

nr opracowania:

BI/2022/01

Faza opracowania

PBZ

(Projekt budowlany zamienny)

Data opracowania: 03.2022 r.

Inwestor:

**Samodzielny Publiczny Zespół Opieki
Zdrowotnej ul. 1-go Maja 13/15,
98-330 Pajęczno.**

**ZAŁĄCZNIK Z OBLICZEŃ STATYCZNO-
WYTRZYMAŁOŚCIOWYCH WYBRANYCH
ELEMENTÓW KONSTRUKCJI ROZBUDOWY
BUDYNKU SZPITALNEGO SAMODZIELNEGO
PUBLICZNEGO ZESPOŁU OPIEKI ZDROWOTNEJ
ZLOKALIZOWANEGO PRZY UL. 1-go Maja 13/15 W
PAJĘCZNIE**

<i>Opracował:</i>	
<i>mgr inż. Grzegorz Mirowski</i> SLK/5716/PWOK/14	<i>mgr inż. Tomasz ŁĘSKI</i> 114 (Cz-wa)

Zestawienie obciążeń

1. Dach

Rodzaj obciążenia	obc. char. kN/m ²	γ _f	obc. obl. kN/m ²
a) Obciążenie stałe			
Pokrycie - łącznik			
1. Papa termozgrzewalna 2x	0,150	1,3	0,195
2. Deskowanie / płyta OSB	0,200	1,3	0,260
3. Kontrłaty	0,050	1,3	0,065
4. Folja paroprzepuszczalna	0,020	1,3	0,026
Razem obciążenie pokryciem - łącznik	0,420		0,546
Pokrycie - dach główny			
1. Blachodachówka	0,100	1,3	0,130
2. Łaty	0,100	1,3	0,130
3. Kontrłaty	0,050	1,3	0,065
4. Folja paroprzepuszczalna	0,020	1,3	0,026
Razem obciążenie pokryciem - dach główny	0,270		0,351
b) Obciążenie śniegiem - strefa II			
Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu	s _{1k} = 0,900		
Nachylenie połaci dachowej w stopniach - łącznik	α ₁ = 3°		
Nachylenie połaci dachowej w stopniach - dach główny	α ₂ = 11°		
Współczynnik kształtu dachu	C _{1α1} = 0,800		
	C _{1α2} = 0,800		
Obciążenie śniegiem połaci - łącznik	S_{k1a1} = 0,720	1,50	1,080
Obciążenie śniegiem połaci - dach główny	S_{k1a2} = 0,720	1,50	1,080
c) Obciążenie wiatrem - strefa I			
Obciążenie charakterystyczne ciśnienia prędkości [kPa]	q _k = 0,300		
Nachylenie połaci dachowej w stopniach - łącznik	α ₁ = 3°		
Nachylenie połaci dachowej w stopniach - dach główny	α ₂ = 11°		
Wysokość budynku [m]	h ₁ = 12,5		
	C _{zdn1} = -0,90		
	C _{zdz} = -0,40		
Współczynnik aerodynamiczny dla dachu - dach główny	C _{zsn1} = -0,90		
	C _{zsz} = -0,40		
Współczynnik porywów wiatru	β = 1,8		
Współczynnik ekspozycji	C _{e1} = 1,050		
Obciążenie wiatrem połaci dachowej - łącznik			
	p_{k_{dnl}} = -0,505	1,50	-0,758
	p_{k_{dz}} = -0,225	1,50	-0,337
Obciążenie wiatrem połaci dachowej - dach główny			
	p_{k_{dnl}} = -0,505	1,50	-0,758
	p_{k_{dz}} = -0,225	1,50	-0,337

2. Stropy

2.1. Strop powtarzalny

Rodzaj obciążenia	obc. char. kN/m ²	γ _f	obc. obl. kN/m ²
a) Obciążenie stałe - powierzchniowe			
1. Wykończenie 2cm płytki	0,500	1,3	0,650
2. Wylewka 6cm	1,500	1,3	1,950
3. Folja PE	0,010	1,3	0,013
4. Styropian akustyczny 8cm	0,400	1,3	0,520
5. Płyty stropowe kanałowe typu S h=24	4,100	1,2	4,920
6. Tynk 0,5cm / Sufity podwieszane	0,100	1,3	0,130
7. Podwieszenia	0,100	1,2	0,120
Łącznie obciążenie stałe ze stropem	6,710	1,237	8,303
Łącznie obciążenie stałe bez stropu	2,610	1,296	3,383
b) Obciążenie zmienne			
1. Użytkowe - pokoje i gabinety	2,000	1,4	2,800
1. Użytkowe - korytaże i halle	2,500	1,3	3,250
1. Użytkowe - schody	4,000	1,3	5,200
c) Obciążenie zmienne			
1. Ścianki działowe h=3,05m	0,750	1,2	0,900

Obliczenia

1. Fundamenty.

Ze względu na występujące w poziomie posadowienia utwory skaliste o wytrzymałości $R_c > 5\text{MPa}$ przyjęto, jako posadowienie, ławy fundamentowe o szerokości zapewniającej nie przekraczalne naprężenia $0,25\text{MPa}$ pod fundamentami.

2. Stropy.

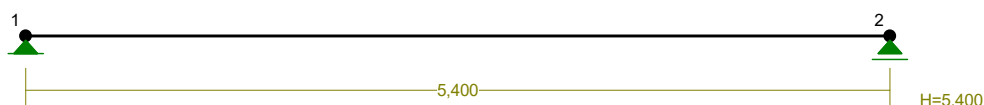
2.1. Stropy z płyt kanałowych

Zgodnie z tabelą nr2 obciążeń stropów powtarzalnych przyjęto na podstawie katalogu „Fabryki Domów Bogucin” płyty stropowe wielokanałowe typu S o grubości całkowitej 24cm i obciążeniu zewnętrznym do $6,0\text{kN/m}^2$.

2.2. Płyty stropowa nad wejściem

NAZWA: płyta wejścia gł

WĘZŁY:



PODPORY:

P o d a t n o ś c i

Węzeł:	Rodzaj:	Kąt:	$D_x (D_o^*) :$ [m / k N]	$D_y :$	$D F_i :$ [rad / k N m]
1	stała	0,0	0,000E+00	0,000E+00	
2	przesuwna	0,0	0,000E+00*		

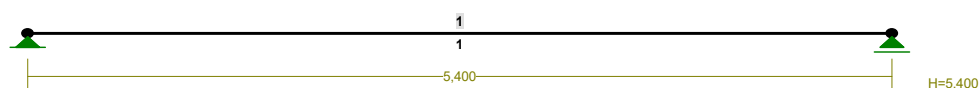
OSIADANIA:

Węzeł:	Kąt:	$W_x (W_o^*)$ [m]:	W_y [m]:	$F I_o$ [grad]:
B r a k O s i a d a ń				

PRETY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	5,400	0,000	5,400	1,000	1 B 20,0x100,0

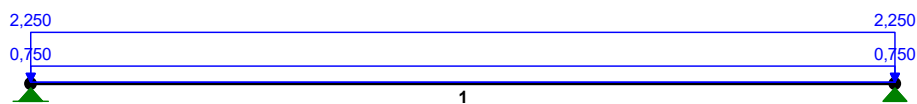
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	2000,0	1666667	66667	6667	6667	20,0	19 B25

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [kN/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
19 B25	30	13,300	1,00E-05

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

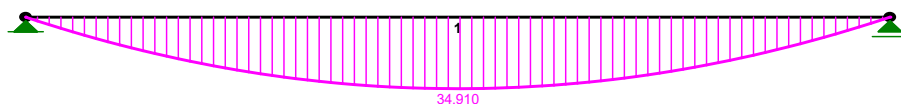
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: D ""				Zmienne	γf= 1,23	
1	Liniowe	0,0	0,750	0,750	0,00	5,40
Grupa: E ""				Zmienne	γf= 1,50	
1	Liniowe	0,0	2,250	2,250	0,00	5,40

W Y N I K I wg PN 82/B-02000
Teoria I-go rzędu

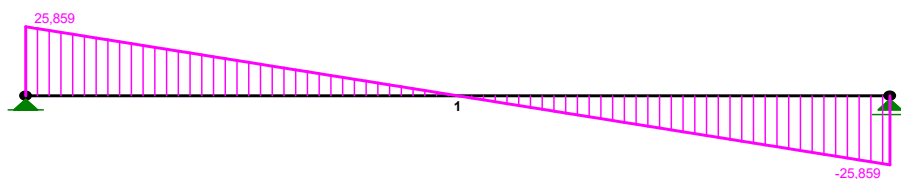
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,10
D - ""	Zmienne 1	1,00	1,23
E - ""	Zmienne 1	1,00	1,50

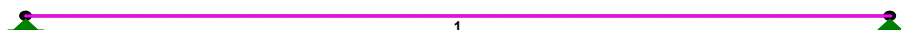
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:

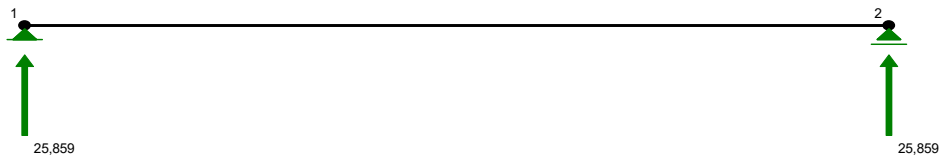


SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+DE

Pręt:	x/L:	x[m]:	M[kNm]:	Q[kN]:	N[kN]:
1	0,00	0,000	0,000	25,859	0,000
	0,50	2,700	34,910*	0,000	0,000
	1,00	5,400	0,000	-25,859	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+DE

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	0,000	25,859	25,859	
2	0,000	25,859	25,859	

Cechy przekroju:

zadanie płyta wejścia gł, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,70$ m, $x_b=2,70$ m

Wymiary przekroju [cm]:

$h=20,0$, $b=100,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B25

$f_{ck}=20,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3$ MPa

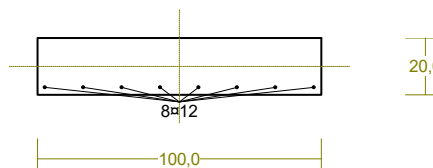
Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=2000$ cm², $J_{cx}=66667$ cm⁴, $J_{cy}=1666667$ cm⁴

STAL: A-IIIIN (RB 500)

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=420$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/200000)=0,625,$



Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=9,05$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 9,05/2000=0,45$ %,

$J_{sx}=495$ cm⁴, $J_{sy}=8712$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

zadanie: płyta wejścia gł, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,70$ m, $x_b=2,70$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **DE**

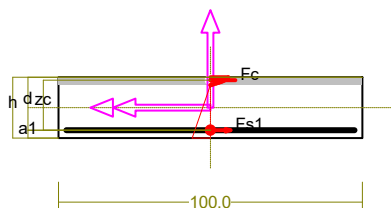
Momenty zginające: $M_x = -34,910$ kNm, $M_y = 0,000$ kNm,

Siły poprzeczne: $V_y = 0,000$ kN, $V_x = 0,000$ kN,

Siła osiowa: $N = 0,000$ kN = N_{sd} .

Zbrojenie wymagane:

(zadanie płyta wejścia gł, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,56$ m, $x_b=2,84$ m)



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-34,813^2 + 0,000^2)} = 34,813 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane ($\varepsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰}$):

$$A_{s1}=5,04 \text{ cm}^2 \Rightarrow (5 \times 12 = 5,65 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane nie jest obliczeniowo wymagane.

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=5,04 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 5,04/2000=0,25 \text{ ‰}$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=20,0, d=17,4, x=2,6 (\xi=0,148),$$

$$a_1=2,6, a_c=0,9, z_c=16,5, A_{cc}=258 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-1,74 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -211,587, F_{s1} = 211,587,$$

$$M_c = 19,156, M_{s1} = 15,657,$$

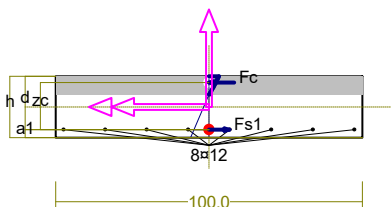
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -211,587 + (211,587) = -0,000 \text{ kN} (N_{sd}=0,000 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 19,156 + (15,657) = 34,813 \text{ kNm} (M_{sd}=34,813 \text{ kNm})$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie płyta wejścia gł, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,56 \text{ m}, x_b=2,84 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{sd}=0,000 \text{ kN},$$

$$M_{sd}=\sqrt{(M_{sdx}^2 + M_{sdy}^2)} = \sqrt{(-34,813^2 + 0,000^2)} = 34,813 \text{ kNm}$$

$$f_{cd}=13,3 \text{ MPa}, f_{yd}=420 \text{ MPa} = f_{td},$$

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1}=9,05 \text{ cm}^2$,

$$A_s=A_{s1}+A_{s2}=9,05 \text{ cm}^2, \rho=100 \times A_s/A_c=100 \times 9,05/2000=0,45 \text{ ‰}$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h=20,0, d=17,4, x=5,9 (\xi=0,340),$$

$$a_1=2,6, a_c=2,0, z_c=15,4, A_{cc}=592 \text{ cm}^2,$$

$$\varepsilon_c=-0,65 \text{ ‰}, \varepsilon_{s1}=1,25 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -226,527, F_{s1} = 226,527,$$

$$M_c = 18,050, M_{s1} = 16,763,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$M_{Rd} = 60,417 \text{ kNm} > M_{sd} = M_c + M_{s1} = 18,050 + (16,763) = 34,813 \text{ kNm}$$

Ścinanie

zadanie płyta wejścia gł, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie lub obciążenie pośrednie.

Odcinek nr 1

Początek i koniec odcinka: $x_a = 0,0 \quad x_b = 30,0 \text{ cm}$

Siły przekrojowe: $N_{sd} = 0,000;$

$$V_{sd \max} = 25,859 \text{ kN}$$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{9,05}{100,0 \times 17,4} = 0,00520; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00520$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = -0,000 / 2060,32 \times 10 = -0,00 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = -0,00 \text{ MPa}$.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,43 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00520) + 0,15 \times -0,00] \times 100,0 \times 17,4 \times 10^{-1} = 122,618 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 25,859 < 122,618 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = 25,859 < 122,618 = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 100,0 \times 15,5 \times 10^{-1} = 568,444 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 25,859 < 568,444 = V_{Rd2}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie płyta wejścia gł, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszanej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 2,869 \text{ m}$:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times -1,616 \times (2,000) = 1,616 \text{ kN}$$

Summaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 226,266 + 1,616 = 227,882 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 227,164 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 227,164 \text{ kN}$

$$F_{td} = 227,164 < 380,007 = 9,05 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_{yd}$$

Zarysowanie

zadanie płyta wejścia gł, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 2,700 \text{ m}$$

Siły przekrojowe od obc. długotrwałych:

$$M_{Sd} = 28,431 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = 0,000 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 100,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_l = 20,0 - 2,6 = 17,4 \text{ cm}$$

$$A_c = 2000 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 6667 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$\begin{aligned} A_s &= k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} = \\ &= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 1000 / 280 = 3,14 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$A_{s1} = 9,05 > 3,14 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 6667 \times 10^{-3} = 14,667 \text{ kNm}$$

$$M_{Sd} = 28,431 > 14,667 = M_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 9,05 / 456 = 0,01986$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 12 / 0,01986 = 110,44$$

$$\begin{aligned} \epsilon_{sm} &= \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] = \\ &= 205,51 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (14,667 / 28,431)^2] = 0,00089 \end{aligned}$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 110,44 \times 0,00089 = 0,17 \text{ mm}$$

$$w_k = \mathbf{0,17} < \mathbf{0,3} = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie płyta wejścia gł, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy $\phi(t, t_0) = 2,00$.

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 6667 \times 10^{-3} = 14,667 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{sd} = 28,431 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{sd} = 28,431 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:

$$x_I = 10,6 \text{ cm} \quad I_I = 75754 \text{ cm}^4$$

$$x_{II} = 6,3 \text{ cm} \quad I_{II} = 30630 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} B &= \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} = \\ &= \frac{10000 \times 30630}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (14,667 / 28,431)^2 \times (1 - 30630 / 75754)} \times 10^{-5} = 3327 \text{ kNm}^2 \end{aligned}$$

Ugięcia.

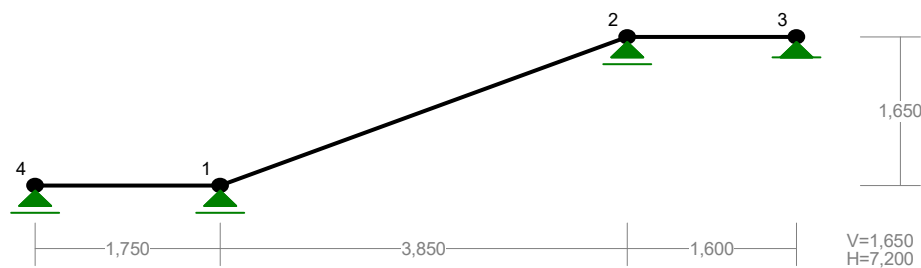
Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 2,700 \text{ m}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 24,8 \text{ mm}$$

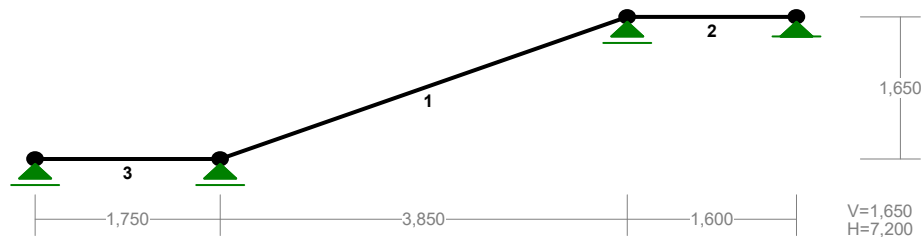
$$a = \mathbf{24,8} < \mathbf{27,0} = a_{lim}$$

3. Schody.

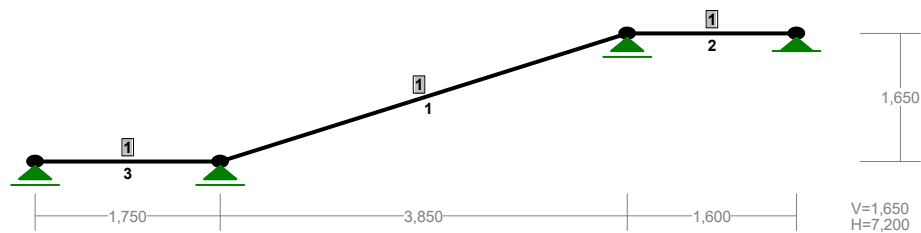
WĘZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	3,850	1,650	4,189	1,000	1 B 160x1000
2	00	2	3	1,600	0,000	1,600	1,000	1 B 160x1000
3	00	4	1	1,750	0,000	1,750	1,000	1 B 160x1000

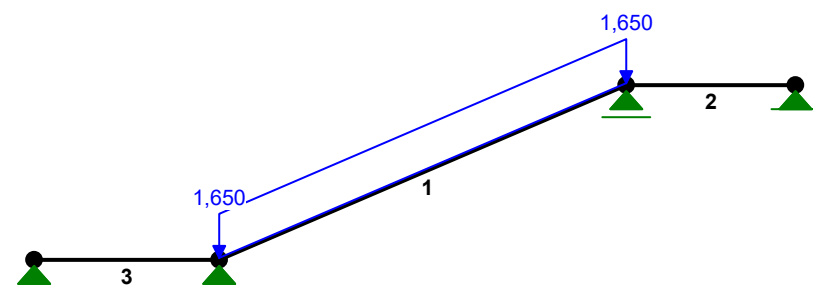
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm ²]	I _x [cm ⁴]	I _y [cm ⁴]	W _g [cm ³]	W _d [cm ³]	h[cm]	Materiał:
1	1600,0	1333333	34133	4267	4267	16,0	35 Beton B25

STAŁE MATERIAŁOWE:

Materiał:	Moduł E: [N/mm ²]	Napręż.gr.: [N/mm ²]	AlfaT: [1/K]
35 Beton B25	30000	13,300	1,00E-05

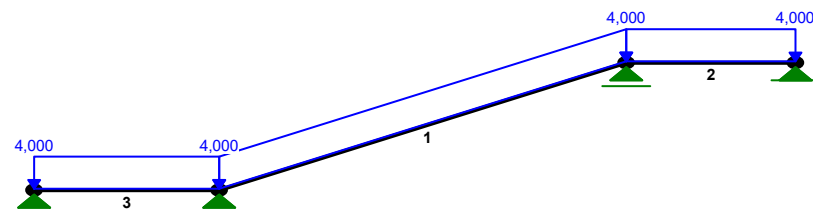
OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: S "dodatek na stopie"				Stałe	γ _f = 1,20	
1	Liniowe	0,0	1,650	1,650	0,00	4,19

OBCIĄŻENIA:

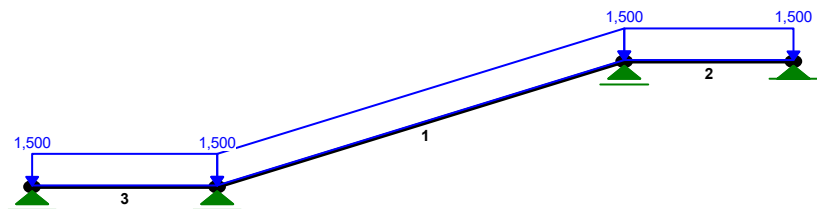


OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa: U "użytkowe"				Zmienne	γ _f = 1,30	
1	Liniowe	0,0	4,000	4,000	0,00	4,19

2	Liniowe	0,0	4,000	4,000	0,00	1,60
3	Liniowe	0,0	4,000	4,000	0,00	1,75

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

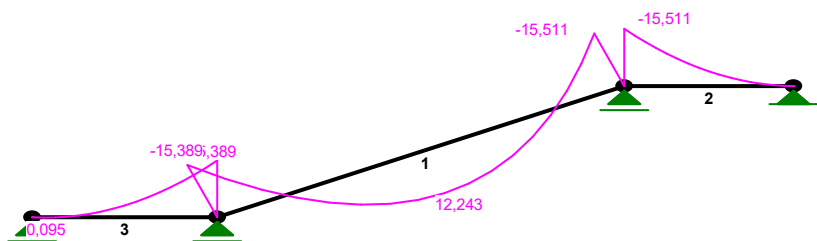
Pręt:	Rodzaj:	Kąt:	P1 (Tg):	P2 (Td):	a[m]:	b[m]:
Grupa:	W	"wykończenie"		Stałe	$\gamma_f = 1,30$	
1	Liniowe	0,0	1,500	1,500	0,00	4,19
2	Liniowe	0,0	1,500	1,500	0,00	1,60
3	Liniowe	0,0	1,500	1,500	0,00	1,75

W Y N I K I Teoria I-go rzędu

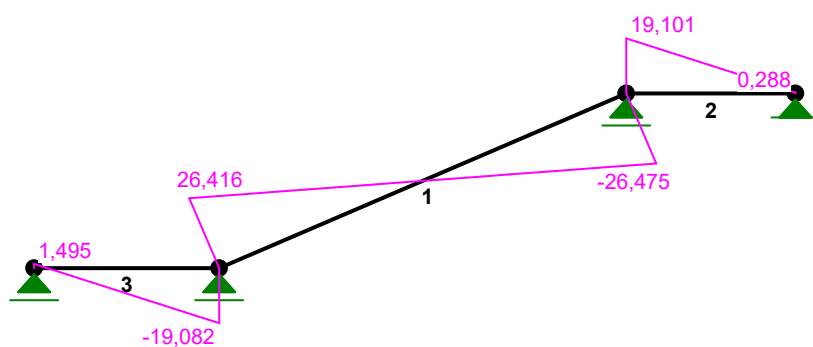
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,20
S - "dodatek na stopie"	Stałe		1,20
U - "użytkowe"	Zmienne	1	1,00
W - "wykończenie"	Stałe		1,30

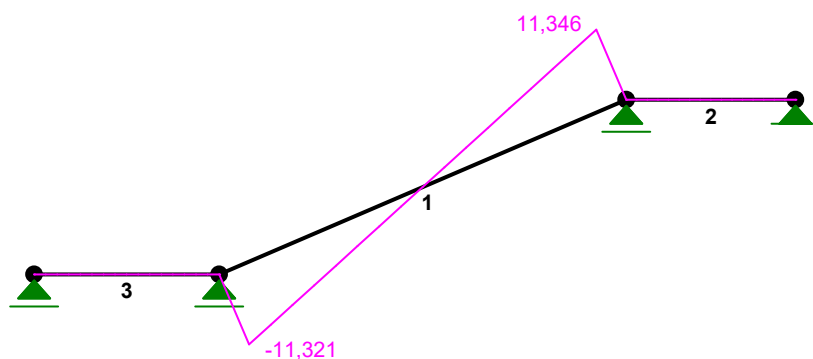
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:



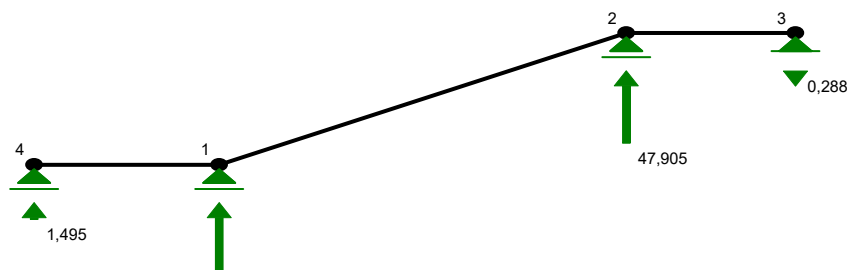
SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

Obciążenia obl.: Ciężar wł.+SUW

Pręt:	x/L:	x [m] :	M [kNm] :	Q [kN] :	N [kN] :
1	0,00	0,000	-15,389	26,416	-11,321
	0,50	2,094	12,243*	-0,029	0,013
	1,00	4,189	-15,511	-26,475	11,346
2	0,00	0,000	-15,511	19,101	0,000
	1,00	1,600	0,000	0,288	0,000
3	0,00	0,000	-0,000	1,495	0,000
	0,07	0,130	0,095*	-0,033	0,000
	1,00	1,750	-15,389	-19,082	0,000

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE: T.I rzędu
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+SUW

Węzeł:	H [kN] :	V [kN] :	Wypadkowa [kN] :	M [kNm] :
1	-0,000	47,822	47,822	
2	0,000	47,905	47,905	
3	0,000	-0,288	0,288	
4	-0,000	1,495	1,495	

Wymiarowanie płyty schodowej:

Cechy przekroju:

zadanie schody01ab, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,09$ m, $x_b=2,09$ m

Wymiary przekroju [cm]:

$h=16,0$, $b=100,0$,

Cechy materiałowe dla sytuacji stałej lub przejściowej

BETON: B25

$f_{ck}=20,0$ MPa, $f_{cd}=\alpha \cdot f_{ck}/\gamma_c=1,00 \times 20,0/1,50=13,3$ MPa

Cechy geometryczne przekroju betonowego:

$A_c=1600$ cm², $J_{cx}=34133$ cm⁴, $J_{cy}=1333333$ cm⁴

STAL: A-IIIN (RB 500)

$f_{yk}=500$ MPa, $\gamma_s=1,15$, $f_{yd}=420$ MPa

$\xi_{lim}=0,0035/(0,0035+f_{yd}/E_s)=0,0035/(0,0035+420/2000)$

$\rho=0,00625$,

Zbrojenie główne:

$A_{s1}+A_{s2}=9,42$ cm², $\rho=100 (A_{s1}+A_{s2})/A_c=100 \times 9,42/1600=0,59$ %,

$J_{sx}=285$ cm⁴, $J_{sy}=9924$ cm⁴,

Siły przekrojowe:

zadanie: schody01ab, pręt nr 1, przekrój: $x_a=2,09$ m, $x_b=2,09$ m

Obciążenia działające w płaszczyźnie układu: **SUW**

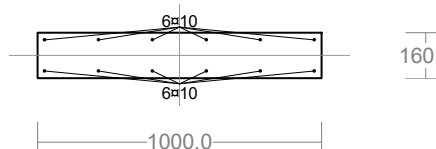
Momenty zginające: $M_x = -12,243$ kNm, $M_y = 0,000$ kNm,

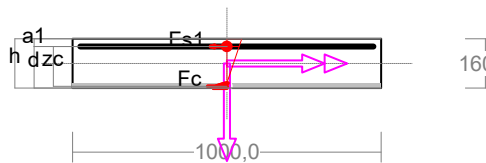
Siły poprzeczne: $V_y = -0,025$ kN, $V_x = 0,000$ kN,

Siła osiowa: $N = 0,011$ kN = N_{Sd} ,

Zbrojenie wymagane:

(zadanie schody01ab, pręt nr 1, przekrój: $x_a=4,19$ m, $x_b=0,00$ m)





Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = 11,346 \text{ kN},$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(15,511^2 + 0,000^2)} = 15,511 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 420 \text{ MPa} (f_{td} = 478 \text{ MPa} - \text{uwzgl. wzmocnienia}),$$

Zbrojenie rozciągane ($\epsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰}$):

$$A_{s1} = 2,95 \text{ cm}^2 \Rightarrow (4 \times 10 = 3,14 \text{ cm}^2),$$

Dodatkowe zbrojenie ściskane (* $A_{s2} = 0$ nie jest obliczeniowo wymagane.**) ($\epsilon_c = -1,38 \text{ ‰}$):

$$A_{s2} = 0,00 \text{ cm}^2 \Rightarrow (0 \times 10 = 0,00 \text{ cm}^2)$$

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 2,95 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 2,95 / 1600 = 0,18 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 16,0, d = 13,5, x = 1,6 (\xi = 0,121),$$

$$a_1 = 2,5, a_c = 0,6, z_c = 12,9, A_{cc} = 163 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -1,38 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 10,00 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -115,270, F_{s1} = 126,616,$$

$$M_c = 8,547, M_{s1} = 6,964,$$

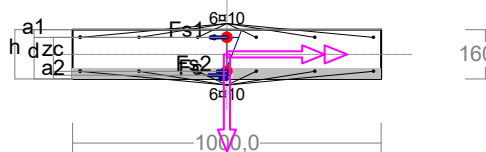
Warunki równowagi wewnętrznej:

$$F_c + F_{s1} = -115,270 + (126,616) = 11,346 \text{ kN} (N_{Sd} = 11,346 \text{ kN})$$

$$M_c + M_{s1} = 8,547 + (6,964) = 15,511 \text{ kNm} (M_{Sd} = 15,511 \text{ kNm})$$

Nośność przekroju prostokątnego:

zadanie schody01ab, pręt nr 1, przekrój: $x_a = 4,19 \text{ m}, x_b = 0,00 \text{ m}$



Wielkości obliczeniowe:

$$N_{Sd} = 11,346 \text{ kN},$$

$$M_{Sd} = \sqrt{(M_{Sdx}^2 + M_{Sdy}^2)} = \sqrt{(15,511^2 + 0,000^2)} = 15,511 \text{ kNm}$$

$$f_{cd} = 13,3 \text{ MPa}, f_{yd} = 420 \text{ MPa} (f_{td} = 478 \text{ MPa} - \text{uwzgl. wzmocnienia}),$$

Zbrojenie rozciągane: $A_{s1} = 4,71 \text{ cm}^2$,

Zbrojenie mniej rozciągane: $A_{s2} = 4,71 \text{ cm}^2$,

$$A_s = A_{s1} + A_{s2} = 9,42 \text{ cm}^2, \rho = 100 \times A_s / A_c = 100 \times 9,42 / 1600 = 0,59 \%$$

Wielkości geometryczne [cm]:

$$h = 16,0, d = 13,5, x = 3,5 (\xi = 0,262),$$

$$a_1 = 2,5, a_2 = 2,5, a_c = 1,2, z_c = 12,3, A_{cc} = 354 \text{ cm}^2,$$

$$\epsilon_c = -0,50 \text{ ‰}, \epsilon_{s2} = -0,15 \text{ ‰}, \epsilon_{s1} = 1,42 \text{ ‰},$$

Wielkości statyczne [kN, kNm]:

$$F_c = -108,627, F_{s1} = 133,902, F_{s2} = -13,929,$$

$$M_c = 7,380, M_{s1} = 7,365, M_{s2} = 0,766,$$

Warunek stanu granicznego nośności:

$$N_{Rd} = 18,010 \text{ kN} > N_{Sd} = F_c + F_{s1} + F_{s2} = -108,627 + (133,902) + (-13,929) = 11,346 \text{ kN}$$

Ścinanie

zadanie schody01ab, pręt nr 1.

Przyjęto podparcie i obciążenie bezpośrednie.

Odcinek nr 16

Początek i koniec odcinka: $x_a = 392,7$ $x_b = 418,9$ cm

Siły przekrojowe: $N_{Sd} = 11,346$;

$$V_{Sd \max} = -26,475 \text{ kN}$$

Siła poprzeczna w odległości d od podpory wynosi: $V_{Sd} = -24,770 \text{ kN}$

Rodzaj odcinka:

$$\rho_L = \frac{A_{sL}}{b_w d} = \frac{4,71}{100,0 \times 13,5} = 0,00349; \quad \rho_L \leq 0,01$$

Przyjęto $\rho_L = 0,00349$.

$$\sigma_{cp} = N_{Sd} / A_c = -11,346 / 1600,00 \times 10 = -0,071 \text{ MPa} \quad \sigma_{cp} \leq 0,2 f_{cd}$$

Przyjęto $\sigma_{cp} = 0,000 \text{ MPa}$.

$$\begin{aligned} V_{Rd1} &= [0,35 k f_{ctd} (1,2 + 40 \rho_L) + 0,15 \sigma_{cp}] b_w d = \\ &= [0,35 \times 1,47 \times 1,00 \times (1,2 + 40 \times 0,00349) + 0,15 \times 0,000] \times 100,0 \times 13,5 \times 10^{-1} = \\ &93,047 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$V_{Sd} = 24,770 < 93,047 = V_{Rd1}$$

Nośność odcinka I-go rodzaju:

$$V_{Sd} = \mathbf{24,770} < \mathbf{93,047} = V_{Rd1}$$

$$v = 0,6 (1 - f_{ck} / 250) = 0,6 \times (1 - 20 / 250) = 0,552$$

$$V_{Rd2} = 0,5 v f_{cd} b_w z = 0,5 \times 0,552 \times 13,3 \times 100,0 \times 12,1 \times 10^{-1} = 446,002 \text{ kN}$$

$$V_{Sd} = \mathbf{26,475} < \mathbf{446,002} = V_{Rd}$$

Nośność zbrojenia podłużnego

zadanie schody01ab, pręt nr 1.

Sprawdzenie siły przenoszonej przez zbrojenie rozciągane dla $x = 4,189$ m:

$$\Delta F_{td} = 0,5 |V_{Sd}| (\cot \theta - V_{Rd32} / V_{Rd3} \cot \alpha) = 0,5 \times -26,475 \times (1,000) = 13,237 \text{ kN}$$

Sumaryczna siła w zbrojeniu rozciągany:

$$F_{td} = F_{td,m} + \Delta F_{td} = 133,902 + 13,237 = 147,140 \text{ kN};$$

$$F_{td} \leq F_{td,max} = 133,902 \text{ kN}$$

Przyjęto $F_{td} = 133,902 \text{ kN}$

$$F_{td} = \mathbf{133,902} < \mathbf{197,920} = 4,71 \times 420 \times 10^{-1} = A_s f_y$$

Zarysowanie

zadanie schody01ab, pręt nr 1,

Położenie przekroju:

$$x = 4,189 \text{ m}$$

Siły przekrojowe:

$$M_{Sd} = -12,405 \text{ kNm}$$

$$N_{Sd} = 9,077 \text{ kN} \quad e = 136,7 \text{ cm}$$

$$V_{Sd} = -21,180 \text{ kN}$$

Wymiary przekroju:

$$b_w = 100,0 \text{ cm}$$

$$d = h - a_1 = 16,0 - 2,5 = 13,5 \text{ cm}$$

$$A_c = 1600 \text{ cm}^2$$

$$W_c = 4267 \text{ cm}^3$$

Minimalne zbrojenie:

Wymagane pole zbrojenia rozciąganego dla zginania, przy naprężeniach wywołanych przyczynami zewnętrznymi, wynosi:

$$A_s = k_c k f_{ct,eff} A_{ct} / \sigma_{s,lim} =$$

$$= 0,4 \times 1,0 \times 2,2 \times 702 / 320 = 1,93 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1} = 4,71 > 1,93 = A_s$$

Zarysowanie:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 4267 \times 10^{-3} = 9,387 \text{ kNm}$$

$$N_{cr} = \frac{f_{ctm}}{e / W_c + 1 / A_c} = \frac{2,2}{136,7/4266,67 + 1/1600,00} \times 10^{-1} = 6,737 \text{ kN}$$

$$N_{Sd} = 9,077 > 6,737 = N_{cr}$$

Przekrój zarysowany.

Szerokość rozwarcia rysy prostopadłej do osi pręta:

Przyjęto $k_2 = 0,5$.

$$\rho_r = A_s / A_{ct,eff} = 4,71 / 403 = 0,01170$$

$$s_{rm} = 50 + 0,25 k_1 k_2 \phi / \rho_r = 50 + 0,25 \times 0,8 \times 0,50 \times 10 / 0,01170 = 135,44$$

$$\epsilon_{sm} = \sigma_s / E_s [1 - \beta_1 \beta_2 (\sigma_{sr} / \sigma_s)^2] =$$

$$= 228,774 / 200000 \times [1 - 1,0 \times 0,5 \times (6,737 / 9,077)^2] = 0,00083$$

$$w_k = \beta s_{rm} \epsilon_{sm} = 1,7 \times 135,44 \times 0,00083 = 0,19 \text{ mm}$$

$$w_k = 0,19 < 0,3 = w_{lim}$$

Szerokość rozwarcia rysy ukośnej:

Rysy ukośne nie występują.

Ugięcia

zadanie schody01ab, pręt nr 1

Ugięcia wyznaczono dla charakterystycznych obciążeń długotrwałych.

Współczynniki pełzania dla obciążeń długotrwałych przyjęto równy $\phi(t, t_0) = 2,00$.

$$E_{c,eff} = \frac{E_{cm}}{1 + \phi(t, t_0)} = \frac{30000}{1 + 2,00} = 10000 \text{ MPa}$$

Moment rysujący:

$$M_{cr} = f_{ctm} W_c = 2,2 \times 4267 \times 10^{-3} = 9,387 \text{ kNm}$$

Całkowity moment zginający $M_{Sd} = -12,405 \text{ kN}$ powoduje zarysowanie przekroju.

Sztywność dla długotrwałego działania obciążeń długotrwałych:

Sztywność na zginanie wyznaczona dla momentu $M_{Sd} = -12,405 \text{ kNm}$.

Wielkości geometryczne przekroju:	$x_I = 8,0 \text{ cm}$	$I_I = 39835 \text{ cm}^4$
	$x_{II} = 3,9 \text{ cm}$	$I_{II} = 10848 \text{ cm}^4$

$$B = \frac{E_{c,eff} I_{II}}{1 - \beta_1 \beta_2 (M_{cr} / M_{Sd})^2 (1 - I_{II} / I_I)} =$$

$$= \frac{10000 \times 10848}{1 - 1,0 \times 0,5 \times (9,387 / 12,405)^2 \times (1 - 10848 / 39835)} \times 10^{-5} = 1370 \text{ kNm}^2$$

Ugięcia.

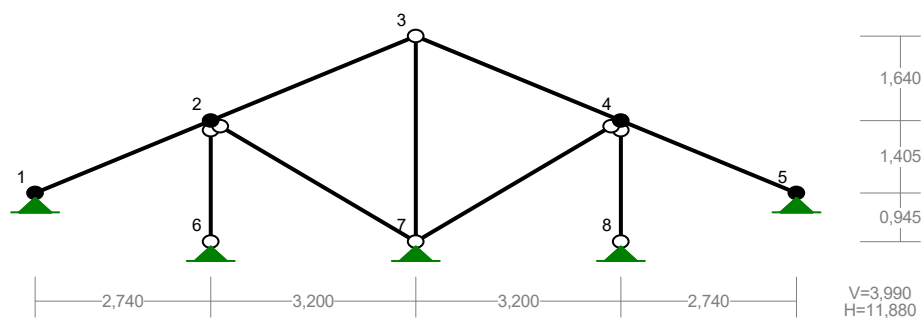
Ugięcie w punkcie o współrzędnej $x = 2,094 \text{ cm}$, wyznaczone poprzez całkowanie funkcji krzywizny osi pręta ($1/\rho$) z uwzględnieniem zmiany sztywności wzdłuż osi elementu, wynosi:

$$a = a_{\infty,d} = 4,6 \text{ mm}$$

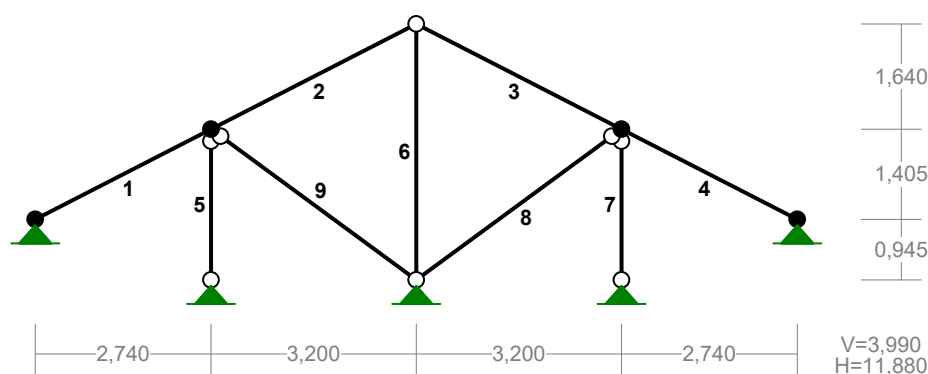
$$a = 4,6 < 20,9 = a_{lim}$$

4. Dach.

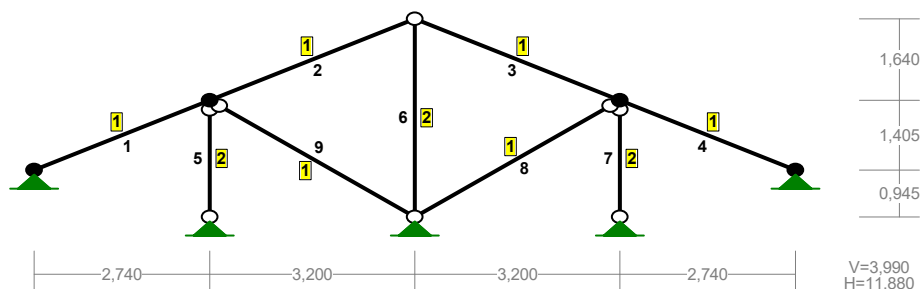
WEZŁY:



PRĘTY:



PRZEKROJE PRĘTÓW:



PRĘTY UKŁADU:

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

Pręt:	Typ:	A:	B:	Lx[m]:	Ly[m]:	L[m]:	Red.EJ:	Przekrój:
1	00	1	2	2,740	1,405	3,079	1,000	1 B 180x80
2	01	2	3	3,200	1,640	3,596	1,000	1 B 180x80
3	10	3	4	3,200	-1,640	3,596	1,000	1 B 180x80
4	00	4	5	2,740	-1,405	3,079	1,000	1 B 180x80
5	11	2	6	0,000	-2,350	2,350	1,000	2 B 160x160
6	11	3	7	0,000	-3,990	3,990	1,000	2 B 160x160
7	11	4	8	0,000	-2,350	2,350	1,000	2 B 160x160
8	11	7	4	3,200	2,350	3,970	1,000	1 B 180x80
9	11	7	2	-3,200	2,350	3,970	1,000	1 B 180x80

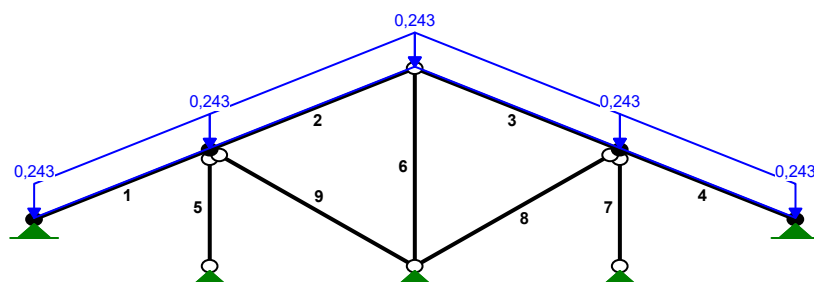
WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr.	A[cm2]	Ix[cm4]	Iy[cm4]	Wg[cm3]	Wd[cm3]	h[cm]	Materiał:
1	144,0	3888	768	432	432	18,0	44 Drewno C18
2	256,0	5461	5461	683	683	16,0	44 Drewno C18

STAŁE MATERIAŁOWE:

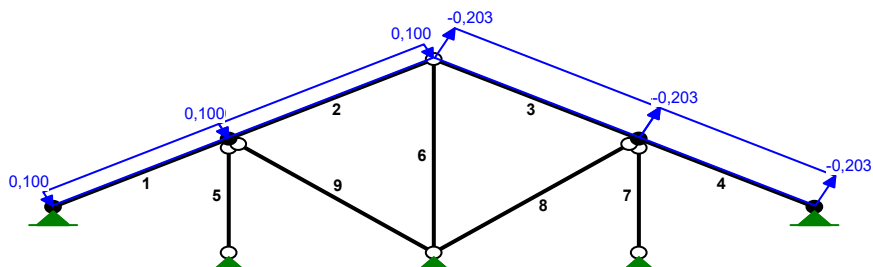
Materiał:	Moduł E: [N/mm2]	Napręż.gr.: [N/mm2]	AlfaT: [1/K]
44 Drewno C18	9000	18,000	5,00E-06

OBCIĄŻENIA:



Grupa:	T	"śnieg"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$	
3	Liniowe-Y	0,0	0,648	0,648	0,00	3,60	
4	Liniowe-Y	0,0	0,648	0,648	0,00	3,08	

OBCIĄŻENIA:



OBCIĄŻENIA: ([kN], [kNm], [kN/m])

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

Grupa:	W	"wiatr"			Zmienne	$\gamma_f = 1,50$
1	Liniowe	27,1	0,100	0,100	0,00	3,08
2	Liniowe	27,1	0,100	0,100	0,00	3,60
3	Liniowe	-27,1	-0,203	-0,203	0,00	3,60
4	Liniowe	-27,1	-0,203	-0,203	0,00	3,08

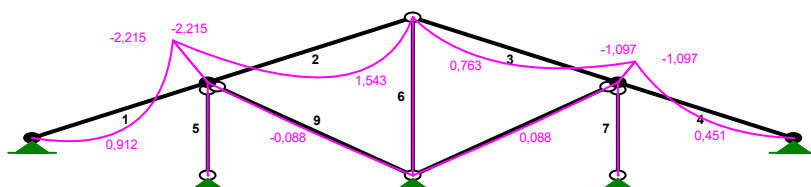
W Y N I K I

Teoria I-go rzędu

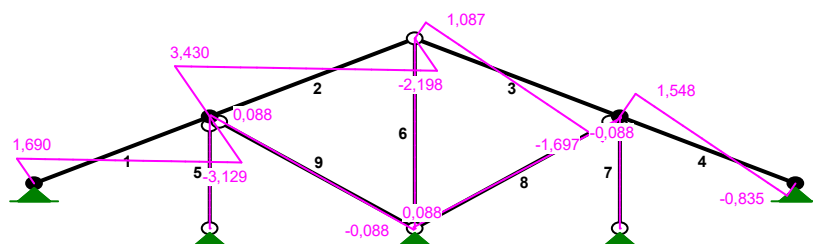
OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

Grupa:	Znaczenie:	ψ_d :	γ_f :
Ciężar wł.			1,20
A -"pokrycie"	Stałe		1,20
S -"śnieg"	Zmienne	1	1,00
T -"śnieg"	Zmienne	1	1,00
W -"wiatr"	Zmienne	1	1,00

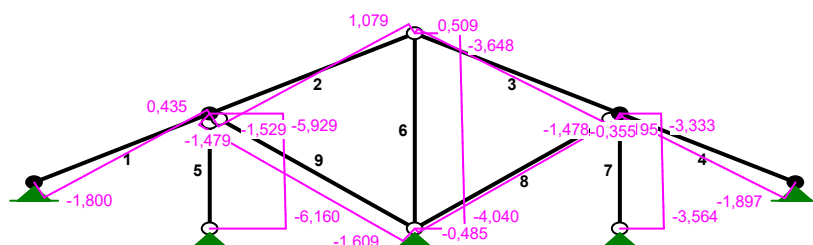
MOMENTY:



TNĄCE:



NORMALNE:



SIŁY PRZEKROJOWE: T.I rzędu

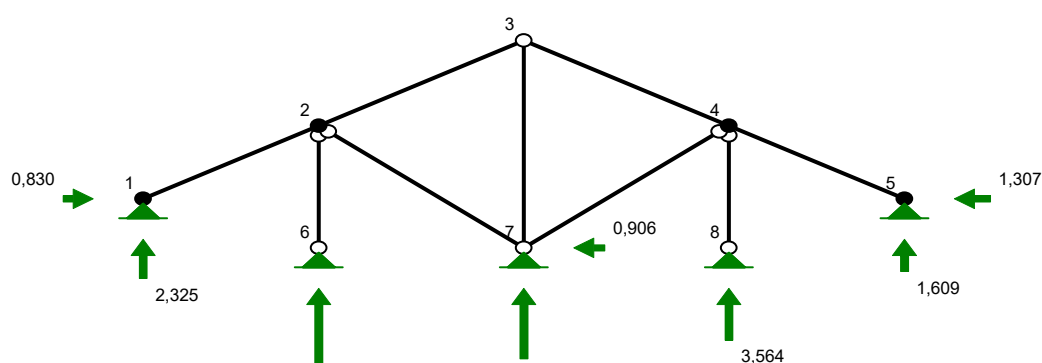
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ASTW

Pręt:	x/L:	x [m] :	M [kNm] :	Q [kN] :	N [kN] :
1	0,00	0,000	0,000	1,690	-1,800
	0,35	1,083	0,913*	-0,004	-1,014
	1,00	3,079	-2,215	-3,129	0,435
2	0,00	0,000	-2,215	3,430	-1,529
	0,61	2,191	1,543*	0,001	0,060
	1,00	3,596	-0,000	-2,198	1,079
3	0,00	0,000	0,000	1,087	0,509
	0,39	1,405	0,763*	-0,001	-0,267
	1,00	3,596	-1,097	-1,697	-1,478
4	0,00	0,000	-1,097	1,548	-0,195
	0,65	1,997	0,451*	0,003	-1,298
	1,00	3,079	0,000	-0,835	-1,897
5	0,00	0,000	0,000	0,000	-5,929
	1,00	2,350	0,000	0,000	-6,160
6	0,00	0,000	0,000	0,000	-3,648
	1,00	3,990	0,000	0,000	-4,040
7	0,00	0,000	0,000	0,000	-3,333
	1,00	2,350	0,000	0,000	-3,564

8	0,00	0,000	0,000	0,088	-0,485
	0,50	1,970	0,088*	0,001	-0,420
	0,50	2,001	0,088*	-0,001	-0,419
	1,00	3,970	0,000	-0,088	-0,355
9	0,00	0,000	0,000	-0,088	-1,609
	0,50	1,970	-0,088*	-0,001	-1,544
	0,50	2,001	-0,088*	0,001	-1,543
	1,00	3,970	0,000	0,088	-1,479

* = Wartości ekstremalne

REAKCJE PODPOROWE:



REAKCJE PODPOROWE:

T.I. rzędu

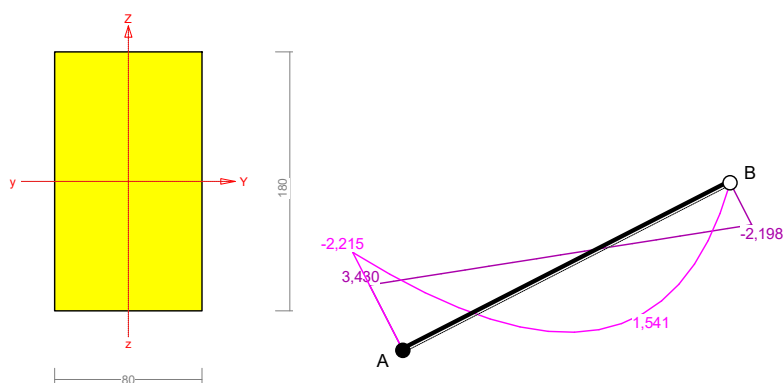
Obciążenia obl.: Ciężar wł.+ASTW

Węzeł:	H [kN]:	V [kN]:	Wypadkowa [kN]:	M [kNm]:
1	0,830	2,325	2,469	
5	-1,307	1,609	2,072	
6	0,000	6,160	6,160	
7	-0,906	5,421	5,497	
8	0,000	3,564	3,564	

Obliczenia krokwi typowej dachu głównego.

Pręt nr 2

Zadanie: krok01b



Przekrój: 1 "B 180x80"

Wymiary przekroju:

$$h=180,0 \text{ mm} \quad b=80,0 \text{ mm}.$$

Charakterystyka geometryczna przekroju:

$$J_{xg}=3888,0; J_{yg}=768,0 \text{ cm}^4; A=144,00 \text{ cm}^2; i_x=5,2; i_y=2,3 \text{ cm}; W_x=432,0; W_y=192,0 \text{ cm}^3.$$

Własności techniczne drewna:

Przyjęto 1 klasę użytkowania konstrukcji (*temperatura powietrza 20° i wilgotności powyżej 65% tylko przez kilka tygodni w roku*) oraz klasę trwania obciążenia: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$K_{mod} = 0,60 \quad \gamma_M = 1,3$$

Cechy drewna: **Drewno C18.**

$$\begin{aligned} f_{m,k} &= 18,00 & f_{m,d} &= 8,31 \text{ MPa} \\ f_{t,0,k} &= 11,00 & f_{t,0,d} &= 5,08 \text{ MPa} \\ f_{t,90,k} &= 0,30 & f_{t,90,d} &= 0,14 \text{ MPa} \\ f_{c,0,k} &= 18,00 & f_{c,0,d} &= 8,31 \text{ MPa} \\ f_{c,90,k} &= 4,80 & f_{c,90,d} &= 2,22 \text{ MPa} \\ f_{v,k} &= 2,00 & f_{v,d} &= 0,92 \text{ MPa} \\ E_{0,mean} &= 9000 \text{ MPa} \\ E_{90,mean} &= 300 \text{ MPa} \\ E_{0,05} &= 6000 \text{ MPa} \\ G_{mean} &= 560 \text{ MPa} \\ \rho_k &= 320 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Oslabienia przekroju:

Na podporze A przyjęto podcięcie krawędzi dolnej rozpoczynające się w odległości $x = 0 \text{ mm}$, na długości 200 mm. Wysokość przekroju nad podporą wynosi 160 mm.

Sprawdzenie nośności pręta nr 2

Sprawdzenie nośności przeprowadzono wg PN-B-03150:2000. W obliczeniach uwzględniono ekstremalne wartości wielkości statycznych.

Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla $x_a=3,60 \text{ m}$; $x_b=0,00 \text{ m}$, przy obciążeniach "ASTW".

Pole powierzchni przekroju netto $A_n = 144,00 \text{ cm}^2$.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 1,079 / 144,00 \times 10 = \mathbf{0,075} < \mathbf{5,08} = f_{t,0,d}$$

Nośność na ściskanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,60 \text{ m}$, przy obciążeniach "ASTW".

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie układu (wyznaczona na podstawie podatności węzłów):

$$l_c = \mu l = 0,830 \times 3,596 = 2,985 \text{ m}$$

- długość wyboczeniowa w płaszczyźnie prostopadłej do płaszczyzny układu:

$$l_c = \mu l = 1,000 \times 2,500 = 2,500 \text{ m}$$

Długości wyboczeniowe dla wyboczenia w płaszczyznach prostopadłych do osi głównych przekroju, wynoszą:

$$l_{c,y} = 2,984 \text{ m}; \quad l_{c,z} = 2,500 \text{ m}$$

Współczynniki wyboczeniowe:

$$\lambda_y = l_{c,y} / i_y = 2,984 / 0,0520 = 57,44$$

$$\lambda_z = l_{c,z} / i_z = 2,500 / 0,0231 = 108,25$$

$$\sigma_{c,crit,y} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_y^2 = 9,87 \times 6000 / (57,44)^2 = 17,95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,crit,z} = \pi^2 E_{0,05} / \lambda_z^2 = 9,87 \times 6000 / (108,25)^2 = 5,05 \text{ MPa}$$

$$\lambda_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,y}} = \sqrt{18 / 17,95} = 1,001$$

$$\lambda_{rel,z} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{c,crit,z}} = \sqrt{18 / 5,05} = 1,887$$

$$k_y = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,y} - 0,5) + \lambda_{rel,y}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,001 - 0,5) + (1,001)^2] = 1,052$$

$$k_z = 0,5 [1 + \beta_c (\lambda_{rel,z} - 0,5) + \lambda_{rel,z}^2] = 0,5 \times [1 + 0,2 \times (1,887 - 0,5) + (1,887)^2] = 2,420$$

$$k_{c,y} = 1 / (k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}) = 1 / (1,052 + \sqrt{1,052^2 - 1,001^2}) = 0,729$$

$$k_{c,z} = 1 / (k_z + \sqrt{k_z^2 - \lambda_{rel,z}^2}) = 1 / (2,420 + \sqrt{2,420^2 - 1,887^2}) = 0,254$$

Powierzchnia obliczeniowa przekroju $A_d = 144,00 \text{ cm}^2$.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 1,529 / 144,00 \times 10 = \mathbf{0,106 < 2,11} = 0,254 \times 8,31 = k_{c,z} f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,60 \text{ m}$, przy obciążeniach “ASTW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,106}{0,729 \times 8,31} + 0,7 \times \frac{0,000}{8,31} + \frac{5,128}{8,31} = \mathbf{0,635 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{0,106}{0,254 \times 8,31} + \frac{0,000}{8,31} + 0,7 \times \frac{5,128}{8,31} = \mathbf{0,482 < 1}$$

Nośność na zginanie:

Wyniki dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,60 \text{ m}$, przy obciążeniach “ASTW”.

Długość obliczeniowa dla *pręta swobodnie podpartego, obciążonego równomiernie lub momentami na końcach*, przy obciążeniu przyłożonym do powierzchni górnej, wynosi:

$$l_d = 1,00 \times 2500 + 180 + 180 = 2860 \text{ mm}$$

$$\lambda_{rel,m} = \sqrt{\frac{l_d h f_{m,d}}{\pi b^2 E_k}} \sqrt{\frac{E_{0,mean}}{G_{mean}}} = \sqrt{\frac{2860 \times 180 \times 8,31}{3,142 \times 80^2 \times 6000}} \times \sqrt{\frac{4 \times 9000}{560}} = 0,377$$

Wartość współczynnika zwichrzenia:

$$\text{dla } \lambda_{rel,m} \leq 0,75 \quad k_{crit} = 1$$

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 2,215 / 432,00 \times 10^3 = \mathbf{5,128 < 8,308} = 1,000 \times 8,31 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla $x_a=2,25 \text{ m}$; $x_b=1,35 \text{ m}$, przy obciążeniach “ASTW”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,007}{5,08} + \frac{3,567}{8,31} + 0,7 \times \frac{0,000}{8,31} = \mathbf{0,431 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,007}{5,08} + 0,7 \times \frac{3,567}{8,31} + \frac{0,000}{8,31} = \mathbf{0,302 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla $x_a=0,00 \text{ m}$; $x_b=3,60 \text{ m}$, przy obciążeniach “ASTW”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,106^2}{8,31^2} + \frac{5,128}{8,31} + 0,7 \times \frac{0,000}{8,31} = \mathbf{0,617 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,106^2}{8,31^2} + 0,7 \times \frac{5,128}{8,31} + \frac{0,000}{8,31} = \mathbf{0,432 < 1}$$

Nośność na ścinanie:

Wyniki dla $x_a=0,45 \text{ m}$; $x_b=3,15 \text{ m}$, przy obciążeniach “ASTW”.

Naprężenia tnące z uwzględnieniem redukcji sił poprzecznych przy podporach:

$$\tau_{z,d} = 1,5 V_z / A = 1,5 \times 2,727 / 144,000 \times 10 = 0,284 \text{ MPa}$$

$$\tau_{y,d} = 1,5 V_y / A = 1,5 \times 0,000 / 144,000 \times 10 = 0,000 \text{ MPa}$$

Przyjęto $k_v = 1,000$.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,284^2 + 0,000^2} = \mathbf{0,284 < 0,923} = 1,000 \times 0,92 = k_v f_{v,d}$$

Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla $x_a=2,02 \text{ m}$; $x_b=1,57 \text{ m}$, przy obciążeniach “ASTW”.

Ugięcie graniczne

$$u_{net,fin} = l / 150 = 24,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń stałych (ciężar własny + “A”):

$$u_{z,fin} = u_{z,inst} [1 + 19,2 (h/L)^2] (1 + k_{def}) = -0,8 \times [1 + 19,2 \times (180,0/3596)^2] (1 + 0,60) = -1,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,fin} = u_{y,inst} (1 + k_{def}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcia od obciążeń zmiennych (“STW”):

Klasa trwania obciążeń zmiennych: **Stale** (więcej niż 10 lat, np. ciężar własny).

$$u_{z,\text{fin}} = u_{z,\text{inst}} [1 + 19,2 (h/L)^2](1+k_{\text{def}}) = -2,6 \times [1 + 19,2 \times (180,0/3596)^2](1 + 0,60) = -4,3 \text{ mm}$$

$$u_{y,\text{fin}} = u_{y,\text{inst}} (1+k_{\text{def}}) = 0,0 \times (1 + 0,60) = 0,0 \text{ mm}$$

Ugięcie całkowite:

$$u_{z,\text{fin}} = -1,3 + -4,3 = \mathbf{5,6} < \mathbf{24,0} = u_{\text{net,fin}}$$

Koniec załącznika.