdot 0.9 \cdot d \cdot f_{ywd} \times \cot(\theta)$ $V_{Rd,s} = 10.05 \text{ cm}^2/\text{m} \times 0.9 \times 312 \text{ mm} \times 434.78 \text{ MPa} \times \cot(45^\circ)$ $V_{Rd,s} = 122.54 \text{ kN}$
Weryfikacja ścinania	$V_{Ed,red} \leq V_{Rd,s}: 102.03 \text{ kN} \leq 122.54 \text{ kN}$
Wytężenie	83.26 % (OK)

7.3 Minimalne zalecenia konstrukcyjne

Minimalne zbrojenie poprzeczne jest definiowane zgodnie z 9.2.2 z EN 1992-1-1.

Minimalny procent

$$\rho_{w,min} = 0.08 \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0.08 \times \frac{\sqrt{20}}{500} = 0.72 \text{ ‰}$$

Powierzchnia minimalna zbrojenia poprzecznego

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{min} = \rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin(\alpha)$$

$$\left(\frac{A_{sw}}{s}\right)_{min} = 0.72 \text{ ‰} \times 400 \text{ mm} \times \sin(90) = 2.86 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Maksymalny rozstaw wyznaczono zgodnie z 9.2.2 z EN 1992-1-1.

Rozstaw maksymalny

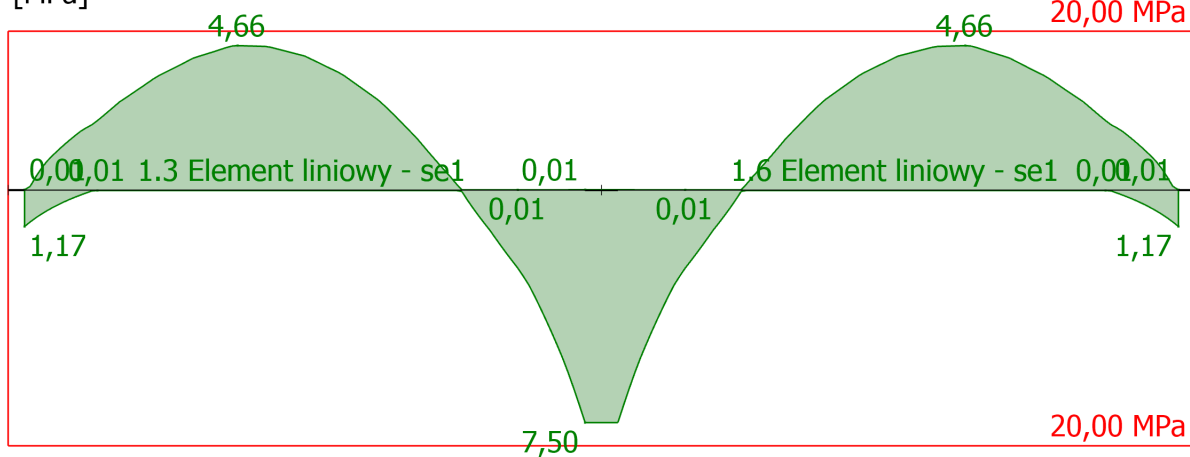
$$s_{max} = 0.75 \cdot d = 0.75 \times 346 \text{ mm} = 260 \text{ mm}$$

8 Weryfikacja naprężeń

8.1 Obwiednia kombinacji SGU-CHR

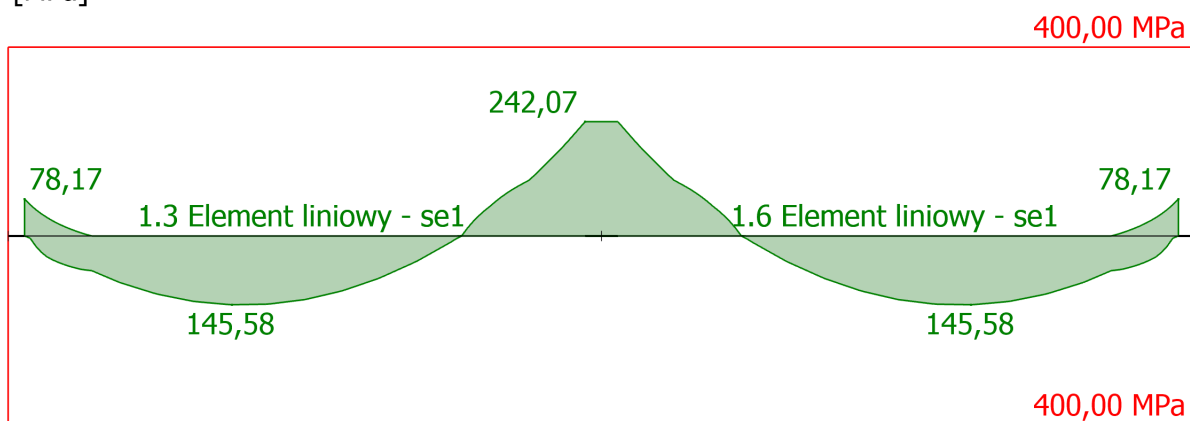
Naprężenie ściskające w betonie

[MPa]



Naprężenie rozciągające w zbrojeniu

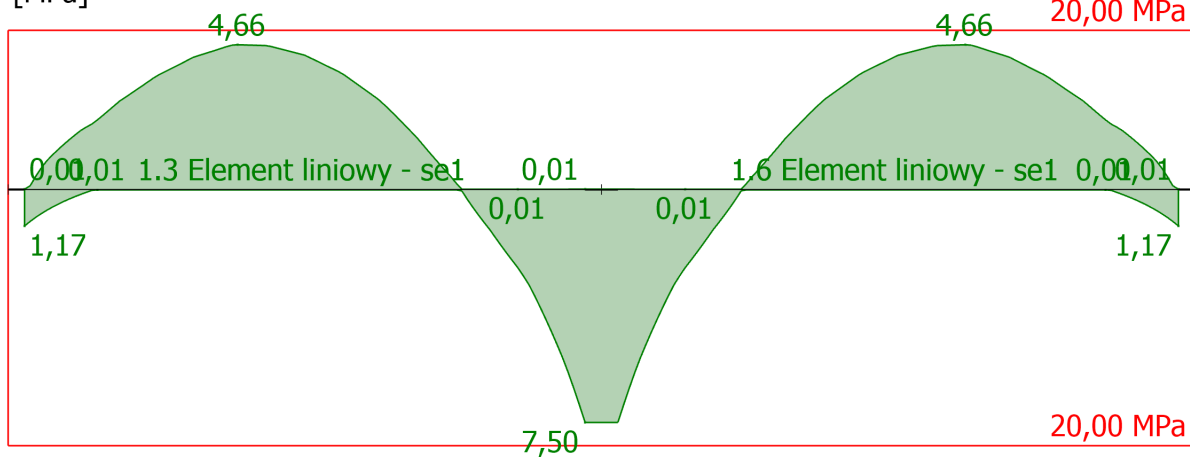
[MPa]



8.2 Obwiednia kombinacji SGU-CZ

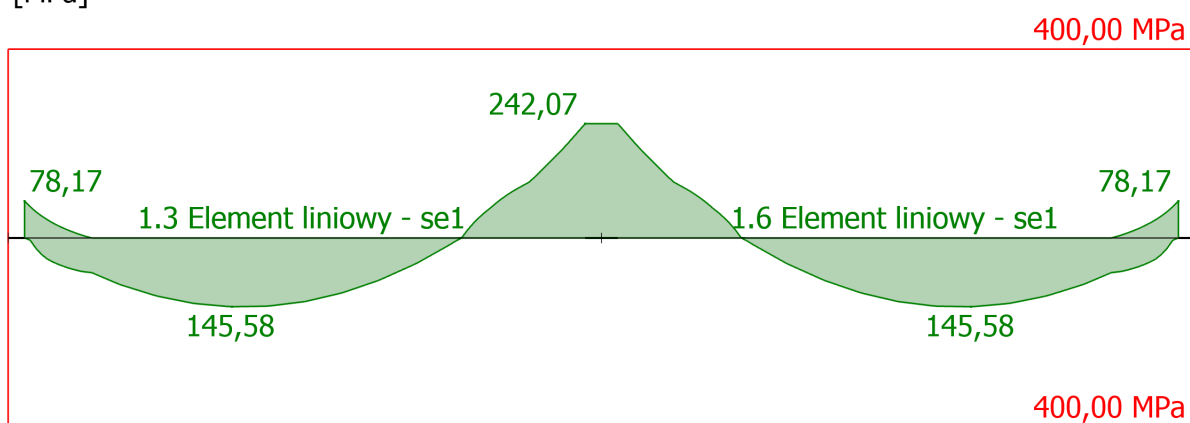
Naprężenie ściskające w betonie

[MPa]



Napężenie rozciągające w zbrojeniu

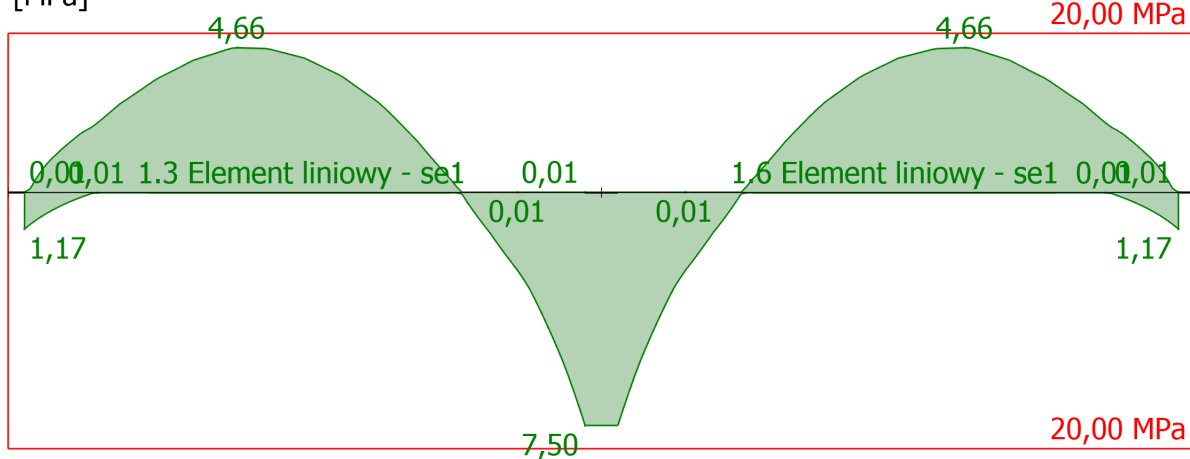
[MPa]



8.3 Obwiednia kombinacji SGU-QP

Napężenie ściskające w betonie

[MPa]



Napężenie rozciągające w zbrojeniu

[MPa]

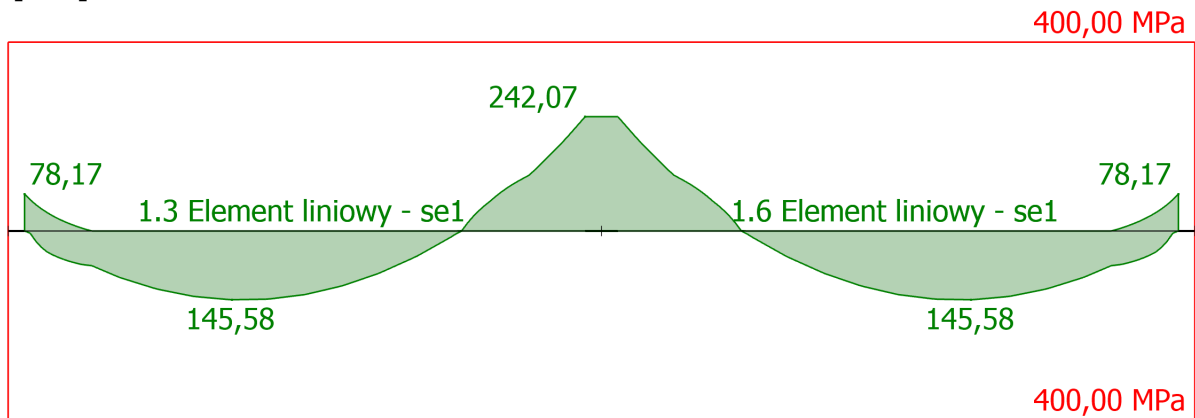


Tabela zbiorcza

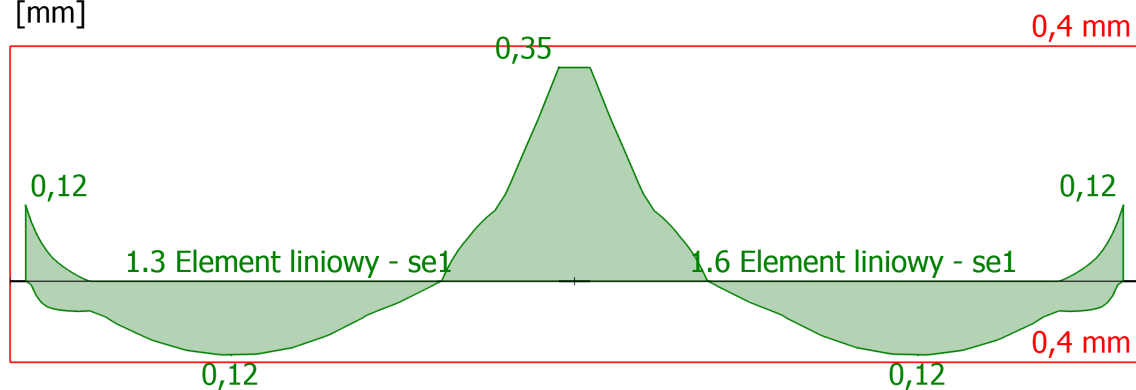
W poniższej tabeli przedstawiono dane dla obwiedni SGU.

Weryfikacja naprężeń								
Przęsło - Przekrój	Rzędna	Typ obwiedni	Naprężenia (MPa)					
	(mm)		ϕ_{ef}	α_e	σ_c	Wyteż.	σ_s	Wyteż.
1 - Maksymalne naprężenie w betonie	4100	CHR	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
		CZ	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
		QP	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
1 - Max naprężenie w stali	4100	CHR	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
		CZ	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
		QP	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
2 - Maksymalne naprężenie w betonie	0	CHR	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
		CZ	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
		QP	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
2 - Max naprężenie w stali	0	CHR	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
		CZ	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %
		QP	3.88	25.88	7.5	37.48 %	242.07	60.52 %

9 Weryfikacja zarysowania

Nie znaleziono określonych kombinacji SGU (quasi-stałych). Weryfikacje przeprowadzono na podstawie zdefiniowanych kombinacji SGU.

[mm]



W poniższej tabeli przedstawiono dane dla obwiedni SGU.

Weryfikacja rozwarcia rys									
Przęsło - Przekrój	Rzędna	Pozycja przekroju u	$w_{k,top}$	$w_{k,bot}$	$S_{r,max}$	$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c$	$w_{k,max}$	w_{lim}	Wyteż.
	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	(‰)	(mm)	(mm)	
1 - Max wk	4100	Góra	0.35	0	340	1.03	0.35	0.4	87.3 %
2 - Max wk	0	Góra	0.35	0	340	1.03	0.35	0.4	87.3 %

Obliczanie szerokości rozwarcia rys odbywa się zgodnie z EN 1992-1-1, 7.3.4 (1).

Przęsło

1.3 Element liniowy - se1, Przekrój Max wk, Rzędna 4100 mm, Pozycja: góra

Kombinacja

Obwiednia kombinacji SGU QS

Położenie osi obojętnej

$$x_1 = 139 \text{ mm}$$

Rozciągana powierzchnia efektywna otaczająca zbrojenie rozciągane

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 400 \text{ mm} \times 87 \text{ mm} = 348.56 \text{ cm}^2$$

(7.3.4(2), Rys. 7.1)

$$h_{c,eff} = \min \left\{ \frac{2.5(h-d)}{3}, \frac{h-x}{2}, \frac{2.5 \times (400 \text{ mm} - 312 \text{ mm})}{400 \text{ mm} - 139 \text{ mm}}, \frac{400 \text{ mm}}{2} \right\} = \min \left\{ \frac{2.5 \times (400 - 312)}{400 - 139}, \frac{400}{2} \right\} = 87 \text{ mm}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{10.05 \text{ cm}^2}{348.56 \text{ cm}^2} = 0.03$$

Rozstaw maksymalny rys

$$S_{r,max} = \max \left\{ k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\Phi}{\rho_{p,eff}}, 1.3 \cdot (h - z) \right\}$$

(7.3.4(3), 7.14)

$$S_{r,max} = \max \left\{ 3.4 \times 38 \text{ mm} + 0.8 \times 0.5 \times 0.42 \times \frac{16 \text{ mm}}{0.03}, 1.3 \times (400 \text{ mm} - 139 \text{ mm}) \right\}$$

$$S_{r,max} = 340 \text{ mm}$$

Sieczny moduł sprężystości

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \times \left(\frac{28 \text{ MPa}}{10} \right)^{0.3} = 29961.95 \text{ MPa}$$

Współczynnik zależny od czasu trwania $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000 \text{ MPa}}{29961.95 \text{ MPa}} = 6.68$

Różnica między średnimi odkształceniami

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = \max \left\{ \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s}, 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} \right\} =$$

(7.3.4 (2))

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = \max \left\{ \frac{242.07 \text{ MPa} - 0.4 \times \frac{2.21 \text{ MPa}}{0.03} \times (1 + 6.68 \times 0.03)}{200000 \text{ MPa}}, 0.6 \times \frac{242.07 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}} \right\}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = 1.03 \text{ ‰}$$

Szerokość rysy (7.3.4 (1))

$$w_{k,top} = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c) = 340 \text{ mm} \times 1.03 \text{ ‰} = 0.35 \text{ mm}$$

Weryfikacja rozwarcia rys

$$w_{k,top} \leq w_{lim}; 0.35 \text{ mm} \leq 0.4 \text{ mm}$$

OK

Przęsło**Kombinacja**

Położenie osi obojętnej

Rozciągana powierzchnia efektywna otaczająca zbrojenie rozciągane

(7.3.4(2), Rys. 7.1)

Rozstaw maksymalny rys

(7.3.4(3), 7.14)

Sieczny moduł sprężystości

Współczynnik zależny od czasu trwania

Różnica między średnimi odkształceniami

(7.3.4 (2))

Szerokość rysy (7.3.4 (1))

Weryfikacja rozwarcia rys

1.6 Element liniowy - se1, Przekrój Max wk, Rzędna 0 mm, Pozycja: góra**Obwiednia kombinacji SGU QS**

$$x_1 = 139 \text{ mm}$$

$$A_{c,eff} = b \cdot h_{c,eff} = 400 \text{ mm} \times 87 \text{ mm} = 348.56 \text{ cm}^2$$

$$h_{c,eff} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2.5(h-d)}{3} \\ \frac{h-x}{3} \\ \frac{h}{2} \end{array} \right\} = \text{Min} \left\{ \begin{array}{l} \frac{2.5 \times (400 \text{ mm} - 312 \text{ mm})}{3} \\ \frac{400 \text{ mm} - 139 \text{ mm}}{3} \\ \frac{400 \text{ mm}}{2} \end{array} \right\} = 87 \text{ mm}$$

$$\rho_{p,eff} = \frac{A_s}{A_{c,eff}} = \frac{10.05 \text{ cm}^2}{348.56 \text{ cm}^2} = 0.03$$

$$S_{r,max} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} k_3 \cdot c + k_1 \cdot k_2 \cdot k_4 \cdot \frac{\Phi}{\rho_{p,eff}} \\ 1.3 \cdot (h - z) \end{array} \right\}$$

$$S_{r,max} = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} 3.4 \times 38 \text{ mm} + 0.8 \times 0.5 \times 0.42 \times \frac{16 \text{ mm}}{0.03} \\ 1.3 \times (400 \text{ mm} - 139 \text{ mm}) \end{array} \right\}$$

$$S_{r,max} = 340 \text{ mm}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \cdot \left(\frac{f_{cm}}{10} \right)^{0.3}$$

$$E_{cm} = 22000 \text{ MPa} \times \left(\frac{28 \text{ MPa}}{10} \right)^{0.3} = 29961.95 \text{ MPa}$$

$$\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} = \frac{200000 \text{ MPa}}{29961.95 \text{ MPa}} = 6.68$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \frac{\sigma_s - k_t \cdot \frac{f_{ctm}}{\rho_{p,eff}} \cdot (1 + \alpha_e \cdot \rho_{p,eff})}{E_s} \\ 0.6 \frac{\sigma_s}{E_s} \end{array} \right\} =$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = \text{Max} \left\{ \begin{array}{l} \frac{242.07 \text{ MPa} - 0.4 \times \frac{2.21 \text{ MPa}}{0.03} \times (1 + 6.68 \times 0.03)}{200000 \text{ MPa}} \\ 0.6 \times \frac{242.07 \text{ MPa}}{200000 \text{ MPa}} \end{array} \right\}$$

$$\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c = 1.03 \text{ ‰}$$

$$w_{k,top} = S_{r,max} \cdot (\varepsilon_{sm} - \varepsilon_c) = 340 \text{ mm} \times 1.03 \text{ ‰} = 0.35 \text{ mm}$$

$$w_{k,top} \leq w_{lim}; 0.35 \text{ mm} \leq 0.4 \text{ mm}$$

OK**10 Obliczanie zakotwienia**

Obliczanie zakotwienia											
Numer pręta	Pozycja	F_{bt}	Φ_m	σ_{sd}	$L_{b,rqd}$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	L_{bd}
		(kN)	(mm)	(MPa)	(mm)						(mm)
1	Począt.	7.04	64	35	56	1	1	1	1	0.96	160
	Koniec	0	64	0	0	1	1	1	1	0.94	160
6	Począt.	0	64	0	0	1	1	1	1	0.94	160
	Koniec	7.04	64	35	56	1	1	1	1	0.96	160

Obliczanie zakotwienia											
Numer pręta	Pozycja	F_{bt}	Φ_m	σ_{sd}	$L_{b,rqd}$	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	L_{bd}
		(kN)	(mm)	(MPa)	(mm)						(mm)
2	Począt.	0	0	217.39	500	1	1	1	1	1	500
	Koniec	0	0	434.78	999	1	0.87	1	1	1	868
3	Począt.	0	0	434.78	999	1	0.87	1	1	1	868
	Koniec	0	0	434.78	999	1	0.87	1	1	1	868
7	Począt.	0	0	434.78	999	1	0.87	1	1	1	868
	Koniec	0	0	217.39	500	1	1	1	1	1	500

Obliczenie zakotwienia: zakotwienie na krawędzi podpory.

Obliczania zakotwienia zostały wykonane zgodnie z EN 1992-1, punkt 8.4.

11 Weryfikacja podpór

Weryfikacja naprężeń podporowych i wymiarowanie zbrojenia podporowego odbywa się zgodnie z 6.5 i 9.2.1.4/9.2.1.5 z EN 1992-1-1.

W poniższej tabeli przedstawiono dane dla obwiedni SGN.

Weryfikacja podpór								
Przęsło	Polożenie	Zbrojenie podporowe			Naprężenie krzyżulców betonowych			
		Rzeczywiste	Min	θ'	σ_{c0}	σ_{rdmax}	Wytężenie	Status
		(cm ²)	(cm ²)	(°)	(MPa)	(MPa)		
1	Z lewej	3.02	4.02	50.21	1.66	11.17	14.85 %	OK
	Z prawej	3.02	4.02	-	2.57	13.14	19.52 %	OK
2	Z lewej	3.02	4.02	-	2.57	13.14	19.52 %	OK
	Z prawej	3.02	4.02	0	1.66	11.17	14.85 %	OK

11.1 Weryfikacja naprężeń na podporze

Przęsło

iovy - se1, podpora lewa, współrzędna 0 mm

Obwiednia

SGN

Weryfikacja naprężeń

$$\sigma_{c0} < \sigma_{rdmax}$$

Maksymalne naprężenie, które może być przyłożone na krawędziach węzła (podpora skrajna) (6.5.4(4b))

$$\sigma_{rdmax} = k_2 \cdot \nu' \cdot f_{cd} = 11.17 \text{ MPa}$$

Naprężenie efektywne

$$\sigma_{c0} = \frac{F_z}{b_w \cdot a_2 \cdot \sin(\theta')}$$

$$\sigma_{c0} = \frac{75.81 \text{ kN}}{400 \text{ mm} \times 149 \text{ mm} \times \sin(50.21^\circ)} = 1.66 \text{ MPa}$$

Reakcja podporowa

$$F_z = 75.81 \text{ kN}$$

Szerokość krzyżulca ściskanego

$$a_2 = 2 \cdot s_0 \cdot \cos(\theta') + a_1 \cdot \sin(\theta')$$

$$a_2 = 2 \times 49 \text{ mm} \times \cos(50.21^\circ) + 111 \text{ mm} \times \sin(50.21^\circ)$$

$$a_2 = 149 \text{ mm}$$

Odległość od dolnej krawędzi belki do zbrojenia dolnego na osi podpory

$$s_0 = c_{\text{bottom}} + \varnothing_{\text{transv}} + \frac{\varnothing_{\text{long}}}{2} = 49 \text{ mm}$$

Efektywna szerokość podpory

$$a_1 = b_{\text{support}} - c_{\text{lat}} - 2 \cdot s_0 = 111 \text{ mm}$$

Ramię sił wewnętrznych

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot (H - s_0)$$

$$z = 0.9 \times (400 \text{ mm} - 49 \text{ mm}) = 315 \text{ mm}$$

Nachylenie krzyżulca na podporze

$$\cot(\theta') = \frac{a_1}{2z} + s_0 \cdot \frac{\cot\theta}{z} + \frac{\cot\theta}{2}$$

$$\cot(\theta') = \frac{111 \text{ mm}}{2 \times 315 \text{ mm}} + 49 \text{ mm} \times \frac{1}{315 \text{ mm}} + \frac{1}{2}$$

$$\cot(\theta') = 0.83$$

$$\theta' = \arctan\left(\frac{1}{\cot(\theta')}\right) = 50.21^\circ$$

Weryfikacja naprężeń

$$\sigma_{c\theta} < \sigma_{Rdmax}: 1.66 \text{ MPa} < 11.17 \text{ MPa}$$

14.85 % (OK)**Przęsło****iowy - se1, podpora prawa, współrzędna 4100 mm****Obwiednia****SGN**

Weryfikacja naprężeń

$$\sigma_{c\theta} < \sigma_{Rdmax}$$

Maksymalne naprężenie, które może być przyłożone na krawędziach węzła (podpora pośrednia) (6.5.4(4a))

$$\sigma_{Rdmax} = k_1 \cdot \nu' \cdot f_{cd} = 13.14 \text{ MPa}$$

Naprężenie efektywne

$$\sigma_{c\theta} = \frac{F_z}{b_w \cdot b_{\text{support}}} = \frac{246.3 \text{ kN}}{400 \text{ mm} \times 240 \text{ mm}} = 2.57 \text{ MPa}$$

Reakcja podporowa

$$F_z = 246.3 \text{ kN}$$

Weryfikacja naprężeń

$$\sigma_{c\theta} < \sigma_{Rdmax}: 2.57 \text{ MPa} < 13.14 \text{ MPa}$$

19.52 % (OK)**Przęsło****iowy - se1, podpora lewa, współrzędna 0 mm****Obwiednia****SGN**

Weryfikacja naprężeń

$$\sigma_{c\theta} < \sigma_{Rdmax}$$

Maksymalne naprężenie, które może być przyłożone na krawędziach węzła (podpora pośrednia) (6.5.4(4a))

$$\sigma_{Rdmax} = k_1 \cdot \nu' \cdot f_{cd} = 13.14 \text{ MPa}$$

Naprężenie efektywne

$$\sigma_{c\theta} = \frac{F_z}{b_w \cdot b_{\text{support}}} = \frac{246.3 \text{ kN}}{400 \text{ mm} \times 240 \text{ mm}} = 2.57 \text{ MPa}$$

Reakcja podporowa

$$F_z = 246.3 \text{ kN}$$

Weryfikacja naprężeń

$$\sigma_{c\theta} < \sigma_{Rdmax}: 2.57 \text{ MPa} < 13.14 \text{ MPa}$$

19.52 % (OK)**Przęsło****iowy - se1, podpora prawa, współrzędna 4100 mm****Obwiednia****SGN**

Weryfikacja naprężeń

$$\sigma_{c\theta} < \sigma_{Rdmax}$$

Maksymalne naprężenie, które może być przyłożone na krawędziach węzła (podpora skrajna) (6.5.4(4b))

$$\sigma_{Rdmax} = k_2 \cdot \nu' \cdot f_{cd} = 11.17 \text{ MPa}$$

Naprężenie efektywne

$$\sigma_{c\theta} = \frac{F_z}{b_w \cdot a_2 \cdot \sin(\theta')}$$

$$\sigma_{c\theta} = \frac{75.81 \text{ kN}}{400 \text{ mm} \times 149 \text{ mm} \times \sin(0^\circ)} = 1.66 \text{ MPa}$$

Reakcja podporowa

$$F_z = 75.81 \text{ kN}$$

Szerokość krzyżulca ściskanego

$$a_2 = 2 \cdot s_0 \cdot \cos(\theta') + a_1 \cdot \sin(\theta')$$

$$a_2 = 2 \times 49 \text{ mm} \times \cos(0^\circ) + 111 \text{ mm} \times \sin(0^\circ)$$

$$a_2 = 149 \text{ mm}$$

Odległość od dolnej krawędzi belki do zbrojenia dolnego na osi podpory

$$s_0 = c_{\text{bottom}} + \varnothing_{\text{transv}} + \frac{\varnothing_{\text{long}}}{2} = 49 \text{ mm}$$

Efektywna szerokość podpory

$$a_1 = b_{\text{support}} - c_{\text{lat}} - 2 \cdot s_0 = 111 \text{ mm}$$

Ramię sił wewnętrznych

$$z = 0.9 \cdot d = 0.9 \cdot (H - s_0)$$

$$z = 0.9 \times (400 \text{ mm} - 49 \text{ mm}) = 315 \text{ mm}$$

Nachylenie krzyżulca na podporze

$$\cot(\theta') = \frac{a_1}{2z} + s_0 \cdot \frac{\cot\theta}{z} + \frac{\cot\theta}{2}$$

$$\cot(\theta') = \frac{111 \text{ mm}}{2 \times 315 \text{ mm}} + 49 \text{ mm} \times \frac{1}{315 \text{ mm}} + \frac{1}{2}$$

$$\cot(\theta') = 0.83$$

$$\theta' = \arctan\left(\frac{1}{\cot(\theta')}\right) = 0^\circ$$

Weryfikacja naprężeń

$$\sigma_{c0} < \sigma_{Rdmax}: 1.66 \text{ MPa} < 11.17 \text{ MPa}$$

14.85 % (OK)

11.2 Weryfikacja zbrojenia podporowego

Przęsło**iowy - se1, podpora lewa, współrzędna 0 mm****Obwiednia****SGN**

Weryfikacja zbrojenia

$$A_{l,\text{support}} \geq A_{l,\text{support,min}}$$

Weryfikacja zakotwionego w podporze dolnego zbrojenia podłużnego

$$A_{l,\text{support,min}} = \max\left(\frac{F_E}{f_{yd}}; \beta_2 \cdot A_{l,\text{max}}\right) = 4.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{l,\text{max}} = 10.05 \text{ cm}^2$$

$$\beta_2 = 0.25$$

Siła rozciągająca wymagająca zakotwienia w podporze (9.3)

$$F_E = \max\left(0; \frac{a_1}{z} \cdot |V_{Ed}| - N_{Ed} - \frac{M_u}{z}\right) = 35.19 \text{ kN}$$

Przesunięcie wykresu momentu (9.2)

$$a_1 = z \cdot \frac{\cot\theta}{2} = 156 \text{ mm}$$

Weryfikacja zbrojenia

$$A_{l,\text{support}} \geq A_{l,\text{support,min}}: 3.02 \text{ cm}^2 \geq 4.02 \text{ cm}^2$$

75.07 % (Błąd)**Wprowadzono wymagane dodatkowe zbrojenie podporowe****Przęsło****iowy - se1, podpora prawa, współrzędna 4100 mm****Obwiednia****SGN**

Weryfikacja zbrojenia

$$A_{l,\text{support}} \geq A_{l,\text{support,min}}$$

Weryfikacja zakotwionego w podporze dolnego zbrojenia podłużnego

$$A_{l,\text{support,min}} = \max\left(\frac{F_E}{f_{yd}}; \beta_2 \cdot A_{l,\text{max}}\right) = 4.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{l,\text{max}} = 10.05 \text{ cm}^2$$

$$\beta_2 = 0.25$$

Siła rozciągająca wymagająca zakotwienia w podporze (9.3)

$$F_E = \max\left(0; \frac{a_1}{z} \cdot |V_{Ed}| - N_{Ed} - \frac{M_u}{z}\right) = 0 \text{ kN}$$

Przesunięcie wykresu momentu (9.2)

$$a_1 = z \cdot \frac{\cot\theta}{2} = 156 \text{ mm}$$

Weryfikacja zbrojenia

$$A_{l,\text{support}} \geq A_{l,\text{support,min}}: 3.02 \text{ cm}^2 \geq 4.02 \text{ cm}^2$$

75.07 % (Błąd)**Wprowadzono wymagane dodatkowe zbrojenie podporowe****Przęsło****iowy - se1, podpora lewa, współrzędna 0 mm****Obwiednia****SGN**

Weryfikacja zbrojenia

$$A_{l,\text{support}} \geq A_{l,\text{support,min}}$$

Weryfikacja zakotwionego w podporze
dolnego zbrojenia podłużnego

$$A_{l,\text{support,min}} = \max\left(\frac{F_E}{f_{yd}}; \beta_2 \cdot A_{l,\text{max}}\right) = 4.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{l,\text{max}} = 10.05 \text{ cm}^2$$

$$\beta_2 = 0.25$$

Siła rozciągająca wymagająca zakotwienia w
podporze (9.3)

$$F_E = \max\left(0; \frac{a_l}{z} \cdot |V_{Ed}| - N_{Ed} - \frac{M_u}{z}\right) = 0 \text{ kN}$$

Przesunięcie wykresu momentu (9.2)

$$a_l = z \cdot \frac{\cot\theta}{2} = 156 \text{ mm}$$

Weryfikacja zbrojenia

$$A_{l,\text{support}} \geq A_{l,\text{support,min}} \cdot 3.02 \text{ cm}^2 \geq 4.02 \text{ cm}^2$$

75.07 % (Błąd)**Wprowadzono wymagane dodatkowe zbrojenie
podporowe****iowy - se1, podpora prawa, współrzędna 4100 mm****Przęsło****Obwiednia****SGN**

Weryfikacja zbrojenia

$$A_{l,\text{support}} \geq A_{l,\text{support,min}}$$

Weryfikacja zakotwionego w podporze
dolnego zbrojenia podłużnego

$$A_{l,\text{support,min}} = \max\left(\frac{F_E}{f_{yd}}; \beta_2 \cdot A_{l,\text{max}}\right) = 4.02 \text{ cm}^2$$

$$A_{l,\text{max}} = 10.05 \text{ cm}^2$$

$$\beta_2 = 0.25$$

Siła rozciągająca wymagająca zakotwienia w
podporze (9.3)

$$F_E = \max\left(0; \frac{a_l}{z} \cdot |V_{Ed}| - N_{Ed} - \frac{M_u}{z}\right) = 35.19 \text{ kN}$$

Przesunięcie wykresu momentu (9.2)

$$a_l = z \cdot \frac{\cot\theta}{2} = 156 \text{ mm}$$

Weryfikacja zbrojenia

$$A_{l,\text{support}} \geq A_{l,\text{support,min}} \cdot 3.02 \text{ cm}^2 \geq 4.02 \text{ cm}^2$$

75.07 % (Błąd)**Wprowadzono wymagane dodatkowe zbrojenie
podporowe**

12 Reakcje podporowe

Przypadek obciążenia / kombinacja		Podp.	Fz (kN)		My (kN · m)
			Normalna	Odrywanie	
1	G	1	-60.34	0	-8.13
		2	-182.44	0	-0
		3	-60.34	0	8.13
	Max(SGN)	1	-81.46	0	-10.97
		2	-246.3	0	-0
		3	-81.46	0	10.97
	Max(SGU)	1	-60.34	0	-8.13
		2	-182.44	0	-0
		3	-60.34	0	8.13

13 Ugięcie

Wartości pośrednie						
Przęsło	d	ρ	ρ'	ρ_0	K	Korekta
	(mm)	(‰)	(‰)	(‰)		
1	351	2.81	0	4.47	1.3	2.55
2	351	2.81	0	4.47	1.3	2.55

Weryfikacja ugięcia							
Przęsło	$A_{req,tension}$	$A_{req,comp}$	$A_{prov,tension}$	$A_{prov,comp}$	Limit	L/d	Wyteż.
	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)	(cm ²)			
1	3.94	0	10.05	0	93.45	12.38	13.25 %
2	3.94	0	10.05	0	93.45	12.38	13.25 %

Ograniczenie dla L/d jest wyznaczane zgodnie z EN 1992-1-1, 7.4.2, (7.16.a lub 7.16.b).

K czyta się z tabeli 7.4N

Korekta jest obliczana na podstawie wzoru (7.17)

14 Lista materiałów

Wymiary gabarytu			
Przęsło	L (mm)	r (mm)	b (mm)
1.3 Element liniowy - se1	4460	400	400
1.6 Element liniowy - se1	4460	400	400

Zestawienie zbrojenia		
Średnica	Długość	Ciężar
#8	98110 mm	38.71 kg
#16	90580 mm	142.97 kg

Belka Poziom 1	Beton		Szalunek		Stal		Stopień zbr.
	Ilość	Cena	Ilość	Cena	Ilość	Cena	
	(m ³)	(PLN)	(m ²)	(PLN)	(kg)	(PLN)	(kg/m ³)
1.3 Element liniowy - se1	0.71	0	4.92	0	102.83	0	144.11
1.6 Element liniowy - se1	0.71	0	4.92	0	78.84	0	110.49
Ogółem	1.43	0	9.84	0	181.68	0	127.3
Suma	0 PLN						

Średnia średnica: 12 mm